



MAPY AKUSTYCZNE AGLOMERACJI

Zgodnie z dyrektywą UE w sprawie oceny i kontroli poziomu hałasu w środowisku oraz z Prawem ochrony środowiska mapy akustyczne miast o liczbie mieszkańców większej niż 250 tys. (jest ich w Polsce 12) powinny być wykonane do czerwca 2007 r. Z kolei miasta co najmniej 100-tysięczne przygotowują takie mapy do roku 2012.

JAN CZUCHAJ
JAN GRABOWSKI
ANDRZEJ KOZAKIEWICZ
RADOSŁAW KUCHARSKI

Unia Europejska nadała wyso-ki priorytet walce z hałasem, czego wyrazem jest dyrektywa 2002/49/WE, która określa obowiązki państw członkowskich w tym zakresie. Odpowiednie zapisy tego dokumentu odnoszą się do sposobu realizacji tzw. map akustycznych charakteryzujących klimat akustyczny obszarów narażonych na hałas od transportu drogowego i szynowego, lotniczego, a także wynikający z działalności zakładów przemysłowych. Mapy te umożliwiają określenie skali problemu i służą do opracowania programów ochrony środowiska przed hałasem.

W artykule krótko przedstawione zostały doświadczenia przy realizacji map akustycznych w trzech aglomeracjach: Gdańsku, Gdyni i Warszawie. Przytoczone wynikowe dane statystyczne charakteryzujące stopień „skażenia” hałasem zostały udostępnione przez Wy-

dział Środowiska Urzędu Miejskiego w Gdańsku.

Dane niezbędne do wykonania map akustycznych można podzielić na trzy grupy obejmujące:

- charakterystykę i geometrię obszaru opracowania (np. powierzchnię terenu, zabudowę terenu, osie dróg i torów, ekrany akustyczne, przebieg granic charakterystycznych obszarów),
- funkcje budynków (powiązane z warstwą budynków) i liczbę mieszkańców,
- charakterystyki źródeł hałasu.

• DANE GEODEZYJNE

Podstawowym źródłem danych geometrycznych są ośrodki dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej (ODGiK-i), które udostępniają dane z zasobu geodezyjnego (mapę zasadniczą i numeryczny model terenu) oraz inne dane (np. bazę adresową). W większości przypadków dane te (o ile istnieją) przekazywane są wykonawcy mapy akustycznej nieodpłatnie.

Najczęściej jednak numeryczny model terenu (NMT) oraz trójwymiarowy model zabudowy terenu (TMZT) należy wyko-

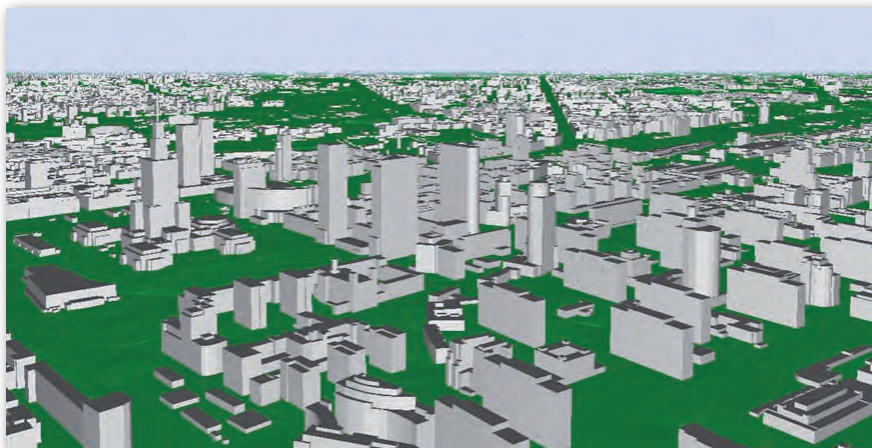
nać samodzielnie. W Gdańsku taki model powstał z numerycznej mapy zasadniczej poprzez wyselekcjonowanie wszystkich elementów mapy, do których dowiązana była informacja o trzecim wymiarze. Błąd średni wysokości otrzymanego w ten sposób NMT wynosi ± 10 cm dla terenów zabudowanych utwardzonych oraz ± 20 cm dla terenów otwartych nieutwardzonych. Do określenia wysokości budynków przy opracowywaniu TMZT posłużono się algorytmem uwzględniającym liczbę kondygnacji odczytaną z mapy i średnią wysokość kondygnacji.

