

PAWEŁ KOSSAKOWSKI

Kielce University of Technology

e-mail: kossak@tu.kielce.pl

# STRATEGIC NOISE MAPS

## Abstract

The paper presents the issue of noise maps preparation. Noise indicators and requirements for strategic noise maps are given. The overall process of noise mapping (including acoustic model stage, gathering data on the noise sources and noise map calculation) is also presented in the article together with examples of a noise map.

**Keywords:** noise mapping, noise pollution.

## 1. Introduction

Achieving a high level of health and environmental protection is a one of the basic elements of the policy in the European Union. Noise is one of significant factors, which pollutes the natural environment. Therefore, protection against noise has been a fundamental objective in many European countries for many years, as well as in Poland. In order to harmonize the rules to prevent and reduce the adverse effects of noise pollution, the so-called Environmental Noise Directive 2002/49/EC [1] was adopted in 2002 by European Parliament and the Council. General requirements, applied noise indicators and assessment methods related to the protection against noise are presented in [2].

One of the primary regulations of the Directive [1] is the obligation to draw up strategic noise maps which enable a noise exposure assessment and predictions in an area due to different noise sources. In the paper the overall requirements and determinations methods used for noise mapping are presented.

## 2. Strategic noise maps

According to the definition given in the Environmental Noise Directive, a strategic noise map means a map designed for the global assessment of noise exposure in a given area due to different noise sources or for overall predictions for such an area [1]. Physically, strategic noise map is a map of the area, which is in color or contours, depending on the noise level.

### 2.1. Noise indicators

Noise mapping is based on several noise indicators, meaning a physical scale for the description of environmental noise, which affects harmfully. Two basic noise indicators are defined in [1] for noise mapping:

- day-evening-night noise indicator  $L_{den}$  for overall annoyance,
- night-time noise indicator  $L_{night}$  for sleep disturbance.

Noise indicator  $L_{den}$  for the time of day-evening-night noise is expressed in decibels (dB) as follows [1]:

$$L_{den} = \frac{10}{24} \lg \left( 12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right) \quad (1)$$

where:  $L_{day}$  – the A-weighted long-term average sound level as defined in ISO 1996-2:1987 [3], determined over all the day periods (12 hours from 7.00 to 19.00) of a year,  $L_{evening}$  – the A-weighted long-term average sound level as defined in ISO 1996-2:1987 [3], determined over all the evening periods (4 hours from 19.00 to 23.00) of a year,  $L_{night}$  – the A-weighted long-term average sound level as defined in ISO 1996-2:1987 [3], determined over all the night periods (8 hours from 23.00 to 7.00) of a year.

Noise indicator  $L_{den}$  should be assessed for point depending on the application. The assessment points must be  $4,0 \pm 0,2$  m above the ground and at the most exposed façade for calculations of the strategic noise maps in relation to noise exposure in and near buildings. For other purposes, the height of assessment point may be different, but never less than 1.5 m above the ground, and the results must be corrected in accordance with an equivalent height of 4 m.

The night-time noise indicator  $L_{night}$  is determined in the same way as  $L_{den}$  indicator, but for all the night periods of a year.

## 2.2. Requirements for strategic noise maps

For noise mapping, the reference methods specified in the Directive [1] are recommended, which were described in detail in [2].

The strategic noise maps must satisfy also the minimum requirements given in the Directive [1], which are summarized in Table 1.

Additionally, every five years, strategic noise maps must be made and approved (if necessary) for agglomerations, roads and railways showing the situation during the preceding year. If necessary, every five years noise maps must be also reviewed and revised.

## 3. Strategic noise mapping

As mentioned before, noise maps describe a distribution of noise from various sources, such as

road and rail traffic, aircraft and industry, being a major source of information about the state of the acoustic environment in the area. Noise mapping is a complicated process and a large number of input variables is required to produce a noise map which enables real description of noise in the analysed area. Thus, a certain assumptions and averages are introduced during the modelling process, which have an effect on resultant noise map. Mainly they are connected to unknown data, such as number of heavy vehicles in the flow, average speed of vehicles, road surface type for particular roads or unavailable topographical information describing the analysed area. Averages connected to these unknown data have a significant impact on the final noise map, especially in a large scale projects, due to a large number of necessary information.

Below the overall process of noise mapping is presented.

Generally, noise mapping is based on the calculation of the parameters of the noise source basing on a digital model of terrain and infrastructure, and other quantities affecting the propagation of sound. There are several elements and stages during noise mapping, including acoustic model preparation, obtaining data on the noise sources, production and calibration of final noise map, which is described below.

