

## **CP 2015 - zmodyfikowana metodyka przewidywania hałasu związanego z parkingami, stacjami paliw, MOP'ami i punktami poboru opłat**

*Grzegorz Ronowski, Jerzy Ejsmont, Sławomir Sommer, Wojciech Owczarzak*

W przypadku przedsięwzięć „mogących zawsze lub potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko” (SIC!) pierwszą decyzją, którą należy uzyskać w ramach procedury inwestycyjnej jest decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach (w skrócie: decyzja środowiskowa, **DŚU**). Procedura związana z uzyskaniem DŚU została opisana w ustawie z 3 października 2008 r. (tekst jedn. Dz. U. 2013, poz. 1235 ze zm.) o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz ocenach oddziaływania na środowisko (w skrócie ustawa **OOŚ**). Decyzję środowiskową należy uzyskać m.in. przed złożeniem wniosku o wydanie:

- decyzji o pozwoleniu na budowę, decyzji o zatwierdzeniu projektu budowlanego, decyzji o pozwoleniu na wznowienie robót budowlanych, decyzji o pozwoleniu na zmianę sposobu użytkowania,
- decyzji o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej,
- decyzji o warunkach zabudowy,
- i wielu innych wymienionych w art. 72 ustawy OOŚ.

W ramach procedury związanej z uzyskaniem DŚU dla przedsięwzięć „mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko” oraz dla części przedsięwzięć „mogących potencjalnie oddziaływać na środowisko” wymagane jest sporządzenie raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko. Zakres raportu został określony w art. 66 ustawy OOŚ. Raport o oddziaływaniu planowanego przedsięwzięcia na środowisko powinien zawierać m.in. określenie przewidywanego oddziaływania akustycznego, w tym przedstawienie prognozowanego oddziaływania w formie graficznej. Niniejszy artykuł prezentuje model obliczeniowy który może być wykorzystywany do obliczania równoważnych poziomów hałasu towarzyszącego obiektom infrastruktury drogowej takich jak parkingi, stacje paliw, MOPy, punkty poboru opłat czy place manewrowe.

### **Geneza i założenia modelu CP2015**

Prace nad modelem rozpoczęte zostały w roku 2007 w ramach grantu przyznanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Początkowo, tworząc model nazwany roboczo CP2009 postanowiono podzielić pojazdy na trzy klasy podobnie jak to miało miejsce w modelach HARMONOISE i IMAGINE [1]. Były to pojazdy lekkie (samochody osobowe, terenowe i dostawcze), samochody ciężarowe oraz autobusy. Zrezygnowano z wprowadzenia klasy pojazdów jednośladowych, gdyż zazwyczaj nie korzystają one z typowych parkingów, natomiast ich hałas bardzo silnie zależy od stanu technicznego, techniki jazdy, oraz temperamentu kierowcy. Ponieważ od czasu powstania modelu CP2009 nieustannie przybywa pojazdów hybrydowych i elektrycznych w roku 2015 postanowiono uzupełnić model o czwartą klasę pojazdów nazwaną "pojazdy niskoemisyjne".

Metody symulacyjne związane z hałasem równoważnym w rejonie występowania punktowych, liniowych i powierzchniowych źródeł dźwięku wymagają określenia równoważnego poziomu mocy akustycznej emitowanej przez źródła dźwięku w czasie ich działania. Podczas typowego manewru parkingowego trwającego w zależności od okoliczności od kilkudziesięciu sekund do kilku minut występują, lub mogą występować liczne fazy, z których najważniejsze to:

1. Wjazd na teren parkingu/terminala i ewentualne poszukiwanie miejsca parkowania.
2. Manewry prowadzące do zajęcia wybranego miejsca parkingowego.
3. Wyłączenie silnika (nie występuje w punktach poboru opłat).
4. Otwarcie i zamknięcie drzwi związane z opuszczeniem pojazdu (nie występuje w niektórych sytuacjach).
5. Otwieranie i zamykanie klapy bagażnika oraz przeładunek towarów (nie występuje w punktach poboru opłat i w wielu innych manewrach parkingowych).
6. Otwarcie i zamknięcie drzwi związane z ponownym wejściem do pojazdu (nie występuje w niektórych sytuacjach).
7. Uruchomienie silnika (nie występuje w punktach poboru opłat).
8. Manewry związane z opuszczaniem stanowiska parkowania.
9. Wyjazd z parkingu/stacji paliw/MOPu.

