

INNOWACYJNA METODA OCENY HAŁASU DROGOWEGO W ŚRODOWISKU MIEJSKIM

Waldemar PASZKOWSKI

Streszczenie: W artykule przedstawiono nowe ujęcie problemu oceny hałasu drogowego. Stosowana ocena hałasu drogowego bazuje na wskaźnikach ilościowych, które zestawiają dopuszczalne wartości poziomu hałasu i tereny o określonym sposobie zagospodarowania. Zaproponowano metodę oceny hałasu drogowego opartą na modelu reprezentującym ilościową i jakościową ocenę zagrożenia hałasem. W jakościowej ocenie uwzględniono aspekt subiektywnego postrzegania dźwięków. Efektem zaproponowanego rozwiązania będzie uwzględnienie w mapach akustycznych rozkładu głośności dźwięku, co pozwoli w konsekwencji na bardziej racjonalne i społecznie uzasadnione podejmowanie decyzji w zakresie zadań ochrony przed hałasem.

Słowa kluczowe: hałas drogowy, metoda pomiaru, wskaźniki oceny

1. Problematyka i złożoność hałasu drogowego

Hałas drogowy identyfikowany może być poprzez opis struktury przestrzennej obiektów (tj. geometria i przekrój poprzeczny drogi, rodzaj i ukształtowanie otoczenia, charakterystyka nawierzchni drogowej). Na kształtowanie się hałasu drogowego istotnie mają wpływ czynniki zmienne w czasie (tj. warunki atmosferyczne, rodzaj i prędkość pojazdów, parametry i warunki ruchu drogowego), co w konsekwencji powoduje, że w ocenie tego typu hałasu uwzględnia się parametry zmienne w czasie. Specyfika hałasu drogowego wskazuje na współzależność i zmienność ww. czynników [1].

Hałas drogowy w środowisku miejskim identyfikowany może być w obszarach:

- emisji, ze względu na występujące źródła dźwięku,
- propagacji, ze względu na występujące zjawiska fizyczne fal akustycznych,
- immisji, ze względu na wielkości odbioru i postrzegania dźwięku.

Hałas drogowy stanowi istotny problem środowiskowy oraz zdrowotny w całej Unii Europejskiej. Wdrożona Dyrektywa 2002/49/WE w odniesieniu do niektórych obszarów wprowadziła obowiązek sporządzania strategicznych map hałasu. W strategicznych mapach hałasu obowiązkowo uwzględnia się m.in. hałas pochodzący od ruchu kołowego. Na podstawie wyników symulacji rozchodzenia się dźwięku (mapy akustycznej) szacowana jest przybliżona liczba osób przebywających na danym obszarze poddanych działaniu hałasu. Na podstawie sporządzonych raportów map akustycznych z 2010r. stwierdza się, że w ciągu dnia na poziom hałasu drogowego przewyższającego 55 dB narażonych jest ponad 55 mln osób zamieszkujących duże aglomeracje miejskie UE (liczba mieszkańców ponad 250 tys.) oraz ponad 34 mln osób mieszkających w otoczeniu głównych dróg poza obszarami zabudowy (drogi o obciążeniu ponad 6 mln pojazdów rocznie). Na poziom hałasu drogowego przekraczającego w ciągu nocy 50 dB narażonych jest natomiast ponad 40 mln mieszkańców dużych aglomeracji miejskich UE oraz ponad 25 mln osób mieszkających w otoczeniu głównych dróg. Zalecenia i wnioski pochodzące z map

akustycznych obejmujące obszary z nadmiernym hałasem wykorzystywane są aktualnie do tworzenia programów ochrony środowiska przed hałasem i ukierunkowane są na podejmowanie działań naprawczych. Na podstawie przeprowadzonych badań klimatu akustycznego przeprowadzonych w Polsce w latach 90-tych XX wieku stwierdzono, że na około 21% powierzchni - 33% ludności w Polsce narażonych było na ponadnormatywne działanie hałasu [2]. Na podstawie wyników pomiarów wykonanych przez [3], stwierdzono tendencję wzrostową zagrożenia hałasem drogowym, co bezpośrednio związane jest z narastającym wzrostem gęstości sieci dróg i ulic oraz liczby pojazdów samochodowych.

