

AKUSTYKA

HAŁAS ŚRODOWISKOWY

ANALIZA AKUSTYCZNA

ZAMAWIAJĄCY:

JAROSŁAW BADERA - ZASOBY NATURALNE



AKUSTYKA

HAŁAS ŚRODOWISKOWY

ANALIZA AKUSTYCZNA

NA_31_PL_2015

Wykonawca

SGS POLSKA SP. Z O.O.

Zamawiający

Jarosław Badera - Zasoby Naturalne

41-303 Dąbrowa Górnicza, ul. Kasprzaka 38/13

Zamówienie: 15014311

Data wydania dokumentu:

Pszczyna 30.11.2015

Niniejszy dokument zatwierdzony przez:

Konrad Ratowski
Koordynator pionu akustyki/Acoustics Department Coordinator

SPIS TREŚCI

ZAWARTOŚĆ RAPORTU

1. WSTĘP	4
2. ZAKRES PRAC	4
3. PODSTAWY PRAWNE	4
3.1 DOPUSZCZALNE POZIOMY HAŁASU W ŚRODOWISKU - NORMATYWY	5
4. METODYKA OBLICZEŃ	6
4.1 CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ HAŁASU	7
5. MAPA AKUSTYCZNA	8
6. EMISJA HAŁASU – WPŁYW NA KLIMAT AKUSTYCZNY	10
6.1 OPIS ZAGOSPODAROWANIA TERENU W ZASIĘGU ODDZIAŁYWANIA HAŁASU EMITOWANEGO PRZEZ INSTALACJĘ	10
6.2 ROZWIĄZANIA MAJĄCE NA CELU OGRANICZENIE ODDZIAŁYWANIA NA KLIMAT AKUSTYCZNY	11
6.3 MONITORING HAŁASU	12
7. ZAŁĄCZNIKI	13

1. WSTĘP

Niniejsze opracowanie dotyczy modelowania akustycznego dla przedsięwzięcia „wydobycie kruszywa naturalnego ze złoża „Golice E” w projektowanym obszarze górniczym o powierzchni ok. 120 ha zlokalizowanego na terenie nieruchomości w obrębie Golice, gmina Cedynia”, zleconego przez firmę Jarosław Badera Zasoby Naturalne, 41-303 Dąbrowa-Górnica, Kasprzaka 38/13, NIP 6291649919, na potrzeby oceny wpływu wymienionego powyżej przedsięwzięcia na klimat akustyczny.

2. ZAKRES PRAC

Zakres pracy obowiązywał:

- Identyfikacja znaczących źródeł hałasu na podstawie danych pozyskanych od zamawiającego,
- Określenie kierunkowości rozprzestrzeniania się dźwięku,
- Prezentacja graficzna,
- Sporządzenie analizy akustycznej.

3. PODSTAWY PRAWNE

Podstawą prawną niniejszej analizy akustycznej jest Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity Dz. U. z 2013 r., poz. 1232), a także Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (tekst jednolity Dz. U. z 2014 r., poz. 112).

Pozostałe podstawy prawne:

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia i innych danych oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz. U. z 2008 r., nr 215 poz. 1366),
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. 2014, poz. 1542),
3. Instrukcja nr 338 Instytutu Techniki Budowlanej w Warszawie – Metoda określania emisji i immisji hałasu przemysłowego w środowisku,
4. Polska Norma PN-EN ISO3744 „Akustyka – wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródła hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego; metoda techniczna stosowana w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk”,
5. Polska Norma PN-EN ISO 9613-2,

6. Polska Norma PN-ISO 1996 – 1 „Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Podstawowe wielkości i procedury”,
7. Polska Norma PN-ISO 1996 – 2 „Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu”,
8. Polska Norma PN-ISO 1996 – 3 „Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Wytyczne dopuszczalnych poziomów hałasu”.

3.1 DOPUSZCZALNE POZIOMY HAŁASU W ŚRODOWISKU - NORMATYWY

Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku wyrażone wskaźnikami L_{AeqD} i L_{AeqN} , mającymi zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby, wg wymagań Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (tekst jednolity Dz. U. z 2014 r., poz. 112).

Lp.	Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]	
		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu (z wyłączeniem dróg i linii kolejowych)	
		$L_{Aeq, D}$	$L_{Aeq, N}$
1.	a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska b) Tereny szpitali poza miastem	45	40
2.	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży c) Tereny domów opieki d) Tereny szpitali w miastach	50	40
3.	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej c) Tereny rekreacyjno – wypoczynkowe d) Tereny mieszkaniowo – usługowe	55	45
4.	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tyś. Mieszkańców	55	45



4. METODYKA OBLICZEŃ

Celem wykonania analizy akustycznej przyjęto, że:

- Obiektami ekranującymi są wszystkie kubaturowe objekty nieemitujące hałasu oraz nasypy ziemne,
- Ilość urządzeń emitujących hałas ich czasy pracy oraz poziom mocy akustycznej przyjęto na podstawie danych pozyskanych od zamawiającego,
- Czas pracy wszystkich źródeł zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. 2014, poz. 1542), odniesiono do 8 godzin dla pory dnia oraz 1 godziny dla pory nocy,
- Do modelu wykorzystano najmniej korzystny dla zakładu wariant opierający się na uwzględnieniu emisji wszystkich źródeł hałasu jednocześnie na terenie zakładu,
- Obliczenia wykonano dla wysokości 4m względem terenu,
- Liczba odbić = 1,
- Dla terenów akustycznie miękkich przyjęto współczynnik $G=1$, a dla terenów akustycznie twardych przyjęto współczynnik $G=0$ zgodnie z wytycznymi Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska dotyczącymi wykonywania map akustycznych oraz PN ISO 9613-2 Akustyka - Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczenia.