W przypadku Gdyni otrzymany w powyższy sposób TMZT został uaktualniony metodami fotogrametrycznymi z wykorzystaniem zdjęć lotniczych w skali 1:17 000. Pozwoliło to na ustalenie wysokości zabudowy ze średnim błędem mniejszym niż 1,0 m. Dodatkową korzyścią prac było wskazanie tych rejonów miasta, w których w pierwszej kolejności należy przeprowadzić inwentaryzację budynków.

W przypadku, kiedy numeryczna mapa zasadnicza nie jest dostępna dla całej aglomeracji, NMT oraz TMZT mogą



Gdańsk – numeryczny model terenu



Warszawa – trójwymiarowy model zabudowy terenu

być opracowane ze zdjęć lotniczych lub w wyniku skanowania laserowego. Dość należy, że z punktu widzenia obliczeń akustycznych pożądana dokładność NMT oraz TMZT wynosi co najmniej 1 m. Z taką dokładnością ze zdjęć lotniczych pozyskano dane geometryczne miasta stołecznego Warszawy.

W wyznaczeniu przebiegu osi dróg, które nie są przedstawione na mapie zasadniczej, pomocna jest ortofotomapa, o ile opracowana została z odpowiednią dokładnością. Należy podkreślić, że dla potrzeb modelowania pożądanym jest wyznaczenie osi dróg w wersji 3D

(szczególnie dotyczy to skrzyżowań wielopoziomowych). Wyznaczone osie dróg dzielone są następnie na odcinki o stałych w przybliżeniu parametrach jezdni oraz stałej strukturze i natężeniu ruchu. Informacje dotyczące ww. parametrów (np. szerokość jezdni, rodzaj nawierzchni, natężenia i struktura ruchu) dołączone są do każdego z wyodrębnionych w powyższy sposób odcinków i wykorzystywane do obliczeń akustycznych.

Dodatkowo należy przygotować informację o położeniu i wysokości istniejących ekranów akustycznych, które często zaznaczane są na mapie zasadniczej

Warszawa – geometria i osie dróg dla skrzyżowania wielopoziomowego



za pomocą różnych symboli (np. mur oporowy), co nie ułatwia ich identyfikacji i powoduje konieczność wykonania wywiadu w terenie.

• DANE O NATĘŻENIU HAŁASU I LICZBIE LUDNOŚCI

Dla potrzeb modelowania hałasu komunikacyjnego w aglomeracji należy pozyskać dane o natężeniach i strukturze ruchu drogowego oraz kolejowego. Z reguły dostępne są pewne informacje o natężeniach ruchu drogowego, ale zazwyczaj niewystarczające (lub nieaktualne) i w ramach realizacji mapy należy je uzupełnić pomiarami wykonanymi dodatkowo co najmniej w kilkuset przekrojach. Pomiary uzupełniające mogą być wykonane za pomocą specjalistycznego sprzętu (np. pętle indukcyjne, czujniki radarowe lub laserowe). Często jednak – ze względu na konieczność szybkiego pozyskania danych oraz ograniczone fundusze – pomiar wykonywany jest przez przeszkolonych ankietów, w określony sposób i zgodnie z precyzyjnie ustalonym harmonogramem.

Ponadto w przypadku hałasu szynowego ze względu na trudności w ścisłym stosowaniu metody obliczeniowej zalecanej dyrektywą 2002/49/WE (metoda holenderska) niezbędne jest wykonanie serii specyficznych pomiarów akustycznych do wyznaczenia wartości emisyjnych służących do obliczeń hałasu kolejowego i tramwajowego. Również w przypadku hałasu przemysłowego dane źródłowe otrzymane od zamawiającego (urzędów miejskich) stanowią zwykle tylko część danych potrzebnych do obliczeń i niezbędne jest wykonanie dalszych pomiarów.