2. Wskaźniki oceny hałasu drogowego

Hałas drogowy jako jeden z najbardziej uciążliwych rodzajów hałasu istotnie wpływa na kształtowanie się klimatu akustycznego środowiska. Na ogół, ocena klimatu akustycznego polega na przeprowadzeniu pomiarów w środowisku zgodnie z obowiązującymi metodykami postępowania i zastosowaniu właściwych wskaźników odnoszących się do wartości emisji dźwięku w ustalonych punktach referencyjnych. W zależności od potrzeb, wskaźniki mogą odnosić się do oceny klimatu akustycznego, bądź do polityki długookresowej redukcji hałasu. Stosowane wskaźniki oceny obejmują parametry akustyczne źródeł dźwięku i odnoszą się z reguły do zagrożenia hałasem podczas pory dnia/nocy, sposobu zagospodarowania terenu i danych ilościowych zagrożenia populacji ludności ponadnormatywnym hałasem. Do podstawowych wskaźników oceny, które są związane z hałasem drogowym należą [4]:

- poziom dźwięku A (L_A [dB]),
- równoważny poziom dźwięku A (L_{Aeq} dB), Poziom równoważny jest podstawowym wskaźnikiem (parametrem) liczbowego opisu klimatu akustycznego. Czasem odniesienia T w pomiarach może być zasadniczo dowolnie przyjęty okres. Najczęściej spotykane okresy to 15min, 1h, doba lub stosowane w analizach klimatu akustycznego okresy dnia, tj. 16h od godz. 6.00 do 22.00 (L_{eqD}) oraz nocy 8h od godz. 22.00 do 6.00 (L_{eqN}).

Wśród podstawowych wskaźników oceny hałasu drogowego wyróżnia się wskaźniki zalecane w dyrektywie 2002/49/WE stosowane przy realizacji map akustycznych oraz w długookresowej polityce ochrony przed hałasem. Są to [4]:

- poziom dziennie-wieczorno-nocny dźwięku L_{DWN} (L_{DEN}) – jest równoważnym poziomem dźwięku określanym dla wszystkich dób w roku. Wskaźnik ten zaleca się do stosowania przy ocenie dokuczliwości hałasu. W celu obliczenia wartości L_{DWN} należy określić równoważne poziomy długookresowe dla całego roku w podziale na pory: dnia (L_D) od godz. 06.00 do 18.00, wieczoru (L_W) od godz. 18.00 do 22.00 i nocy (L_N) od godz. 22.00 do 06.00. Dla tak określonych danych określa się poziom równoważny L_{DWN} ,
- poziom nocny L_N (L_{night}) – jest równoważnym poziomem dźwięku określanym dla wszystkich nocy w roku (od godz. 22.00 do 06.00). Wskaźnik ten zaleca się do stosowania przy ocenie stopnia zakłóceń snu.

Do złożonych wskaźników oceny klimatu akustycznego uwzględniających efekty oddziaływania hałasu należą [4]:

- wskaźnik L_{MZHk} określający procent liczby ludności obszaru (miasta, województwa, kraju) zagrożonej ponadnormatywnym hałasem komunikacyjnym,

- wskaźnik T_{MZH} określający stosunek powierzchni danego obszaru zanieczyszczonej ponadnormatywnym hałasem do całkowitej powierzchni tego obszaru,
- wskaźnik M uwzględnia wielkość przekroczenia dopuszczalnego poziomu dźwięku na badanym obszarze oraz liczbę mieszkańców narażonych na ponadnormatywny hałas. Wskaźnik ten pozwala na określenie zapotrzebowania na środki ochrony przed hałasem na obszarach objętych oceną. Nie daje on jednak precyzyjnego, hierarchicznego i wielokryterialnego rozwiązania problemów długoterminowej polityki walki z hałasem [5],
- wskaźnik presji motoryzacyjnej na środowisko Z_m łączy natężenie ruchu pojazdów z gęstością infrastruktury drogowej na danym obszarze, przez co jego wartość staje się proporcjonalna do zagrożenia hałasem.

