

# ANALIZA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI HAŁASU W ŚRODOWISKU MIEJSKIM

Arkadiusz BOCZKOWSKI

**Streszczenie:** W artykule omówiono możliwe sposoby redukcji hałasu drogowego w aglomeracjach miejskich. Przedstawiono typowe rozwiązania zabezpieczeń przeciwhałasowych, omówiono ich wady i zalety, przeprowadzono dyskusję zasadności ich stosowania oraz przedstawiono możliwą do uzyskania skuteczność akustyczną. W artykule przedstawiono również przykłady zastosowań oraz obliczenia skuteczności różnych środków redukcji hałasu.

**Słowa kluczowe:** hałas, ekrany akustyczne, redukcja hałasu, projektowanie zabezpieczeń przeciwhałasowych, hałas komunikacyjny.

## 1. Wstęp

Nieprzyjemny, dokuczliwy i uciążliwy hałas w środowisku miejskim towarzyszy życiu człowieka od momentu intensywnego rozwoju motoryzacji i przemysłu. O ile hałas emitowany do środowiska przez zakłady przemysłowe oddziałuje bardziej punktowo (na mniejsze obszary), to hałas komunikacyjny (drogowy, szynowy, itp.) charakteryzuje się bardzo dużym zasięgiem oddziaływania. W miastach funkcjonują gęste sieci dróg, z których każda jest źródłem liniowym hałasu charakteryzującym się, w zależności od natężenia i struktury ruchu, poziomem mocy akustycznej przypadającym na 1 mb drogi w granicach 75÷95 dB/m. Ze względu na łączną długość dróg, stopień pokrycia siecią drogową oraz natężenie ruchu można stwierdzić, że poziom tła akustycznego w aglomeracjach miejskich uzależniony jest głównie od ruchu pojazdów. Dotyczy to zarówno pory dnia jak i nocy. Jedna ruchliwa droga wojewódzka biegnąca przez środek miasta, a nawet droga krajowa czy ekspresowa zlokalizowana w pobliżu aglomeracji jest w stanie wyraźnie wpłynąć na klimat akustyczny.

Istnieje zatem potrzeba zastanowienia się nad możliwościami redukcji hałasu w miastach oraz przeanalizowania możliwych rozwiązań przeciwhałasowych pod kątem ich skuteczności. W dalszej części artykułu podjęto próbę przedstawienia typowych rozwiązań przeciwhałasowych stosowanych w celu ograniczenia hałasu drogowego w miastach, omówiono ich wady i zalety oraz przeprowadzono dyskusję skuteczności i zasadności ich stosowania.

## 2. Ocena uciążliwości hałasu w środowisku

Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku określone zostały w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007 nr 120 poz.826 z późniejszymi zmianami opublikowanymi w Dz.U.2012 poz.1109). Ochronie akustycznej podlegają 4 podstawowe grupy terenów – wymienionych w załączniku do rozporządzenia. Kwalifikacja badanych obszarów do wymienionych grup winna odbywać się na podstawie aktualnego

przeznaczenia terenu, zgodnie z obowiązującym planem zagospodarowania przestrzennego lub innym dokumentem stwierdzającym przeznaczenie badanego obszaru. Fragment załącznika do rozporządzenia przedstawiono w tab.1.

Tab. 1. Klasyfikacja terenów chronionych oraz wartości dopuszczalne poziomu hałasu w środowisku wyrażone wskaźnikami  $L_{AeqD}$  i  $L_{AeqN}$ .

Lp.	Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w dB			
		Drogi lub linie kolejowe		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
		$L_{AeqD}$ pora dnia t=16h	$L_{AeqN}$ pora nocy t=8h	$L_{AeqD}$ pora dnia t=8h	$L_{AeqN}$ pora nocy t=1h
1.	a. Obszary A ochrony uzdrowskiej	50	45	45	40
	b. Tereny szpitali poza miastem				
2.	a. Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej	61	56	50	40
	b. Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży				
	c. Tereny domów opieki				
	d. Tereny szpitali w miastach				
3.	a. Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego	65	56	55	45
	b. Tereny zabudowy zagrodowej				
	c. Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe				
	d. Tereny mieszkaniowo-usługowe				
4.	a. Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców.	68	60	55	45