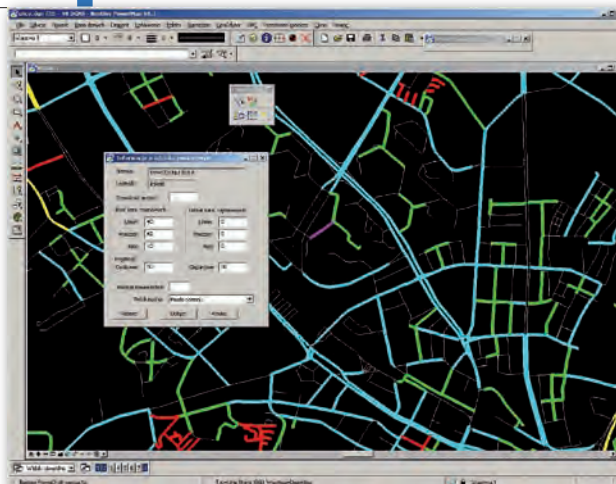
Dane dotyczące lotnisk pochodzą zazwyczaj od zarządów portów lotniczych i określają trasy nalołów, częstotliwość lądowań, rodzaje samolotów. Są one z reguły wystarczające do wykonania mapy hałasu lotniczego.

Ze względu na czasochłonność pozyskiwania danych o ludności nie ma w zasadzie możliwości, w okresie realizacji mapy akustycznej (na ogół krótszej niż 1 rok), przeprowadzenia względnie szerokiej weryfikacji istniejących danych o ludności (np. bazy PESEL). Wykonawca musi w tym przypadku oprzeć opracowanie mapy na danych pozyskanych od różnych instytucji, np. urzędów statystycznych. Dane te przechowywane są w bardzo różnicowany sposób, w dużej mierze w formie papierowej, co powoduje, że ich przystosowanie do wykorzystania pochłania dużo czasu.

●OPRACOWANIE ORAZ INTEGRACJA DANYCH

Wszystkie dane niezbędne do wykonania mapy akustycznej, zarówno uzyskane od właściwych instytucji, jak i te pomierzone w ramach umowy na wykonanie mapy akustycznej, mają charakter przestrzenny i są powiązane z różnymi obiektami, z których część znajduje się na mapie zasadniczej. Ważnym etapem prac jest zintegrowanie wszystkich danych w formie projektu GIS. W ten sposób użytkownik ma bezpośredni dostęp do danych źródłowych i może je uaktualniać w miarę napływania nowych danych. W omawianych projektach środowiskiem GIS było MicroStation firmy Bentley z bazą danych Oracle. Odpowiednie aplikacje umożliwiają eksport określonych danych do modułu obliczeniowego w jednym z formatów, np. SHP.

W opisanych realizacjach modułem obliczeniowym wykorzystanym w systemie był program Cadna A firmy Datakustik GmbH. Pozwala on na wykonanie map hałasu drogowego, kolejowego, przemysłowego oraz lotniczego z zastosowa-



Geometria i atrybuty odcinków pomiarowych dróg

x 10 m (lub mniejszym) na wysokości 4 m. Wyniki obliczeń, tzn. rozkłady wskaźników długookresowych hałasu dla pory dziennie-wieczorowo-nocnej (tzw. wskaźnik hałasu L_{DWN}) oraz nocnej (wskaźnik L_N), oddzielnie dla każdego rodzaju źródła hałasu, są następnie eksportowane w formie rastrowej i umieszczone w systemie do dalszego wykorzystywania. Użytkownik może korzystać z wizualizacji mapy

na monitorze, wydruków z komputera podłączonego do systemu lub z prezentacji mapy na portalu internetowym.