Dopuszczalne poziomy hałasu komunikacyjnego w środowisku dla Polski określa [6]. Wartości te odnoszą się do rodzajów terenu i zostały ustalone dla wskaźników L_{AeqD} , L_{AeqN} służących krótkookresowej ocenie klimatu akustycznego oraz L_{DWN} i L_N mających zastosowanie przy realizacji map akustycznych i w programach długookresowej walki z hałasem.

3. Opis czynników wpływających na hałas drogowy

Zmienność hałasu drogowego w czasie uzależniona jest na ogół od rodzaju pojazdów stanowiących źródła dźwięku i natężenia ruchu. Wypadkową hałasu drogowego jest tło akustyczne oraz hałas pochodzący od ruchu pojazdów. Hałas ruchu pojazdów obejmuje hałas powstający na styku opona-nawierzchnia oraz hałas pochodzący ze spalania paliwa (tj. praca silnika, układ napędowy, układ wydechowy). Z otrzymanych wyników badań [7] stwierdza się, że przy prędkościach pojazdów osobowych większych od 40-50 km/h oraz prędkościach pojazdów ciężarowych większych od 60-70 km/h główną składową całkowitego hałasu pojazdu jest hałas powstający na styku opona-nawierzchnia. Głównymi przyczynami narażenia na ponadnormatywny hałas w otoczeniu dróg są [5]:

- duże natężenia ruchu pojazdów;
- duże udziały pojazdów ciężarowych w ruchu;
- duże prędkości pojazdów;
- zły stan techniczny pojazdów;
- rodzaj i stan techniczny nawierzchni drogowych;
- brak hierarchizacji sieci drogowej – duża część dróg krajowych przechodzi przez miejscowości w sąsiedztwie gęstej zabudowy mieszkaniowej, przenosząc zarówno ruch zewnętrzny (w tym tranzytowy ruch pojazdów ciężarowych) jak również ruch lokalny;
- nieefektywna urbanistyka i brak jednoznacznych zapisów w przepisach dotyczących planowania przestrzennego uwzględniających kryterium hałasu.

Współistnienie wielu czynników składających się na źródło hałasu oraz ich zmienność komplikuje znacząco przeprowadzenie pełnej oceny hałasu drogowego. Obowiązujące i stosowane wskaźniki oceny hałasu drogowego (miary) uwzględniają fizyczne parametry dźwięku w relacji: źródło - droga propagacji - odbiornik.

Podejmowany temat artykułu odnosi się do opracowania propozycji oceny hałasu drogowego uwzględniającej występujące wrażenia akustyczne odbiorców. Dlatego, istota podejmowanych badań koncentruje się na zagadnieniu immisji dźwięku, która uwzględniać

będzie pozyskanie wrażeń percepcji reprezentatywnych cech dźwięku. Problem podstawowy podejmowanych badań polega na sposobie oceny zobiiektywizowanych cech dźwięku i ocenie ich znaczenia w stosowanych wskaźnikach oceny hałasu drogowego.

4. Przegląd metod i wyników badań w zakresie oceny hałasu w środowisku

Przeprowadzane próby oceny hałasu drogowego koncentrują się na badaniu klimatu akustycznego terenów zurbanizowanych. W podejmowanych badaniach wprowadza się już psychoakustyczne podejście w modelowaniu oceny zagrożenia hałasem. Stosowane prawnie wskaźniki oceny akustycznej środowiska nie uwzględniają psychoakustycznych aspektów odbioru wrażeń akustycznych. Proponowane podejście do badań zakłada w ocenie akustycznej środowiska nie tylko parametrów fizycznych dźwięku. Zaproponowano w prowadzonych badaniach wprowadzenie wskaźnika („*Laarhoven-index*” - *H*), który określa rozkład zrównoważonego klimatu akustycznego drogi. Wskaźnik ten wyrażony jest za pomocą wektora reprezentującego model NDR [8]. Model ten uwzględnia zależność wektorową:

$$H = (N^2 + D^2 + R^2)^{1/2} \quad (1)$$

gdzie:

N - normalizacja i ekspozycja,

D - dynamika, hałas niskoczęstotliwościowy i widmo,

R - reakcja i akceptacja.

