

CZĘŚĆ OPISOWA
PROJEKTU PT. OPRACOWANIE MAPY AKUSTYCZNEJ ŁODZI

MAPA AKUSTYCZNA MIASTA ŁODZI

Wykonawcy: konsorcjum w składzie:

1. Okręgowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne „OPEGIEKA” Sp. z o.o.
82-300 Elbląg, Al. Tysiąclecia 11
2. Biuro Ekspertyz i Analiz Środowiskowych „EKO-NOISE” S.C.
44-121 Gliwice, ul. Diamentowa 8
3. Politechnika Śląska w Gliwicach, Katedra Podstaw Systemów Technicznych
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26
4. NEOKART GIS Sp. z o.o.
00-215 Warszawa, ul. Sapieżyńska 10

Zleceniodawca: Miasto Łódź
90-926 Łódź, ul. Piotrkowska 104

Data realizacji: 04.02.2008 – 21.05.2008

SPIS TREŚCI

1. PODSTAWA WYKONANIA OPRACOWANIA	3
2. INFORMACJE WPROWADZAJĄCE	3
3. PODMIOT WYKONUJĄCY MAPE AKUSTYCZNĄ	5
4. ZAKRES OPRACOWANIA	7
5. OBOWIĄZUJĄCE NORMY, AKTY PRAWNE ORAZ INSTRUKCJE.....	8
6. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ	9
7. IDENTYFIKACJA I CHARAKTERYSTYKA GŁÓWNYCH ŹRÓDEŁ HAŁASU	11
8. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH.....	16
9. REALIZACJA MAPY AKUSTYCZNEJ	16
9.1. Przygotowanie modelu obliczeniowego.....	16
9.2. Hałas drogowy.....	17
9.3. Hałas szynowy.....	23
9.4. Hałas przemysłowy	30
9.5. Zawartość części graficznej strategicznej mapy akustycznej.....	33
10. PORTAL MAPY AKUSTYCZNEJ	34
11. CHARAKTERYSTYKA STANU AKUSTYCZNEGO MIASTA ŁODZI	36
12. PODSUMOWANIE	48

1. PODSTAWA WYKONANIA OPRACOWANIA

Podstawą wykonania opracowania jest umowa nr OG.343/6.2007 zawarta pomiędzy Miastem Łódź a Okręgowym Przedsiębiorstwem Geodezyjno-Kartograficznym „OPEGIEKA” Sp. z o.o. z siedzibą w Elblągu – będącym liderem konsorcjum realizującego projekt pt. *Opracowanie mapy akustycznej Łodzi wraz z kompleksowym systemem do jej tworzenia, aktualizacji, zarządzania i udostępniania.*

2. INFORMACJE WPROWADZAJĄCE

Konieczność opracowania strategicznej mapy akustycznej miasta Łódź wynika z Ustawy Prawo Ochrony Środowiska oraz Dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady odnoszącej się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku. Obowiązek sporządzenia strategicznych map akustycznych (SMA) spoczywa na władzach miast o wielkości powyżej 100 tys. mieszkańców.

Projekt „*Opracowanie mapy akustycznej Łodzi*” jest współfinansowany przez Unię Europejską w ramach: Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego, Priorytet 1 – Rozbudowa i modernizacja infrastruktury służącej wzmocnieniu konkurencyjności regionów, Działanie 1.2 – Infrastruktura ochrony środowiska.

Zgodnie z Dyrektywą 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego *strategiczna mapa akustyczna* to uśredniona mapa hałasu emitowanego do środowiska przez różne grupy źródeł, dająca możliwość całościowej oceny stopnia zagrożenia hałasem na terenie miasta, możliwość stwierdzenia przyczyn tego stanu oraz możliwość realizacji ogólnych prognoz (tendencji) zmian hałasu. Na jej podstawie można również tworzyć złożone wskaźniki oceny zagrożenia hałasem, np. wiążąc wartość przekroczenia dopuszczalnego poziomu dźwięku na danym obszarze z liczbą osób narażonych na działanie hałasu.

Zasadniczym celem strategicznej mapy akustycznej jest:

- identyfikacja istniejącej sytuacji akustycznej na badanym obszarze,
- wyznaczenie rejonów, na których wystąpiło przekroczenie wartości dopuszczalnych hałasu w środowisku (tzw. rejonów konfliktów),
- oszacowanie liczby mieszkańców narażonych na ponadnormatywny hałas w poszczególnych obszarach miasta,
- oszacowanie możliwych zmian klimatu akustycznego w związku z opracowanym programem ochrony środowiska przed hałasem.

Mapa Akustyczna Łodzi charakteryzuje klimat akustyczny miasta w sposób globalny oraz jest podstawą do przygotowania programu ochrony środowiska przed hałasem. Efektem opracowanych w wersji cyfrowej strategicznych map akustycznych oraz mapy konfliktów akustycznych jest informacja dotycząca lokalizacji terenów, na których zostały przekroczone wskaźniki L_{DWN} i L_N oraz oszacowanie liczby mieszkańców narażonych na ponadnormatywny hałas. Mapa akustyczna, zintegrowana z Łódzkim Systemem Informacji o Terenie (SIT), będzie obrazować zagrożenie środowiska hałasem dla różnych typów źródeł (przemysłowy, drogowy, szynowy), wykorzystując dla oceny dokuczliwości hałasu wskaźnik L_{DWN} oraz dla oceny zakłócenia snu wskaźnik L_N .

Mapa akustyczna stanowiła będzie podstawowe źródło danych wykorzystywanych dla celów:

- informowania społeczeństwa o zagrożeniach środowiska hałasem,
- opracowania danych dla państwowego monitoringu środowiska,
- tworzenia i aktualizacji programów ochrony środowiska przed hałasem.

3. PODMIOT WYKONUJĄCY MAPEŃ AKUSTYCZNĄ

Mapa akustyczna Miasta Łodzi została wykonana przez konsorcjum w składzie:

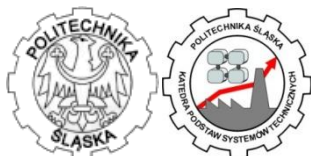


Lider konsorcjum

Okręgowe Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne
„OPEGIEKA” Sp. z o.o. 82-300 Elbląg, Al. Tysiąclecia 11
e-mail: poczta@opegieka.pl



Biuro Ekspertyz i Analiz Środowiskowych „EKO-NOISE” S.C.
44-121 Gliwice, ul. Diamentowa 8
e-mail: biuro@eko-noise.pl



Politechnika Śląska, Katedra Podstaw Systemów Technicznych
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26
e-mail: roz5@polsl.pl



NEOKART GIS Sp. z o.o.
00-215 Warszawa, ul. Sapieżyńska 10
e-mail: jdobrowolska@neokartgis.com.pl

Zakres prac wykonywanych przez poszczególnych członków konsorcjum
oraz zespół autorski

„OPEGIEKA” Sp. z o.o.

1. mgr inż. Mariusz Miłek – kierownik projektu, nadzór merytoryczny i formalny nad projektem
2. mgr inż. Artur Wiosna – kierownik zespołu, nadzór techniczny nad projektem,
3. mgr inż. Iwona Zelma – inspektor kontroli, kontrola techniczna wykonanych prac,
4. mgr inż. Łukasz Czarnecki – opracowanie warstw GIS,
5. mgr inż. Mariusz Głowacz – opracowanie warstw GIS,
6. mgr inż. Zbigniew Dobies – opracowanie warstw GIS,
7. inż. Ewa Grzeszczuk – Łuniewska – opracowanie warstw GIS,
8. mgr inż. Kszysztof Zalewski – opracowanie warstw GIS,
9. mgr inż. Arlena Kłosowska – opracowanie warstw GIS,

Katedra Podstaw Systemów Technicznych Politechniki Śląskiej

1. prof. dr hab. inż. Jan Kaźmierczak – nadzór merytoryczny nad pracami,
2. dr inż. Artur Kuboszek – obsługa oprogramowania Lima, przygotowanie danych, pomiary akustyczne,
3. mgr inż. Marcin Dąbrowski – przygotowanie danych,

„EKO-NOISE” S.C.

1. dr inż. Arkadiusz Boczkowski – pomiary akustyczne, przygotowanie danych, opracowanie mapy akustycznej, obliczenia akustyczne,
2. dr inż. Marek Komoniewski – pomiary akustyczne, przygotowanie danych, opracowanie mapy akustycznej, obliczenia akustyczne,

„NEOKART GIS” Sp. z o.o.

1. Beata Buchwald – kierownik projektu, nadzór merytoryczny nad projektem,
2. Mariusz Nowicki – projektowanie i nadzór nad pracami programistycznymi,
3. Anna Klekotka – nadzór nad przetwarzaniem danych, wsparcie kierownika projektu,
4. Joanna Dobrowolska – nadzór merytoryczny nad opracowaniem kompozycji i wydrukami map.

4. ZAKRES OPRACOWANIA

W ramach projektu pn. „Mapa akustyczna miasta Łodzi” zostały wykonane czynności polegające na pozyskaniu i przygotowaniu danych niezbędnych do realizacji mapy akustycznej, opracowaniu modelu obliczeniowego, przeprowadzeniu obliczeń akustycznych, opracowaniu strategicznej mapy akustycznej oraz jej udostępnieniu społeczeństwu za pośrednictwem serwisu internetowego. Szczegółowy zakres prac obejmował:

- pozyskanie danych nieakustycznych niezbędnych do opracowania mapy akustycznej miasta (np. natężeń ruchu na drogach, wysokości budynków, itd.),
- aktualizacja oraz uzupełnienie o nowe warstwy istniejącego modelu GIS miasta,
- wykonanie całodobowych pomiarów poziomu dźwięku A w 20 punktach pomiarowych wraz z pomiarami towarzyszącymi – głównie dla celów kalibracji mapy,
- wykonanie pomiarów akustycznych oraz wyznaczenie mocy akustycznych źródeł liniowych (linie tramwajowe i kolejowe),
- opracowanie modelu symulacyjnego miasta Łodzi z wykorzystaniem oprogramowania LimaA,
- przeprowadzenie obliczeń akustycznych i opracowanie mapy strategicznej miasta,
- opracowanie i uruchomienie portalu internetowego prezentującego strategiczną mapę akustyczną,
- opracowanie procedur aktualizacji mapy akustycznej,
- zakup nowych licencji oraz aktualizacja istniejącego oprogramowania zgodnie z warunkami SIWZ,
- zakup i uruchomienie dwóch terenowych stacji monitorowania hałasu oraz terminala zarządzającego stacjami,
- szkolenie wskazanych pracowników z zakresu tworzenia mapy akustycznej wykorzystaniem oprogramowania Lima oraz konfiguracji i użytkowania stacji monitorowania hałasu.