Cadna A pozwala dodatkowo uzyskać przestrzenną wizualizację mapy hałasu w trzech wymiarach, mapę rozkładu poziomego hałasu w płaszczyźnie pionowej, rozkład poziomu hałasu na fasadach budynków itp. W znaczny sposób poszerza to

możliwości wykorzystania mapy hałasu do szczegółowych analiz akustycznych. Mapy wskaźników L_{DWN} i L_N służą również do przeprowadzania dalszych analiz obejmujących cały obszar opracowania, a szczególnie do wyznaczenia obszarów zagrożonych hałasem (przez teren zagrożony hałasem zgodnie z Poś rozumie się teren, na którym przekroczone zostały dopuszczalne poziomy hałasu, określone

wskaźnikami L_{DWN} i L_N). Wynik takiej analizy przedstawić można również w postaci tzw. mapy przekroczeń wartości dopuszczalnych względem mapy terenów zagrożonych hałasem.

●MAPA WRAŻLIWOŚCI ORAZ MAPY PRZEKROCZEŃ

Do opracowania mapy terenów zagrożonych hałasem konieczne jest (oprócz omówionych wyżej map rozkładu wskaźników długookresowych L_{DWN} oraz L_N) opracowanie tzw. mapy wrażliwości terenów na hałas, tzn. mapy terenów w zależności od wykorzystania, dla których obowiązują, zgodnie z rozporządzeniem ministra środowiska z 14 lipca 2007 r., dopuszczalne poziomy hałas

LICZBA LUDNOŚCI W SETKACH NARAŻONEJ NA HAŁAS OD POSZCZEGÓLNYCH ŹRÓDEŁ (GDAŃSK)

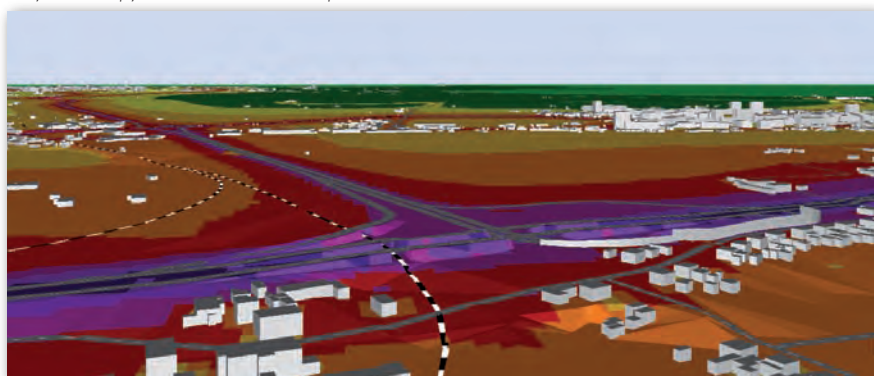
Poziom w dB		drogowy		kolejowy		tramwajowy		lotniczy		przemysłowy	
L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N
	50-54		1100		300		300		0		0
55-59	55-59	1700	300	300	200	300	100	0	0	0	0
60-64	60-64	1300	100	300	100	200	0	0	0	0	0
65-69	65-69	500	0	100	0	100	0	0	0	0	0
70-74	> 70	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 75		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