Weryfikacja praktyczna zaproponowanego modelu *NDR* polega na monitorowaniu sytuacji akustycznych hałasu drogowego odpowiadającemu obecności i aktywności mieszkańców. W ramach badań nad modelem *NDR* monitorowaniu poddano sytuacje akustyczne (pomiar parametrów akustycznych) w kilku punktach wybranego miasta. Jako parametry akustyczne w modelu pomiarom poddane są m.in.: L_{Aeq} , L_{Ceq} , L_{max} , L_{min} , L_n . Składowa modelu dotycząca wielkości reakcji i akceptacji hałasu drogowego opracowana została na podstawie odpowiedzi otrzymanych z kwestionariuszy mieszkańców oceniających subiektywne wrażenia akustyczne dla reprezentatywnych miejsc przestrzeni publicznej.

Przeprowadzone pilotażowe badania bazowały na odniesieniu się do uogólnionej „*jakości muzycznej*” w ocenie postrzegania dźwięku w środowisku naturalnym. W badaniach uwzględniono powiązanie subiektywnego postrzegania akustycznego (wyniki z ankiety) z ilościową reprezentacją parametrów fizycznych dźwięku. W ramach badań symulowano nagrane jednakowe fragmenty muzyczne w typowych miejscach środowiska naturalnego, o różnym podłożu powierzchni gruntowych: parkingu asfaltowego, terenu zielonego, plaży, lasu, wzniesienia. Dla tych miejsc otrzymano odpowiedzi impulsowe dźwięku wygenerowanego metodą „*pękającego balonu*”, przy zapewnieniu jednakowych warunków rozchodzenia się dźwięku. Otrzymane wyniki oceny statystycznej subiektywnych wrażeń akustycznych wskazują na uwzględnienie następujących cech dźwięku: głośność, odbicie, echo, naturalność i jakość muzyczna [9]. Przypisane zostały wskaźniki punktowe istotności cech dźwięku w odniesieniu do badanych miejsc. Otrzymane wyniki wykazały m.in. na współczynnik korelacji $R^2=0,91$ pomiędzy współczynnikiem odbicia i czasem odbicia dźwięku, w przypadku jakości muzycznej i wartością SDI (wskaźnik dyfuzji dźwięku) współczynnik korelacji wynosił $R^2=0,75$.

Podejmowane badania uwzględniają w ocenie hałasu drogowego interakcję procesu zachodzącego pomiędzy tarciami opon i powierzchnią drogi. Mechanizmy generowania hałasu drogowego uzależnione są zazwyczaj głównie od klasy opon (materiału), drgań i ciśnienia powietrza opony. Dodatkowo na hałas drogowy ma wpływ stan i rodzaj powierzchni jezdni, właściwości opony i występujące warunki (np. atmosferyczne). Zastosowane narzędzie symulacyjne *SPERoN* uwzględnia złożoność mechanizmów generowania i występowania zjawiska hałasu drogowego. Wykorzystano w analizie model statystyczny obejmujący procesy fizyczne pochodzące z dynamiki opon i występujących sił tarcia. Ilościowa odpowiedź funkcji modelu uwzględnia wskaźniki hałasu dotyczące: bliskości (CPX), statystycznego przejścia (SPB) lub kontrolowanego przejścia (CPB). Otrzymane wyniki z przeprowadzonych pomiarów akustycznych dla zróżnicowanych prędkości ruchu pojazdów wykazały, że prognozowany poziom ciśnienia akustycznego (wzdłuż drogi) łączy ze sobą amplitudy źródła drgań (opony) i ciśnienia powietrza w oponach, prędkość i częstotliwość. Wyniki otrzymane wskazują na istotną zależność otrzymanych wyników CPB dla określonego typu opon i powierzchni jezdni w funkcji częstotliwości [10].

Poziom hałas drogowego przy krawędzi jezdni wyznaczyć można w uproszczony sposób stosując metodę *Radosza*, opartą na metodzie brytyjskiej [10]:

$$L_{Aeq} = 9,7 \cdot \log Q + 4,2 \cdot \log v + 0,11 \cdot p_c + 33,4 \quad (2)$$

gdzie:

L_{Aeq} - równoważny poziom dźwięku A [dB(A)]

Q - natężenie ruchu [pojazdy/h]

v - średnia prędkość ruchu [km/h]

p_c - udział pojazdów ciężkich i hałaśliwych - motocykle, autobusy, ciężarówki [%]

Powyższa zależność obejmuje przybliżoną ocenę ilościową hałasu drogowego tylko na podstawie parametrów ruchu i udziału struktury pojazdów.