5. OBOWIĄZUJĄCE NORMY, AKTY PRAWNE ORAZ INSTRUKCJE

Niniejsze opracowanie zostało wykonane na podstawie lub z uwzględnieniem zaleceń zawartych w następujących materiałach:

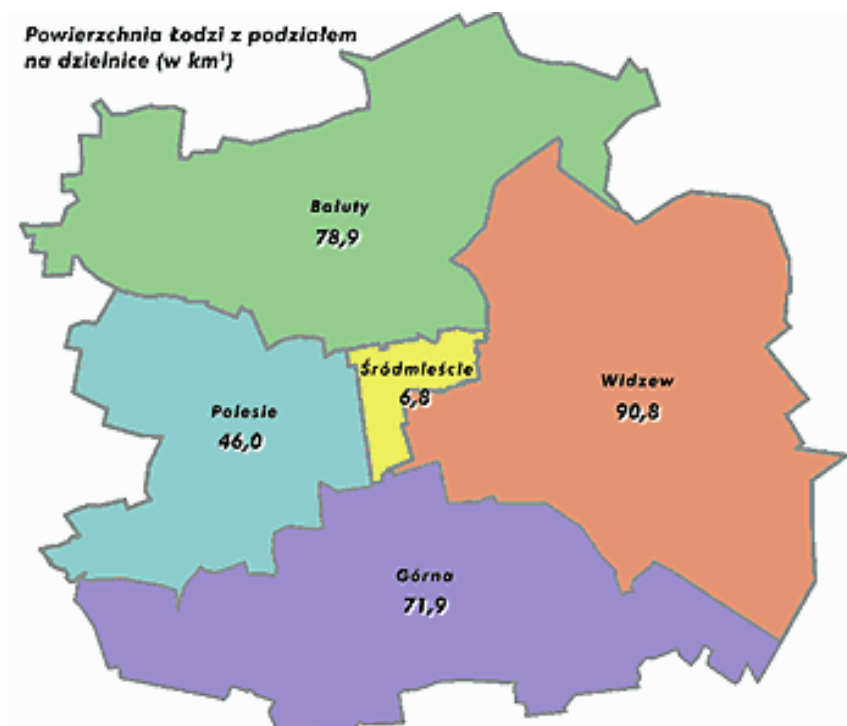
- Prawo Ochrony Środowiska - ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 (tekst jednolity Dz.U. 2006 Nr 129 Poz. 902).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2007 r. w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na mapach akustycznych oraz ich układu i sposobu prezentacji (Dz.U. 2007 nr 187 poz. 1340).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 czerwca 2007 r. w sprawie ustalenia wartości wskaźnika hałasu L_{dwn} (Dz.U. 2007 nr 106 poz. 729).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie dróg, linii kolejowych i lotnisk, których eksploatacja może powodować negatywne oddziaływanie akustyczne na znacznych obszarach, dla których jest wymagane sporządzanie map akustycznych oraz sposobów określania granic terenów objętych tymi mapami (Dz.U. 2007 nr 1 poz. 8).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie wartości dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007 nr 120 poz. 826).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 października 2007 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem (Dz.U. 2007 Nr 192 Poz. 1392).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 stycznia 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk oraz portów, które powinny być przekazywane właściwym organom ochrony środowiska, oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz.U. 2003 Nr 18 Poz. 164).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2004 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji (Dz.U. 2004 nr 283 poz. 2842).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 lutego 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia, przekazywanych właściwym organom ochrony środowiska oraz terminu i sposobów ich prezentacji (Dz.U. 2003 nr 59 poz. 529).

6. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe dane charakteryzujące obszar objęty badaniami. Dane te zostały zaczerpnięte z oficjalnej strony internetowej miasta Łodzi.

Powierzchnia miasta

- całkowita powierzchnia terenu miasta: 294,4 km²,
- dzielnica Bałuty: 78,9 km²,
- dzielnica Górna: 71,9 km²,
- dzielnica Polesie: 46,0 km²,
- dzielnica Śródmieście: 6,8 km²,
- dzielnica Widzew: 90,8 km²,



Rys.1. Powierzchnia Łodzi w podziale na dzielnice.

Zaludnienie:

- średnia liczba osób na 1 km²: 2593
- liczba mieszkańców ogółem: 764 100 osób
- w tym:
 - kobiet: 54,4%
 - mężczyzn: 45,6%
 - osób w wieku przedprodukcyjnym: 14,4%
 - osób w wieku produkcyjnym: 65,6%
 - osób w wieku poprodukcyjnym: 20,0%

Edukacja:

Liczba jednostek:

- przedszkola:	165
- szkoły podstawowe:	128
- gimnazja:	90
- licea ogólnokształcące:	57
- technika i szkoły zawodowe:	75
- szkoły policealne:	103
- szkoły wyższe:	21

Ochrona zdrowia

Liczba jednostek:

- szpitale:	31
- liczba łóżek w szpitalach:	5612
- przychodnie:	420
- apteki:	300

7. IDENTYFIKACJA I CHARAKTERYSTYKA GŁÓWNYCH ŹRÓDEŁ HAŁASU

Klimat akustyczny na terenie miasta Łodzi kształtowany jest głównie przez hałas komunikacyjny, w skład którego wchodzi hałas drogowy (samochodowy) i szynowy (tramwajowy oraz kolejowy).

Przez teren miasta Łodzi przebiegają następujące drogi krajowe:

Nr 1

ul. Zgierska (gr. miasta – Al. Włókniarzy)
Al. Włókniarzy (Zgierska – Bandurskiego/ Mickiewicza)
Al. Jana Pawła II. (Bandurskiego/ Mickiewicza – Pabianicka)
ul. Pabianicka (Al. Włókniarzy – Rondo Lotników Lwowskich)
ul. Paderewskiego (Rondo Lotników Lwowskich – Rzgowska)
ul. Rzgowska (Paderewskiego – gr. miasta)

Nr 14

ul. Strykowska (gr. miasta – Pomorska)
ul. Kopcińskiego (Pomorska – Al. Piłsudskiego)
Al. Marsz. Śmigłego-Rydza (Al. Piłsudskiego – Broniewskiego)
ul. Broniewskiego (Al. Śmigłego-Rydza – Rzgowska)
ul. Paderewskiego (ul. Rzgowska – Rondo Lotników Lwowskich)
Rondo Lotników Lwowskich
ul. Pabianicka (Rondo Lotników Lwowskich – gr. miasta)

Nr 71

droga Stryków – Zgierz (gr. miasta pow. Zgierski –miasto Zgierz)

Nr 72

ul. Aleksandrowska (gr. miasta – wiadukt)
ul. Limanowskiego (wiadukt – Al. Włókniarzy)
Al. Sikorskiego (Zgierska - Łagiewnicka)
ul. Łagiewnicka (Al. Sikorskiego - Inflancka)
ul. Inflancka (Łagiewnicka - Strykowska)
ul. Wojska Polskiego (Strykowska – wiadukt)
ul. Brzezińska (wiadukt – gr. miasta)

oraz wojewódzkie:

Nr 710

ul. Legionów (Al. Włókniarzy – Al. Unii Lubelskiej)
ul. Konstantynowska (Al. Unii Lubelskiej – gr. miasta)

Nr 713

Al. Piłsudskiego (Kopcińskiego/Al. Śmigłego-Rydza – wiadukt)
ul. Rokicińska (wiadukt – gr. miasta)

Pozostałe drogi na terenie miasta to drogi powiatowe, gminne i osiedlowe, a więc drogi o znacznie mniejszym natężeniu ruchu. Poglądową mapę sytuacyjną z naniesioną lokalizacją głównych ciągów komunikacji samochodowej przedstawiono na **Rys.2**, z kolei sieć dróg ujętych w obliczeniach akustycznych przedstawiono ma **Rys.3**.



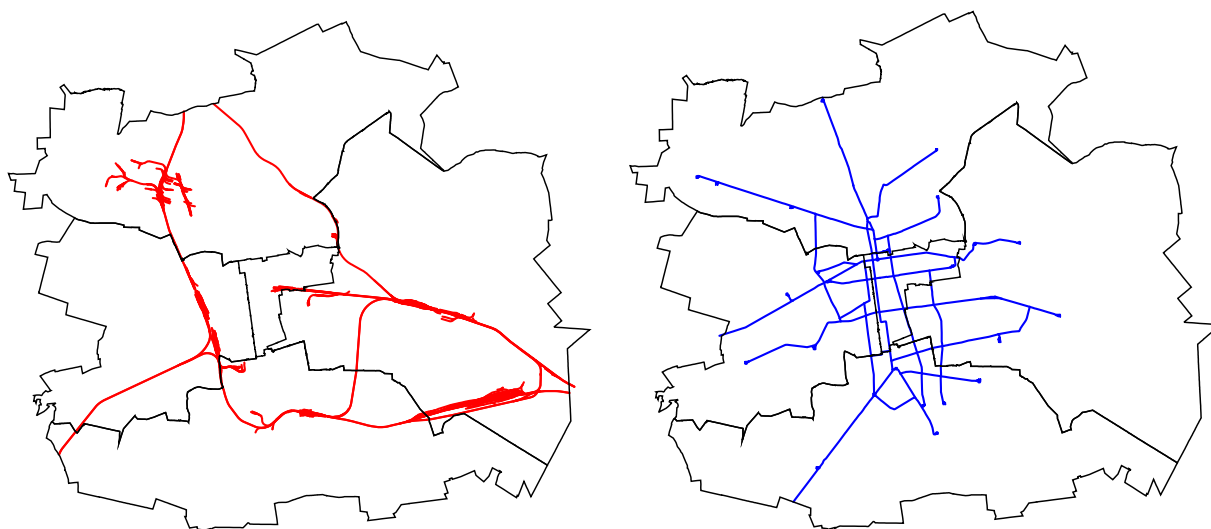
Rys.2. Lokalizacja głównych szlaków komunikacji samochodowej na terenie Łodzi.

Natężenie ruchu na głównych drogach miasta Łodzi jest bardzo wysokie, co powoduje wysoką emisję hałasu. Przykładowe natężenia ruchu na ulicy Rzgowskiej wynosi 38,5 tysiąca pojazdów na dobę, a na ulicy Strykowskiej 16,7 tys. pojazdów. Udział pojazdów ciężkich w strumieniu wszystkich pojazdów na ulicy Rzgowskiej (DK1) przekracza 28%. Łączna długość głównych dróg na terenie miasta wynosi 1672 km



Rys.3. Sieć dróg ujętych w obliczeniach akustycznych.

Na terenie Łodzi funkcjonuje również komunikacja kolejowa i tramwajowa. Poglądową mapkę lokalizacji torów kolejowych na terenie Łodzi przedstawiono na **Rys.4a**, natomiast torów tramwajowych – na **Rys.4b**. Łączna długość linii kolejowych wynosi 432 km, a długość linii tramwajowych 111 km.

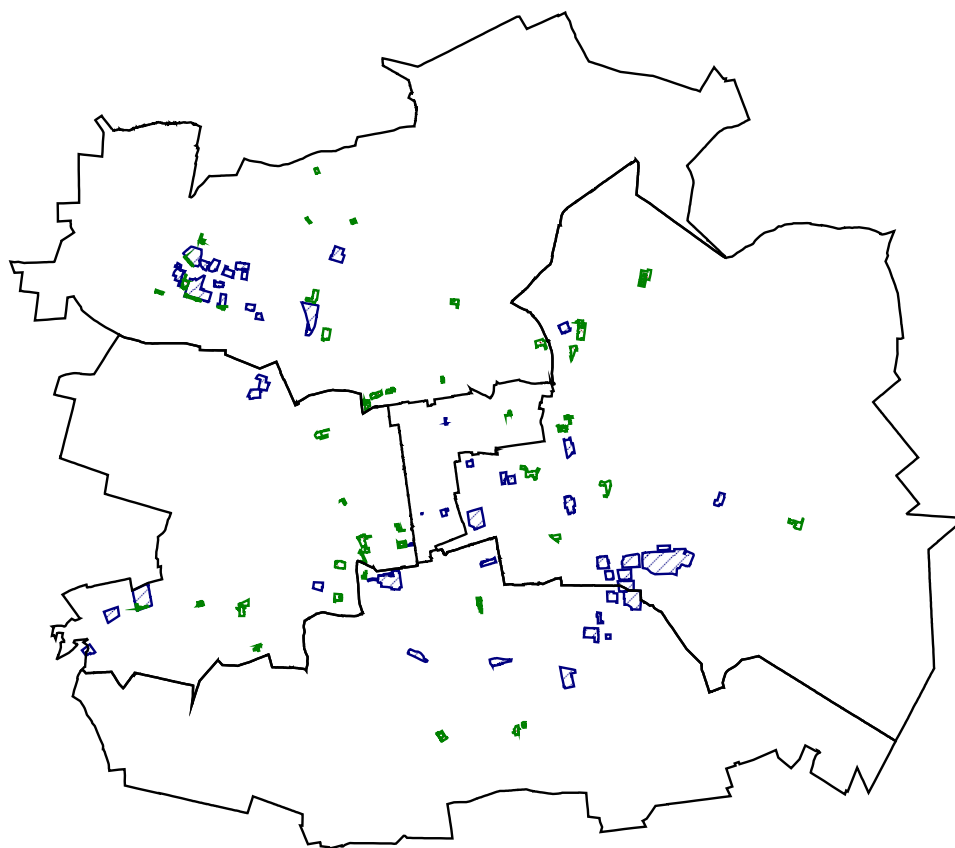


Rys.4. Lokalizacja sieci kolejowej (a) oraz tramwajowej (b) na terenie miasta.