Oprócz przeznaczenia terenów zasadnicze znaczenie dla określenia wartości dopuszczalnego poziomu dźwięku w środowisku ma również rodzaj źródła hałasu. Zupełnie inne wartości dopuszczalne określono dla dróg i linii kolejowych, a zupełnie inne dla pozostałych obiektów i działalności będących źródłami hałasu, a więc dla zakładów przemysłowych. Łatwo zauważyć, że wartości dopuszczalne poziomu dźwięku dla emisji zakładów przemysłowych są zdecydowanie niższe od wartości określonych dla źródeł hałasu drogowego. Dla terenów należących do grupy 2, 3 i 4 różnica ta wynosi średnio od 10 do 15 dB na korzyść hałasu drogowego (w zależności od pory doby). Oznacza to, że w przypadku jednoczesnego oddziaływania obydwu rodzajów hałasu na otoczenie o poziomach równych poziomom dopuszczalnym, hałas przemysłowy nie będzie „słyszalny”, gdyż dominować będzie hałas drogowy. Takim ustaleniem wartości dopuszczalnych ustawodawca niejako narzucił, jaki rodzaj hałasu będzie dominujący. Z jednej strony jest to posunięcie zrozumiałe, gdyż właścicielem dróg jest Skarb Państwa, a więc koszty walki z hałasem są ponoszone bezpośrednio przez Państwo. Każde ograniczenie wartości dopuszczalnych hałasu o kolejny decybel określone w rozporządzeniu oznacza bardzo duże koszty dla budżetu w perspektywie wielu lat. Z drugiej zaś strony nie ma jednoznacznie skutecznych i trwałych rozwiązań przeciwhałasowych, które zapewniłyby możliwość

spełnienia zastrzonych wymagań. Istniejące obecnie sposoby redukcji hałasu drogowego są często mało skuteczne, nieefektywne i bardzo kosztowne w budowie i eksploatacji.

Z przedstawionych wyżej względów utrzymuje się stosunkowo wysokie poziomy dopuszczalne hałasu dla dróg i linii kolejowych, gdyż pozwala to skutecznie zmniejszyć wydatki na ochronę przed hałasem. Powstaje jednak pytanie, czy spełnienie wymagań dotyczących wartości dopuszczalnych hałasu w środowisku oznacza dla mieszkańców sytuację komfortową? Otóż nie. Z wieloletnich doświadczeń autora wynika jednoznacznie, że obecnie obowiązujące poziomy dopuszczalne dla dróg i linii kolejowych nie są akceptowane przez osoby przebywające w tym hałasie.

### **3. Metody redukcji hałasu drogowego w środowisku miejskim**

Potrzeba obniżania hałasu w środowisku miejskim wynika bezpośrednio z konieczności dostosowania równoważnego poziomu dźwięku występującego na terenie podlegającym ochronie przed hałasem do wartości wynikających z zapisów rozporządzenia (tab.1). Istniejące sposoby redukcji hałasu polegają głównie na realizacji fizycznych zabezpieczeń przed hałasem (ekrany, ciche nawierzchnie) lub podjęciu działań organizacyjnych, polegających głównie na odpowiednim kierowaniu ruchem, jego strukturą lub prędkością pojazdów. Do najczęściej stosowanych rozwiązań ograniczających hałas w aglomeracjach miejskich zalicza się:

- budowę drogowych ekranów akustycznych,
- zastosowanie cichobieżnych nawierzchni,
- wyprowadzenie ruchu z miasta np. na obwodnice,
- zmniejszenie prędkości jazdy pojazdów samochodowych,
- zmniejszenie udziału pojazdów ciężkich w ogólnym potoku ruchu,
- stosowanie pasów zieleni wokół dróg.

W dalszej części artykułu zostaną omówione poszczególne rodzaje zabezpieczeń przeciwhałasowych. Z doświadczeń autora wynika jednak, że najlepsze rezultaty można osiągnąć poprzez odpowiednie planowanie lokalizacji inwestycji drogowych oraz terenów osiedli mieszkaniowych, np. uwzględniając naturalne ukształtowanie terenów, istniejące zagospodarowanie, itd. Pozytywne efekty widać na przykładzie Specjalnych Stref Ekonomicznych nastawionych na rozwój przemysłu. Z założenia przemysł skupiony jest tu na jednym terenie, który oddalony jest od najbliższych zabudowań tak, by nie powodować nadmiernej uciążliwości. Wokół terenu SSE tworzy się najczęściej tereny ochronne, którymi mogą być np. lasy, parki, itp. Oczywiście, podejście takie dotyczy głównie nowych inwestycji i nowych obiektów. W przypadku już istniejących musimy sobie radzić stosując wymienione wyżej zabezpieczenia.