5. Propozycja metody oceny hałasu drogowego

Obowiązujące wskaźniki map akustycznych w ocenie hałasu drogowego uwzględniają tylko fizyczne (obiektywne) wielkości dźwięku i odnoszą się do opisanych w rozdz. 2 parametrów akustycznych. Stosowane ilościowe metody oceny hałasu drogowego w mapach akustycznych zweryfikowane zostały praktycznie i sprowadzają się z reguły do podejmowania działań redukcji ponadnormatywnego hałasu w perspektywie długookresowej. Opisane w rozdz. 4 podejścia do oceny hałasu w środowisku uwzględniają w badaniach pewne subiektywne wrażenia postrzegania dźwięku mieszkańców. Weryfikacja subiektywnych wrażeń postrzegania dźwięku mieszkańców w przyjętych modelach przeprowadzona została na zasadzie oceny wyników ankiety. Wadą ankiet w badaniach akustycznych jest to, że obejmują wybrany i indywidualny obszar przestrzeni publicznej, występuje przez to trudność i ograniczoność porównywania wyników z ankiet. Wynika to z jednej strony różnorodności i specyfiki miejsc, w których są przeprowadzane badania, z drugiej, ze zróżnicowanych układów pytań ankietowych i kryteriów oceny uciążliwości akustycznej źródeł dźwięku. Niejednoznaczność w tym obszarze nie pozwala w sposób jednoznaczny na uogólnienie wyników subiektywnych ocen hałasu, w tym przez reprezentatywne grupy wiekowe populacji ludności.

Specyfika i złożoność hałasu drogowego wskazują, że na zasięg oddziaływania akustycznego drogi, na poziom emisji hałasu wpływ mają również warunki propagacji dźwięku na terenach sąsiadujących z trasą [11], tj.:

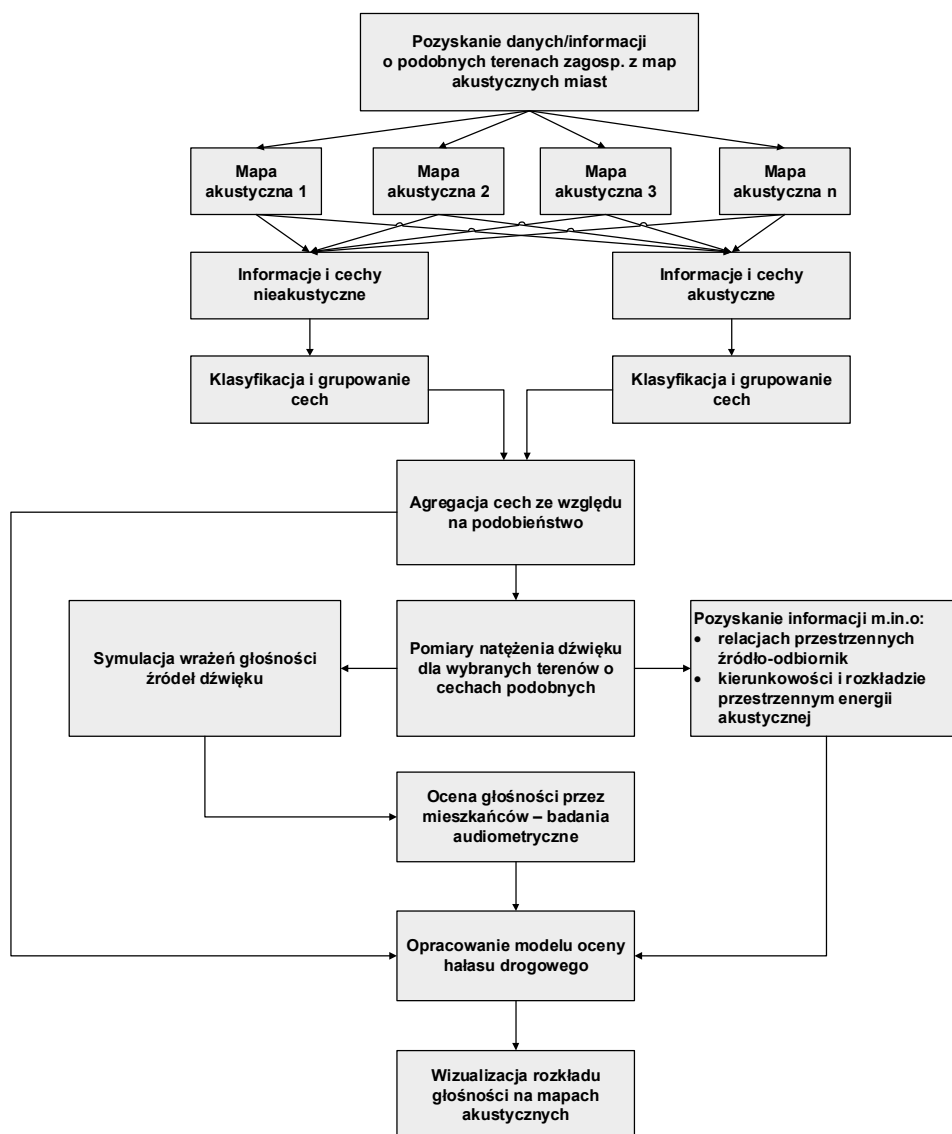
- gęstość i wysokość zabudowy;
- ukształtowanie terenu, w tym obecność i lokalizacja wałów ziemnych, nasypów kolejowych itp.;
- wysokość pasa drogowego nad powierzchnią terenu (wysoki nasyp, estakada itp.);
- obecność zieleni wysokiej (zadrzewienia i zakrzaczenia) i jej rodzaj, gęstość nasadzenia; wysokość, szerokość pasa zieleni;
- obecność zabezpieczeń akustycznych, takich jak np. ekrany;
- rodzaj pokrycia terenu - pokrycie twarde (np. beton, bruk, woda) czy porowate (np. pola uprawne);
- lokalne warunki meteorologiczne.