Od 1997 roku na terenie miasta Łodzi funkcjonuje również port lotniczy Łódź – Lubinek obsługujący połączenia krajowe i międzynarodowe. Z uwagi na rozwój portu lotniczego w obecnej chwili nie osiągnął on jeszcze wymaganej przez Rozporządzenie Ministra

Środowiska z dnia 14 grudnia 2006 roku (Dz.U.2007, nr 1, poz.8) liczby operacji lotniczych rocznie, by posiadać mapę akustyczną. Dlatego też, w obecnej wersji mapy akustycznej hałas lotniczy nie został uwzględniony.

Kolejnym rodzajem hałasu na terenie miasta Łodzi jest hałas przemysłowy. W porównaniu z hałasem komunikacyjnych jego zasięg jest znacznie mniejszy i może być uciążliwy jedynie lokalnie, a więc w przypadku, gdy zabudowa mieszkalna jest zlokalizowana blisko zakładu przemysłowego. Listę zakładów przemysłowych uwzględnionych w opracowaniu przedstawiono w **Tablicy 2** - została ona opracowana przez Zamawiającego. Do grupy hałasu przemysłowego zaliczono również hałas emitowany przez parkingi. W modelu mapy akustycznej uwzględniono tylko duże parkingi, których liczba miejsc parkingowych przekracza 300 pojazdów. Są to głównie parkingi położone przy centrach handlowych. Lokalizację zakładów przemysłowych oraz parkingów uwzględnionych w modelu akustycznym przedstawiono na **Rys.5**.



Rys.5. Lokalizacja zakładów przemysłowych (niebieskie obszary) oraz parkingów (zielone obszary).

Tablica 2. Wykaz zakładów przemysłowych uwzględnionych w modelu.

Lp.	Dzielnica	Nazwa zakładu	
1.	Widzew	Fabryka Nici ARIADNA S.A.	
2.		BSH Sprzęt Gospodarstwa Domowego Sp. z o.o.	
3.		Corning Cable Systems Polska Sp. z o.o.	
4.		Drukarnia Prasowa S.A.	
5.		Fabryka Mebli Biurowych MIKOMAX Sp. z o.o.	
6.		GE Power Controls S.A.	
7.		Gillette Poland S.A.	
8.		Indesit Company Polska Sp. z o.o.	
9.		Libet S.A.	
10.		Łódzka Specjalna Strefa Ekonomiczna S.A.	
11.		Łódzkie Zakłady Przemysłu Spirytusowe POLMOS	
12.		Unidro S.A.	
13.		PIW „Wifama - Prexer” Sp. z o.o.	
14.		Zespół Elektrociepłowni w Łodzi, EC nr 4	
15.		ZREW Service S.A. Zakłady Remontowe Energetyki	
16.	Polesie	Barry Callebaut Manufacturing Polaska Sp. z o. o.	
17.		Drukarnia Polskapresse Sp. z o.o. Oddział Prasa Łódzka,	
18.		Gillette Poland International Sp. z o.o	
19.		Grupowa Oczyszczalnia Ścieków Sp. z o. o.	
20.		Łódzka Spółdzielnia Mleczarska „JOGO”	
21.		„Vera - Color” Sp. z o. o.	
22.		Zakłady Urządzeń Elektrycznych ZELTECH S.A.	
23.	Śródmieście	Łódzka Drukarnia Dzielowa S.A.	
24.		Drukarnia Wydawnictw Naukowych S.A.	
25.		Zakłady Mechanizmów Precyzyjnych „Mera - Poltik” Sp. z o. o.	
26.	Górna	Polskie Dywany Wełniane „DYWILAN”	
27.		Zakłady Wyrobów Uszczelniających i Termoizolacyjnych „POLONIT”	
28.		HUTCHINSON POLAND Sp. z o.o.	
29.		Odlewnia Żeliwa „FAKORA MOC” Sp. z o.o.	
30.		Zakłady Chemiczne „ORGANIKA” S.A.	
31.		Fabryka Osprzętu Samochodowego „POLMO” Łódź S.A.	
32.		Zakłady Przemysłu Bawełnianego „ALBA”	
33.		Zespół Elektrociepłowni w Łodzi S.A. – Elektrociepłownia nr 2	
34.		BSH Sprzęt Gospodarstwa Domowego Sp. z o.o.	
35.		East West Spinning Sp. z o.o.	
36.		Bałuty	ORGANIKA-CAR S.A.
37.			COCA-COL HBC Polska Sp. z o.o.
38.			ABB Sp.z o.o.
39.	KONEX Sp. z o.o.		
40.	AMCOR POLSKA Sp. z o.o.		
41.	Zakłady Tekstylno-Konfekcyjne „TEOFILÓW” S.A.		
42.	Spółdzielnia Elektrotechniczna „POKÓJ”		
43.	Łódzkie Zakłady Metalowe „LOZAMET” Sp. z o.o.		
44.	Fabryka Firanek i Koronek „FAKO” S.A.		
45.	FAGUM-STOMIL S.A.		
46.	TAMER Sp. z o.o.		
47.	Chłodnia Łódź S.A.		
48.	Fabryka Pierścieni Tłokowych „PRIMA” S.A.		
49.	Zespół Elektrociepłowni w Łodzi S.A. – Elektrociepłownia nr 3		

8. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH

W celu realizacji mapy akustycznej wykorzystano oprogramowanie zestawione w **Tablicy 1**. Zastosowany format wymiany danych GIS to SHP, format plików zawierających model obliczeniowy w środowisku Lima to BNA. Pomiędzy oprogramowaniem Lima, a oprogramowaniem klasy GIS wymiana danych następowała za pośrednictwem formatu SHP.

Tablica 1. Oprogramowanie wykorzystane do realizacji mapy akustycznej.

Zastosowanie	Nazwa oprogramowania
Przygotowanie danych	ESRI: ArcInfo, ArcPad, Data Interoperability, 3D Analyst, Spatial Analyst, ArcGIS Publisher
Obróbka danych	LIMA firmy Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH
Prezentacja danych	ESRI ArcSDE, ESRI ArcIMS, ESRI ArcIMS Author, ESRI ArcCatalog, Oracle10g, IIS,

Skala opracowania wynosiła 1:10000.

Dokładność: w zależności od warstwy od ± 1 m do $\pm 2,5$ m,

Aktualność danych: 2007/2008 rok.

9. REALIZACJA MAPY AKUSTYCZNEJ

9.1. Przygotowanie modelu obliczeniowego

Model obliczeniowy miasta Łodzi został opracowany w oparciu o model SIT miasta udostępniony przez MODGiK w Łodzi. Model ten został uzupełniony o brakujące atrybuty opisowe (np. wysokości budynków) oraz brakujące warstwy (np. warstwę linii tramwajowych). W modelu obliczeniowym uwzględniono następujące warstwy, mające wpływ na propagację fali akustycznej w środowisku:

1. topografia (warstwice),
2. absorpcja gruntu (szorstkość terenu),
3. budynki,
4. tereny zielone (zadrzewione)
5. drogi,
6. kolej,
7. tramwaje,
8. parkingi,
9. przemysł,
10. użytkowanie terenu.

Warstwy: topografia, absorpcja gruntu, budynki oraz tereny zielone stanowią podstawowy model miasta, na który następnie zostały nałożone warstwy reprezentujące źródła hałasu jak: drogi, kolej, tramwaje, przemysł i parkingi. Warstwa użytkowania terenu obrazuje przeznaczenie terenów chronionych akustycznie oraz przypisuje im wartości dopuszczalne zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie wartości dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007 nr 120 poz. 826).

Pozostałe informacje:

- siatka obliczeniowa: 15m x 15m;
- wysokość siatki obliczeniowej 4,0m,
- interpolacja programowa rastra: 3m x 3m;
- liczba odbić: 2;
- tereny akustycznie twarde: wszystkie pokryte betonem, współczynnik pochłaniania $\alpha=0$;
- tereny akustycznie miękkie: pozostałe tereny, współczynnik pochłaniania $\alpha=0,6$;
- uwzględniono standardowe średnioroczne warunki panujące na obszarze Polski;
- zastosowane oprogramowanie obliczeniowe: Lima firmy Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft.

9.2. Hałas drogowy

Dla potrzeb przeprowadzenia obliczeń i wygenerowania imisyjnych map hałasu drogowego (wskaźnika L_{dwn} i L_n) zastosowano model obliczeniowy zgodny z francuską krajową metodą obliczeniową "NMPB-Routes-96"¹, do której odnosi się francuska norma "XPS 31-133"². Metoda ta jest zalecaną w Dyrektywie 2002/49/WE³ do stosowania w krajach członkowskich UE tymczasową metodyką modelowania hałasu drogowego.

Dla potrzeb opracowania modelu symulacyjnego hałasu drogowego wykorzystano niezmienny układ geometryczny osi dróg dostarczony przez Zamawiającego w formacie pliku SHP skalibrowany w układzie ŁAM.

Emisja akustyczna źródeł hałasu drogowego zgodnie z przyjętą metodą obliczeniową "NMPB-Routes-96" wyznaczana została na podstawie parametrów charakteryzujących natężenie i strukturę ruchu pojazdów kołowych oraz rodzaju nawierzchni drogi

Szczegółowy wykaz parametrów obejmuje:

¹ The French national computation method "NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)", referred to in "Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6"

² French standard "XPS 31-133". Acoustique, - Bruit des infrastructures de transports terrestres - Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques, Paris afnor, 2001

³ Dyrektywa 2002/49/WE z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku (Dz.Urz. WE L 189 z 18.07.2002)

- rodzaj nawierzchni drogi,
- średniogodzinne natężenie ruchu pojazdów osobowych w porze dziennej wyznaczone jako wartość średnia dla okresu od godziny 6⁰⁰ do 18⁰⁰,
- średniogodzinne natężenie ruchu pojazdów ciężarowych w porze dziennej wyznaczone jako wartość średnia dla okresu od godziny 6⁰⁰ do 18⁰⁰,
- średniogodzinne natężenie ruchu pojazdów osobowych w porze wieczorowej wyznaczone jako wartość średnia dla okresu od godziny 18⁰⁰ do 22⁰⁰,
- średniogodzinne natężenie ruchu pojazdów ciężarowych w porze wieczorowej wyznaczone jako wartość średnia dla okresu od godziny 18⁰⁰ do 22⁰⁰,
- średniogodzinne natężenie ruchu pojazdów osobowych w porze nocnej wyznaczone jako wartość średnia dla okresu od godziny 22⁰⁰ do 6⁰⁰,
- średniogodzinne natężenie ruchu pojazdów ciężarowych w porze nocnej wyznaczone jako wartość średnia dla okresu od godziny 22⁰⁰ do 6⁰⁰,
- prędkość dopuszczalna dla pojazdów osobowych,
- prędkość dopuszczalna dla pojazdów ciężarowych,

W celu przyporządkowania parametrów natężenia i struktury ruchu pojazdów kołowych do osi drogi wykorzystano następujące dane źródłowe:

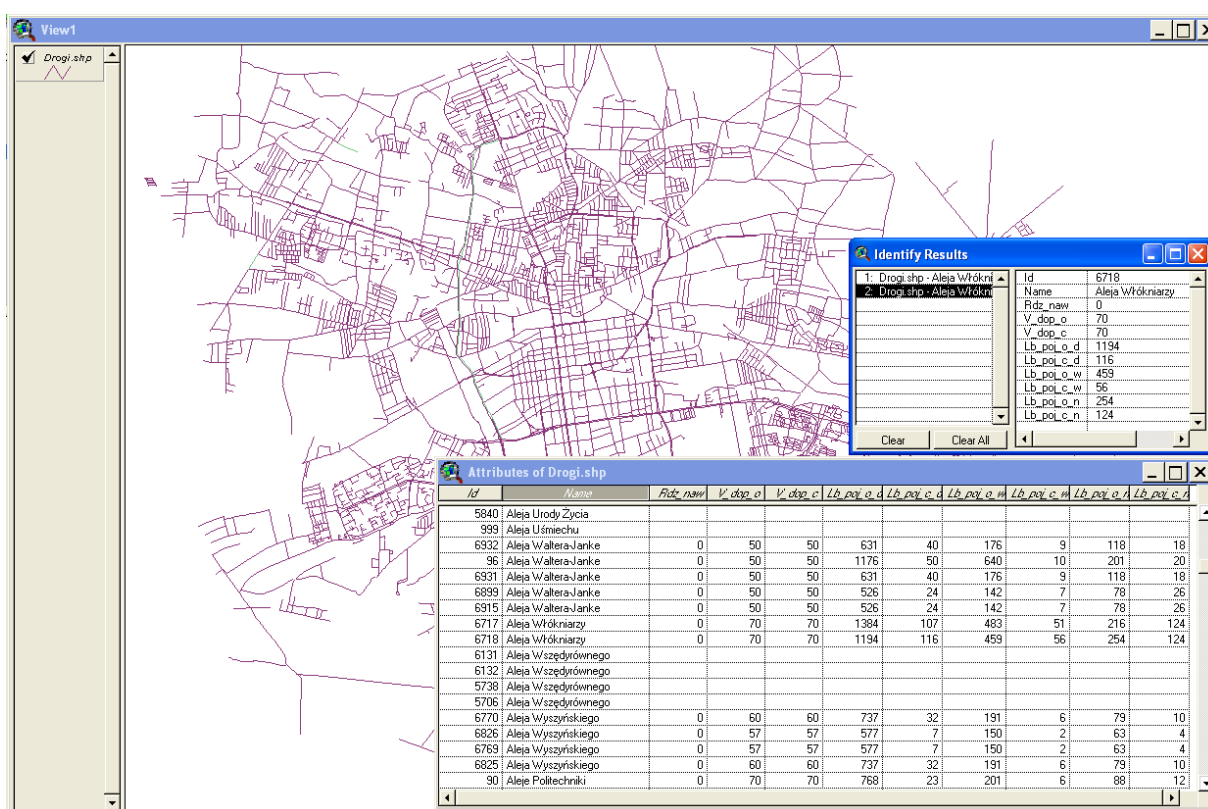
1. wyniki pomiarów hałasu drogowego oraz pomiaru natężenia i struktury ruchu pojazdów kołowych zrealizowanych w 2006 roku (przekazane przez Wydział Ochrony Środowiska i Rolnictwa),
2. wyniki pomiarów natężenia ruchu kołowego zrealizowanych w latach 2004-2007 (przekazane przez Zarząd Dróg i Transportu).

Dla każdego odcinka drogi przyporządkowane zostały ww. parametry wg jednego z poniższych sposobów:

- bezpośrednio z danych źródłowych dla każdej pory doby (diennej, wieczorowej i nocnej) w przypadku gdy wyniki pomiaru natężenia ruchu obejmowały okres 24 h.,
- oszacowaniu parametrów dla pory wieczorowej w przypadku gdy wyniki pomiaru natężenia ruchu obejmowały ograniczony okres doby,
- oszacowaniu parametrów dla poszczególnej pory doby (diennej, wieczorowej i nocnej) na podstawie analizy statystycznej w przypadku gdy identyfikacja natężenia ruchu pojazdów odnosiła się do jednej godziny w szczycie komunikacyjnym Q_{max} , przyjęte

wartości wskaźników dla pory dziennej $0,7 Q_{max}$, dla pory wieczorowej $0,6 Q_{max}$, dla pory nocnej $0,2 Q_{max}$ zgodne są z wartościami zalecanymi przez Poradnik⁴.

W wyniku przyporządkowania parametrów dróg do istniejącej geometrii osi powstała warstwa *Drogi.shp* (**Rys.6**) stanowiąca dane wejściowe do opracowania modelu geometrycznego i akustycznego w oprogramowaniu LimA. Na podstawie wprowadzonych parametrów oprogramowanie LimA automatycznie przelicza wartość poziomu mocy akustycznej dla każdego odcinka źródła typu droga. W kolejnym kroku dla tak wyznaczonych wartości poziomów mocy akustycznej generowane są mapy akustyczne wskaźników L_{dwn} i L_n .



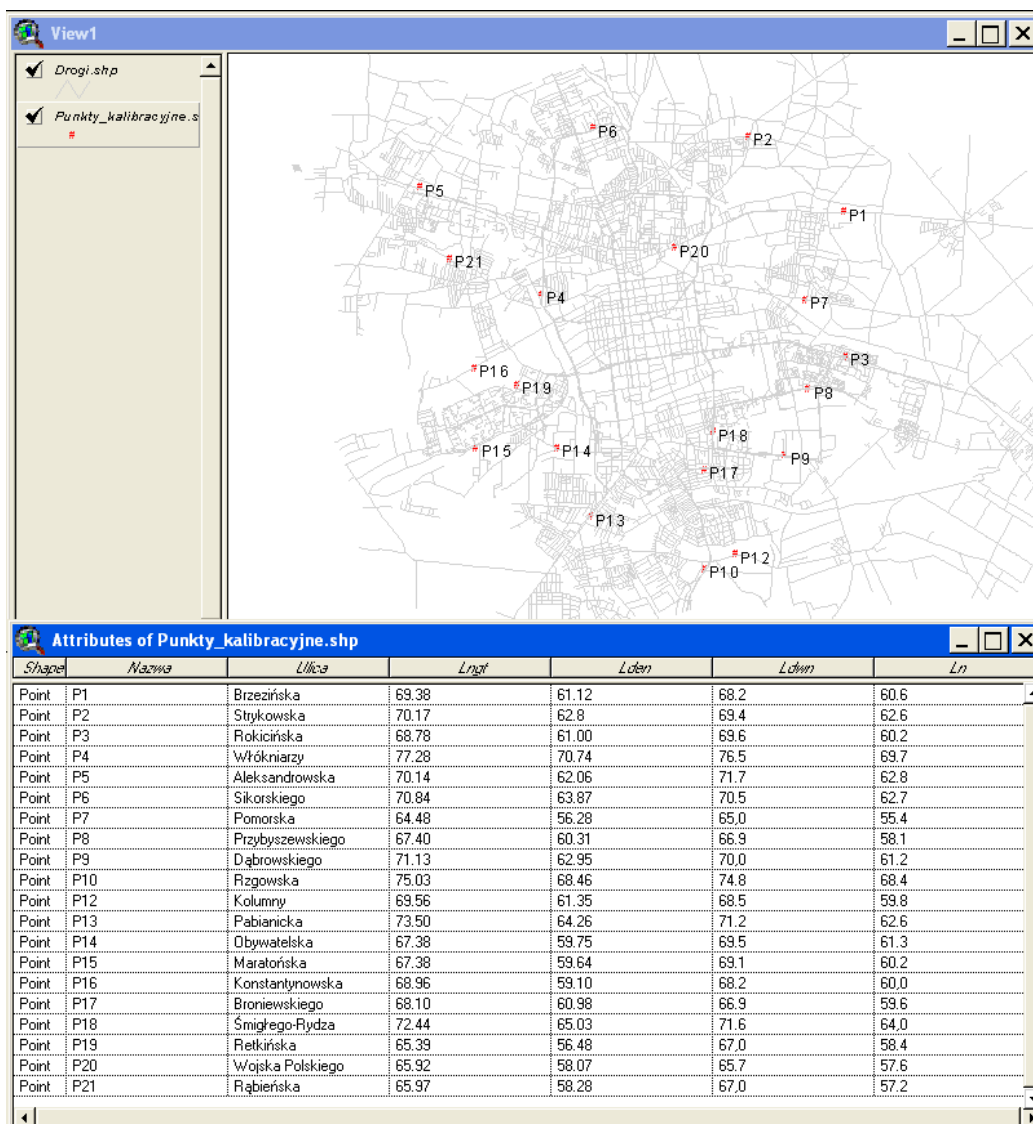
Rys. 6. Przygotowana warstwa *Drogi.shp* z parametrami do symulacji akustycznych

⁴ *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure* European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) Final Draft, Version 2, 13th January 2006

Opis procedury kalibracji

Kalibracja mapy akustycznej źródeł hałasu drogowego w pierwszym etapie sprowadzała się do porównania wyników uzyskanych z przeprowadzonych symulacji akustycznych uzyskanych w oprogramowaniu LimA z wynikami pomiarów akustycznych wykonanych w 20 punktach pomiarowych.

Dla potrzeb kalibracji opracowano warstwę punktów kalibracyjnych *Punkty_kalibracyjne.shp* (Rys.7) uzupełnioną o atrybuty z wartościami wskaźników L_{dwn} i L_n uzyskanymi w wyniku przeprowadzonego pomiaru. Po wprowadzeniu warstwy do oprogramowania LimA i przeprowadzeniu symulacji uzyskano w punktach wartości wskaźników L_{den} i L_{ngt} odpowiadającym wskaźnikom L_{dwn} i L_n z pomiaru.



Rys. 7. Przygotowana warstwa *Punkty_kalibracyjne.shp* z wartościami wskaźników L_{dwn} i L_n

Wyniki porównania wartości uzyskanych z symulacji i pomiarów w punktach kalibracyjnych przed kalibracją zestawiono w **Tablicy 3**. Jako wynik porównania obliczono różnicę ΔL pomiędzy wartościami uzyskanymi z symulacji i pomiarów .

Tablica 3. Wyniki porównania wskaźników L_{dwn} i L_n przed kalibracją

Nazwa punktu	Ulica	Symulacja		Pomiar		Różnica	
		L_{DWN} dB	L_N dB	L_{DWN} dB	L_N dB	ΔL_{DWN} dB	ΔL_N dB
P1	Brzezińska	73,4	65,1	68,2	60,6	5,2	4,5
P2	Strykowska	74,2	66,8	69,4	62,6	4,8	4,2
P3	Rokicińska	72,8	65,0	69,6	60,2	3,2	4,8
P4	Włókniarzy	81,3	74,7	76,5	69,7	4,8	5,0
P5	Aleksandrowska	74,1	66,1	71,7	62,8	2,4	3,3
P6	Sikorskiego	74,8	67,9	70,5	62,7	4,3	5,2
P7	Pomorska	68,5	60,3	65,0	55,4	3,5	4,9
P8	Przybyszewskiego	71,4	64,3	66,9	58,1	4,5	6,2
P9	Dąbrowskiego	75,1	67,0	70,0	61,2	5,1	5,8
P10	Rzgowska	79,0	72,5	74,8	68,4	4,2	4,1
P12	Kolumny	73,6	65,4	68,5	59,8	5,1	5,6
P13	Pabianicka	77,5	68,3	71,2	62,6	6,3	5,7
P14	Obywatelska	71,4	63,8	69,5	61,3	1,9	2,5
P15	Maratońska	71,4	63,6	69,1	60,2	2,3	3,4
P16	Konstantynowska	73,0	63,1	68,2	60,0	4,8	3,1
P17	Broniewskiego	72,1	65,0	66,9	59,6	5,2	5,4
P18	Śmigłego-Rydza	76,4	69,0	71,6	64,0	4,8	5,0
P19	Retkińska	69,4	60,5	67,0	58,4	2,4	2,1
P20	Wojska Polskiego	69,9	62,1	65,7	57,6	4,2	4,5
P21	Rąbieńska	70,0	62,3	67,0	57,2	3,0	5,1
					średnio	4,0	4,5

Analiza wyników wykazała, że wyniki uzyskane w ramach przeprowadzonej symulacji są zawyżone średnio o 4,0 dB. Dlatego też, do dalszych symulacji przyjęto wartość poprawki kalibracyjnej $\Delta L = -4,0$ dB

W kolejnym etapie wprowadzono poprawkę kalibracyjną do modelu symulacyjnego w ten sposób, że obliczone przez oprogramowanie LimA wartości poziomów mocy akustycznej dla każdego odcinka drogi i dla każdej pory doby obniżono o wartość 4,0 dB.

Powstały w ten sposób model symulacyjny źródeł hałasu drogowego poddano ponownej weryfikacji i obliczono wartości wskaźników L_{dwn} i L_n w punktach kalibracyjnych. Zestawienie zbiorcze wartości uzyskanych w punktach kalibracyjnych po kalibracji zestawiono w **Tablicy 4**.