Na potrzeby modelu założono, że manewry wyszczególnione w punktach 2, 3, 7 i 8 stanowią łącznie "*podstawowy manewr parkowania*" i dla każdej klasy pojazdów jest im przypisany jeden, wspólny równoważny poziom mocy akustycznej odniesiony do okresu jednej godziny. Czynności opisane w punktach 4, 5 i 6 uznane zostały za dodatkowe czynności związane z parkowaniem i jeśli występują w konkretnej sytuacji to przyporządkowane są im dodatkowe równoważne poziomy mocy akustycznej, które są dodawane do mocy manewrów podstawowych. Dla ułatwienia założono, że podstawowy manewr parkowania zawiera przejazdy pojazdu o łącznym dystansie 20 m, które wynikają z wjazdu i wyjazdu z miejsca parkingowego. Jeśli konieczny jest dłuższy przejazd to uwzględniany jest on w osobnej procedurze w wyniku której otrzymywany jest kolejny równoważny poziom mocy akustycznej.

Ponieważ niektóre samochody ciężarowy wyposażone są w agregaty chłodnicze, które pracują w cyklu przerywanym w czasie postoju samochodu dla zapewnienia odpowiednio niskiej temperatury ładunku więc musi to być uwzględnione poprzez dodanie odpowiedniego poziomu mocy akustycznej.

Dla ułatwienia korzystania z modelu CP2015 w przypadku wjazdu i wyjazdu z parkingu poziomy mocy akustycznej odniesiono nie do czasu trwania jazdy a do odległości pokonywanej przez pojazd, która zazwyczaj wynika bezpośrednio z geometrii parkingu czy stacji paliw. Liczne badania wykazały, że typowe prędkości pojazdów podczas ruchu na terenie parkingów i terminali zawierają się w zakresie od 5 km/h do 30 km/h, ze średnią prędkością w pobliżu 20 km/h. Jak wynika z badań przeprowadzonych podczas realizacji grantu hałas pojazdów, szczególnie osobowych, w zakresie 5 - 30 km/h ma bardzo zbliżone poziomy, gdyż mniejsze prędkości uzyskiwane są na głośniejszym biegu pierwszym, a większe na biegu drugim. Ponieważ hałas opon rośnie wraz z prędkością a hałas układu napędowego zależy jest w dużej mierze od prędkości obrotowej silnika (czyli przy danej prędkości na biegu 2 jest mniejszy niż na biegu 1), więc następuje swoista kompensacja pomiędzy hałasem układu napędowego a hałasem opon.

Różnorodność charakterystyk emisji hałasu przez układy napędowe i opony uwzględniona została w modelu poprzez wykonanie badań służących do zgromadzenia danych wejściowych na dużej populacji pojazdów typowych dla ruchu drogowego w Polsce. W roku 2015 uzupełniono model o dane uzyskane podczas badania pojazdów niskoemisyjnych w ramach projektu LEO (patrz Rys. 1).