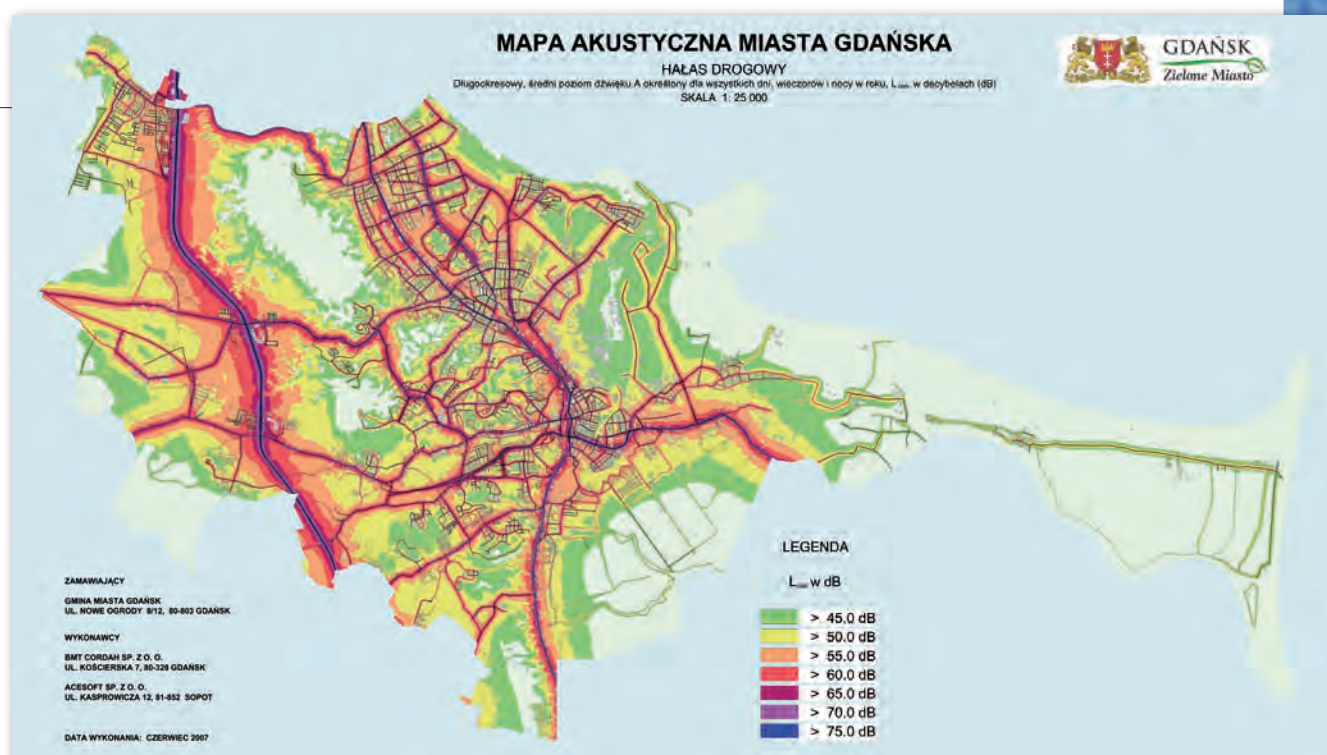
POWIERZCHNIA W KM² OBSZARÓW EKSPONOWANYCH NA HAŁAS (GDAŃSK)

Poziom w dB	drogowy		tramwajowy		kolejowy		lotniczy		przemysłowy	
	L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N	L_{DWN}	L_N
50-55	52,3	51,0	3,2	2,8	9,3	8,5	6,9	2,1	8,4	6,9
55-60	38,1	33,8	2,3	2,0	5,0	4,4	2,9	1,1	5,4	4,3
60-65	19,7	16,7	1,7	1,4	2,9	2,6	1,1	0,4	3,3	2,5
65-70	10,1	7,9	1,0	0,8	1,5	1,4	0,7	0,0	1,7	1,2
70-75	4,8	3,3	0,4	0,2	1,0	0,9	0,0	0,0	0,8	0,6
>75	1,8	1,1	0,0	0,0	0,7	0,6	0,0	0,0	0,4	0,2

niem metod obliczeniowych zalecanych przez UE (2002/49/WE). Dane wejściowe w przeważającej większości były przygotowane w formacie SHP i następnie importowane do oprogramowania Cadna A. Część przetwarzania danych, specyficzna dla obliczeń hałasu, była realizowana tylko w oprogramowaniu Cadna A. Obliczenia wykonywane są na ogół w rastrze 10 m

Przykład mapy hałasu w wizualizacji 3D





Gdańsk - Mapa hałasu drogowego dla wskaźnika L_{DWN}

su. W szczególności są to tereny przeznaczone pod zabudowę mieszkalną, szpitale i domy opieki społecznej, budynki związane ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży, na cele uzdrowiskowe, rekreacyjno-wypoczynkowe oraz mieszkaniowo-usługowe.

Trudność w opracowaniu mapy wrażliwości terenów na hałas polega przede wszystkim na różnicach w terminologii użytej w rozporządzeniach ministra środowiska i stosowanej przez urbanistów w planowaniu przestrzennym. Uzgodnienie takiej mapy wymaga wielu dyskusji z instytucjami odpowiedzialnymi za zagospodarowanie przestrzenne

aglomeracji. Brak precyzyjnej i jednolitej terminologii pozostawia wiele wątpliwości również po jej uzgodnieniu.