Te wszystkie parametry sprawiają, że rozkład izofon hałasu drogowego na terenach otaczających ciąg komunikacyjny może być bardzo różny. Wpływ lokalnych warunków propagacji dźwięku zawsze decyduje o zasięgu oddziaływania akustycznego drogi i z tego powodu nie jest możliwe określenie go na podstawie samego tylko natężenia ruchu pojazdów.

Badania w zakresie oceny hałasu (wg. R. *Kucharskiego*) odnoszą się do komfortu akustycznego i jako miarę uwzględnia się wartości L_{Aeq} zagrożenia hałasem w ciągu dnia i nocy. Przyjęto m.in., że zakres występowania uciążliwości hałasu podczas dnia występuje w przedziale 60-70dB, natomiast w ciągu nocy 50-60dB. Parametr L_{Aeq} jako równoważny poziom dźwięku zgodnie z [6] odnosi się do oceny klimatu akustycznego w ciągu jednej doby i nie ma związku z polityką długookresową. Subiektywny odbiór wrażeń akustycznych jest indywidualną oceną odbioru cech dźwięku, podejmowane badania [8,9] wskazują na istotność i potrzebę uwzględnienia odbioru wrażeń akustycznych przez mieszkańców w stosowanych metodykach postępowania.

Problem subiektywnej oceny hałasu sprowadza się do wyboru reprezentatywnej / reprezentatywnych (subiektywnych) cech dźwięku i opracowania na tej bazie sposobu zobiektywizowanej reprezentacji oceny percepcji dźwięku. W proponowanej ocenie hałasu drogowego zakłada się opracowanie metody wykorzystującej mapy akustyczne, ilościowe wskaźniki stosowane w długookresowej polityce ochrony przed hałasem oraz jakościową (zobiektywizowaną) reprezentację oceny percepcji dźwięku w środowisku miejskim. Hałas drogowy ze względu na specyfikę i zmienność, w dłuższym okresie czasu rozpatrywać można jako proces o charakterze losowym. Dlatego, informacje potrzebne do zobiektywizowanej oceny jakościowej wybranych cech dźwięku pozyskane zostaną od mieszkańców w dłuższym odcinku czasowym i stanowić mogą miarę statystyczną.