Obserwacje poczynione w czasie wielu pomiarów na parkingach i placach manewrowych wykazały celowość uwzględnienia w modelu wpływu nawierzchni drogowej. Przyjęto, że bazowe poziomy mocy akustycznej charakteryzującej hałas podczas jazdy z małą prędkością muszą być w szczególnych przypadkach korygowane. Korekcji nie stosuje się, gdy nawierzchnia placu i dróg dojazdowych wykonana jest z betonu lub asfaltu i jest przy tym sucha. Jeśli jednak nawierzchnia taka często jest mokra lub pokryta roztopiającym się śniegiem, to powinna być zastosowana korekcja na mokrą nawierzchnię. Taka sytuacja może mieć sporadycznie miejsce w przypadku parkingów sezonowych, w okolicy uprawiania sportów zimowych, przy wodospadach itd. Dla nawierzchni szutrowych powodujących wzmożony hałas związany z ruchem kruszywa konieczna jest również odpowiednia korekcja.

Badania stanowiące podstawę do określenia równoważnej mocy akustycznej powiązanej z manewrami parkowania prowadzone były na dużych placach, takich jak na przykład plac manewrowy Oddziałów Prewencji KWP w Gdańsku (patrz Rys. 2) czy plac bazy transportowej GRYF w Żukowie (patrz Rys. 3).

## Dane wejściowe i współczynniki modelu

Model CP2015 opiera się na parametrach wejściowych i współczynnikach korekcyjnych uzyskanych w sposób empiryczny i odpowiadających parkowi samochodowemu eksploatowanemu w Polsce w pierwszej dekadzie XXI wieku. Podstawowe parametry wejściowe określające poziomy mocy akustycznej związanej z poszczególnymi "podstawowymi manewrami parkowania" przedstawione są w Tab.1. Wartości zamieszczone w tablicy zostały odniesione do czasu obserwacji wynoszącego 1 godzinę, gdyż uznano, że okres jednej godziny jest powszechnie stosowany w budownictwie drogowym i inżynierii komunikacyjnej do charakteryzowania przepływów pojazdów (natężenia ruchu drogowego). Ułatwia to praktyczne wykorzystanie modelu podczas symulacji emisji hałasu z obiektów infrastruktury drogowej. W Tab. 2 przedstawione są współczynniki korekcyjne pozwalające na lepsze dopasowanie modelu do aktualnych warunków wykorzystywania parkingu.

Tab. 1. Poziomy mocy akustycznej odniesione do okresu 1 godziny.

Poziom mocy	Typ pojazdu	Symbol	Wartość [dB]	Uwagi
Poziom mocy akustycznej dla podstawowego manewru parkingowego	Osobowe z silnikami spalinowymi	$LW^{O_B}$	67	Bazowy poziom mocy akustycznej dla jednego parkowania i jednego pojazdu odniesiony do 1 h.
	Osobowe niskoemisyjne	$LW^{N_B}$	62	
	Autobusy	$LW^{A_B}$	76	
	Ciężarowe	$LW^{C_B}$	80	
Poziom mocy akustycznej związanej z otwieraniem drzwi i bagażnika	Osobowe	$LW^{O_d}$	60	Poziom mocy akustycznej dla jednego zdarzenia odniesiony do 1 h.
Poziom mocy akustycznej związanej z przeładunkami z wózka sklepowego	Osobowe	$LW^{O_w}$	62	

Poziom mocy akustycznej agregatów chłodniczych	Ciężarowe	$Lw^C_a$	94	Stosowany tylko do samochodów ciężarowych z agregatami w okresie ich używania
------------------------------------------------	-----------	----------	----	-------------------------------------------------------------------------------

Tab. 2. Współczynniki korekcyjne do modelu CP2009/2015.

Współczynnik	Typ pojazdu	Symbol	Wartość [dB]	Uwagi
Korekcja na moką nawierzchnię	Osobowe	$Kw^O_m$	0 dla $p \leq 25\%$ 2 dla $25\% < p \leq 50\%$ 3 dla $50\% < p \leq 75\%$ 4 dla $p > 75\%$	Korekcja stosowana wyłącznie dla nawierzchni asfaltowych i betonowych $p$ - procentowy udział czasu eksploatacji w którym nawierzchnia jest mokra lub pokryta mokrym śniegiem
	Ciężarowe i Autobusy	$Kw^{AC}_m$	0 dla $p \leq 30\%$ 2 dla $p > 30\%$	
Korekcja na nawierzchnię szutrową	Osobowe	$Kw^O_s$	5	
	Ciężarowe i Autobusy	$Kw^{AC}_s$	3	
Korekcja na nawierzchnię z płyt betonowych	Osobowe	$Kw^O_p$	2	
	Ciężarowe	$Kw^{AC}_p$	5	