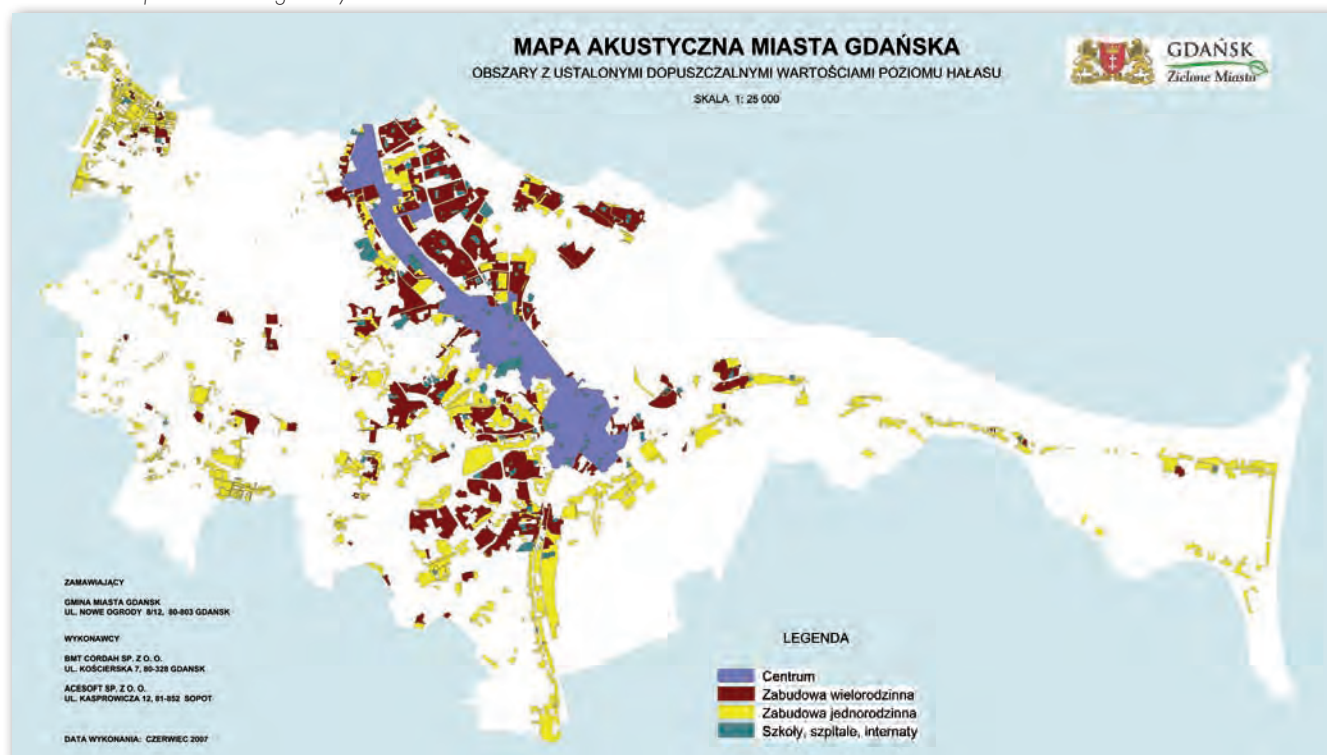
Mapa wrażliwości w połączeniu z mapami rozkładów wskaźnika L_{DWN} i L_N umożliwia wyznaczenie obszarów, na których wymienione wskaźniki są przekroczone, i przedstawienie rezultatu w postaci wspomnianych wyżej map przekroczeń wartości dopuszczalnych.