Table 1. Requirements for strategic noise maps according to [1]

Characteristics of strategic noise maps	Requirements
Aspects of data presentation in noise maps:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– an existing, a previous or a predicted noise situation in terms of a noise indicator</li> <li>– the exceeding of a limit value</li> <li>– the estimated number of dwellings, schools and hospitals in a certain area that are exposed to specific values of a noise indicator</li> <li>– the estimated number of people located in an area exposed to noise</li> </ul>
Type of presentation of noise maps to the public:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– graphical plots</li> <li>– numerical data in tables</li> <li>– numerical data in electronic form</li> </ul>
Types of separate noise maps necessary for agglomerations, taking into consideration noise sources:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– road traffic</li> <li>– rail traffic</li> <li>– airports</li> <li>– industrial activity sites, including ports</li> </ul>
Purposes of using of strategic noise mapping:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– the provision of the data</li> <li>– a source of information for citizens</li> <li>– a basis for action plans</li> </ul>
Additional and more detailed information necessary for the purposes of informing the citizen:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– a graphical presentation</li> <li>– maps disclosing the exceeding of a limit value</li> <li>– difference maps, in which the existing situation is compared with various possible future situations</li> <li>– maps showing the value of a noise indicator at a height other than 4 m where appropriate</li> </ul>
Assessment conditions for $L_{den}$ and $L_{night}$ :	<ul style="list-style-type: none"> <li>– height of reference point equal to 4 m</li> <li>– 5 dB ranges</li> </ul>

### 3.1. Acoustic model

In the first stage of noise mapping the acoustic, computational model is built. It consists of the data covering different groups of information necessary to comply with the maps. The following numerical models are used in preparation of the acoustic model:

- terrain (ground) model
- building model
- infrastructure model
- green areas model.

These models combined into one, are a base for the estimation of a number of people which are exposed to noise from different sources. Thus, in order to build the acoustic model it is necessary to input the information on the estimated number of people living in a given area into the model consisting of all the buildings. The buildings data is available in a geo-referenced file or they are collected during the field visits, in which a detailed inventory and photographic documentation is done (Fig. 1).

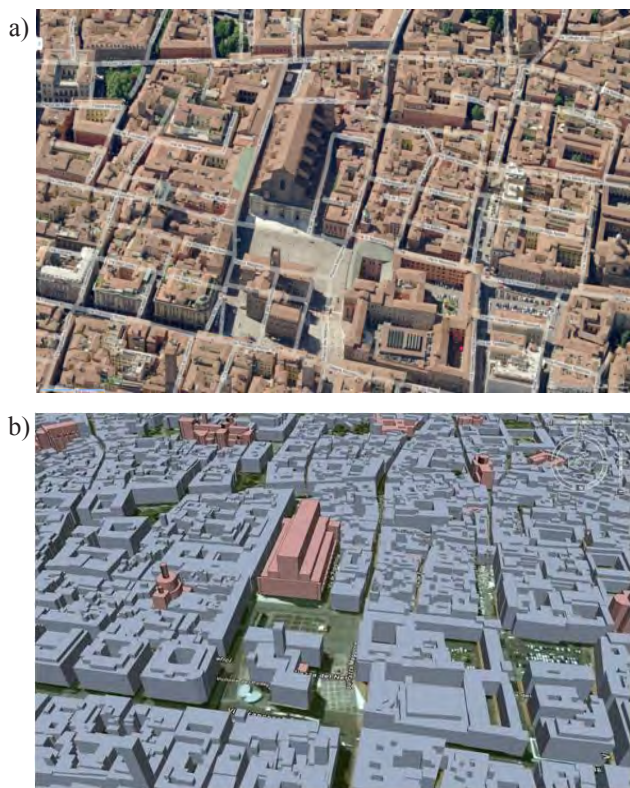


Fig. 1. Aerial view (a) [4] and acoustic model of Bologna (b) [5]

Estimated number of living people is taken from statistical data or gathered during the field visits. Finally, the computational model contains information on the buildings layer, where cataloged objects are assigned to a person living in them.

In addition, the infrastructure data consisting of the information on engineering structures such as bridges, viaducts and the acoustic barriers is input.

The fundamental part of the acoustic model are the noise source models separated for sources such as road and rail traffic, aircraft and industry. Taking into account their specifics, special methods should be taken into account. For example, the road noise source model requires the division of the whole road network – the streets into acoustically homogeneous segments and then assign the parameters affecting the emission of noise to individual sections.

### 3.2. Gathering of data on the noise sources

#### 3.2.1. Road traffic

For city traffic the information on noise is often assessed based on the number of vehicles. This parameter may be taken from a city traffic model. Motion parameters are assembled using different data sources, such as a data set submitted on the intensity and structure of communication traffic measurements performed on selected roads and data adopted on the basis of approximate data according to [6] and the analysis of the environment and road function. Noise exposure around a road is shown in Figure 2.