W Tabelicy 3 przedstawione są poziomy mocy akustycznej emitowanej podczas wolnego przejazdu drogi o długości 1 m, odniesienie do czasu obserwacji wynoszącego 1 godzinę. Wartości te pochodzą z modelu obliczeniowego VENOM stworzonego na Politechnice Gdańskiej przy współpracy ze Szwedzkim Instytutem Dróg i Transportu (VTI) i są uzupełnione o wyniki uzyskane dla pojazdów niskoemisyjnych.

Tab. 3. Obliczeniowe poziomy mocy akustycznej związane z jazdą z małymi prędkościami odniesione do przejazdu jednego metra i czasu jednej godziny.

Typ manewru	Typ pojazdu	Symbol	Wartość [dB/m]
Obliczeniowy poziom mocy akustycznej przy jeździe z prędkością 5-30 km/h	Samochody osobowe	$Lw^O_{(1m)}$	42
	Samochody osobowe niskoemisyjne	$Lw^N_{(1m)}$	38
	Autobusy	$Lw^A_{(1m)}$	58
	Samochody ciężarowe	$Lw^C_{(1m)}$	64

W Tabeli 4 zaprezentowane są dane wejściowe niezbędne do wykonania obliczeń w oparciu o model CP2015. Dane te powinny charakteryzować albo cały parking, albo jego wyodrębnioną część. Wyodrębnianie części parkingów jest korzystne wtedy, gdy użytkowanie parkingu (placu manewrowego) nie jest jednolite, na przykład w pewnych strefach może odbywać się parkowanie samochodów ciężarowych, a w innych samochodów osobowych albo wyłącznie niskoemisyjnych. Podobnie niektóre strefy mogą być bardziej obciążone w związku z korzystniejszą lokalizacją w stosunku do obsługiwanego obiektu. Często również spotyka się parkingi o niejednorodnych nawierzchniach.

Tab. 4. Dane wejściowe do modelu CP 2009/2015.

Wyszczególnienie	Typ pojazdu	Symbol	Uwagi
Ilość pojazdów (manewrów) na godzinę	Osobowe	$n^O$	Jako manewr rozumiany jest łącznie: wjazd pojazdu, zatrzymanie i odjazd
	Niskoemisyjne	$n^N$	
	Autobusy	$n^A$	
	Ciężarowy	$n^C$	
Łączny dystans wjazdowy i wyjazdowy pokonywany przez pojedynczy pojazd	Osobowe	$S^O$	Z dystansu tego wyłączone jest 20 m bezpośrednio związane z ustawianiem pojazdu na stanowisku
	Niskoemisyjne	$S^N$	
	Autobusy	$S^A$	
	Ciężarowe	$S^C$	
Ekwiwalentna ilość pojazdów z pracującymi agregatami chłodniczymi	Ciężarowe	$n_a^C$	Jest to równoważna ilość samochodów z pracującymi agregatami odniesiona do okresu 1 godziny, np. jeśli na parkingu w ciągu 8 godzin przebywa 30 ciężarówek z agregatami, których skumulowany czas parkowania wynosi 80 godzin to $n_a^C = 80/8 = 10$