### **4. Przykłady zastosowania oraz analiza skuteczności akustycznej zabezpieczeń przeciwhałasowych**

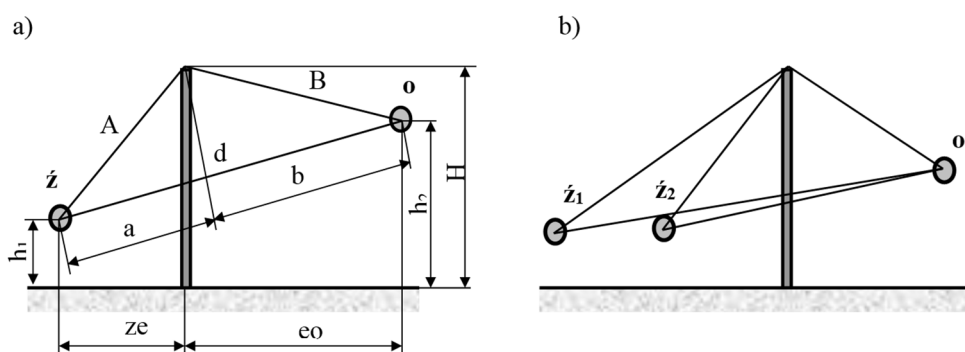
#### **4.1. Wprowadzenie**

Celem niniejszego podrozdziału jest omówienie powszechnie stosowanych metod technicznych i organizacyjnych ograniczających negatywny wpływ hałasu drogowego na środowisko miejskie, przedstawienie ich wad i zalet oraz możliwej do uzyskania skuteczności akustycznej. Znajomość korzyści i ograniczeń wynikających z zastosowania poszczególnych rozwiązań pozwoli na ich poprawną implementację. Często bowiem zdarza

się, że zastosowanie nieodpowiedniego rozwiązania technicznego z góry skazuje nas na porażkę, nie gwarantując możliwości uzyskania zamierzonego rezultatu.

#### 4.1. Drogowe ekrany akustyczne

Drogowe ekrany akustyczne, pomimo bardzo głośnej krytyki, są obecnie jednym z najskuteczniejszych sposobów ochrony terenów mieszkalnych przed hałasem drogowym. Trzeba jednak wiedzieć, że skuteczność zastosowanych ekranów akustycznych zależy w głównej mierze nie od rodzaju materiału ekranu, ale od geometrii układu źródło-ekran-obszernik (rys.1.). Zatem największe i decydujące znaczenie przy stosowaniu ekranów akustycznych ma odpowiednio wykonany projekt akustyczny, którego zadaniem jest prawidłowe określenie geometrii ekranów, uwzględniające zjawisko odbicia, pochłaniania oraz ugięcia fali akustycznej na krawędziach górnej i bocznych ekranu, jak również wyznaczenie obszaru cienia akustycznego za ekranem. Istnieje wiele metod obliczania efektywności ekranowania, z których najpopularniejsze to: metoda Meakawy, Delany'ego, Rettingera, Redfearna, metoda VDI-2720, itp. Zalety i wady poszczególnych metod oraz ich porównanie opisano w referacie [1].