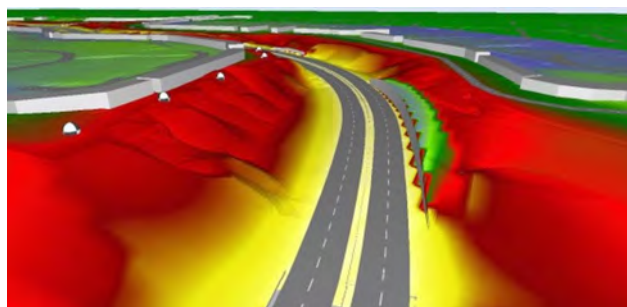


Fig. 2. Noise exposure around a road [7]

#### 3.2.2. Railways

In the case of rail-traffic noise, the data on rail infrastructure, flow and structure of the traffic is necessary to assess this noise source. The rail infrastructure information includes data on the type of structure and status of technical tracks as well as information relating to rolling stock. They may be assumed based on information taken from the national railway infrastructure companies. The data on the traffic flow and its structure may be taken from rail carriers. Example of noise exposure around a railway line is shown in Figure 3.

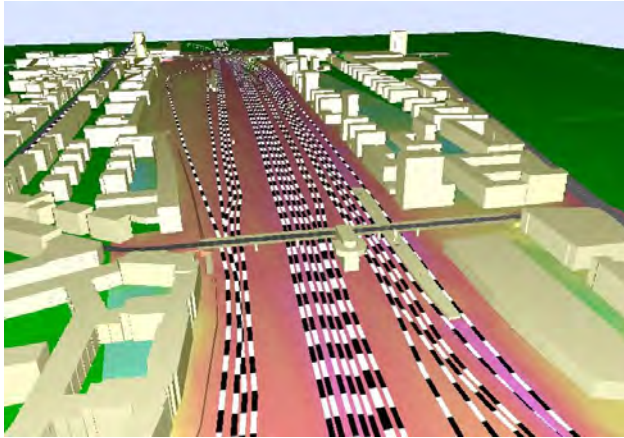


Fig. 3. Noise exposure around a railway line [8]

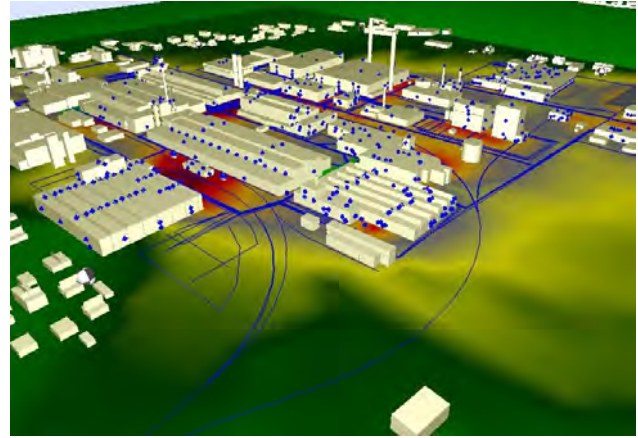


Fig. 5. Noise sources of an industrial plant [12]

### 3.2.3. Airports

For aircraft, and especially airports, in order to assess the noise effect, large amount of information is necessary. It covers the details about flight routes, types of aircrafts and engines and information on start and landing procedures. This information may be gathered basing on computer software using the recommended methods, such as [9], which enables aircraft noise impact assessment (Fig. 4). The noise effect is often combined with the town noise maps including other noise sources.

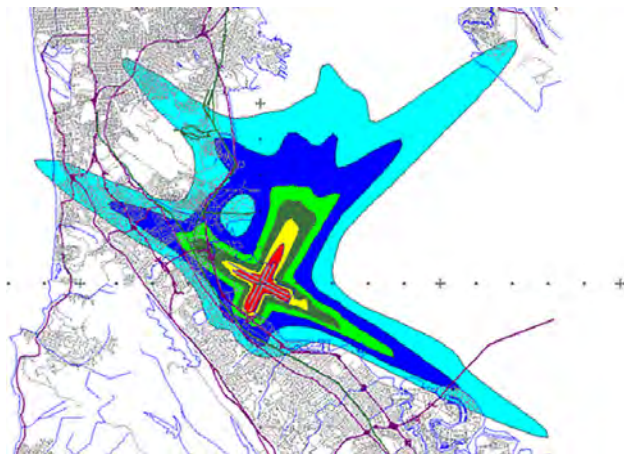


Fig. 4. Noise exposure around an heavily used airport [10]

### 3.2.4. Industry

The methodology to develop computational models for industrial noise effect is dependent on the type of production. It may be based on the guidelines, for example [6, 11]. These EU publications are primarily used to estimate the sound power per 1 m<sup>2</sup> of surface noise sources for specified industrial plants, giving the values for the sound power level depending on the type of a plant. Example of noise sources of an industrial plant is shown in Figure 5.

### 3.3. Strategic noise map calculation

During noise mapping, some effects should be taken into consideration. Especially this means a short-term variations of the noise level, which takes place all the time. This causes that it is impossible to assess the exact noise level at a particular point at a particular time in short-term. For well-defined noise sources only the long-term provision of noise level is possible.

The best solution to achieve accurate results is the measurement method. Unfortunately, in some cases it is very difficult to perform or even impossible. Thus, the noise mapping is done by calculations made basing on the computational noise models of an area.