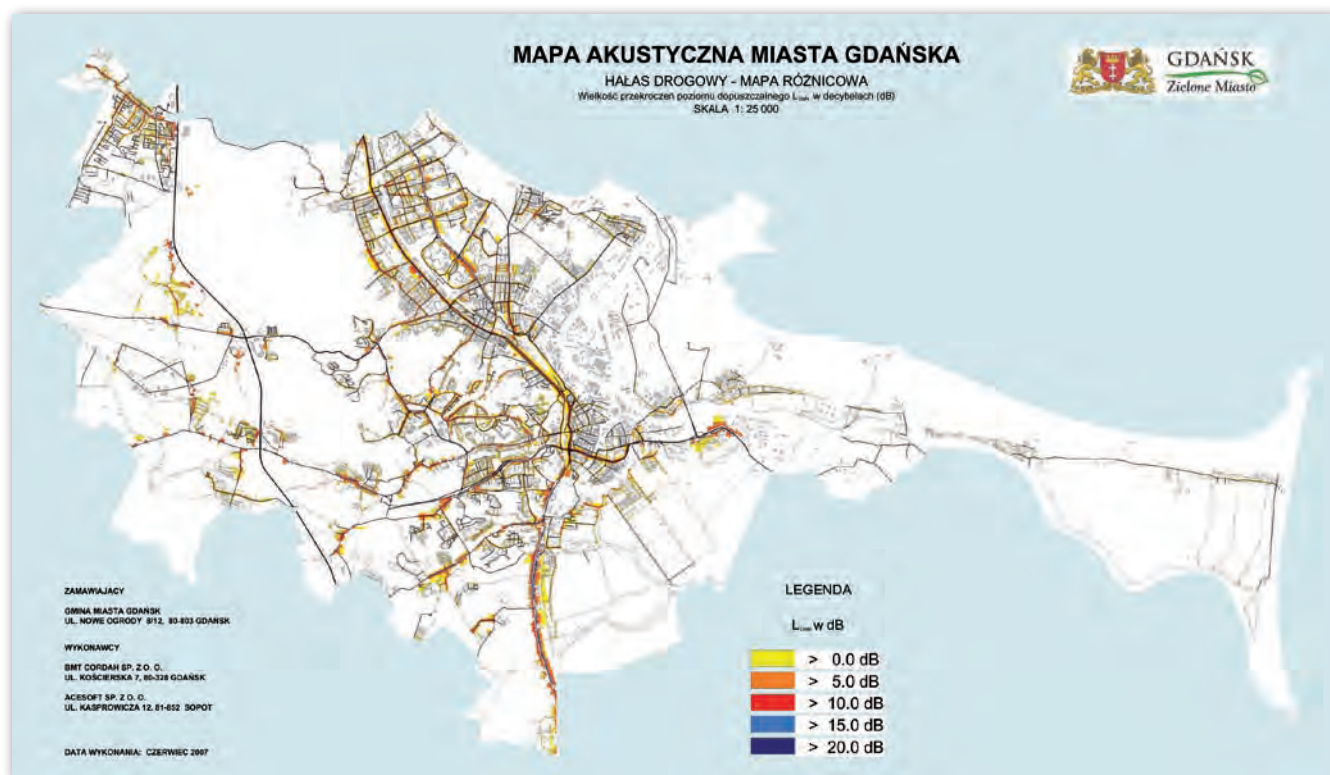
• STATYSTYKA HAŁASU

Jednym z istotnych celów realizacji mapy akustycznej jest uzyskanie danych statystycznych dotyczących stopnia „skażenia” aglomeracji hałasem pocho-

dzącym z różnych źródeł. W szczególności, zgodnie z wymaganiami dyrektywy 2002/49/WE, należy wyznaczyć i podać liczbę osób w budynkach ekspozowanych na hałas, liczbę ludności w budynkach mających tzw. cichą elewację oraz powierzchnie obszarów ekspozowanych na hałas w zdefiniowanych przedziałach poziomu hałasu. Do wyznaczenia dwu pierwszych wartości konieczne są dodatkowe obliczenia, odrębne dla poszczególnych źródeł hałasu, w dyskretnych punktach bezpośrednio na fasadach najbardziej narażonych na hałas (względnie 2 m od tych fasad) dla wszystkich budynków mieszkalnych.