Nie ma prostej relacji pomiędzy subiektywnymi i obiektywnymi cechami dźwięku. Wrażenie głośności dźwięku jest proporcjonalne do logarytmu natężenia dźwięku. Na wrażenie głośności tonu silny ma wpływ zarówno natężenie, jak i częstotliwość, a na wrażenie wysokości poza wpływem częstotliwości tonu pewien wpływ ma również jego natężenie [12]. Zależności fizyczne pomiędzy poziomem ciśnienia akustycznego, poziomem głośności i częstotliwością pozwalają na statystyczne zobiektywizowanie głośności jako subiektywnej cechy dźwięku. Przyjęto, że punktem wyjścia w proponowanej metodzie będzie modelowanie środowiska zagrożonego hałasem drogowym zgodnie z przyjętą metodyką tworzenia map akustycznych. W pierwszym przybliżeniu, w opracowaniu modelu oceny hałasu drogowego zakłada się wykorzystanie poziomu głośności jako jednej z subiektywnych cech dźwięku (rys.1).



Rys. 1 Schemat metody oceny hałasu drogowego uwzględniającej zobiiektywizowane wrażenia akustyczne mieszkańców

Przyjmuje się, że badania w ramach proponowanej metody (rys. 1) realizowane będą następująco w etapach:

Etap I: Pozyskanie danych/informacji o podobnych terenach zagospodarowania z map akustycznych miast w zakresie tj.:

- podobieństwa cech zagospodarowania i infrastruktury miejskiej (informacje nieakustyczne): powierzchnia i sposób przeznaczenia terenu, gęstość zabudowy,
- podobieństwa ilościowych wskaźników oceny hałasu drogowego (informacje akustyczne): L_{DWN} , L_N , M ,

Etap II: Klasyfikacja i pogrupowanie cech podobnych pozyskanych z map akustycznych (informacji nieakustycznych i akustycznych). Zagregowane grupy cech podobnych uwzględniać będą podobieństwa i wzajemne relacje pomiędzy zagospodarowanymi terenami oraz przedziałami kształtowania się wskaźników L_{DWN} , L_N .

Etap III: Pomiary natężenia dźwięku w ustalonych punktach referencyjnych dla wybranych terenów o cechach podobnych. Na podstawie otrzymanych wyników z pomiarów natężenia dźwięku wnioskować można o wrażeniu głośności w obszarze słyszalności ludzkiego ucha. Zakłada się, że informacje pozyskane z pomiarów natężenia dźwięku hałasu drogowego (np. pomiar kamerą akustyczną) wykorzystane mogą być jako zbiór symulowanych sygnałów w badaniach audiometrycznych populacji mieszkańców z terenów, gdzie były prowadzone pomiary. Pomiar natężenia dźwięku umożliwia dodatkowo pozyskanie informacji w relacji źródło – odbiornik w obszarze m.in. kierunkowości emisji i rozkładzie energii akustycznej w środowisku.

Etap IV – Opracowanie modelu oceny hałasu drogowego. Ocena wrażliwości modelu hałasu drogowego ze względu na występowanie głośności stanowić będzie o jej ważności jako dodatkowej informacji postrzegania dźwięków, co może okazać się za istotne uwzględnienia jej w reprezentacji oceny hałasu drogowego. Statystyczna analiza i ocena otrzymanych wyników głośności z badań audiometrycznych osób zamieszkałych na obszarach o cechach podobnych (Etap II) wykorzystana zostanie jako miara (element) w modelu oceny hałasu drogowego.

Etap V – Wizualizacja rozkładu głośności na mapach akustycznych. Miara rozkładu głośności w zestawieniu z ilościowymi wskaźnikami oceny hałasu stanowić będzie kompletną informację o odsetku osób ekspozowanych na hałas drogowy. Możliwe będzie przyporządkowanie do punktów adresowych mieszkańców wartości głośności i wyselekcjonowanie miejsc o najbardziej niekorzystnych wrażeniach akustycznych.