Wynikiem analizy jest mapa prezentująca rozkład rozprzestrzeniania się hałasu na terenach przyległych do zakładu. Analizy rozprzestrzeniania się dźwięku wykonano z wykorzystaniem najlepszych dostępnych metod w postaci danych GIS oraz danych pozyskanych w wyniku lotniczego skaningu laserowego (LIDAR). Ma to na celu odzwierciedlenie całej infrastruktury w otoczeniu badanego zakładu. Precyzyjne określenie lokalizacji oraz wysokości obiektów zabudowy, zadrzewień czy innej infrastruktury tworzącej tzw. cień akustyczny pozwala bardzo dokładnie oddać charakter rozprzestrzeniania się dźwięku w otoczeniu. Zastosowana technologia LIDAR pozwala na stworzenie modelu terenu z dokładnością centymetrową. Opracowany model pokrycia terenu pozwala na wierne oddanie charakteru otoczenia, rzeźbę terenu, a tym samym wyższą precyzję analizy akustycznej i realną ocenę wpływu zakładu na środowisko.

Do obliczeń wykorzystano oprogramowanie CadnaA 4.2., które jest rekomendowane przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w wytycznych dotyczących tworzenia map akustycznych.

4.1 CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ HAŁASU

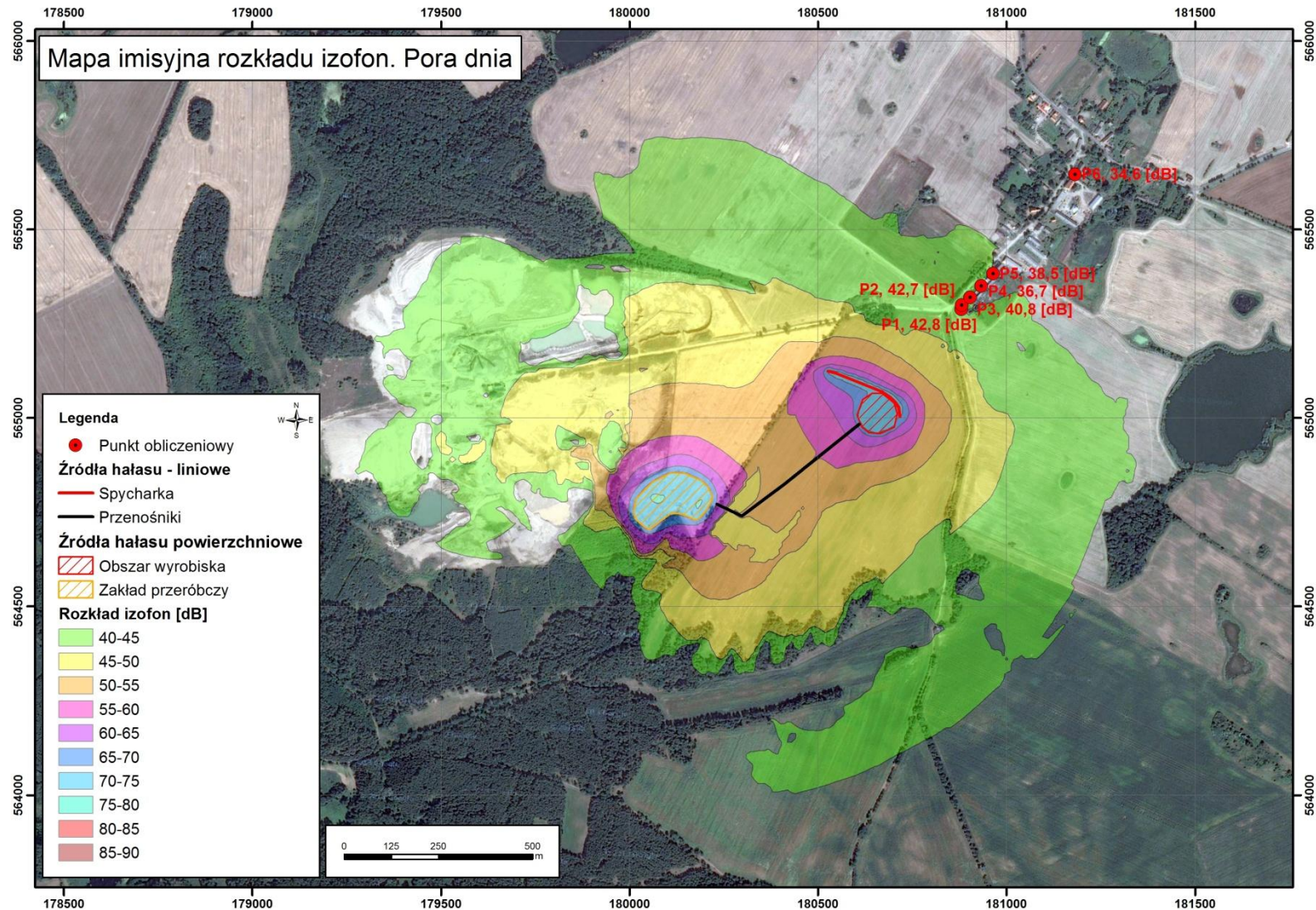
Klimat akustyczny przedmiotowej instalacji kształtowany jest przez wykazane w poniższej tabeli istotne źródła hałasu. Poniższa tabela zawiera wykaz źródeł hałasu wraz z podaniem ich czasu pracy w porze dnia i nocy. Informacje pochodzą z dokumentacji dostarczonej przez zleceniodawcę.