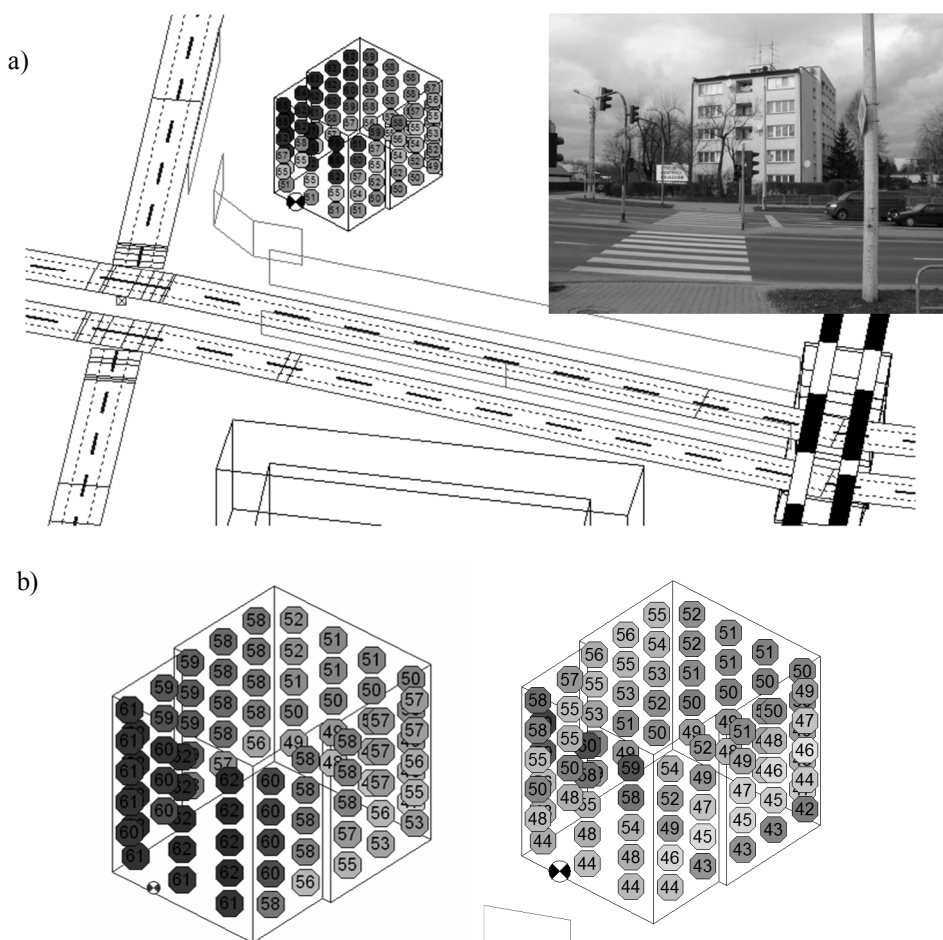


Rys. 1. Geometria układu źródło-ekran-obszernik [1]:  
a) model z jednym źródłem, b) model z dwoma źródłami.

Obecnie większość specjalistycznych programów komputerowych przeznaczonych do obliczeń akustycznych (np. CadnaA czy SoundPlan) posiadają zaimplementowane algorytmy obliczeniowe przeznaczone do wyznaczania skuteczności ekranowania. Skuteczność tą można określać w przekrojach poziomych, np. w siatce punktów umieszczonych na pewnej stałej wysokości, uzyskując tzw. mapy akustyczne oraz w przekrojach pionowych, pozwalających na analizę zjawiska cienia akustycznego. Można również analizować rozkład poziomu dźwięku na poszczególnych elewacjach budynków mieszkalnych. Przykład szczegółowych analiz akustycznych prowadzonych przy projektowaniu drogowych ekranów akustycznych zamieszczono na rys.2 i 3. Na rys.2 przedstawiono analizę rozkładu dźwięku na fasadach chronionego akustycznie budynku, natomiast na rys.3 – analizę zasięgu cienia akustycznego w przekroju poprzecznym budynku i drogi.

Wszystkie ekrany akustyczne najogólniej można podzielić na dźwiękochłonne (pochłaniające), dźwiękoizolacyjne (odbijające) oraz rozpraszające. Zadaniem ekranów

dźwiękochłonnych jest odbicie padającej fali akustycznej z jednoczesnym pochłanianiem jak największej części energii. Są to najczęściej ekrany typu „zielona ściana” wykonywane z płyt wełnianych osłoniętych siatkami PE i umieszczonych w stalowych ocynkowanych ramach, czy też ekrany wykonane z perforowanych paneli aluminiowych, paneli PCV, rzadziej stalowych (ze względów na korozję) czy drewnianych. Ekrany dźwiękochłonne charakteryzują się ważonym współczynnikiem izolacyjności akustycznej  $R_w=28\div35$  dB oraz jednoliczbowym wskaźnikiem pochłaniania  $D=8\div13$  dB, w zależności od grubości ekranu oraz sposobu i rodzaju jego wypełnienia.