Model CP2015 opisany jest równaniami 1-5 przedstawionymi poniżej:

$$Lw = 10 * \log(10^{Lw^O/10} + 10^{Lw^N/10} + 10^{Lw^A/10} + 10^{Lw^C/10}) \quad (1)$$

$$Lw^O = 10 * \log(n^O * (10^{(Lw_B^O/10)} + 10^{(Lw_d^O/10)} + 10^{(Lw_w^O/10)}) + n^O * S^O * 10^{((Lw_{(1m)}^O + Kw^O)/10)}) \quad (2)$$

$$Lw^N = 10 * \log(n^N * (10^{(Lw_B^N/10)} + 10^{(Lw_d^O/10)} + 10^{(Lw_w^O/10)}) + n^N * S^N * 10^{((Lw_{(1m)}^N + Kw^O)/10)}) \quad (3)$$

$$Lw^A = 10 * \log(n^A * 10^{(Lw_B^A/10)} + n^A * S^A * 10^{((Lw_{(1m)}^A + Kw^{AC})/10)}) \quad (4)$$

$$Lw^C = 10 * \log(n^C * 10^{(Lw_B^C/10)} + n_a^C * 10^{(Lw_a^C/10)} + n_c^C * S^C * 10^{((Lw_{(1m)}^C + Kw_{(1m)}^{AC})/10)}) \quad (5)$$

Gdzie:

- $Lw$  - całkowity poziom mocy akustycznej z parkingu lub jego strefy [dB],
- $Lw^O$  - poziom mocy akustycznej samochodów osobowych [dB],
- $Lw^N$  - poziom mocy akustycznej samochodów niskoemisyjnych [dB],

- $Lw^A$  - poziom mocy akustycznej autobusów [dB],  
 $Lw^C$  - poziom mocy akustycznej samochodów ciężarowych [dB],  
 $Kw^O$  - korekcja na nawierzchnię drogową dla samochodów osobowych (w tym niskoemisyjnych):  
 $Kw^O = Kw^O_m$  dla mokrych nawierzchni asfaltowych i betonowych,  
 $Kw^O = Kw^O_s$  dla nawierzchni szutrowej,  
 $Kw^O = Kw^O_p$  dla nawierzchni z nierównych płyt betonowych,  
 $Kw^O = 0$  dla innych nawierzchni,  
 $Kw^{AC}$  - korekcja na nawierzchnię drogową dla autobusów i samochodów ciężarowych:  
 $Kw^{AC} = Kw^{AC}_m$  dla mokrych nawierzchni asfaltowych i betonowych,  
 $Kw^{AC} = Kw^{AC}_s$  dla nawierzchni szutrowej,  
 $Kw^{AC} = Kw^{AC}_p$  dla nawierzchni z nierównych płyt betonowych,  
 $Kw^{AC} = 0$  dla innych nawierzchni.

## Przykład wykorzystania modelu

Model obliczeniowy został zaimplementowany do arkusza kalkulacyjnego EXCEL co umożliwi jego praktyczne wykorzystanie w pracach projektowych i podczas przygotowywania ocen oddziaływania na środowisko. Arkusz z modelem CP2015 w wersji "on-line calculations" dostępny jest bezpłatnie na stronie: [www.leo.mech.pg.gda.pl](http://www.leo.mech.pg.gda.pl). Poniżej przedstawiony jest przykład liczbowy obrazujący wykorzystanie arkusza do przygotowania danych niezbędnych dla określenia równoważnych poziomów hałasu w rejonie hipotetycznego Miejsca Obsługi Pasażerów. Założono, że w okresie dziennym z MOP'u korzystać będzie w ciągu godziny 70 samochodów osobowych (w tym 10 elektrycznych), 8 autobusów, 16 samochodów ciężarowych w tym dwa z urządzeniami chłodniczymi. Dodatkowo założono, że pojazdy będą rozdzielone na strefy parkowania samochodów osobowych, niskoemisyjnych oraz ciężarowych (wraz z autobusami). Oczywiście możliwe jest również wykonanie symulacji łącznej dla wszystkich pojazdów. Zbiorcze dane do przeprowadzenia symulacji przedstawione są w Tab. 4. Podczas prowadzenia obliczeń dla danej kategorii pojazdów dane dla pozostałych pojazdów muszą być wyzerowane.