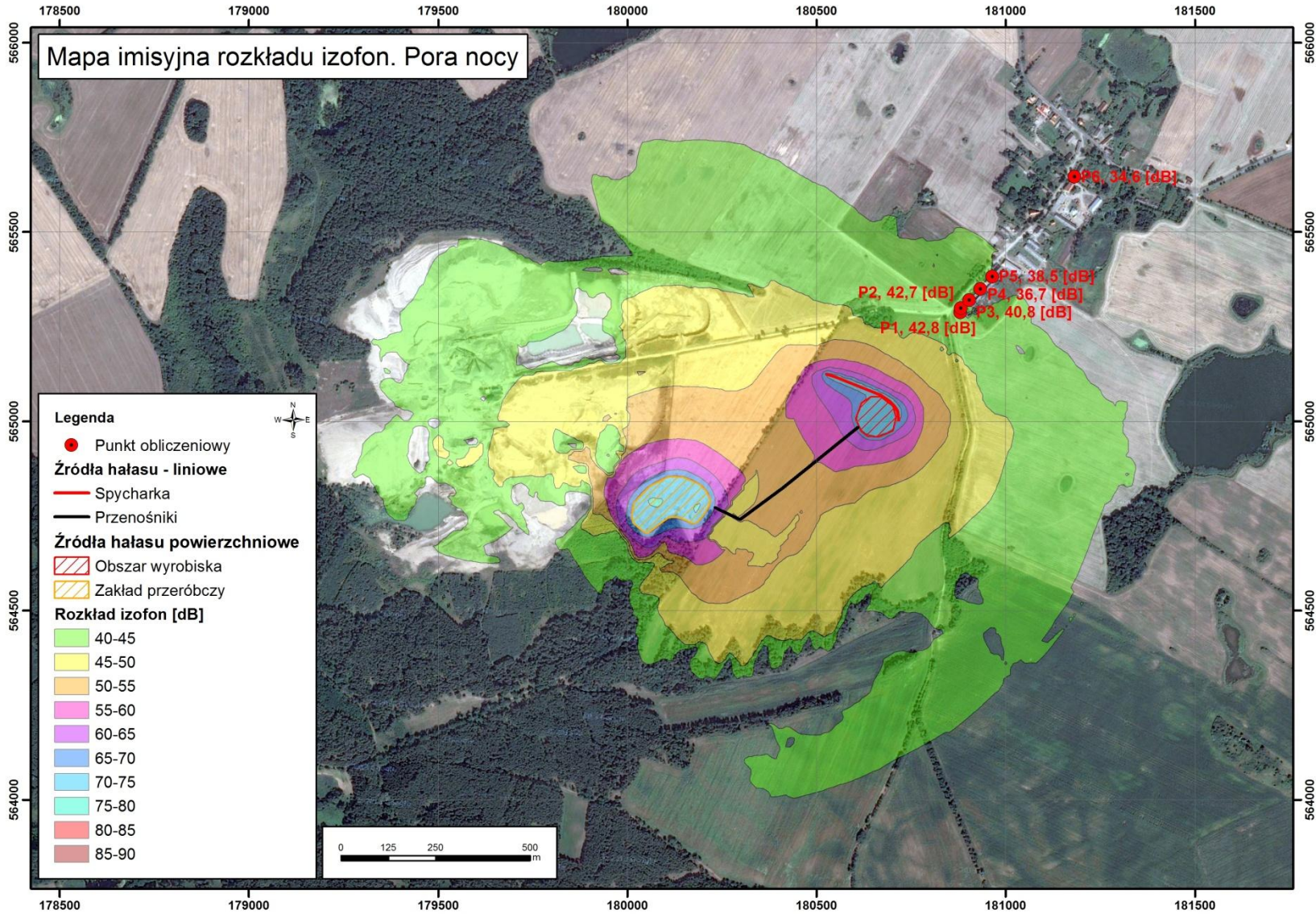
Do stworzenia modelu akustycznego przyjęto wariant najmniej korzystny dla zakładu. Przyjęcie do obliczeń wariantu najmniej korzystnego jest z punktu widzenia ochrony przed hałasem podejściem właściwym. Nie przekroczenie wartości dopuszczalnych w sytuacji akustycznie gorszej dla zakładu, nie będzie skutkowało przekroczeniem wartości dopuszczalnych w rzeczywistości.