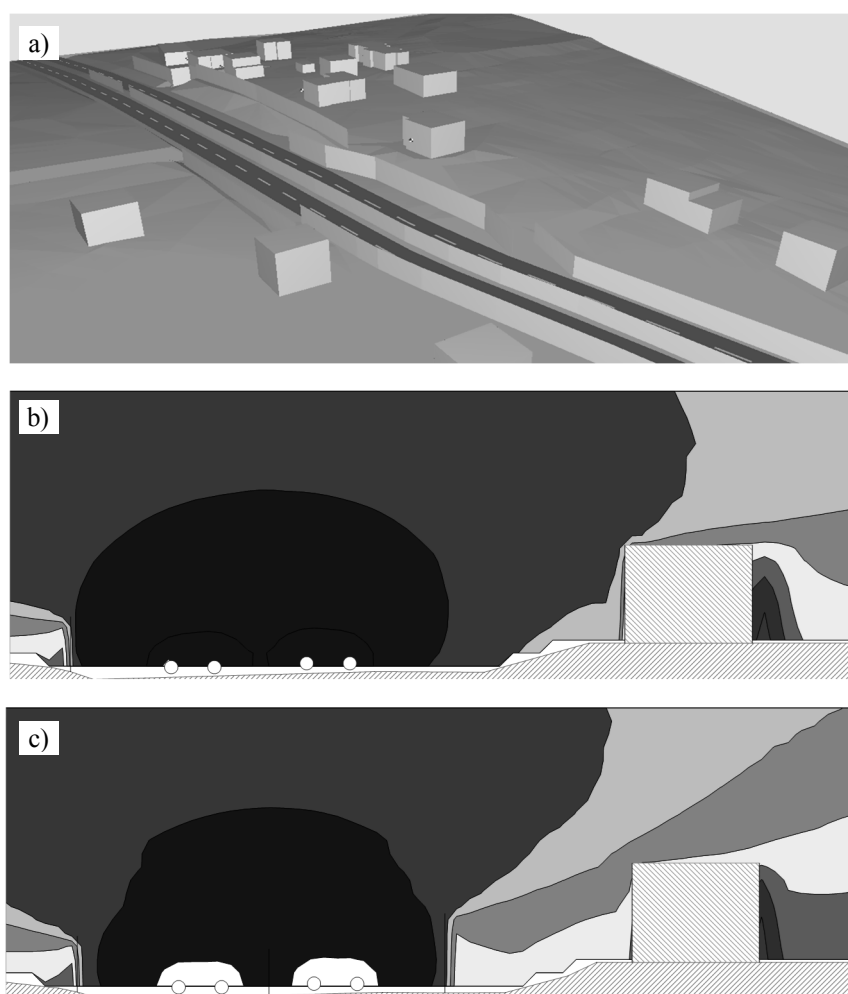


Rys. 2. Przykładowe wyniki analiz służące do wyznaczenia skuteczności ekranów akustycznych:

- a) model geometryczny układu drogowego, b) rozkład poziomy dźwięku na elewacjach budynku mieszkalnego przed i po wykonaniu ekranów (pora nocy).

Ekrany dźwiękoizolacyjne wykonane są najczęściej ze szkła akrylowego (pleksi zbrojonej lub nie) i stosowane wszędzie tam, gdzie niezbędne jest zapewnienie przepuszczalności światła oraz wymagana jest lżejsza i przezroczysta konstrukcja (np.

wiadukty kolejowe, drogowe, rejony wlotów dróg). Ich głównym mankamentem jest jednak brak pochłaniania fali akustycznej. Na powierzchni ekranu następuje odbicie fali, przez co zwiększa się poziom dźwięku przed ekranem. W niektórych przypadkach, przy źle zaprojektowanych ekranach dźwiękoizolacyjnych, można doprowadzić do miejscowego znacznego spadku ich skuteczności, a nawet znacznego pogorszenia klimatu akustycznego po ich wybudowaniu. Inną istotną wadą jest odbijanie światła skupionego np. światła reflektorów samochodowych w nocy. Wady tej są pozbawione z kolei ekrany betonowe oraz ekrany rozpraszające, np. wykonane z płyt trocinobetonowych ukształtowanych w taki sposób, by zapewnić jak największe rozproszenie padającej fali akustycznej lub układane ze specjalnych kształtek (np. donic) w postaci muru oporowego, które mogą być dodatkowo obsadzone roślinnością.



Rys. 3. Wyniki analiz rozkładu cienia akustycznego za ekranem:  
a) model geometryczny układu, b) mapa hałasu w przekroju poprzecznym drogi i budynku  
– bez ekranu, c) rozkład cienia akustycznego za ekranem.

Efektywność ekranów akustycznych jest rozumiana jako zmniejszenie poziomu dźwięku w punkcie kontrolnym zlokalizowanym najczęściej przed elewacją budynku mieszkalnego przed i po wybudowaniu ekranu akustycznego. Efektywność akustyczna dla dobrze zaprojektowanych ekranów wynosi od 8 do 15 dB. Oczywiście w każdym przypadku wartość ta może być inna, gdyż zależy głównie od geometrii układu, a przede wszystkim od odległości ekranu od źródła i chronionego budynku, wysokości ekranu, ukształtowania terenu, wysokości położenia punktu pomiarowego, itd. [4].