Noise maps are calculated using a computer software, and the data set described above (such as geometry and motion parameters) separately for indicators  $L_{den}$  and  $L_{night}$ . Calculations are made on the required raster grid at a height  $h = 4$  m, according to the methods and requirements presented in [1, 2]. During calculations the certain effects are taken into consideration, e.g. for road-traffic noise mapping the reflections are taken into consideration according to computational method NMBP-Routes-96, and the weather conditions describes in the guidance [6].

Final noise maps are subjected to the calibration in order to verify and correct the data.

Examples of strategic noise maps for Warsaw are presented in Figures 6-9 for road-traffic, rail-traffic, aircraft and industrial noise, respectively.

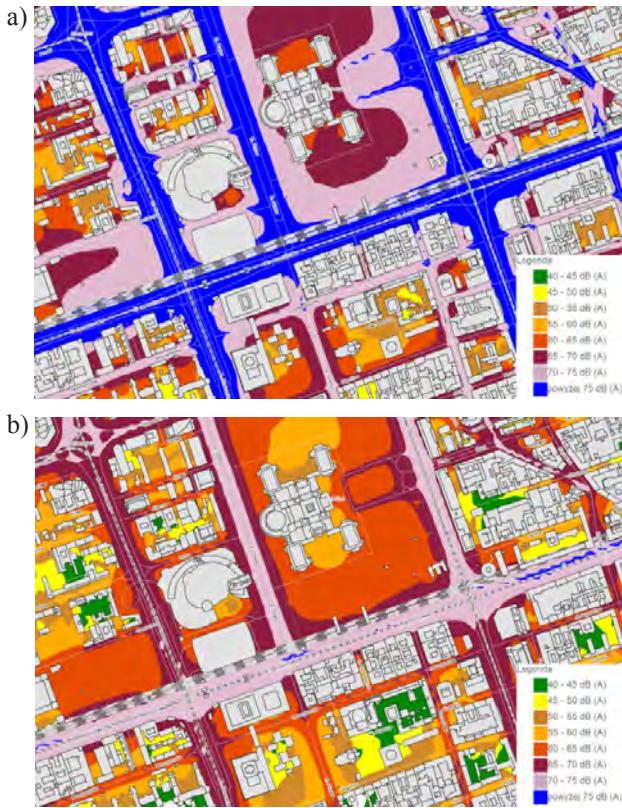


Fig. 6. Part of road-traffic noise map of Warsaw:  
(a)  $L_{den}$  indicator, (b)  $L_{night}$  indicator [13]

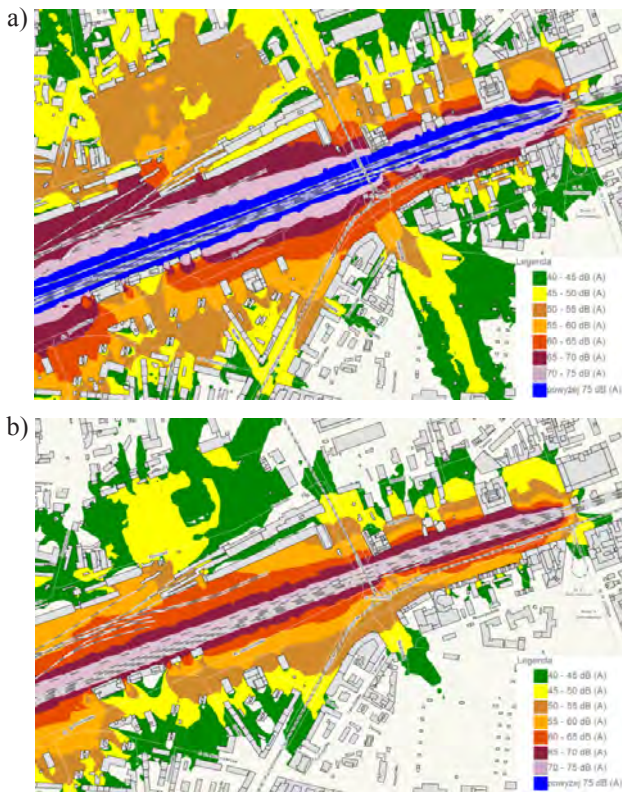


Fig. 7. Part of rail-traffic noise map of Warsaw:  
(a)  $L_{den}$  indicator, (b)  $L_{night}$  indicator [13]