Wykaz kluczowych źródeł hałasu:

L.P.	Źródło hałasu	Moc Akustyczna [dB]	Czas pracy [godz]	
			Pora dnia	Pora nocy
1	Koparka Doosan DL300 V729 (Obszar wyrobiska – dno wyrobiska 13,5 m p.p.t.)	102	16	8
2	Ładowarka Caterpillar CAT972k V725 (Zakład przeróbczy – dno wykopu 0-5 m p.p.t.)	107	16	8
3	Ładowarka Volvo L150F V-652 (rezerwa)	107	16	8
4	Ładowarka Volvo L180E V-621 (Obszar wyrobiska – dno wyrobiska 13,5 m p.p.t.)	108	16	8
5	Spycharka Komatsu D65 (Obszar wyrobiska – krawędź wyrobiska 1,5 m p.p.t.)	111	16	8
6	Kruszarka (Zakład przeróbczy – dno wykopu 0-5 m p.p.t.)	115	16	8
7	Przesiewacz – 3 sztuki (Zakład przeróbczy – dno wykopu 0-5 m p.p.t.), 1 sztuka (Obszar wyrobiska – dno wyrobiska 13,5 m p.p.t.)	100	16	8
8	Przenośnik 10 sztuk (Zakład przeróbczy – dno wykopu 0-5 m p.p.t., oraz obszar wyrobiska – dno wyrobiska 13,5 m p.p.t.)	85	16	8
9	Przejazdy samochodów ciężarowych	105	12	-

5. MAPA AKUSTYCZNA







6. EMISJA HAŁASU – WPŁYW NA KLIMAT AKUSTYCZNY

6.1 OPIS ZAGOSPODAROWANIA TERENU W ZASIĘGU ODDZIAŁYWANIA HAŁASU EMITOWANEGO PRZEZ INSTALACJĘ

Brak miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla obszaru omawianego przedsięwzięcia. Analizując rodzaj zabudowy ustalono, że jest ona typu zagrodowego. W związku z tym przyjęto dopuszczalne poziomy hałasu na poziomie:

- L_{AeqD} – 55 dB w porze dnia (od 06:00 do 22:00),
- L_{AeqN} – 45 dB w porze nocy (od 22:00 do 06:00).

6.2 KLIMAT AKUSTYCZNY

Na podstawie otrzymanych w wyniku modelowania rezultatów analizy akustycznej, można stwierdzić **brak ponad normatywnego oddziaływania przedmiotowego zakładu na tereny akustycznie chronione.**

Nie stwierdza się możliwości wystąpienia przekroczeń dopuszczalnych wartości hałasu emitowanego do środowiska w porze dnia jak i nocy przez zakład.

Przyjęcie pracy ciągłej niektórych urządzeń oraz ich sumarycznego oddziaływania na tereny akustycznie chronione, a także maksymalnej wartości mocy akustycznych urządzeń ma na celu uwzględnienie w modelowaniu wariantu najmniej korzystnego dla zakładu. Nie przekroczenie wartości dopuszczalnych w sytuacji skrajnej wyklucza możliwość powstania przekroczeń podczas normalnej pracy zakładu.

Na podstawie modelu wykonano obliczenia dla punktów wymienionych w decyzji INF.6220.4.2014.AP (lokalizacja na podstawie danych adresowych z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej). Do obliczeń wykorzystano oprogramowanie CadnaA 4.2.

**Obliczone wartości równoważnego poziomu hałasu w środowisku dla:
pory dnia T=8h oraz pory nocy T=1h**

L.P.	Symbol punktu pomiarowego	Współrzędne GPS		Poziom hałasu L_{Aeq} [dB]	
		Szerokość geograf.	Długość geograf.	Pora dnia	Pora nocy
1.	P1 (Golice 19)	49° 29' 30,6950"	19° 54' 06,4810"	42,8	42,8
2.	P2 (Golice 19)	49° 29' 30,7147"	19° 54' 07,0289"	42,7	42,7
3.	P3 (Golice 20)	49° 29' 31,4284"	19° 54' 08,0932"	40,8	40,8
4.	P4 (Golice 21)	49° 29' 32,3708"	19° 54' 09,6133"	36,7	36,7
5.	P5 (Golice 22)	49° 29' 33,3617"	19° 54' 11,2302"	38,5	38,5
6.	P6 (Golice 26)	49° 29' 40,3085"	19° 54' 24,4651"	34,6	34,6

6.3 ROZWIĄZANIA MAJĄCE NA CELU OGRANICZENIE ODDZIAŁYWANIA NA KLIMAT AKUSTYCZNY

W związku z brakiem przekroczeń wartości dopuszczalnych poziomu hałasu na terenach akustycznie chronionych nie jest konieczne stosowanie żadnych dodatkowych metod ochrony przed hałasem emitowanym do środowiska poza prowadzeniem kontrolnych pomiarów hałasu. Jakakolwiek kolejna istotna rozbudowa zakładu zostanie poprzedzona analizą akustyczną, w celu prowadzenia ciągłej kontroli klimatu akustycznego w rejonie zakładu.