Gdańsk - Mapa terenów zagrożonych hałasem





Gdańsk – Mapa przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięku

Przykładowe dane dla Gdańska (ok. 450 tys. mieszkańców, ok. 260 km²) obrazujące stopień narażenia na hałas pokazane są w tabelach na s. 32. Z wskaźnika L_{DWN} wynika, że blisko 80% mieszkańców Gdańska narażonych jest na hałas drogowy, 16% – na kolejowy, a 13% – na tramwajowy. Liczba mieszkańców zagrożonych hałasem lotniczym czy przemysłowym jest niewielka. Należy jednak pamiętać, że wskaźniki L_{DWN} i L_N są wskaźnikami uśrednionymi i podane wnioski nie wykluczają nawet znacznych uciążliwości związanych z występowaniem tych rodzajów hałasu.

● CELE I EFEKTY PRAC

Zasadniczym celem realizacji mapy akustycznej – oprócz spełnienia obowiązku wynikającego z ustawy *Poś* i dyrektywy UE – jest uzyskanie aktualnych informacji o stanie akustycznym środowiska z uwzględnieniem danych nieakustycznych, takich jak demografia oraz sposób zagospodarowania i użytkowania terenu, a tym samym „stworzenie podstaw dla rozwijania środków wspólnotowych w zakresie obniżania hałasu z głównych źródeł, w szczególności z taboru drogowego i szynowego oraz ich infrastruktury, samolotów, urządzeń pracujących na otwartej przestrzeni i urządzeń przemysłowych, oraz maszyn i urządzeń samobieżnych”.

Efektom prac, realizowanych na zamówienie organów ochrony środowiska w urzędach miast, są:

- Diagnozy stanu środowiska akustycznego na obszarze miasta zgodnie zarówno z wymaganiami unijnymi, jak i polskimi przepisami ochrony środowiska, w tym przygotowanie zestawień statystycznych dla potrzeb Komisji Europejskiej i krajowego raportu z wyników procesu mapowania akustycznego.

- System techniczno-organizacyjny umożliwiający posługiwanie się mapą akustyczną w zakresie oceny stanu, analizy trendów zmian, ocen wpływu różnego rodzaju inwestycji na zmiany stanu klimatu akustycznego itp. Dane takie niezbędne są do opracowania skutecznego programu ochrony środowiska przed hałasem.

- Materiał do informowania społeczeństwa nt. stanu klimatu akustycznego w miejscu zamieszkania i odpoczynku udostępniany na stronie internetowej.

Wykonanie mapy akustycznej miasta to projekt GIS w skali odpowiadającej danej aglomeracji. Przedsięwzięcie związane jest z pozyskaniem danych przestrzennych z różnych źródeł. W procesie tym uczestniczą różne komórki organizacyjne urzędu, w szczególności wydziały geodezji, architektury i urbanistyki, środowiska, polity-

ki gospodarczej. Dane przekazywane są również przez instytucje odpowiedzialne za komunikację w mieście, zarządców dróg, lotnisk, a także duże zakłady przemysłowe. Wykonawca mapy akustycznej dane te weryfikuje, uzupełnia i przetwarza dla potrzeb obliczeń hałasu. System ten powinien stanowić element miejskiego systemu informacji przestrzennej.

Wykonawcy prac

Acesoft Sp. z o.o. w Sopocie

DR INŻ. JAN CZUCHAJ

MGR INŻ. MAREK JUCEWICZ

BMT Cordah Sp. z o.o. w Gdańsku

MGR INŻ. KRZYSZTOF BINIAŚ

MGR INŻ. RYSZARD BRATUŚ

MGR MARIA FRANZ

MGR MICHAŁ KIEDROWSKI

DR INŻ. ANDRZEJ KOZAKIEWICZ,

DR INŻ. ANDRZEJ NAGUSZEWSKI

MGR MAGDALENA PIWOWARSKA

Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie

MGR INŻ. PATRYCJA CHACIŃSKA

DR INŻ. RADOŚLAŃ KUCHARSKI

MGR ZBIGNIEW SZYMAŃSKI

MGR INŻ. ANNA TARAS

Urząd m.st. Warszawy

MGR INŻ. GRZEGORZ KIRAGA

Urząd Miejski w Gdańsku

MGR INŻ. JAN GRABOWSKI

Urząd Miasta Gdyni

MGR INŻ. BARTOSZ FRANKOWSKI