Tab. 4. Przykładowe dane wykorzystane do modelowania.

Parametr	Symbol	Wartość	Uwagi
Ilość manewrów samochodów osobowych na godzinę	$n^O$	60	Łącznie dla strefy parkingowej
Ilość manewrów samochodów niskoemisyjnych na godzinę	$n^N$	10	
Ilość manewrów autobusów na godzinę	$n^A$	8	
Ilość manewrów samochodów ciężarowych na godzinę	$n^C$	16	
Średni dystans pokonywany przez sam. osobowe	$S^O$	400	Średnia wartość dla poszczególnych typów pojazdów uwzględniająca parkowanie
Średni dystans pokonywany przez sam. niskoemisyjne	$S^N$	400	
Średni dystans pokonywany przez autobusy	$S^A$	300	
Średni dystans pokonywany przez sam. ciężarowe	$S^C$	300	
Ekwiwalentna ilość pojazdów z pracującymi agregatami chłodniczymi	$n^C_a$	2	Oznacza to, że statystycznie przez cały czas na parkingu

			przebywają 2 samochody z pracującymi agregatami
Otwieranie drzwi do samochodów osobowych		TAK	
Przeładunek z wózków sklepowych		NIE	
Korekcja na mokra nawierzchnię		NIE	
Korekcja na nawierzchnię szutrową		NIE	
Korekcja na nawierzchnię z płyt betonowych		NIE	

Po podstawieniu do równań 1-5 danych przedstawionych w Tablicy 4 uzyskane zostały następujące poziomy mocy akustycznej:

$Lw^O$	= 88.7 dB	(poziom mocy akustycznej samochodów osobowych)
$Lw^N$	= 79.5 dB	(poziom mocy akustycznej samochodów niskoemisyjnych)
$Lw^A$	= 92.6 dB	(poziom mocy akustycznej autobusów)
$Lw^C$	= 103.1 dB	(poziom mocy akustycznej samochodów ciężarowych)

Dla lepszego odwzorowania lokalizacji źródeł hałasu, moc całkowita dla każdej kategorii pojazdów została rozdzielona na 10 źródeł cząstkowych, przy czym autobusy i samochody ciężarowe zostały potraktowane łącznie. Na rys. 4 przedstawiony jest szkic sytuacyjny MOPu, a na rys. 5 mapa stref hałasu prognozowanego dla MOPu w porze dziennej. Należy dodać, że zgodnie z zaleceniami przygotowanymi w ramach projektów HARMONOISE i IMAGINE na parkingach zastępcze źródła hałasu powinny być rozmieszczone na wysokości 0.3m dla samochodów osobowych i 0.5m dla samochodów ciężarowych i autobusów. Mapa wykonana została programem HPZ2001. Zakładając, że lokalizacja stacji wymusza zachowanie równoważnego poziomu hałasu wynoszącego 55 dB, warunki te będą spełnione na granicach działki (linia rozdzielająca kolor żółty i błękitny na zamieszczonym rysunku).

## Podziękowanie

Projekt prowadzący do stworzenia modelu CP2009 sponsorowany był jako grant przez MNiSW. W późniejszym okresie model został rozszerzony do wersji CP2015 w oparciu o finansowanie NCBiR w ramach programu CORE 2012, projekt polsko-norweski LEO.

## Bibliografia

1. EJSFONT JERZY A., RONOWSKI GRZEGORZ, Symulacja hałasu pojazdów w trakcie manewrowania z małymi prędkościami - model CP2009, Drogi i Mosty. - 2010, nr 1, s. 45-56.