Głównymi czynnikami/elementami ograniczającymi emisje hałasu są przede wszystkim:

- Systematyczne wykonywanie pomiarów hałasu emitowanego do środowiska,
- Eksploatacja maszyn i urządzeń pracujących w zgodzie z dokumentacjami techniczno-ruchowymi,
- Okresowe przeglądy instalacji,
- Znajomość aktualnych wymogów prawnych w zakresie ochrony środowiska,
- Osiąganie założonych celów środowiskowych.



6.4 MONITORING HAŁASU

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. 2014, poz. 1542) nakłada na właścicieli instalacji obowiązek okresowych pomiarów hałasu emitowanego do środowiska raz na dwa lata na najbliższych terenach akustycznie chronionych. Ponadto zaleca się wykonanie pomiarów kontrolnych po zakończeniu każdej inwestycji, która może wpłynąć na pogorszenie klimatu akustycznego. Pomiary kontrolne powinny być prowadzone okresowo oraz przy każdej istotnej zmianie w procesach produkcyjnych.



7. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1: Opis obliczeń propagacji fali akustycznej w środowisku

Podstawowe definicje:

Ekwiwalentny ciągły poziom dźwięku A (L_{AT}):

$$L_{AT} = 10 \log \left\{ \left[\left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\}$$

Gdzie:

$p_A(t)$ - ciągłe ciśnienie dźwięku A [Pa],

p_0 - ciśnienie odniesienia = $20 \cdot 10^{-6}$ [Pa],

T - czas trwania [s],

Ekwiwalentny ciągły poziom dźwięku w pasmach oktaowych L_{fT} :

$$L_{fT}(DW) = 10 \log \left\{ \left[\left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T p_f^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\}$$

Gdzie:

$p_f(t)$ - ciągłe ciśnienie dźwięku w pasmach oktaowych [Pa],

f - częstotliwość środkowa pasma oktaowego,

Tłumienność wtrąceniowa (przeszkody):

Jest to różnica [dB] pomiędzy poziomami ciśnienia w punkcie odbioru w dwóch przypadkach:

na drodze propagacji istnieje przeszkoda,

przeszkoda ta została usunięta,

Pozostałe warunki propagacji fali są takie same w obu przypadkach.

Opis źródła

Omawiane równania stosuje się dla źródeł punktowych. Rozciągle źródło hałasu (droga lub linia kolejowa, obszar przemysłowy) może być reprezentowana przez szereg sekcji, z których każda ma odpowiednią moc i kierunkowość. Źródła liniowe można podzielić na odcinki, źródło powierzchniowe na mniejsze komórki.

Grupy punktów mogą być opisane jako jedno źródło punktowe usytuowane w środku grupy, w szczególności jeśli:

- źródła mają w przybliżeniu taką samą moc i wysokość nad ziemią,



- panują takie same warunki propagacji,
- odległość między punktem odbioru a pojedynczym równoważnym źródłem przekracza dwukrotnie największy wymiar H_{\max} źródła ($d > 2 \cdot H_{\max}$).

Warunki meteorologiczne

Obliczenia przeprowadzane są dla propagacji hałasu z wiatrem.

Propagacja hałasu z wiatrem ma miejsce wtedy, gdy:

- kierunek wiatru jest w granicach $<45^\circ$ od kierunku łączącego środek dominującego źródła i środek punktu odniesienia,
- prędkość wiatru wynosi od 1 do 5 s, mierzona jest na wysokości 3 - 11 m nad ziemią,

Podstawowe równania

Równoważny, z wiatrem, ciągły poziom dźwięku w paśmie oktawowym w punkcie odbioru można obliczyć dla każdego źródła punktowego z równania:

$$L_{rT}(Dw) = L_W + D_C - A$$

Gdzie:

L_W - poziom mocy źródła w paśmie oktawowym, w porównaniu do mocy odniesienia = 1 pikowat (1pW),

D_C - korekcja kierunkowa [dB], która opisuje wielkość odchylenia w danym kierunku ekwiwalentnego poziomu dźwięku pochodzącego od źródła punktowego w stosunku do poziomu dźwięku źródła wszechkierunkowego,

A - tłumienie w paśmie oktawowym [dB],

$$A = A_{\text{div}} + A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}}$$

Gdzie:

A_{div} - tłumienie spowodowane odchyleniem geometrycznym,

A_{atm} - tłumienie spowodowane absorpcją atmosferyczną,

A_{gr} - tłumienie spowodowane "ground" efektem,

A_{bar} - tłumienie spowodowane przeszkodami,

$$A_{\text{div}} = \left[20 \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + 11 \right]$$



A_{misc} - tłumienie spowodowane różnorodnymi innymi efektami,

Gdzie:

d - odległość pomiędzy źródłem a punktem odbioru [m],

d_0 - odległość odniesienia = 1m,

$$A_{atm} = \alpha \cdot d / 1000$$

Gdzie:

α - współczynnik pochłaniania atmosferycznego [dB/km] dla każdego pasma oktawowego (tabela 1).