Tablica 4. Wyniki porównania wskaźników L_{dwn} i L_n po kalibracji

Nazwa punktu	Ulica	Symulacja		Pomiar		Różnica	
		L_{DWN} dB	L_N dB	L_{DWN} dB	L_N dB	ΔL_{DWN} dB	ΔL_N dB
P1	Brzezińska	69,38	61,12	68,2	60,6	1,2	0,5
P2	Strykowska	70,17	62,8	69,4	62,6	0,8	0,2
P3	Rokicińska	68,78	61	69,6	60,2	-0,8	0,8
P4	Włóknarzy	77,28	70,74	76,5	69,7	0,8	1,0
P5	Aleksandrowska	70,14	62,06	71,7	62,8	-1,6	-0,7
P6	Sikorskiego	70,84	63,87	70,5	62,7	0,3	1,2
P7	Pomorska	64,48	56,28	65,0	55,4	-0,5	0,9
P8	Przybyszewskiego	67,4	60,31	66,9	58,1	0,5	2,2
P9	Dąbrowskiego	71,13	62,95	70,0	61,2	1,1	1,8
P10	Rzgowska	75,03	68,46	74,8	68,4	0,2	0,1
P12	Kolumny	69,56	61,35	68,5	59,8	1,1	1,6
P13	Pabianicka	73,5	64,26	71,2	62,6	2,3	1,7
P14	Obywatelska	67,38	59,75	69,5	61,3	-2,1	-1,6
P15	Maratońska	67,38	59,64	69,1	60,2	-1,7	-0,6
P16	Konstantynowska	68,96	59,1	68,2	60,0	0,8	-0,9
P17	Broniewskiego	68,1	60,98	66,9	59,6	1,2	1,4
P18	Śmigłego-Rydza	72,44	65,03	71,6	64,0	0,8	1,0
P19	Retkińska	65,39	56,48	67,0	58,4	-1,6	-1,9
P20	Wojska Polskiego	65,92	58,07	65,7	57,6	0,2	0,5
P21	Rąbieńska	65,97	58,28	67,0	57,2	-1,0	1,1
					średnio	0,0	0,5

Średnia wartość z różnicy pomiędzy wartościami uzyskanymi z symulacji i pomiarów akustycznych wynosi $\Delta L= 0,0$ dB dla wskaźnika L_{dwn} i $\Delta L= 0,5$ dB dla wskaźnika L_n . Maksymalna różnica pomiędzy wartością uzyskaną z symulacji i pomiaru wynosi $\Delta L= 2,3$ dB.

Tak przygotowany model symulacyjny stanowił podstawę do wygenerowania mapy imisyjnej wskaźnika L_{dwn} i L_n dla źródeł hałasu drogowego. Wartości poziomów mocy akustycznej po kalibracji wprowadzone zostały do bazy danych warstwy *Drogi.shp*.

9.3. Hałas szynowy

Mapa strategiczna hałasu szynowego powstała poprzez połączenie mapy strategicznej hałasu pochodzącego od źródeł kolejowych (pociągi) oraz strategicznej hałasu pochodzącego od tramwajów. Wartości prezentowane na mapie hałasu szynowego są energetyczną sumą wartości uzyskanych w wyniku wyznaczenia poziomów hałasu od tych dwóch rodzajów źródeł niezależnie. Mapy hałasu kolejowego i tramwajowego tworzone były oddzielnie, jednakże procedury zmierzające do uzyskania tych map z uwagi na podobieństwo źródeł hałasu były podobne.

Mapa hałasu kolejowego

Zgodnie z zaleceniami Unii Europejskiej zawartymi w Dyrektywie 2002/49/WE modelowanie źródeł hałasu szynowego i wyznaczanie map imisyjnych hałasu kolejowego odbywać się powinno zgodnie z wykorzystaniem metody RLM2⁵. Program obliczeniowy Lima umożliwia zastosowanie algorytmów obliczeniowych metody RLM2 w dwojaki sposób:

- poprzez podanie natężenia ruchu pociągów, rodzaju i jakości torowiska oraz powiązania natężenia ruchu pociągów z parametrem opisującym rodzaj pociągu.
- poprzez podanie uśrednionej mocy akustycznej torowiska wyrażonej w dB/m

Wykonując mapę akustyczną Miasta Łodzi podjęto decyzję o wykorzystaniu drugiej z podanych możliwości. Wymagało to wykonania dodatkowych badań środowiskowych. Pomiary akustyczne hałasu emitowanego przez jednostkowe zdarzenia akustyczne odpowiadające eksploatacji linii kolejowych zostały przeprowadzone w 5-ciu punktach pomiarowych. W każdym z punktów pomiarowych zarejestrowano zmiany chwilowego poziomu dźwięku A odpowiadające wytypowanym jednostkowym zdarzeniom akustycznym. Wyniki pomiarów akustycznych oraz obliczenie mocy akustycznej dla źródeł liniowych – linii kolejowych opisano w odrębnym opracowaniu, wykonanym przez Katedrę Podstaw Systemów Technicznych Politechniki Śląskiej w marcu 2008 roku. Zgodnie z procedurą opisaną w ww. opracowaniu wyznaczono poziomy mocy akustycznych L_{WA} charakterystycznych zdarzeń akustycznych. Parametr ten w powiązaniu z natężeniem ruchu na danej trasie pozwolił na wyznaczanie wypadkowej (równoważnej) mocy akustycznej odpowiadającej modelowanej linii kolejowej.

⁵ Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996

Następnie wyznaczono poziom jednostkowej mocy akustycznej źródła, odniesiony do jednego metra bieżącego długości toru - wyrażony w dB/m. Parametr ten wykorzystano w procesie modelowania hałasu kolejowego metodą RLM2 z wykorzystaniem oprogramowania Lima.

W pierwszym etapie przyjęto obliczone moce akustyczne źródeł liniowych (torowisk) i przeprowadzona obliczenia propagacji hałasu dla trzech punktów kalibracyjnych znajdujących się przy różnych liniach komunikacji kolejowej. Procedurę tę przeprowadzono w celu porównania uzyskanych w wyniku symulacji wartości z wartościami rzeczywistymi uzyskanymi na podstawie pomiarów. Położenie punktów kalibracyjnych przedstawiono na **Rys.8.**

Następnie zgodnie z metodyką opisaną w Rozporządzeniu⁶ dokonano obliczeń wartości L_{Aeq} w punktach kalibracyjnych osobno dla pory dnia, wieczoru i nocy. Wykorzystano wyniki pomiarów środowiskowych pojedynczych zdarzeń akustycznych [3] oraz pozyskane informacje o natężeniu ruchu na odcinkach torów znajdujących się w bezpośrednim przy punktach pomiarowych. Na podstawie wartości L_{Aeq} wyliczonych dla pory dnia, wieczoru i nocy obliczono wartość wskaźnika L_{DWN} . Wyniki obliczeń przedstawia **Tablica 5.**

Tablica 5. Wartości w punktach kalibracyjnych – uzyskane w wyniku pomiaru

L_{AeqD}	L_{AeqN}	L_{AeqW}	L_{DWN}	L_{24H}
Punkt 1				
63,1	63,3	61,8	69,5	63,0
Punkt 2				
63,4	63,2	62,2	69,5	63,1
Punkt 3				
68,7	62,5	66,8	70,9	67,1

Legenda:

L_{AeqD} – poziom równoważny dźwięku A odniesiony do pory dnia T=16 h (6:00-18:00),

L_{AeqN} – poziom równoważny dźwięku A odniesiony do pory nocy T=8 h (22:00-6:00),

L_{AeqW} – poziom równoważny dźwięku A odniesiony do pory wieczoru T=4 h (18:00-22:00),

L_{DWN} – wskaźnik poziomu hałasu,

L_{24H} – poziom równoważny odniesiony do pory doby T=24 h.

⁶ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 października 2007 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem (Dz.U. 2007 Nr 192 Poz. 1392).



Rys.8. Położenie punktów kalibracyjnych – hałas kolejowy.

Z kolei w wyniku przeprowadzonych obliczeń komputerowych uzyskano wartości w punktach kalibracyjnych przedstawione w **Tablicy 6**.

Tablica 6. Wartości w punktach kalibracyjnych – uzyskane w wyniku obliczeń z wykorzystaniem mocy akustycznej źródeł liniowych - przed kalibracją

L_{AeqD}	L_{AeqN}	L_{AeqW}	L_{DWN}	L_{24H}
Punkt 1				
68,0	68,4	66,7	74,6	68,0
Punkt 2				
68,8	68,3	67,7	74,7	68,8
Punkt 3				
71,4	64,0	69,5	73,0	69,7

Zastosowanie tej metody modelowania źródła liniowego umożliwiło dokonanie łatwej kalibracji modelu symulacyjnego. Stwierdzono, iż dla pierwotnie wstawionych mocy akustycznych źródeł liniowych wyniki w punktach pomiarowych są zawyżone o około 4 dB. Podjęto więc decyzję o dodaniu do wyliczonych mocy akustycznych poprawki kalibracyjnej $\Delta L = -4$ dB i ponownym przeprowadzeniu obliczeń komputerowych. Uzyskane wyniki zestawiono w **Tablicy 7**.

Tablica 7. Wartości w punktach kalibracyjnych – uzyskane w wyniku obliczeń z wykorzystaniem mocy akustycznej źródeł liniowych - po kalibracji

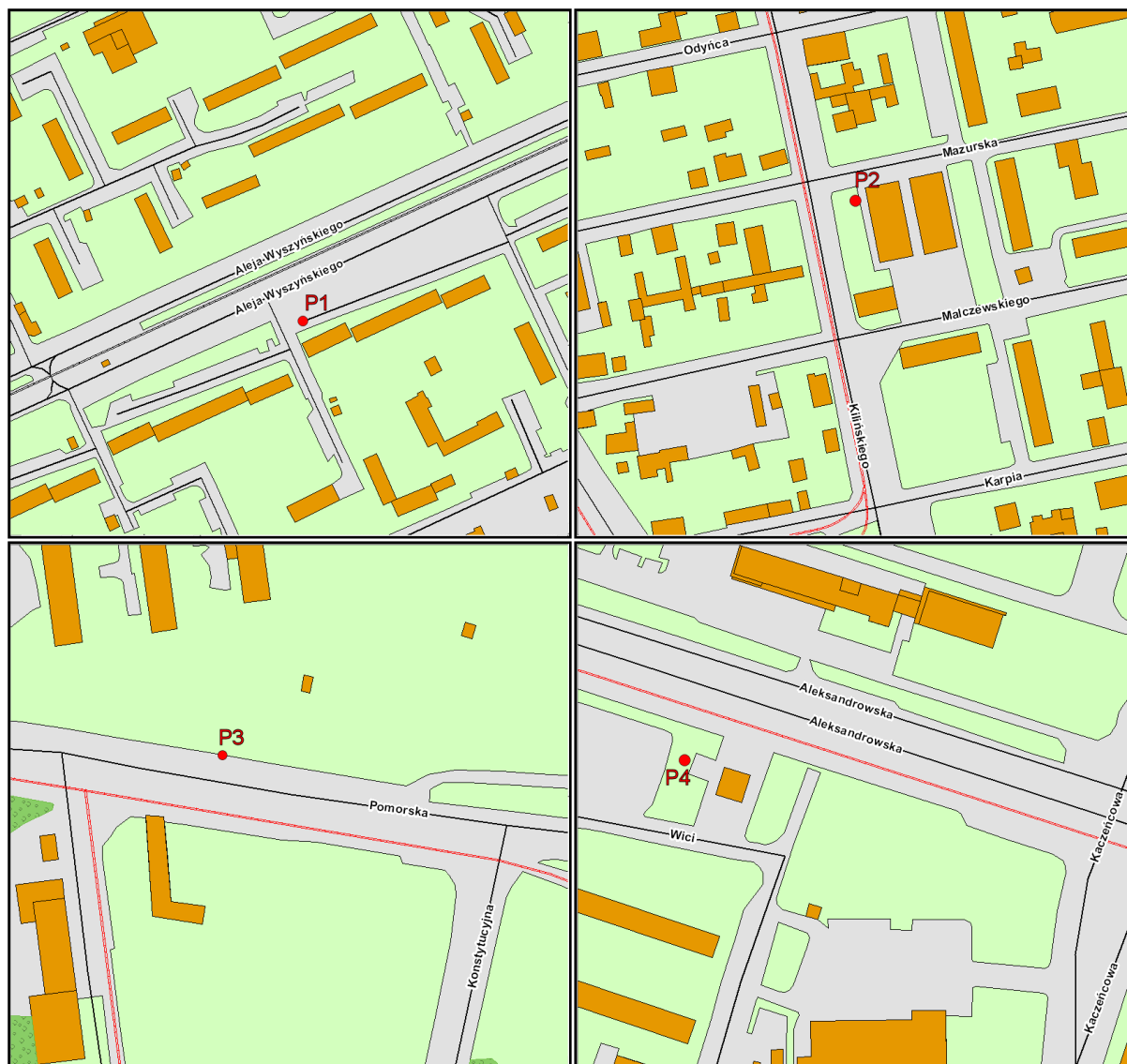
L_{AeqD}	L_{AeqN}	L_{AeqW}	L_{DWN}	L_{24H}
Punkt 1				
64,2	64,7	63,0	70,9	64,2
Punkt 2				
64,9	64,3	63,8	70,7	64,5
Punkt 3				
67,4	60,0	65,4	69,0	65,6

Uzyskane po kalibracji wartości poziomu hałasu w punktach kalibracyjnych wykazały, że model symulacyjny jest poprawny i można przejść do obliczeń propagacji hałasu w siatce punktów obserwacji. Obliczenia wykonywano jednocześnie na trzech komputerach, czas obliczeń wyniósł ok. 4.5 doby. Wynikiem obliczeń są mapy imisyjne hałasu kolejowego określonego wskaźnikami L_{dwn} i L_n .