Ekran akustyczny ze względu na swoje wady mają wielu przeciwników. Do ich wad należą głównie: wysoki koszt wykonania, stosunkowo niewielka efektywność akustyczna – szczególnie w przypadku wysokich kondygnacji budynków mieszkalnych, mała odporność na warunki atmosferyczne (korozja, promieniowanie UV), wygląd i estetyka - szczególnie po dłuższym okresie eksploatacji, konieczność czyszczenia i konserwacji, ograniczenie widoczności, itp. Do negatywnego postrzegania ekranów przyczynia się ich zbyt duża liczba oraz – wrażliwe ozdoby umieszczane na nich w postaci tzw. graffiti.

Do zalet ekranów akustycznych należy zaliczyć możliwie wysoką skuteczność ekranowania w porównaniu z innymi metodami ograniczającymi hałas w mieście (oczywiście w przypadku ich poprawnego zaprojektowania), możliwość wykorzystania szerokiego spektrum materiałów, co w połączeniu z odpowiednim projektem może tworzyć bardzo ciekawe i estetyczne formy architektoniczne.

Podsumowując należy stwierdzić, że wykorzystanie ekranowania przynosi najlepsze rezultaty w przypadku przemyślanego procesu projektowania nowych dróg. Najskuteczniejszą formą ekranowania fali akustycznej jest zastosowanie sztucznych wałów ziemnych lub też wykorzystanie naturalnego ukształtowania terenu np. przez poprowadzenie dróg w wykopach, przy skarpach, itd. Do najskuteczniejszych, ale zarazem najdroższych rozwiązań należą tunele drogowe.

#### **4.2. Zastosowanie cichobieżnych nawierzchni**

Główną przyczyną hałasu drogowego związana jest z toczeniem się opony po nawierzchni drogi. Powstaje wówczas hałas toczenia generowany przez oponę uderzającą w nierówności nawierzchni oraz hałas aerodynamiczny związany ze sprężaniem i rozprężaniem powietrza w bieżniku opony. Hałas generowany przez pracujące silniki samochodowe jest nieco istotniejszy przy małych prędkościach jazdy, tzn. poniżej 50 km/h w przypadku samochodów osobowych i poniżej 70 km/h w przypadku samochodów ciężarowych. Zatem w celu zmniejszenia hałasu powstającego na styku opony z nawierzchnią można zmniejszyć prędkość ruchu pojazdów lub zastosować coraz bardziej popularne w Polsce ciche nawierzchnie.

Do najczęściej stosowanych tzw. cichych nawierzchni należą:

- asfalt modyfikowany,
- dwuwarstwowe nawierzchnie porowate,
- drobnoziarniste mieszanki o nieciągłym uziarnieniu (SMA, BBTM),
- mieszanki modyfikowane gumą.

Asfalt porowaty (PA) o zawartości wolnych przestrzeni powyżej 22% pozwala na redukcję emisji hałasu w porównaniu do konwencjonalnych nawierzchni o 3÷5 dB dla systemów jednowarstwowych oraz 7÷9 dB dla systemów dwuwarstwowych. Wadą nawierzchni porowatych jest pogarszanie się redukcji hałasu wraz z upływem czasu, występujące na skutek zatykania się wolnych przestrzeni w nawierzchni. Obserwowane spadki skuteczności redukcji hałasu wynoszą od 1 do 2 dB rocznie. W celu eliminacji tego

zjawiska nawierzchnie takie winny być okresowo myte pod ciśnieniem, co zwiększa koszty ich eksploatacji oraz wymusza stosowanie specjalistycznego sprzętu. Z kolei do pozaakustycznych zalet nawierzchni porowatych należą zapobieganie tworzeniu się zjawiska aqua-planingu, a przez to uzyskanie lepszej przyczepności oraz widoczności w czasie jazdy przy opadach.

Cichobieżne nawierzchnie asfaltowe PA, nawierzchnie wykonane z mieszanek o nieciągłym uziarnieniu SMA czy wykonane z betonu asfaltowego do cienkich warstw BBTM coraz częściej są stosowane w Polsce, a badania w zakresie ich trwałości mechanicznej i akustycznej są cały czas prowadzone na odcinkach doświadczalnych. Na pewno stosowanie tylko cichobieżnych nawierzchni nie pozwoli na wyeliminowanie ponadnormatywnego hałasu, ale jest jednym ze sposobów znacznie go ograniczającym.