Tabela 1 - Współczynnik tłumienia atmosferycznego α dla pasm oktawowych

Temperatura [°C]	Wilgotność wzgl. [%]	Współczynnik tłumienia atmosferycznego α [dB/km]							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117
20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6
30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202
15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,6

Wielkość A_{gr} jest rezultatem odbicia dźwięku od powierzchni ziemi. Tłumienie to jest spowodowane przede wszystkim przez powierzchnie ziemi blisko źródła oraz blisko punktu odbioru. Aby można było obliczyć to tłumienie powierzchnia ziemi powinna być płaska, raczej pozioma lub ze stałym nachyleniem.

Można wyróżnić 3 regiony dla tzw. "ground" efektu:

a) **region źródłowy** - odległość od źródła w kierunku punktu odbioru o długości $30h_s$ (maksymalna długość d_p),

h_s - wysokość źródła,

d_p - odległość od źródła do punktu odbioru,

b) **region odbioru** - odległość od punktu odbioru w kierunku źródła o długości $30h_r$ (maksymalny dystans d_p)

h_r - wysokość punktu odbioru

c) **region środkowy** - pomiędzy regionem źródłowym a regionem odbioru.

Jeśli d_p , ($30h_s + 30h_r$) region źródłowy i odbioru pokrywają się częściowo.

Własności akustyczne każdego regionu można obliczyć ze współczynnika G.

Można wyróżnić 3 kategorii powierzchni ziemi:



Powierzchnia twarda - np. asfalt, woda, lód itp. $G = 0$,

Powierzchnia porowata - np. powierzchnia pokryta trawą, drzewami itp. $G = 1$,

Powierzchnia mieszana - zawiera elementy zarówno powierzchni twardej, jak i mieszanej $0 < G < 1$.

$$A_{dr} = A_s + A_r + A_m,$$

Gdzie:

A_s - tłumienie w regionie źródłowym,

A_r - tłumienie w regionie punktu odbioru,

A_m - tłumienie w regionie środkowym,

Metody obliczenia tych wartości zawiera tabela 2.

A_{gr} można obliczyć również z innego wzoru:

$$A_{gr} = 4,8 - \left(\frac{2h_m}{d} \right) \left[17 + \frac{300}{d} \right] \geq 0$$

H_m - średnia wysokość ścieżki propagacji (rysunek 3).

Wzór ten można stosować, gdy:

interesuje nas tylko poziom dźwięku A w punkcie odbioru,

hałas rozprzestrzenia się nad powierzchnia porowatą lub mieszana z przewagą powierzchni porowatej,

Tabela 2 Metoda obliczenia A_s , A_r i A_m

Nominalna częst. środkowa [Hz]	A_s lub A_r [dB]	A_m [dB]
63	-1,5	-3q(1-G)
125	-1,5+G*a(h)	
250	-1,5+G*b(h)	
500	-1,5+G*c(h)	
1000	-1,5+G*d(h)	
2000	-1,5(1-G)	
4000	-1,5(1-G)	
8000	-1,5(1-G)	
Dla $d_p < 30(h_s+h_r)$ $q=0$ Dla $d_p > 30(h_s+h_r)$ $q=$		

$$a'(h) = 1,5 + 3,0 \cdot e^{-0,12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right) + 5,7 \cdot e^{0,09h^2} \left(1 - e^{-2,810^{-6} \cdot d_p} \right)$$

$$b'(h) = 1,5 + 8,6 \cdot e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$c'(h) = 1,5 + 14,0 \cdot e^{-0,46h^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$d'(h) = 1,5 + 5,0 \cdot e^{-0,9h^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

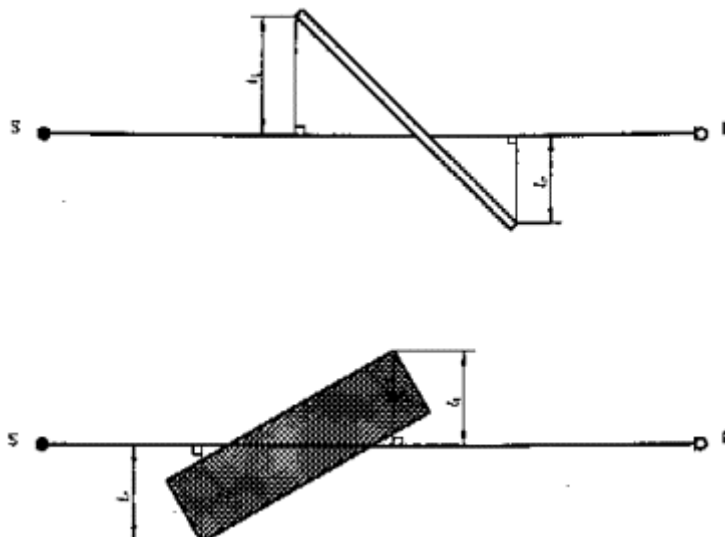
Ekranowanie

Obiekt można zaliczyć do przeszkód ekranujących, gdy:

- Jego gęstość powierzchniowa jest nie mniejsza niż 10 kg/m^2 ,
- Obiekt ma powierzchnie zamkniętą bez dużych otworów,

Wymiar poziomy, prostopadły do linii łączącej punkt odbioru i źródło jest większy niż długość fali λ dla nominalnej częstotliwości środkowej pasma oktawowego:

$L_l + L_r < \lambda$ (rysunek 1).