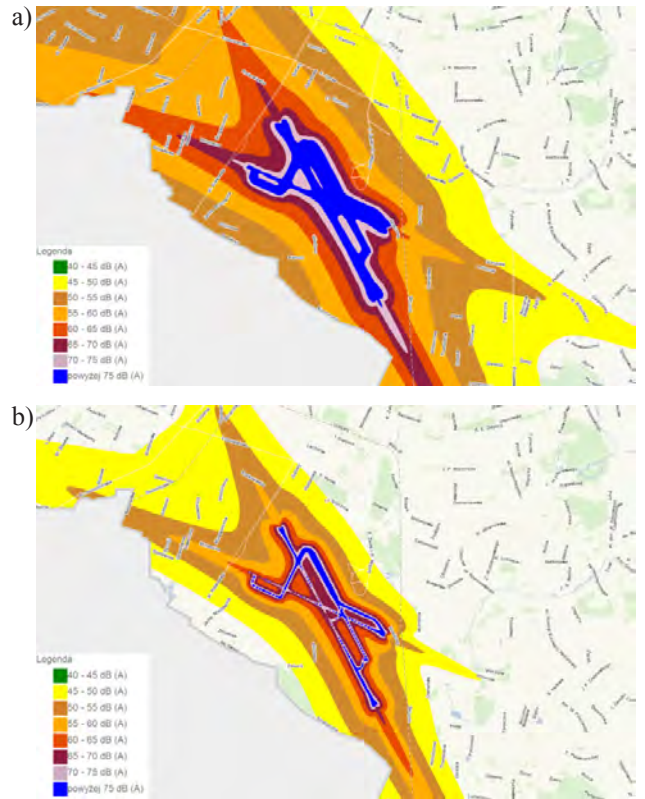


Fig. 8. Part of aircraft noise map of Warsaw:  
(a)  $L_{den}$  indicator, (b)  $L_{night}$  indicator [13]

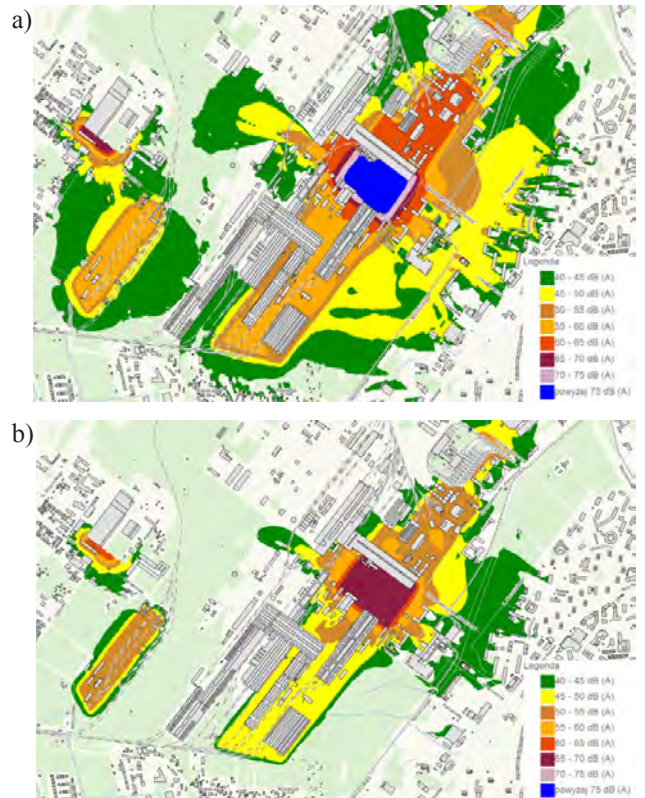


Fig. 9. Part of industrial noise map of Warsaw:  
(a)  $L_{den}$  indicator, (b)  $L_{night}$  indicator [13]

## 4. Summary

Strategic noise maps are one of the components of noise protection system which is successfully implemented in countries around the world and Europe. Such maps have been developed also in Poland, as shown in the article as an example of Warsaw. It is hoped that the information included in strategic noise maps will be much accurate to enable effective reduction and reasonable protection against noise and its effects.

## References

- [1] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the EC L 189/12, 2002.
- [2] Kossakowski P.: *Protection against noise in the European Union – general requirements, applied noise indicators and assessment methods*, Structure and Environment, 4 (2011), pp. 38-45.
- [3] ISO 1996-2:1987 Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 2: Acquisition of data pertinent to land use.
- [4] [www.bing.com/maps](http://www.bing.com/maps).
- [5] Garai M., Fattori D.: *Strategic noise mapping of the agglomeration of Bologna, Italy*, Urban Transport XV, WIT Transactions on The Built Environment, 107 (2009), pp. 519-528.
- [6] *Position Paper, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2*, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), 2006.
- [7] <http://www.aciacoustical.com/portfolio/municipal>.
- [8] <http://www.datakustik.com/en/applications/traffic-noise/>.
- [9] ECAC.CEAC Doc 29, Report on standard method of computing noise contours around civil airports. European Civil Aviation Conference, Neuilly-sur-Seine Cédex, 1997.
- [10] <http://www.volpe.dot.gov/noteworthy/interest03.html>.
- [11] Commission Recommendation of 6 August concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road traffic noise and railway noise, and related emission data, Official Journal of EC, L 212/49, 2003.
- [12] <http://www.datakustik.com/en/applications/industrial-noise/>.
- [13] Strategic noise maps of Warsaw 2012, <http://mapaakustyczna.um.warszawa.pl/pl/mapa/mapa2012.html>.