Mapa hałasu tramwajowego

Podobnie jak miało to miejsce w przypadku hałasu kolejowego modelowanie źródeł hałasu pochodzącego od ruchu tramwajów oraz wyznaczanie map imisyjnych hałasu tramwajowego zostało przeprowadzone również zgodnie z metodą RLM2. Również w tym przypadku podjęto decyzję o modelowaniu parametrów akustycznych źródeł poprzez podanie uśrednionej mocy akustycznej torowiska wyrażonej w dB/m. Wymagało to wykonania dodatkowych badań środowiskowych. Pomiary akustyczne hałasu emitowanego przez jednostkowe zdarzenia akustyczne odpowiadające eksploatacji linii tramwajowych zostały przeprowadzone w 6-ciu punktach pomiarowych. W każdym z punktów pomiarowych przeprowadzono rejestrację chwilowego poziomu dźwięku A odpowiadającego wytypowanym jednostkowym zdarzeniom akustycznym. Następnie wyznaczono poziomy mocy akustycznych L_{WA} charakterystycznych zdarzeń akustycznych. Wyznaczony poziom mocy akustycznej stanowił parametr akustyczny, który w powiązaniu z natężeniem ruchu na danej trasie, posłużył do wyznaczania wypadkowej (równoważnej) mocy akustycznej odpowiadającej modelowanej linii tramwajowej. Następnie wyznaczono poziom jednostkowej mocy akustycznej źródła, odniesiony do jednego metra bieżącego długości toru i wyrażony w dB/m. Parametr ten wykorzystano w procesie modelowania hałasu kolejowego metodą RLM2 z wykorzystaniem oprogramowania Lima. Wyniki pomiarów oraz obliczeń opisano w odrębnym opracowaniu wykonanym przez Katedrę Podstaw Systemów Technicznych Politechniki Śląskiej w kwietniu 2008 roku.

W pierwszym etapie przyjęto wyliczone moce akustyczne źródeł liniowych (torowisk tramwajowych) i przeprowadzono badania symulacyjne dla czterech punktów kalibracyjnych znajdujących się przy różnych liniach komunikacji tramwajowej. Procedurę tę przeprowadzono w celu porównania uzyskanych wartości poziomu dźwięku w wyniku obliczeń z wartościami rzeczywistymi uzyskanymi z pomiarów. Położenie punktów kalibracyjnych przedstawia **Rys.9**.



Rys.9. Położenie punktów kalibracyjnych – hałas tramwajowy.

Następnie wykonano obliczenia wartości L_{Aeq} w punktach pomiarowych osobno dla pory dnia, wieczoru i nocy. Wykorzystano wyniki pomiarów środowiskowych pojedynczych zdarzeń akustycznych oraz pozyskane informacje o natężeniu ruchu na odcinkach torów znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie punktów pomiarowych. Na podstawie wartości L_{Aeq} wyliczonych dla pory dnia, wieczoru i nocy obliczono wartość wskaźnika L_{DWN} . Wyniki obliczeń przedstawia **Tablicy 8**.

Tablica 8. Wartości w punktach kalibracyjnych – uzyskane w wyniku pomiaru.

L_{AeqD}	L_{AeqN}	L_{AeqW}	L_{DWN}	L_{24H}
Punkt 1 - Aleja Wyszyńskiego				
65,4	58,2	63,5	67,1	63,7
Punkt 2 - Kilińskiego				
53,9	49,0	52,4	56,8	52,5
Punkt 3 - Pomorska				
63,1	57,2	60,9	65,3	61,5
Punkt 4 - Aleksandrowska				
60,8	54,0	59,2	62,7	59,1

W wyniku przeprowadzonych obliczeń komputerowych uzyskano następujące wartości w punktach pomiarowych – **Tablica 9:**

Tablica 9. Wartości w punktach kalibracyjnych – uzyskane w wyniku obliczeń z wykorzystaniem mocy akustycznej źródeł liniowych - przed kalibracją

L_{AeqD}	L_{AeqN}	L_{AeqW}	L_{DWN}	L_{24H}
Punkt 1 - Aleja Wyszyńskiego				
64,7	57,9	63,2	66,7	63,1
Punkt 2 - Kilińskiego				
54,6	48,4	53,8	57,0	53,2
Punkt 3 - Pomorska				
61,9	56,4	60,2	64,4	60,4
Punkt 4 - Aleksandrowska				
59,3	53,1	58,2	61,7	57,8

Porównując uzyskane wyniki stwierdzono, iż dla pierwotnie wstawionych mocy akustycznych źródeł liniowych wyniki symulacji w punktach kalibracyjnych są zbliżone z wartościami pomiarowymi. Różnica pomiędzy wynikami badań a wynikami symulacji mieści się w granicach ± 1 dB. Podjęto więc decyzje o zaakceptowaniu pierwotnie wyznaczonych mocy akustycznych poszczególnych torowisk i nie dokonano żadnych poprawek. Zdecydowano iż model symulacyjny jest poprawny i można rozpocząć obliczenia akustyczne. Obliczenia wykonywano jednocześnie na trzech komputerach, czas obliczeń wyniósł ok. 5 dób. Wynikiem obliczeń są mapy imisyjne hałasu kolejowego określonego wskaźnikami L_{dwn} i L_n .

9.4. Hałas przemysłowy

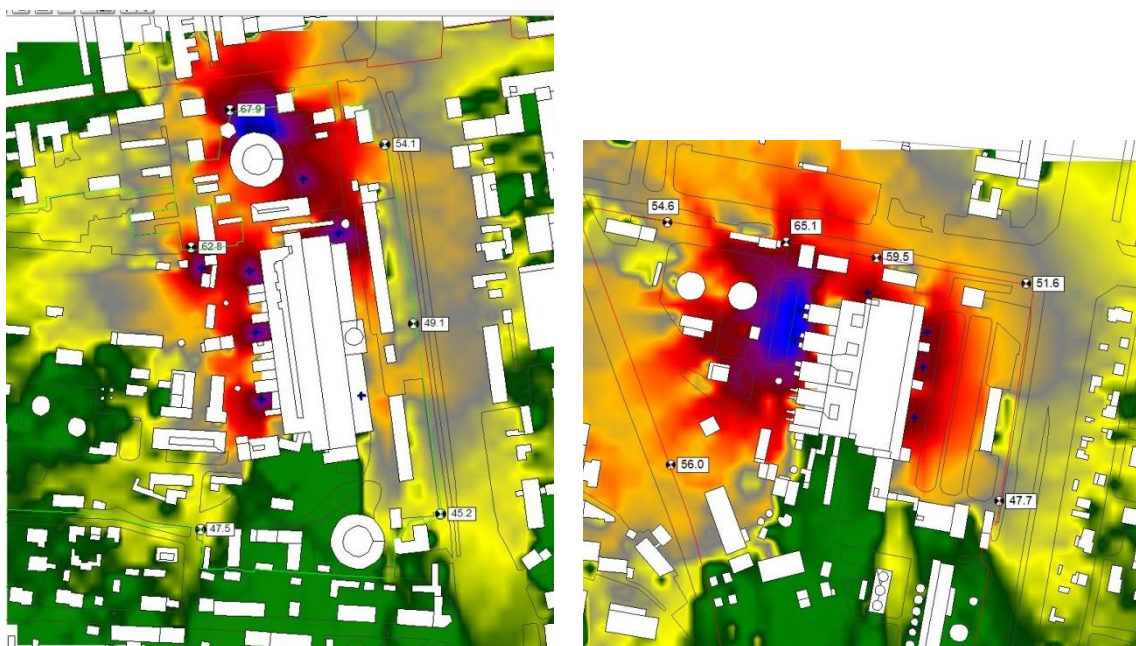
Mapa strategiczna hałasu przemysłowego powstała poprzez połączenie mapy strategicznej hałasu pochodzącego od źródeł związanych z zakładami przemysłowymi oraz mapy strategicznej hałasu pochodzącego od parkingów. Wartości prezentowane na mapie hałasu przemysłowego są energetyczną sumą wartości uzyskanych w wyniku wyznaczenia poziomów hałasu od tych dwóch rodzajów źródeł.

Mapa hałasu zakładów przemysłowych

Mapę hałasu przemysłowego sporządzono na podstawie materiałów udostępnionych przez Zamawiającego, zawierających wyniki pomiarów akustycznych wykonanych na obiektach przemysłowych w roku 2006. Łącznie uwzględniono 49 zakładów przemysłowych. W celu zamodelowania hałasu przemysłowego w Limie przyjęto, że źródła hałasu zlokalizowane na terenie modelowanych zakładów można uznać za punktowe. Następnie znając lokalizację tych źródeł oraz ich moc akustyczną, wprowadzono je do modelu geometrycznego i przeprowadzono obliczenia propagacji hałasu – zgodnie z zalecaną metodą ISO 9613-2. W przypadku zakładów przemysłowych, dla których posiadano tylko i wyłącznie pomiary na granicy zakładu (bez znajomości lokalizacji i mocy źródeł), przyjęto modelowanie za pomocą źródeł pozornych, których lokalizację i moc akustyczną dobierano eksperymentalnie, przy czym warunkiem koniecznym było zachowanie jak największej zbieżności obliczonych poziomów dźwięku w punktach, dla których posiadano wyniki pomiarów. Takie postępowanie zastosowano dla zakładów zlokalizowanych na terenie dzielnic Polesie, Widzew oraz Śródmieście. Dla pozostałych dzielnic (Bałuty i Górna) dysponowano lokalizacją źródeł oraz mocami akustycznymi, a zatem modelowanie zakładów było precyzyjne.

Kalibrację każdego z zakładów przeprowadzono indywidualnie. Najpierw modelowano źródła, obliczano emisję akustyczną oraz porównywano obliczone wyniki w punktach z wartościami uzyskanymi na drodze pomiarowej. Następnie zmieniano moce akustyczne źródeł lub ich lokalizację (tylko w przypadku Polesia, Widzewa i Śródmieścia) w taki sposób, by uzyskać jak najmniejsze średnie odchylenie we wszystkich punktach. Uznano, że średni błąd nie powinien przekraczać wartości 1-2 dB. Dla potrzeb przeprowadzenia kalibracji wykorzystano oprogramowanie CadnaA firmy DataKustik. Po osiągnięciu poprawnych rezultatów wprowadzono do modelu rzeczywiste czasy pracy poszczególnych zakładów i/lub

źródeł hałasu, obliczono moce równoważne odniesione do odpowiednich pór doby oraz wykonano eksport wyników do formatu SHP. Uzyskany w ten sposób plik SHP importowano do oprogramowania Lima i przeprowadzono obliczenia propagacji hałasu do środowiska w siatce obliczeniowej 15m x 15 m na wysokości 4 m. Przykład obliczeń akustycznych dla potrzeb kalibracji mapy hałasu przemysłowego wykonanych w oprogramowaniu Cadna przedstawiono na **Rys.10**.



Rys.10. Przykład kalibracji mapy akustycznej zakładów przemysłowych.