6. Wnioski

W artykule, na podstawie opisu problemu hałasu drogowego i stosowanych metod oceny hałasu drogowego zaproponowano innowacyjne podejście do jego oceny. Podejście to polega na połączeniu ilościowych i jakościowych wielkości oceny zagrożenia hałasem ludności. Nowa propozycja oceny hałasu drogowego bazuje na wykorzystaniu: dotychczasowych ocen wskaźników ilościowych, technologii tworzenia i eksploatacji map akustycznych i ocenie wrażeń akustycznych przez mieszkańców. Nowym proponowanym elementem jest skoncentrowanie się na ocenie postrzegania źródeł hałasu drogowego w obszarze subiektywnych wrażeń głośności dźwięków.

Dla potrzeb opracowania modelu zaproponowanej metody przyjmuje się przeprowadzenie pomiarów natężenia dźwięku w miejscach o podobnym sposobie zagospodarowania terenów zurbanizowanych środowiska miejskiego. Pomiary te poddane zostaną następnie weryfikacji metodą badań audiometrycznych poprzez symulację zarejestrowanego dźwięku i jego parametrów mieszkańcom narażonym na źródła hałasu drogowego. Podobieństwo cech terenów i otrzymanych wyników badań akustycznych stanowić będzie o powtarzalności zastosowanej metody. Na bazie otrzymanych wyników opracowany zostanie model reprezentujący ilościową i jakościową ocenę zagrożenia hałasem drogowym.

Jako informację strategiczną dla potrzeb tworzenia programów ochrony przed hałasem zakłada się wygenerowanie mapy rozkładu głośności dźwięku, co pozwoli na bardziej racjonalne i społecznie uzasadnione podejmowanie decyzji w zakresie zadań ochrony przed hałasem.

Artykuł jest wynikiem realizacji badań w ramach pracy statutowej pt. "*Zarządzanie innowacjami w produkcji i usługach*" (BK-218/ROZ3/2014), która realizowana jest w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

Literatura

1. Gierasimiuk P., Motylewicz M.: Hałas w otoczeniu dróg i ulic – problemy oceny i działania ochronne – rozdział monografii „Inżynieria Środowiska – Młodym Okiem” t.VII: „Uwarunkowania sanitarno-inżynierskie”, Białystok 2014, s.59-93
2. Maranda K.: Mapy akustyczne dróg krajowych. *Magazyn Autostrady*, 1-2/2008, s. 37-41
3. Raport o stanie środowiska w Polsce 2008. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa, 2010
4. Kirpluk M.: Podstawy akustyki, NTL-M.Kirpluk. Podstawowe pojęcia i wielkości mające zastosowanie w państwowym monitoringu środowiska, źródło: <http://www.ios.edu.pl/bh/wskazniki.htm>, Warszawa, 2012
5. Bohatkiewicz J., Biernacki S.: Aktualne problemy związane z hałasem drogowym, w: *Ochrona środowiska i estetyka a rozwój infrastruktury drogowej*. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Lublin, 2011, s. 38-47
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1.10.2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z 2012 r. poz. 1109)
7. Gardziejczyk W.: Wpływ technologii wykonania i tekstury nawierzchni drogowych na hałas pojazdów samochodowych. Politechnika Białostocka. *Rozprawy naukowe* Nr 121. Białystok, 2005
8. Loek van Laarhoven, Vinken R.: Noise-management in public space with the „Laarhoven-index”. *Internoise 2012*, NY (USA)
9. Park S.B.; Sieben G.W.: A soundscape approach to qualitatively evaluate acoustic rooms in natural setting. *Internoise 2012*, NY (USA)
10. Buckers C.,Beckenbauer T., Kropp W.: Analysis of the characteristics and optimization potential of road surfaces – one focus within project “Quiet Road Traffic 3”. *Internoise 2012*, NY (USA)
11. Prognoza oddziaływania na środowisko dla projektu Strategii Rozwoju Transportu do 2020 r. CDM sp. z o.o., Warszawa 2011
12. Renowski J.: *Hałasy, wskaźniki i kryteria oceny*. Wyd. Pol. Wrocław, Wrocław 1988

Dr inż. Waldemar PASZKOWSKI
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Śląska
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28
tel./fax (0-32) 277 73 11; (0-32) 277 73 62
email.: waldemar.paszkowski@polsl.pl