Na koniec warto zauważyć, że nawet najcichsze nawierzchnie, jeżeli tylko będą w złym stanie technicznym nie spowodują pożądanego ograniczenia emisji hałasu.

#### **4.3. Wyprowadzenie ruchu z miasta lub ograniczenia w ruchu pojazdów ciężarowych**

Jednym ze stosowanych rozwiązań ograniczania hałasu w miastach jest wyprowadzenie znacznej części ruchu samochodowego (szczególnie ruchu pojazdów ciężarowych) z centrów miast lub wprowadzenie ograniczeń w ruchu pojazdów w strefach miejskich. Najpopularniejszym rozwiązaniem jest budowa obwodnic miejskich, przejmujących ruch ciężarowy i osobowy. Jest to rozwiązanie bardzo dobre, nie tylko ze względu na ograniczenie hałasu, ale przede wszystkim ze względu na bezpieczeństwo. Należy jednak pamiętać, że ograniczenie ruchu pojazdów o 50% daje efekt zmniejszenia poziomu dźwięku o 3 dB, bez względu na fakt czy zmniejszyliśmy natężenie ruchu z 50 pojazdów do 25, czy też z 50000 do 25000 pojazdów na dobę. Nowa lokalizacja obwodnicy spowoduje z kolei, że nowe tereny zostaną zanieczyszczone hałasem. Dlatego też ważne jest, by przebieg projektowanych nowych dróg czy obwodnic był planowany z uwzględnieniem przyszłego oddziaływania akustycznego oraz by drogi te były wyposażone w odpowiednie zabezpieczenia przeciwhałasowe.

#### **4.4. Ograniczenie prędkości jazdy pojazdów samochodowych**

Ograniczenie prędkości ruchu pojazdów samochodowych znacznie zmniejsza uciążliwość akustyczną ruchu, zarówno w przypadku pojazdów osobowych jak i ciężarowych. W przypadku samochodów osobowych prędkość ruchu poniżej 40 km/h jest akustycznie akceptowalna. Większość nowych samochodów poruszających się po drogach przy takich prędkościach i płynnym ruchu nie powoduje istotnych uciążliwości akustycznych. W przypadku samochodów ciężarowych każdy przejazd powoduje znaczny dyskomfort. Do prędkości ok. 60-70 km/h w czasie jazdy pojazdów ciężarowych wyraźnie słychać pracę silnika i układu wydechowego. Czasami dominujący jest hałas powodowany przez przewożony ładunek, szczególnie gdy mamy do czynienia z nierówną (zniszczoną) nawierzchnią. Przykładem mogą tu być liczne skargi mieszkańców na hałas powodowany przez samochody ciężarowe w czasie przejazdu przez progi zwalniające. Powyżej podanych prędkości zaczyna być wyraźnie słyszalny hałas związany z toceniem się kół po nawierzchni i wówczas ograniczenie prędkości jazdy jest szczególnie zasadne.

Zgodnie z ogólnie znanymi zależnościami dwukrotne zmniejszenie prędkości jazdy daje efekt w postaci redukcji hałasu o ok. 3 dB. Wykorzystując z kolei do obliczeń francuską metodę MNPB można stwierdzić, że obniżenie prędkości jazdy ze 100 km/h do 80 km/h



pozwała na zmniejszenie poziomu dźwięku o ok. 1 dB - w przypadku pojazdów osobowych i ok. 2 dB w przypadku pojazdów ciężarowych.

#### **4.5. Ekranowanie przez zieleń**

Ekranowanie hałasu przez zieleń zależy przede wszystkim od szerokości pasa zieleni, jej gęstości oraz rodzaju zadrzewienia. Im zieleń bardziej gęsta i wysoka oraz im pas zieleni szerszy, tym tłumienie hałasu będzie większe. W przypadku specjalnie zaprojektowanego pasa zieleni o szerokości 30 m i odpowiednio dobranej zieleni nie należy spodziewać się większego tłumienia jak 5÷10 dB w zależności od struktury częstotliwościowej hałasu. Maksymalną skuteczność akustyczną uzyska się dopiero po kilkunastu latach, gdy zieleń osiągnie odpowiednią gęstość i wysokość. Zieleń wykorzystywana na obsadę nie może gubić liści i musi być odpowiednio gęsta. Najlepsze są zatem iglaki tj.: żywotniki zachodnie, choina kanadyjska, cis pośredni, cyprysik lawsona, itd. Tłumienie obszarów leśnych, ze względu na małą gęstość zadrzewienia jest zdecydowanie mniejsze i wynosi ok. 0,05 dB/m w przypadku, gdy przesłonięty jest całkowicie widok na drodze propagacji (zgodnie z PN-EN ISO 9613-2).

