

Rozdział 1

Wprowadzenie

Hałas samochodowy uznawany jest za jeden z najbardziej dokuczliwych. Na jego oddziaływanie narażona jest największa liczba mieszkańców w Polsce i Europie. Dowodzą tego wyniki obliczeń i analiz akustycznych przeprowadzanych w ramach tworzonych map akustycznych dla dróg publicznych oraz aglomeracji, wykonywanych w ostatnich kilkunastu latach w Polsce i w krajach Unii Europejskiej.

Mapy akustyczne opracowuje się w celu oceny stanu środowiska akustycznego w pobliżu takich źródeł hałasu, jak: porty lotnicze, linie kolejowe i tramwajowe, duże zakłady przemysłowe oraz drogi publiczne. Mapa akustyczna, oprócz identyfikacji źródeł hałasu (pod względem wielkości emisji), identyfikuje również tereny zagrożone oddziaływaniem ponadnormatywnego poziomu hałasu oraz określa liczbę i stopień narażenia mieszkańców na hałas z poszczególnych źródeł. Wyniki tych analiz są punktem wyjścia do prac w ramach tzw. programów ochrony środowiska przed hałasem. Celem tych programów jest wskazanie działań i metod redukujących poziom hałasu na terenach, na których jest przekroczona wartość dopuszczalna poziomu hałasu.

Mapa akustyczna i program ochrony środowiska przed hałasem są dokumentami strategicznymi. Ich celem jest poprawa warunków akustycznych w dłuższym okresie – od kilku do kilkunastu lat. Narzędziem służącym do bieżącej oceny stanu środowiska akustycznego jest monitoring hałasu, którego celem jest określenie poziomu hałasu w okresie jednej doby.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem (DzU Nr 140, poz. 824) [1] oraz Prawo Ochrony Środowiska [2] nakłada obowiązek prowadzenia monitoringu ha-

hałasu w środowisku przez poszczególnych zarządzających źródłami hałasu. Zgodnie z ww. rozporządzeniem, okresowe pomiary hałasu prowadzi się m.in. dla:

- dróg publicznych o średniorocznym natężeniu ruchu powyżej 3 mln pojazdów lub o procentowym udziale pojazdów ciężkich w potoku ruchu powyżej 20% (w przypadku średniego dobowego ruchu przekraczającego 5 tys. pojazdów);
- linii kolejowych o natężeniu ruchu powyżej 30 tys. pociągów rocznie;
- linii tramwajowych w odniesieniu do odcinków torowisk o natężeniu ruchu powyżej 100 tramwajów na dobę;
- lotnisk, na których odbywa się łącznie ponad 5 tys. startów, lądowań i przelotów statków powietrznych w roku kalendarzowym (niezależnie od położenia lotniska);
- portów morskich o zdolności przeładunkowej powyżej 10 mln ton na rok, położonych na terenach aglomeracji.

Pomiary okresowe przeprowadza się co 5 lat. Ich celem jest określenie dobowych wartości równoważnego poziomu dźwięku odniesionych do pory dziennej ($L_{Aeq,D}$) oraz nocnej ($L_{Aeq,N}$).

Podstawowym celem monitoringu hałasu jest stwierdzenie ewentualnych przekroczeń dopuszczalnych wartości poziomu hałasu. Wszystkie działania, w tym: wybór metody pomiarowej, lokalizacja punktów pomiarowych itp., są podporządkowane osiągnięciu tego celu. Jak pokazuje wieloletnia praktyka, prowadzenie monitoringu hałasu jest pracochłonne i czasochłonne, co z kolei oznacza, że jest bardzo kosztowne. Powstaje zatem pytanie, czy celem monitoringu hałasu powinno być tylko wykazanie ewentualnych przekroczeń dopuszczalnych wartości poziomu hałasu w środowisku? W niniejszej pracy pokazano, że wyniki pomiarów akustycznych prowadzonych w ramach monitoringu hałasu (w tym przypadku hałasu samochodowego) mogą i powinny zostać wykorzystane do realizacji większej liczby celów.

W niniejszej monografii pokazano, w jaki sposób monitoring hałasu może służyć do:

- **pozyskiwania i gromadzenia danych o źródle hałasu (generacja hałasu);**
Na generację hałasu samochodowego wpływają m.in.: natężenie i prędkość ruchu, temperatura nawierzchni jezdni, stan jezdni (sucha/mokra). Parametry te mogą być rejestrowane w trakcie prowadzonego monitoringu.
- **pozyskiwania i gromadzenia danych o warunkach atmosferycznych;**
Na propagację hałasu wpływają: kierunek i prędkość wiatru, temperatura i wilgotność powietrza, rodzaj powierzchni ziemi pomiędzy źródłem a punktem obserwacji, turbulencje atmosferyczne, zjawisko re-

frakcji. Wpływ tych zjawisk zależy przede od odległości źródła hałasu (droga) – punkt obserwacji (odbiornik). Parametry charakteryzujące poszczególne zjawiska również powinny być gromadzone w trakcie prowadzenia pomiarów hałasu.