Paweł Kossakowski

## Strategiczne mapy hałasu

### 1. Wstęp

Jednym z podstawowych elementów polityki w Unii Europejskiej jest osiągnięcie wysokiego poziomu ochrony zdrowia i środowiska. Hałas jest jednym z istotnych czynników, które zanieczyszczają środowisko naturalne. Dlatego od wielu lat ochrona przed hałasem jest podstawowym celem dla wielu krajów europejskich, w tym także Polski. W celu ujednoczenia zasad zapobiegania i ograniczania negatywnych skutków hałasu, w 2002 roku została przyjęta przez Parlament Europejski i Radę tzw. Dyrektywa Hałasowa 2002/49/WE [1]. Ogólne wymagania, stosowane wskaźniki hałasu i metody oceny dotyczące ochrony przed hałasem zostały przedstawione w [2].

Jednym z podstawowych zapisów Dyrektywy [1] jest obowiązek sporządzania strategicznych map hałasu, które umożliwiają ocenę ekspozycji na hałas i prognozy w tym zakresie na skutek oddziaływania

różnych źródeł hałasu. W artykule przedstawiono ogólne wymagania oraz metody wykorzystywane do opracowywania map hałasu.

### 2. Strategiczne mapy hałasu

Zgodnie z definicją podaną w Dyrektywie Hałasowej, strategiczna mapa hałasu oznacza mapę, opracowaną do celów całościowej oceny narażenia na hałas na danym obszarze ze względu na różne źródła hałasu lub do ogólnych prognoz dla danego obszaru [1]. Fizycznie, strategiczna mapa hałasu jest mapą obszaru, na której wydzielono kolorami lub konturami poszczególne jego fragmenty w zależności od poziomu hałasu.

#### 2.1. Wskaźniki hałasu

Mapa hałasu wykonywana jest podstawie kilku wskaźników, oznaczających fizyczną skalę stosowaną do określenia szkodliwego wpływu hałasu

w środowisku. Dwa podstawowe wskaźniki hałasu są zdefiniowane w [1]:

- wskaźnik hałasu dla pory dziennej, wieczornej i nocnej  $L_{den}$ , służący do określenia ogólnej dokuczliwości,
- wskaźnik hałasu w porze nocnej  $L_{night}$  służący do określenia zakłócenia snu.

Wskaźnik hałasu  $L_{den}$  dla pory dziennej, wieczornej i nocnej jest wyrażony w decybelach (dB) wg [1] zgodnie ze wzorem (1).

Wskaźnik hałasu  $L_{den}$  należy oceniać w punkcie, którego położenie jest uzależnione od zakresu i celu sporządzania strategicznych map hałasu. Punkty oceny muszą znajdować się  $4,0 \pm 0,2$  m nad ziemią i na najbardziej narażonej elewacji w przypadku narażenia na hałas w budynkach i w ich pobliżu. Do innych celów, wysokość punktu oceny może być różna, ale nigdy nie może być mniejsza niż 1,5 m nad ziemią, a wyniki należy skorygować w odniesieniu do wysokości referencyjnej 4 m.

Wskaźnik hałasu w porze nocnej  $L_{night}$  jest określany w ten sam sposób, jak wskaźnik  $L_{den}$ , ale dla wszystkich okresów nocnych w roku.

## 2.2. Wymagania dla strategicznych map hałasu

W celu sporządzania map hałasu, w Dyrektywie [1] zawarto wytyczne w zakresie zalecanych metod, które zostały szczegółowo opisane w [2].

Strategiczne mapy hałasu muszą również spełniać minimalne wymagania, które podano w Dyrektywie [1] i zestawiono w tabeli 1.

Dodatkowo, co pięć lat, strategiczne mapy hałasu muszą być wykonane i zatwierdzone (jeśli jest to konieczne) dla aglomeracji, dróg kołowych i szynowych, przedstawiając sytuację w poprzednim roku. W zależności od konieczności, co pięć lat mapy hałasu muszą być także analizowane i korygowane.

## 3. Sporządzanie strategicznych map hałasu

Jak wspomniano wcześniej, mapy hałasu opisują rozkład hałasu pochodzący z różnych źródeł, takich jak ruch drogowy i szynowy, samoloty i przemysł, będąc głównym źródłem informacji o stanie akustycznym środowiska w danej okolicy. Sporządzenie map hałasu jest skomplikowanym procesem, a duża liczba danych wejściowych jest wymagana, aby opisać rzeczywisty hałas na analizowanym obszarze. Dlatego też podczas modelowania wprowadza się pewne upraszczające założenia i uśrednienia, które mają wpływ na finalny obraz map hałasu. Głównie są one związane z nieznanymi danymi, takimi jak liczba pojazdów ciężkich, średnia prędkość pojazdów, rodzaj nawierzchni dla poszczególnych dróg lub brak informacji topograficznych opisujących analizowany obszar. Uśrednienia związane z tymi nieznanymi