Mapa hałasu parkingów

Wytyczne dotyczące sposobu wyznaczania map strategicznych hałasu zawarte w Dyrektywie 2002/49/WE nie precyzują sposobu postępowania w przypadku źródeł hałasu typu parking. Francuska metoda obliczeniowa MNPB zalecana do wyznaczania mapy hałasu drogowego nie obejmuje modelowania tak charakterystycznych obiektów jakimi są parkingi. Źródła te charakteryzuje się przez podanie takich parametrów jak: ilość miejsc parkingowych, ilości zmian w czasie godziny na jedno miejsce parkingowe oraz przeznaczenia parkingu. Stąd zdecydowano, iż mapa hałasu emitowanego do środowiska przez parkingi wyznaczona zostanie zgodnie z metoda ISO9613-2 zalecaną dla obiektów przemysłowych. Zastosowanie tej metody wymagało wyznaczenia parametrów akustycznych tj. całkowity poziom mocy źródła lub jednostkowy poziom mocy akustycznej wyrażony w dB/m^2 . W celu wyznaczenia tego

parametru wykorzystano wewnętrzne algorytmy obliczeniowe programu Lima. Stąd wyznaczenie mapy strategicznej od źródeł hałasy typu parking odbyło się dwuetapowo.

1 Etap

W pierwszym etapie zaimportowano do programu LimA warstwę GIS (SHP) obejmującą obiekty typu parking. Uwzględniono parametry opisujące wielkość parkingu, liczbę miejsc parkingowych, typ parkingu oraz częstość zmian pojazdów na pojedynczym miejscu parkingowym w czasie 1 godziny. Wynikiem konwersji była warstwa obiektów programu Lima typu PRK <Parking>. W kolejnym kroku dokonano wyboru metody wyznaczania poziomu mocy akustycznej obiektów PRK. Zastosowanie metody obliczeniowej BAY42: (*Bavarian parking noise study*) pozwoliło uzyskać wyliczone wartości całkowitego poziomu mocy akustycznej L_w dla poszczególnych parkingów. Tak przetworzona warstwa źródeł powierzchniowych została zapisana, a następnie wyeksportowana do pliku systemu GIS (SHP).

2 Etap

W etapie drugim utworzono wcześniej warstwę zaimportowano do systemu Lima jako powierzchniowe źródła hałasu przemysłowego (typu IND). Uwzględniono wcześniej wyliczone parametry akustyczne opisujące parkingi tj. całkowity poziom mocy akustycznej L_w dla pory dnia, wieczoru i nocy.

Przygotowany model symulacyjny posłużył do przeprowadzenia procedury symulacyjnego tworzenia strategicznej mapy hałasu od obiektów typu parking z wykorzystaniem metody obliczeniowej ISO9613-2. Obliczenia wykonywano jednocześnie na trzech komputerach, czas obliczeń wyniósł ok. 6 dób. Wynikiem obliczeń są mapy imisyjne hałasu od obiektów typu parking określone wskaźnikami L_{dwn} i L_n .

9.5. Zawartość części graficznej strategicznej mapy akustycznej

W wyniku przeprowadzonych obliczeń akustycznych powstały następujące mapy hałasu, które zostały umieszczone w portalu internetowym i dostarczone w postaci drukowanej w skali 1:10000:

- 1) Mapa imisyjna hałasu kolejowego, L_{DWN}
- 2) Mapa imisyjna hałasu kolejowego, L_N
- 3) Mapa imisyjna hałasu tramwajowego, L_{DWN}
- 4) Mapa imisyjna hałasu tramwajowego, L_N
- 5) Mapa imisyjna hałasu szynowego, L_{DWN}
- 6) Mapa imisyjna hałasu szynowego, L_N
- 7) Mapa terenów zagrożonych hałasem kolejowym, L_{DWN}
- 8) Mapa terenów zagrożonych hałasem kolejowym, L_N
- 9) Mapa terenów zagrożonych hałasem tramwajowym, L_{DWN}
- 10) Mapa terenów zagrożonych hałasem tramwajowym, L_N
- 11) Mapa terenów zagrożonych hałasem szynowym, L_{DWN}
- 12) Mapa terenów zagrożonych hałasem szynowym, L_N
- 13) Mapa imisyjna hałasu przemysłowego, L_{DWN}
- 14) Mapa imisyjna hałasu przemysłowego, L_N
- 15) Mapa terenów zagrożonych hałasem przemysłowym, L_{DWN}
- 16) Mapa terenów zagrożonych hałasem przemysłowym, L_N
- 17) Mapa imisyjna hałasu drogowego, L_{DWN}
- 18) Mapa imisyjna hałasu drogowy, L_N
- 19) Mapa terenów zagrożonych hałasem drogowym, L_{DWN}
- 20) Mapa terenów zagrożonych hałasem drogowym, L_N
- 21) Mapa imisyjna hałasu sumarycznego, L_{DWN}
- 22) Mapa imisyjna hałasu sumarycznego, L_N

W celu opracowania map konfliktów akustycznych (map terenów zagrożonych hałasem) opracowano warstwę użytkowania terenu. Decyzją Zamawiającego do określenia warstwy użytkowania terenu nie użyto planów zagospodarowania przestrzennego, z uwagi na ich szczątkowy zasięg. Warstwę użytkowania określono na podstawie aktualnego użytkowania wykorzystując w tym celu ortofotomapę oraz informacje z Urzędów w zakresie: lokalizacji szkół, przedszkoli, żłóbków, szpitali, domów opieki społecznej, domów dziecka i innych.

10. PORTAL MAPY AKUSTYCZNEJ

Portal GIS dla Mapy Akustycznej zrealizowany został w ramach projektu „Opracowanie mapy akustycznej Łodzi wraz z kompleksowym systemem do jej tworzenia, aktualizacji, zarządzania i udostępniania – z wykorzystaniem bazy Systemu Informacji o Terenie miasta Łodzi”. Portal GIS dla Mapy akustycznej składa się z następujących modułów:

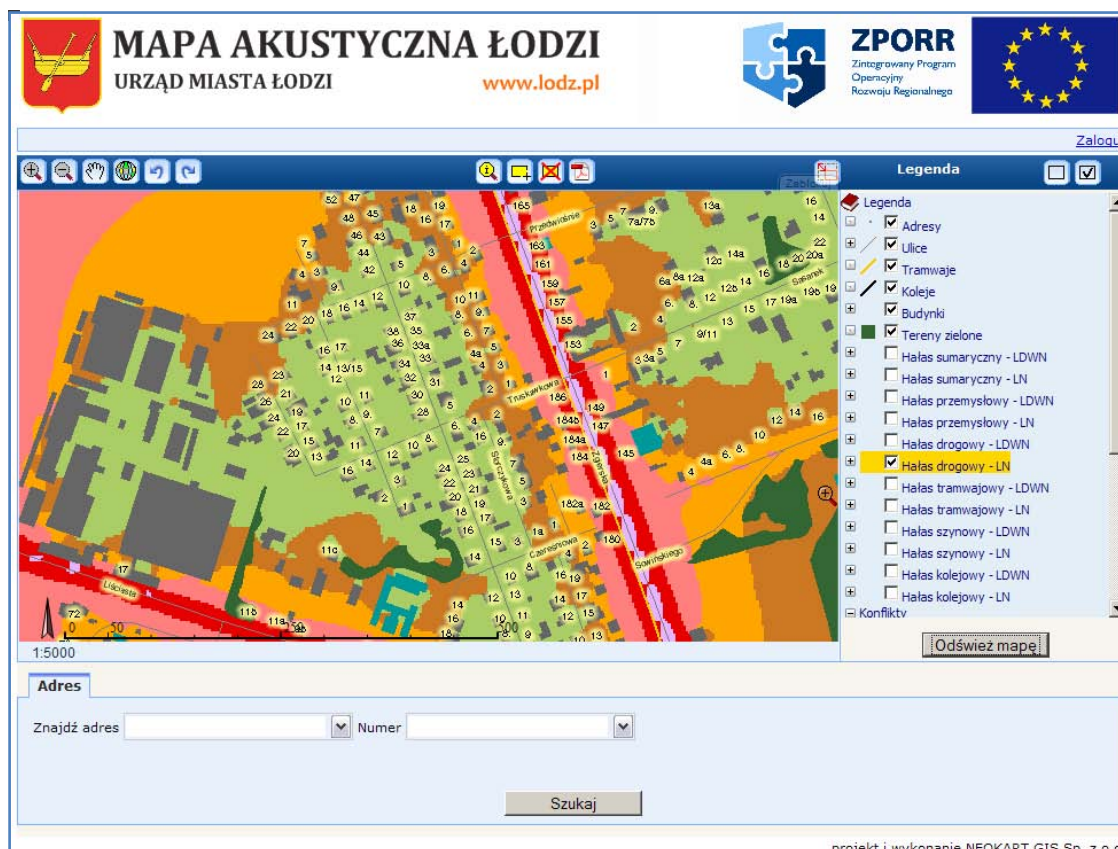
- Portalu GIS dla Mapy Akustycznej, na który składa się strona www z informacjami o mapie akustycznej oraz portal do publikacji map akustycznych Miasta Łodzi;
- Modułu administracyjnego

Strona główna Portalu zawiera informacje ogólne o mapie akustycznej, normy prawne, linki do stron o zbliżonej tematyce. Przykładowy widok strony głównej portalu został przedstawiony na **Rys.11**. Z tego miejsca uruchamiane jest również okno aplikacji mapowej.

The screenshot shows the main page of the 'MAPA AKUSTYCZNA ŁODZI' portal. The header includes the city logo, the title 'MAPA AKUSTYCZNA ŁODZI', the website address 'www.lodz.pl', and logos for ZPORR and the European Union. The main content area is divided into a left sidebar and a right main panel. The left sidebar contains navigation links such as 'Informacje o Mapie Akustycznej', 'Wykazy aktów i norm', and 'Linki'. The right main panel features a map of Łódź and two news articles. The first article, dated 2008-06-02 15:26:38, discusses the legal basis for noise mapping and the project's goals. The second article, dated 2008-06-02 15:27:45, explains the methodology for creating noise maps. At the bottom of the main panel, there are navigation buttons: '<<Poprzednia', '1-2 z 2', and 'Następna>>'. A 'Zaloguj' button is located in the top right corner.

Rys.11. Strona główna portalu.

Mapa portalu GIS dla Mapy Akustycznej, pozwala na udostępnianie w sieci intranet/Internet za pomocą standardowych przeglądark internetowych, warstw podkładowych, takich jak warstwa dróg, budynków, kolei itp. oraz warstw mapy akustycznej wraz z szeroko pojętą informacją opisową. Moduł ten dostępny w wersji ogólnej w Internecie na stronach www Urzędu Miasta Łodzi (<http://ma.mapa.lodz.pl/MALodz>) oraz w wersji rozszerzonej, w sieci wewnętrznej intranetowej UMŁ.



Rys.12. Przykładowa mapa wyświetlana na portalu.

Portal GIS daje użytkownikowi następujące możliwości:

- konfigurowania zawartości prezentowanych map poprzez włączanie i wyłączanie warstw w legendzie;
- sterowania obrazem mapy poprzez jego przesuwanie, powiększanie i pomniejszanie przy użyciu narzędzi nawigacyjnych;
- uzyskiwanie informacji opisowych o obiekcie wskazanym na mapie; obiekty mogą być wybierane pojedynczo, przez wskazanie konkretnego obiektu, lub poprzez zaznaczenie grupy obiektów wielobokiem;
- możliwość wykonania pomiaru odległości i powierzchni;
- wyszukiwanie informacji na podstawie danych adresowych szukanego obiektu oraz numeru działki ewidencyjnej;
- możliwość wydruku mapy do formatu html.

Moduł administracyjny pozwala na zarządzanie grupami użytkowników i użytkownikami, uprawnieniami, dostępnością danych geometrycznych i opisowych prezentowanych w Portalu Głównym. Dodatkowo wzbogacony został o narzędzia wspomagające proces importu danych, z formatu SHP.

11. CHARAKTERYSTYKA STANU AKUSTYCZNEGO MIASTA ŁODZI

Charakterystykę stanu akustycznego miasta przeprowadzono w oparciu o następujące założenia i uzgodnienia poczynione z Jednostką Zamawiającą mapę:

- a) całkowita liczba ludności przyjęta do analiz narażenia na ponadnormatywny przebywająca w granicach administracyjnych miasta Łodzi hałas wynosi 880709 osób. Są to mieszkańcy posiadający meldunek na pobyt stały i czasowy oraz uczniowie i studenci przebywający w szkołach, akademikach, itd. Aktualność danych to koniec 2007 roku.
- b) oszacowanie liczby osób narażonych na hałas przeprowadzono przyjmując następujące założenia:
 - liczba narażonych osób w budynku na ponadnormatywny hałas jest równa liczbie wszystkich osób zamieszkujących budynek podzielonej przez 3. Przyjmuje się zatem, że 1/3 mieszkańców budynku zamieszkuje lokale mieszkalne położone po stronie zagrożonej akustycznie elewacji,
 - w tablicach prezentujących narażenie na hałas (Tablice od 10 do 19) w kolumnie opisanej przedziałem „<55 dB” podana liczba jest wartością stanowiącą dopełnienie do całkowitej liczby ludności w mieście – a więc suma osób ze wszystkich przedziałów daje liczbę 880709 osób.