– **kalibracji modeli obliczeniowych;**

Z różnych przyczyn, przede wszystkim ekonomicznych, nie jest możliwe prowadzenie ciągłego monitoringu hałasu samochodowego w dłuższym (np. rocznym) okresie. Z tego powodu korzysta się z metod obliczeniowych, przy czym dokładność i wiarygodność tych metod powinna być potwierdzona pomiarami akustycznymi. Dane zebrane w ramach monitoringu hałasu powinny służyć kalibracji modelu obliczeniowego.

Jeśli monitoring hałasu ma wiarygodnie odpowiedzieć na pytanie o przekroczenie wartości dopuszczalnych, pomiary powinny być przeprowadzane w najbardziej korzystnych dla propagacji dźwięku warunkach. Są to jednocześnie najgorsze warunki dla człowieka – poziom hałasu jest bowiem największy.

Wśród zasad obowiązujących w Unii Europejskiej w dziedzinie ochrony środowiska wymienia się m.in. zasadę przezorności. W kontekście prognozowania poziomu hałasu w określonych przez rozporządzenie przedziałach czasu oznacza to przyjęcie najbardziej korzystnych warunków generacji i propagacji hałasu (jest to tzw. najgorsza doba w ciągu roku). Największa emisja hałasu występuje w warunkach dużego natężenia ruchu, wysokiej prędkości ruchu oraz niskiej temperatury nawierzchni jezdni (rozdz. 5.3.3.). Najbardziej korzystne warunki propagacji oznaczają wiatr wiejący od źródła do punktu obserwacji, przy twardej powierzchni ziemi pomiędzy źródłem a punktem obserwacji (rozdz. 5.2.1) oraz przy dużych turbulencjach minimalizujących tłumienie (rozdz. 5.2.2).

Jednym z głównych celów niniejszej pracy jest **opracowanie metody wyznaczania parametrów akustycznych pojazdów samochodowych w ruchu na podstawie wyników monitoringu hałasu samochodowego**. Nie opracowano dotychczas sposobu wyznaczania poziomu mocy akustycznej pojazdów samochodowych na podstawie pomiarów równoważnego poziomu dźwięku A wykonywanych w okresie np. jednej doby.

Zaprezentowany tu sposób estymacji parametrów opiera się na prostym modelu generacji i propagacji hałasu samochodowego. Za wyborem prostego modelu przemawia wiele powodów (zostały one szczegółowo omówione w rozdziale 3):

- dokładny model generacji i propagacji hałasu samochodowego wymaga estymacji szeregu parametrów, które w praktyce są nieosiągalne. Nie mogą one być wyznaczone z rzeczywistych pomiarów – wymagają bo-

- wiem zastosowania skomplikowanych procedur (np. do wyznaczania wielkości opisujących oddziaływanie z powierzchnią ziemi, określania profilu zmian temperatury i prędkości wiatru z wysokością);
- w trakcie monitoringu dokonuje się dużych uproszczeń, np. dzieląc wszystkie pojazdy samochodowe na lekkie i ciężkie, tylko na dwa kierunki ruchu itp.;
 - model powinien być prosty i niezbyt czasochłonny, aby mógł być powszechnie stosowany;
 - model powinien być stabilny, tj. mało czuły na zmiany parametrów wejściowych.

Do estymacji parametrów związanych z generacją hałasu wykorzystano metody rozwiązywania układów równań liniowych.

Kolejnym celem pracy było **opracowanie prostej metody prognozowania hałasu samochodowego, która uwzględnia oddziaływanie fali akustycznej z powierzchnią ziemi, pochłanianie przez powietrze oraz rozpraszanie na turbulencjach** (rozdz. 5.2). W pracy opracowano metodę estymacji parametrów modelu propagacji.

W pracy przedstawiono również **metodę określania wysokości zastępczego źródła dla pojazdów samochodowych w ruchu** (rozdz. 5.2.4). Na podstawie wykonanych pomiarów hałasu podczas pojedynczych przejazdów (na dwóch różnych wysokościach nad powierzchnią ziemi) przeprowadzono obliczenia wysokości zastępczego źródła hałasu dla różnych prędkości ruchu.

Ponadto **badano wpływ temperatury nawierzchni jezdni na hałas samochodowy w funkcji prędkości ruchu samochodów**. Wyznaczono poprawkę do poziomu mocy akustycznej źródła w zależności od temperatury nawierzchni drogi i prędkości ruchu.

Ostatnim problemem, nieopisanym dotychczas w literaturze, jest **wpływ zatoru ulicznego (tzw. korka drogowego) na propagację hałasu samochodowego**. Żaden znany dotychczas model obliczeniowy, stosowany np. w mapach akustycznych, nie uwzględnia tego efektu. Przeprowadzone analizy pokazały jednoznacznie, że korek na jednym pasie znacząco wpływa na propagację hałasu generowanego przez pojazdy samochodowe poruszające się na innym pasie. Pokazano, że korek drogowy oddziałuje na hałas jak ekran akustyczny o określonej wysokości i długości.