Tabela 1. Wymagania dla strategicznych map hałasu [1]

Elementy strategicznych map hałasu	Wymagania
Zakres map hałasu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– prezentacja obecnej, poprzedniej oraz prognozowanej sytuacji hałasu w odniesieniu do wskaźnika hałasu</li> <li>– przekroczenie wartości dopuszczalnej</li> <li>– szacowana liczba lokali mieszkalnych, szkół i szpitali, poddanych oddziaływaniu hałasu w kategorii wskaźników hałasu na danym obszarze</li> <li>– szacowana liczba osób poddanych oddziaływaniu hałasu na danym obszarze</li> </ul>
Sposób publicznej prezentacji:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wykresy graficzne</li> <li>– dane liczbowe w postaci tabelarycznej</li> <li>– dane liczbowe w formie elektronicznej.</li> </ul>
Źródła hałasu wyszczególniane dla aglomeracji:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ruch drogowy</li> <li>– ruch szynowy</li> <li>– lotniska</li> <li>– zakłady przemysłowe oraz porty</li> </ul>
Cele sporządzania map hałasu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– pozyskiwanie danych</li> <li>– źródło informacji dla obywateli</li> <li>– podstawa dla planu działań</li> </ul>
Dodatkowe i bardziej szczegółowe informacje niezbędne dla informacji dla obywateli:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– prezentacja graficzna</li> <li>– mapy przedstawiające przekroczenie wartości dopuszczalnych</li> <li>– mapy ukazujące różnice pomiędzy sytuacją aktualną a wariantami przewidywanymi</li> <li>– mapy przedstawiające wartość wskaźnika hałasu na wysokości innej niż 4 m, tam gdzie jest to właściwe</li> </ul>
Warunki szacowania wskaźników $L_{den}$ i $L_{night}$ :	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wysokość punktu oceny 4 m</li> <li>– zakres 5 dB</li> </ul>

danymi mają znaczący wpływ na końcową mapę hałasu, zwłaszcza w projektach wielkoskalowych, ze względu na dużą liczbę niezbędnych informacji.

Poniżej opisano podstawowe procedury stosowane w trakcie sporządzania map hałasu.

Ogólnie, mapy hałasu są opracowywane na podstawie obliczeń parametrów źródeł hałasu w oparciu o cyfrowy model terenu i infrastruktury, jak również innych wielkości mających wpływ na propagację dźwięku. Sporządzanie map hałasu dzieli się na kilka etapów, takich jak przygotowanie modelu akustycznego, uzyskanie danych na temat źródeł hałasu, wykonanie i kalibracja końcowej mapy hałasu. Etapy te są opisano poniżej.

### 3.1. Model akustyczny

W pierwszej fazie opracowywania mapy hałasowej budowany jest akustyczny, cyfrowy model obliczeniowy. Zawiera on informacje obejmujące różne dane niezbędne do wykonania map. Następujące modele numeryczne są używane w celu przygotowania modelu akustycznego:

- model terenu
- model zabudowy
- model infrastruktury
- model terenów zielonych.

Modele te łączone w jeden, są podstawą do oszacowania liczby osób narażonych na hałas pochodzący z różnych źródeł. Tym samym w celu zbudowania modelu akustycznego konieczne jest, aby wprowadzić do modelu informacje na temat przewidywanej liczby osób mieszkających na danym obszarze obejmując wszystkie budynki. Dane dotyczące zabudowy (budynków) dostępne są w plikach georeferencyjnych lub zbierane podczas wizji terenowych, w trakcie których wykonywana jest szczegółowa inwentaryzacja i dokumentacja fotograficzna (rys. 1). Szacunkowa liczba osób żyjących jest pobierana z danych statystycznych lub zbierana podczas inwentaryzacji. Finalnie, model obliczeniowy zawiera informacje na temat żyjących osób w budynkach na danym terenie, które to dane są fizycznie wprowadzane cyfrowo do warstwy obiektów budowlanych.

Ponadto, wprowadzane są dane dotyczące infrastruktury, zawierające informacje na temat obiektów inżynierskich takich jak wiadukty, mosty i bariery akustyczne.

Zasadniczą część modelu akustycznego obejmuje źródła hałasu rozseparowane na źródła, takie jak ruch drogowy i szynowy, samoloty i przemysł. Biorąc pod uwagę ich specyfikę, specjalne metody powinny być

brane pod uwagę. Dla przykładu, model źródła hałasu drogowego wymaga podziału całej sieci dróg – ulic na segmenty akustycznie jednorodne, by następnie przypisać do poszczególnych sekcji parametry wpływające na emisję hałasu.