Rys. 1 Samochód Renault Zoe podczas badań mocy akustycznej związanej z manewrami parkowania

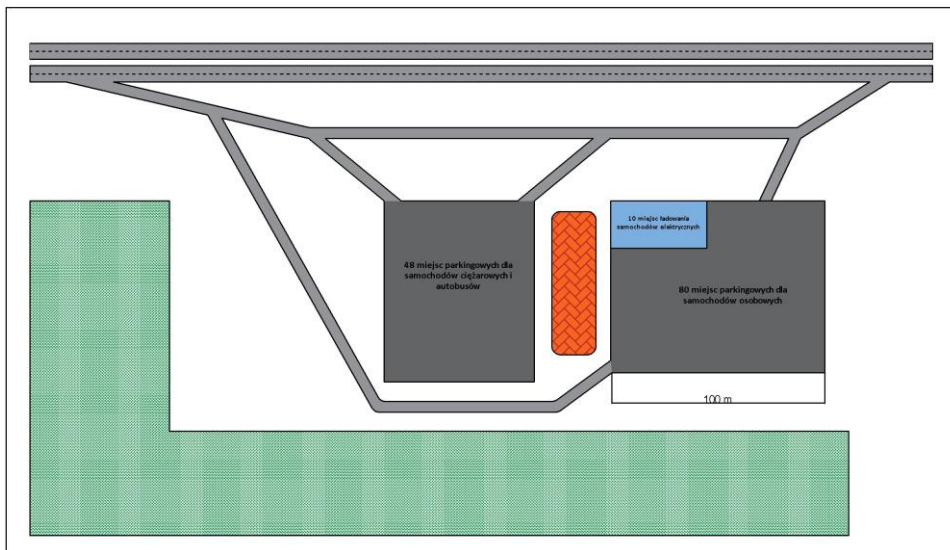


Rys. 2 Samochód Suzuki Jimny podczas badań mocy akustycznej związanej z manewrami parkowania

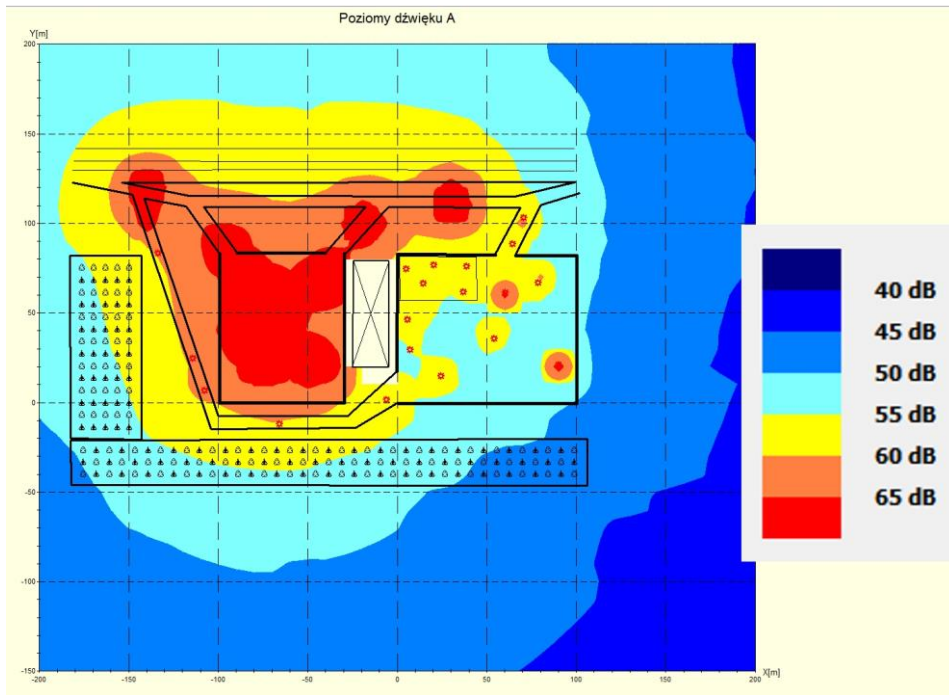




Rys. 3 Autobusy wykorzystywane do badań mocy akustycznej



Rys. 4 Szkic sytuacyjny przykładowego MOPu.



Rys. 5 Mapa stref hałasu dla przykładowego MOPu.