#### **5. Podsumowanie**

Z przeprowadzonej dyskusji dostępnych metod ograniczania hałasu drogowego w środowisku miejskim wynika jednoznacznie, że nie ma metod doskonałych. Każda z nich ma swoje zalety i wady oraz jest ograniczona możliwą do osiągnięcia skutecznością. Stosowanie drogowych ekranów akustycznych, ograniczeń prędkości, zakazów ruchu, itp., związane jest z koniecznością wprowadzenia radykalnych działań zmierzających do zmniejszenia hałasu. Są to działania konieczne, jednak niegwarantujące uzyskania pełnego sukcesu. Na podstawie wieloletnich doświadczeń w pomiarach i analizie hałasu w aglomeracjach miejskich stwierdzam, że najlepsze rezultaty można osiągnąć wówczas, gdy podejmie się walkę z hałasem już na etapie planowania lokalizacji osiedli mieszkaniowych oraz przebiegu inwestycji drogowych. Temu celowi mają również służyć strategiczne mapy akustyczne (SMA), które obecnie posiada większość polskich miast. Inwestycje mieszkaniowe powinno się planować w cichych rejonach miast (być może na uboczu miast), poza oddziaływaniem głównych dróg, torowisk oraz lotnisk.

W samych aglomeracjach miejskich musimy pogodzić się z występowaniem podwyższonych wartości hałasu. Nie jesteśmy w stanie wyeliminować go całkowicie, gdyż jest to element związany nierozdzielnie z naszym życiem. Warto jednak wprowadzać rozwiązania, które pozwolą ograniczyć występującą uciążliwość akustyczną do minimum. Być może dobrym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie stref zamieszkania, dzięki którym w pierwszej linii zabudowy można byłoby lokalizować tylko i wyłącznie budynki usługowe i handlowe. Wówczas obszary mieszkalne znalazłyby się w cieniu akustycznym pierwszej linii zabudowy. Takie rozwiązania są już praktykowane w niektórych częściach Polski.

Artykuł został opracowany w ramach badań statutowych o symbolu BK-223/ROZ-3/2015, nt.: „Znaczenie inżynierii produkcji w rozwoju innowacyjnych produktów i usług” realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

## Literatura

1. Boczkowski A., Komoniewski A.: Weryfikacja algorytmów obliczania efektywności ekranowania drogowych ekranów akustycznych w warunkach rzeczywistych. Materiały XXXI Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych. Gliwice-Szczyrk 2003, s.13-20.
2. Boczkowski A., Kuboszek A.: Techniczne i pozatechniczne aspekty wdrażania innowacyjnych metod projektowania zabezpieczeń przeciwhałasowych w przemyśle. Etap I. Ekspertyza akustyczna. Monografia pod red. J.Kaźmierczaka i J.Bartnickiej pt. Zarządzanie innowacjami w produkcji i usługach. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014. ISBN 978-83-930399-3-7, s.15-34.
3. Boczkowski A.: Designing of noise protection systems in industrial environment. Monografia pt. Systems Supporting Production Engineering. Gliwice, 2012.
4. Boczkowski A.: Some observations on the design of noise barriers. Management Systems in Productions Engineering. Scientific and technical quarterly. 2013, Nr 2 (10), s.32-36.
5. Habrat T.: Zieleń jako element ekranujący. Instytut Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1999 r.
6. Boczkowski A.: Racjonalne projektowanie i wdrażanie zabezpieczeń przeciwhałasowych w przemyśle. Materiały XXXIX Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, Gliwice-Szczyrk, 28.02-4.03.2011. Gliwice, PTA, 2011.

Dr inż. Arkadiusz BOCZKOWSKI  
Instytut Inżynierii Produkcji  
Politechnika Śląska  
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28  
Tel/fax: (032) 277 73 11/(032) 277 73 13  
e-mail: arkadiusz.boczkowski@polsl.pl