## 3.2. Gromadzenie danych o źródłach hałasu

### 3.2.1. Ruch drogowy

Dla ruchu miejskiego informacje na temat hałasu są często oceniane w oparciu o liczbę pojazdów. Ten parametr może być brany z modelu ruchu drogowego danego miasta. Parametry ruchu są gromadzone na podstawie różnych źródeł danych, takich jak dane o intensywności i strukturze ruchu uzyskiwane z pomiarów wykonywanych na wybranych drogach i dane przybliżone przyjęte na podstawie [6] oraz analizy otoczenia i funkcji dróg. Przykładowa ekspozycja hałasu wokół drogi jest pokazana na rysunku 2.

### 3.2.2. Ruch szynowy

W przypadku ruchu szynowego niezbędne do oceny tego źródła dane dotyczą infrastruktury kolejowej oraz natężenia i struktury ruchu. Informacje o infrastrukturze kolejowej obejmują dane dotyczące rodzaju struktury i stanu technicznego torów, jak również informacje odnoszące się do taboru. Mogą one być przyjmowane na podstawie informacji pochodzących z krajowych spółek infrastruktury kolejowej. Dane o natężeniu ruchu i jego strukturze mogą być uzyskiwane od przewoźników kolejowych. Obraz hałasu wokół linii kolejowej pokazano przykładowo na rysunku 3.

### 3.2.3. Lotniska

W celu oceny hałasu spowodowanego przez samoloty, a w szczególności lotniska, niezbędna jest znajomość dużej liczby informacji. Obejmują one szczegóły dotyczące tras lotniczych, typów samolotów i silników oraz informacje na temat procedur startu i lądowania. Dane te mogą być zbierane w oparciu o oprogramowanie komputerowe przy użyciu zalecanych metod, podanych np. w [9], co umożliwi ocenę wpływu hałasu lotniczego (rys. 4). Efekt hałasu lotniczego jest często uwzględniany w mapach hałasu sporządzanych dla miast, w połączeniu z pozostałymi źródłami hałasu.

### 3.2.4. Przemysł

Metodologia opracowania modelu obliczeniowego hałasu przemysłowego zależy od rodzaju produkcji. Może ona być oparta na istniejących wytycznych w tym zakresie, podanych na przykład w [6, 11].



Te publikacje Unii Europejskiej są wykorzystywane przede wszystkim do oceny mocy dźwięku na 1 m<sup>2</sup> powierzchniowych źródeł hałasu dla uwzględnionych zakładów przemysłowych. W szczególności podawane są wartości mocy akustycznej w zależności od typu zakładu. Przykład źródeł hałasu zakładu przemysłowego jest pokazany na rysunku 5.

### 3.3. Obliczenia map hałasu

Podczas sporządzania map hałasu, powinny być brane pod uwagę niektóre efekty z nim związane, szczególnie w przypadku krótkoterminowych wahań poziomu hałasu, które odbywają się przez cały czas. Zjawisko to powoduje, że określenie dokładnego poziomu hałasu w danym miejscu w określonym czasie w okresie krótkoterminowym jest niemożliwe. Dla dobrze zdefiniowanych źródeł hałasu możliwa jest jedynie długoterminowa ocena poziomu hałasu.

W celu osiągnięcia dokładnych wyników najlepszym rozwiązaniem jest wykonanie pomiarów. Niestety, w niektórych przypadkach jest to bardzo trudne do wykonania, a nawet niemożliwe. Dlatego też mapy hałasu są wykonywane w oparciu o obliczenia na bazie modeli obliczeniowych hałasu na danym obszarze.

Mapy hałasu są obliczane za pomocą programów komputerowych, a określone dane (np. geometria

i parametry ruchu) są uwzględniane oddzielnie dla wskaźników  $L_{den}$  i  $L_{night}$ . Obliczenia dokonywane są w oparciu o wymaganą siatkę rastrową na wysokości  $h = 4$  m, według metod i wymagań przedstawionych w [1, 2]. Podczas obliczeń pewne efekty są brane pod uwagę, np. dla hałasu z ruchu kołowego uwzględnia się zjawisko odbicia, zgodnie z metodą NMBP-Routes-96, a także warunki meteorologiczne wg wytycznych [6].

Końcowa wersja mapy hałasu jest poddawana kalibracji w celu weryfikacji i skorygowania danych.

Przykład strategicznej mapy hałasu dla miasta Warszawy pokazano na rysunkach 6-9 odpowiednio dla ruchu drogowego, kolejowego, ruchu lotniczego oraz przemysłu.

### 4. Podsumowanie

Mapy hałasowe są jednym z elementów systemu ochrony przed hałasem jaki sukcesywnie jest wprowadzany w życie w wielu krajach świata i Europy. Mapy takie od jakiegoś czasu są opracowywane także w Polsce, co pokazano w artykule na przykładzie miasta Warszawy. Należy mieć nadzieję, że informacje zawierane w mapach hałasowych będą coraz dokładniejsze, co umożliwi skuteczniejszą redukcję i racjonalną ochronę przed hałasem i jego skutkami.