Informacje przedstawione w niniejszym rozdziale zestawiono zgodnie z wymaganiami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 października 2007 roku. W poniższych tablicach zestawiono następujące statystyki:

Tablica 10. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu kołowego (drogowego) – wskaźnik L_{DWN}

Tablica 11. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu kołowego (drogowego) – wskaźnik L_N

Tablica 12. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu kolejowego – wskaźnik L_{DWN}

Tablica 13. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu kolejowego – wskaźnik L_N

Tablica 14. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu tramwajowego – wskaźnik L_{DWN}

Tablica 15. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu tramwajowego – wskaźnik L_N

Tablica 16. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu szynowego – wskaźnik L_{DWN}

Tablica 17. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu szynowego – wskaźnik L_N

Tablica 18. Narażenie na hałas pochodzący od zakładów przemysłowych i parkingów – L_{DWN}

Tablica 19. Narażenie na hałas pochodzący od zakładów przemysłowych i parkingów – L_N

- Tablica 20.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu kołowego (drogowego) – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}
- Tablica 21.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu kołowego (drogowego) – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N
- Tablica 22.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu kolejowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}
- Tablica 23.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu kolejowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N
- Tablica 24.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu tramwajowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}
- Tablica 25.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu tramwajowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N
- Tablica 26.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu szynowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}
- Tablica 27.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu szynowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N
- Tablica 28.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od źródeł przemysłowych i parkingów – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}
- Tablica 29.** Zagrożenie hałasem pochodzącym od źródeł przemysłowych i parkingów – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N

Tablica 10. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu kołowego (drogowego) – wskaźnik L_{DWN}

Informacja	Ruch kołowy - wskaźnik hałasu L_{DWN}					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km^2 eksponowanych na hałas w danym zakresie	228,00	26,10	16,97	12,08	6,62	3,50
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	123680	28623	24712	20821	12016	2916
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	739754	39739	35480	38218	22866	4652
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1039	204	152	142	60	15
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	179	73	87	42	10	4

Tablica 11. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu kołowego (drogowego) – wskaźnik L_N

Informacja	Ruch kołowy - wskaźnik hałasu L_N					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km^2 eksponowanych na hałas w danym zakresie	264,24	13,96	8,99	4,35	1,54	0,21
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	166680	22744	16152	5869	1222	101
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	801323	36022	30905	10908	1460	90
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1342	149	84	34	3	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	303	63	23	4	2	0

Tablica 12. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu kolejowego – wskaźnik L_{DWN}

Informacja	Ruch kolejowy - wskaźnik hałasu L_{DWN}					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km ² eksponowanych na hałas w danym zakresie	261,47	17,30	8,17	4,07	1,60	0,67
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	196280	10266	3955	1911	331	25
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	869096	8618	2525	396	60	14
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1562	38	8	2	2	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	394	1	0	0	0	0

Tablica 13. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu kolejowego – wskaźnik L_N

Informacja	Ruch kolejowy - wskaźnik hałasu L_N					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km ² eksponowanych na hałas w danym zakresie	282,36	6,41	2,96	1,26	0,28	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	208469	2829	1264	191	15	0
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	879023	1508	106	64	8	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1607	2	1	2	0	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	395	0	0	0	0	0

Tablica 14. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu tramwajowego – wskaźnik L_{DWN}

Informacja	Ruch tramwajowy - wskaźnik hałasu L_{DWN}					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km ² eksponowanych na hałas w danym zakresie	278,85	6,34	4,12	2,58	1,27	0,11
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	185185	10759	7274	4840	3412	1298
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	823247	19456	15491	10333	9184	2998
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1379	98	52	34	39	10
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	351	24	9	8	3	0

Tablica 15. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu tramwajowego – wskaźnik L_N

Informacja	Ruch tramwajowy - wskaźnik hałasu L_N					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km ² eksponowanych na hałas w danym zakresie	288,19	3,08	1,67	0,34	0,00	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	201233	5746	3410	2379	0	0
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	853902	12567	8455	5785	0	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1516	38	41	17	0	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	383	5	7	0	0	0

Tablica 16. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu szynowego – wskaźnik L_{DWN}

Informacja	Ruch szynowy - wskaźnik hałasu L_{DWN}					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km ² eksponowanych na hałas w danym zakresie	246,15	24,10	12,59	6,73	2,92	0,79
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	166569	22359	11903	6838	3770	1329
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	809238	29275	19090	10813	9281	3012
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1321	140	64	36	41	10
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	344	27	13	8	3	0

Tablica 17. Narażenie na hałas pochodzący od ruchu szynowego – wskaźnik L_N

Informacja	Ruch szynowy - wskaźnik hałasu L_N					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km ² eksponowanych na hałas w danym zakresie	276,98	9,70	4,69	1,62	0,28	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	196572	8876	4732	2573	15	0
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	851243	14873	8736	5849	8	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1505	45	43	19	0	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	382	6	7	0	0	0

Tablica 18. Narażenie na hałas pochodzący od zakładów przemysłowych i parkingów – L_{DWN}

Informacja	Hałas przemysłowy - wskaźnik hałasu L_{DWN}					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km ² eksponowanych na hałas w danym zakresie	289,10	1,82	1,10	0,74	0,35	0,17
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	195481	4060	3268	3579	2653	3727
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	876860	2155	1353	181	50	110
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1558	22	25	5	1	1
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	390	2	3	0	0	0

Tablica 19. Narażenie na hałas pochodzący od zakładów przemysłowych i parkingów – L_N

Informacja	Hałas przemysłowy - wskaźnik hałasu L_N					
	≤ 55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	> 75 dB
Powierzchnia obszarów w km ² eksponowanych na hałas w danym zakresie	291,99	0,56	0,42	0,23	0,06	0,02
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych narażonych na hałas w danym zakresie	203021	2464	2151	2372	1601	1159
Szacunkowa liczba mieszkańców narażonych na hałas w danym zakresie	879401	984	193	66	0	66
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych narażonych na hałas w danym zakresie	1587	18	6	0	0	1
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej narażonych na hałas w danym zakresie	395	0	0	0	0	0

Tablica 20. Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu kołowego (drogowego) – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}

Informacja	Ruch kołowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km^2 zagrożonych w danym zakresie	285,63	4,85	2,13	0,59	0,08
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	195389	11126	4512	1506	235
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	246246	30810	13108	2898	507
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1369	143	81	15	4
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	294	64	28	7	2

Tablica 21. Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu kołowego (drogowego) – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N

Informacja	Ruch kołowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km^2 zagrożonych w danym zakresie	284,70	5,30	2,40	0,83	0,04
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	192846	12031	5661	1990	240
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	242040	32459	14907	3906	257
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1440	122	39	11	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	326	51	13	5	0

Tablica 22. Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu kolejowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}

Informacja	Ruch kolejowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km ² zagrożonych w danym zakresie	291,63	1,21	0,39	0,05	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	211953	669	129	17	0
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	292604	810	143	12	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1605	6	1	0	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	395	0	0	0	0

Tablica 23. Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu kolejowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N

Informacja	Ruch kolejowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km ² zagrożonych w danym zakresie	290,64	1,97	0,54	0,12	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	211766	882	102	18	0
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	292113	1381	66	9	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1610	2	0	0	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	395	0	0	0	0

Tablica 24. Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu tramwajowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}

Informacja	Ruch tramwajowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km ² zagrożonych w danym zakresie	292,61	0,56	0,10	0,01	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	209631	2660	466	11	0
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	280998	8587	3161	823	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1539	41	22	10	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	380	9	6	0	0

Tablica 25. Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu tramwajowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N

Informacja	Ruch tramwajowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km ² zagrożonych w danym zakresie	292,64	0,58	0,05	0,00	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	208782	3419	567	0	0
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	279143	11751	2676	0	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1564	30	18	0	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	387	6	2	0	0

Tablica 26. Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu szynowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}

Informacja	Ruch szynowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km^2 zagrożonych w danym zakresie	290,88	1,84	0,50	0,05	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	208709	3399	628	32	0
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	279650	9307	3773	840	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1528	50	24	10	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	378	11	6	0	0

Tablica 27. Zagrożenie hałasem pochodzącym od ruchu szynowego – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N

Informacja	Ruch szynowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km^2 zagrożonych w danym zakresie	289,94	2,62	0,60	0,12	0,00
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	207585	4457	708	18	0
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	276818	13973	2770	9	0
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1556	39	17	0	0
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	387	6	2	0	0

Tablica 28. Zagrożenie hałasem pochodzącym od źródeł przemysłowych i parkingów – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}

Informacja	Hałas przemysłowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_{DWN}				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km ² zagrożonych w danym zakresie	293,03	0,14	0,07	0,03	0,01
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	212443	199	96	30	0
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	290442	1828	1082	155	62
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1562	20	24	5	1
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	395	0	0	0	0

Tablica 29. Zagrożenie hałasem pochodzącym od źródeł przemysłowych i parkingów – przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N

Informacja	Hałas przemysłowy				
	przekroczenie wartości dopuszczalnej wskaźnika L_N				
	≤ 5 dB	> 5-10 dB	> 10-15 dB	> 15-20 dB	> 20 dB
Powierzchnia obszarów w km ² zagrożonych w danym zakresie	292,92	0,20	0,09	0,05	0,03
Szacunkowa liczba lokali mieszkalnych w danym zakresie	212333	214	161	42	18
Szacunkowa liczba mieszkańców zagrożonych w danym zakresie	289686	2109	761	823	190
Liczba budynków szkolnych i przedszkolnych w danym zakresie	1548	24	15	20	5
Liczba budynków służby zdrowia, opieki społecznej i socjalnej w danym zakresie	394	1	0	0	0

12. PODSUMOWANIE

1. Opracowana mapa akustyczna miasta Łodzi została wykonana zgodnie ze standardami określonymi w ustawie Prawo Ochrony Środowiska oraz Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 października 2007 roku w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na mapach akustycznych oraz ich układu i sposobu prezentacji (Dz.U. 2007 nr 187 poz. 1340) i może stanowić podstawę do opracowania programu ochrony środowiska przed hałasem.
2. Z przeprowadzonych analiz wynika, że przyczyną największego zagrożenia hałasem na terenie miasta Łodzi jest hałas drogowy - związany z ruchem pojazdów kołowych po głównych arteriach miasta. W następnej kolejności wymienić można hałas szynowy, a więc tramwajowy i kolejowy. Z uwagi na bliską lokalizację budynków i torowisk dominującym jest tu hałas tramwajowy. Najmniej narażonych na hałas osób pozostaje w grupie hałasu przemysłowego, który charakteryzuje się oddziaływaniem lokalnym – występującym tylko w sąsiedztwie zakładów przemysłowych.
3. W celu wykonania aktualizacji mapy akustycznej należy sukcesywnie gromadzić informacje o stanie akustycznym miasta, w szczególności:
 - a. prowadzić długookresowe pomiary monitoringowe hałasu na terenie miasta w kilku lub kilkunastu punktach pomiarowych,
 - b. prowadzić pomiary natężenia i struktury ruchu pojazdów na głównych arteriach komunikacyjnych miasta oraz gromadzić ww. informacje w bazach danych,
 - c. wytypować większą liczbę zakładów przemysłowych na terenie miasta i prowadzić okresowe pomiary emisji hałasu przemysłowego połączone z identyfikacją źródeł hałasu na terenie zakładów oraz określeniem ich mocy akustycznej,
4. Ze względu na powstające w ostatnim czasie na terenie Łodzi ekrany akustyczne zabezpieczające posesje mieszkalne przed hałasem komunikacyjnym w czasie kolejnej aktualizacji mapy akustycznej należy model GIS miasta uzupełnić o nową warstwę obiektów liniowych, zawierających dane o lokalizacji oraz podstawowych własnościach geometrycznych i akustycznych ekranów.