Rys 1 Przeszkody pomiędzy źródłem a punktem odbioru

Dyfrakcja na krawędzi górnej:

$$A_{\text{bar}} = D_z - A_g > 0,$$

Dyfrakcja na krawędziach bocznych:

$$A_{\text{bar}} = D_z$$

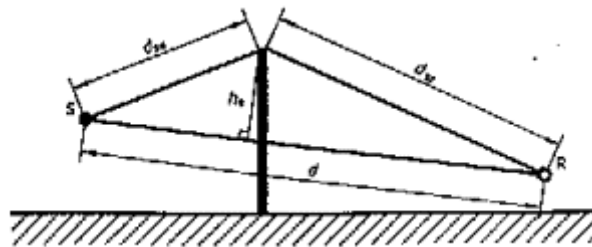
D_z - tłumienie przeszkody w każdym paśmie oktawowym,

A_g - tłumienie spowodowane "ground" efektem, jeśli przeszkoda nie występuje.

$$D_z = 10 \log \left[3 + \frac{C_2}{\lambda} \cdot C_3 \cdot z \cdot K_{\text{met}} \right]$$

$C_1 = 20$ [dB] (zawiera efekt odbicia od powierzchni ziemi, w pewnych przypadkach może być równe 40 dB),

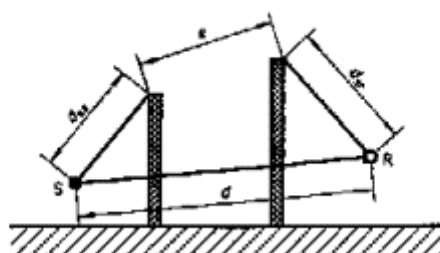
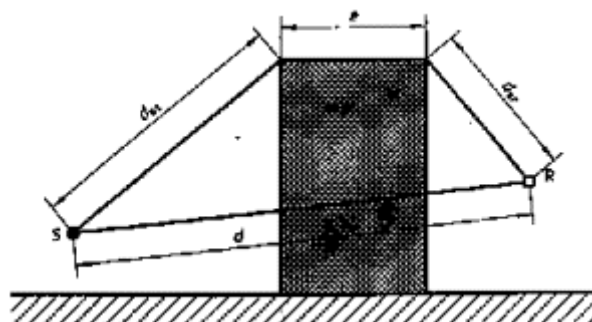
$C_3 = 1$ - dla pojedynczego ugięcia, (rysunek 2)



Rysunek 2 - dyfrakcja pojedyncza

$$C_3 = \left[1 + \left(\frac{5\lambda}{e} \right)^2 \right] / \left[\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{e} \right)^2 \right]$$

dla podwójnej dyfrakcji (rysunek 3)





Rysunek 3 - dyfrakcja podwójna

λ - długość fali (dla częstotliwości środkowej pasma oktawowego),

K_{met} - współczynnik korekcji atmosferycznej,

Z - różnica pomiędzy długością drogi propagacji fali ugiętej na przeszkodzie a droga propagacji bez przeszkody,

E - odległość pomiędzy dwoma krawędziami ugięcia,

Dla pojedynczej dyfrakcji:

$$z = \left[(d_{ss} + d_{sr})^2 + a^2 \right]^{1/2} - d$$

Gdzie:

D_{ss} - odległość pomiędzy źródłem a krawędzią ugięcia [m],

D_{sr} - odległość pomiędzy punktem odbioru a krawędzią ugięcia [m],

A - składnik odległości równoległy do krawędzi przeszkody pomiędzy źródłem a punktem odbioru [m],

Dla podwójnej dyfrakcji:

$$z = \left[(d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + a^2 \right]^{1/2} - d$$

$$K_{met} = e^{-\left[\frac{1}{2000} \sqrt{d_{ss} \cdot d_{sr} \cdot d / 2z} \right]}$$

$K_{met} = 1$ dla $z \leq 0$.

Odbicie

Odbicie można potraktować w kategorii źródła pozornego. Odbicia (np. od budynków) mogą zwiększyć poziom hałasu w punkcie odbioru. Aby nastąpiło odbicie muszą być spełnione następujące warunki:

współczynnik odbicia $\geq 0,2$,

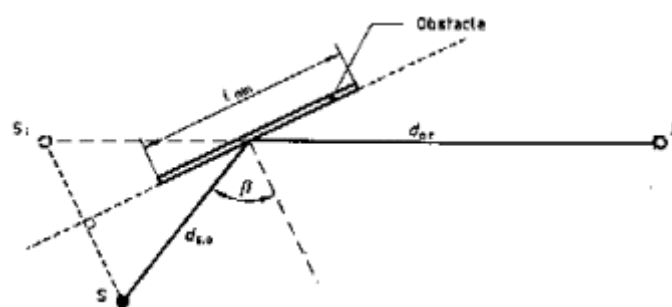
pole powierzchni jest wystarczająco duże dla długości fali λ (rysunek4)

Przykładowe współczynniki odbicia:

ściany - 1,

ściany z oknami - 0,8,

mury z otworami, które stanowią 50 % powierzchni - 0,4



Rysunek 4 - odbicie od przeszkody

Poziom mocy źródła pozornego:

$$L_{w,im} = L_w + 10 \cdot \log(\zeta) + D_{ir}$$

Gdzie:

ζ - współczynnik odbicia (tabela)

D_{ir} - indeks kierunkowości źródła,

Współczynnik korekcji meteorologicznej

$$C_{met} = 0 \text{ jeśli } d_p < 10(h_s + h_r)$$

$$C_{met} = C_0 \left[1 - 10(h_s + h_r)/d_p \right]$$

$$\text{jeśli } d_p > 10(h_s + h_r)$$

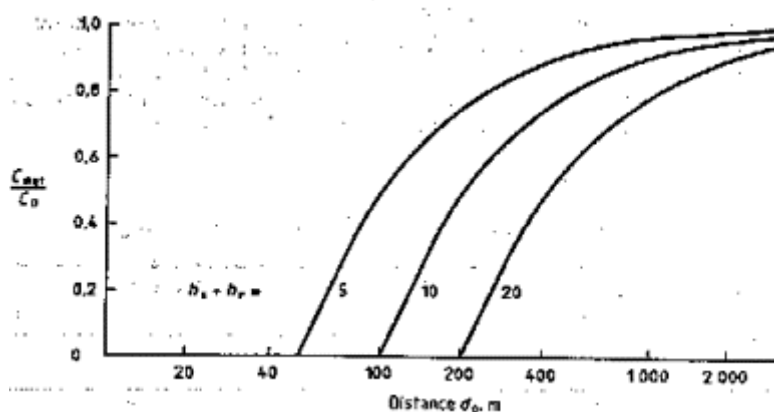
Gdzie:

H_s - wysokość źródła,

D_p - odległość w poziomie między źródłem a punktem odbioru,

C_0 - współczynnik zależący od lokalnych warunków meteorologicznych (zależy od prędkości i kierunku wiatru, gradientu temperatury itp.)

Wartości C_{met} można odczytać z wykresu (rysunek5)

Rysunek 5 - współczynnik C_{met}

Dodatkowe typy tłumienia (A_{misc})

Wielkość A_{misc} zawiera następujące wartości:

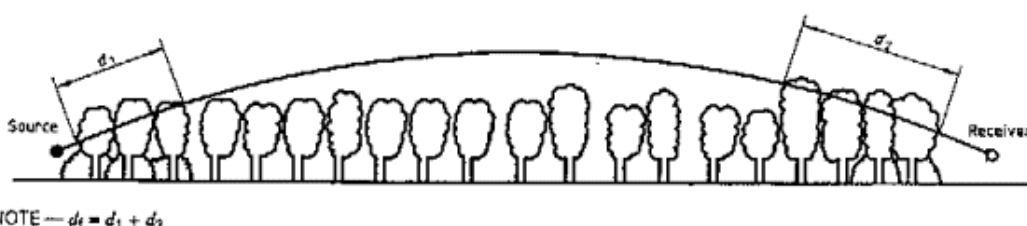
A_{fol} - tłumienie dźwięku na terenach zielonych,

A_{site} - tłumienie dźwięku na terenach przemysłowych,

A_{hous} - tłumienie dźwięku na terenach mieszkalnych,

Tereny zielone - pokrycie drzewami i krzewami powoduje małe tłumienie dźwięku. Tłumienie spowodowane jest przede wszystkim przez roślinność znajdującą się blisko źródła dźwięku i blisko punktu odbioru (rysunek6).

$$d_f = d_1 + d_2$$



Rysunek 6 - Tłumienia w wyniku rozprzestrzeniania się dźwięku na terenie zielonym

W tabeli podane są współczynniki tłumienia spowodowane przez roślinność.

Tabela - Tłumienie w pasmach oktaowych dla terenów zielonych

Dystans propagacji d_f [m]	Nominalna częstotliwość środkowa[Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$10 \leq d_f \leq 20$	Tłumienie [dB]							
	0	0	1	1	1	1	1	3
$20 \leq d_f \leq 200$	Tłumienie [dB/m]							
	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12

Tereny przemysłowe - wartość A_{site} - zależy w dużym od rodzaju terenu, w związku z tym powinna być wyznaczana za pomocą pomiarów. Można jednak estymować jej wartość zgodnie z wartościami podanymi w tabeli. Tłumienie to wzrasta wraz ze wzrostem wielkości obszaru przemysłowego, po którym rozprzestrzenia się dźwięk (rysunek).



Tabela - Współczynnik tłumienia dla pasm oktawowych dla terenów przemysłowych

Nominalna częstotliwość środkowa[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A_{site} , [dB/m]	0	0,015	0,025	0,025	0,02	0,02	0,015	0,015

Tereny mieszkalne - Jeśli punkt emisji i punkt odbioru znajdują się na terenie mieszkaniowym, tłumienie spowodowane jest odbiciami od domów.

Wartość tego współczynnika można estymować dla poziomu dźwięku A następującym równaniem:

$$A_{hous} = A_{hous,1} + A_{hous,2}$$

$$A_{hous,1} = 0,1B_{db}, [dB]$$

Gdzie:

B- gęstość budynków wzdłuż drogi propagacji na terenie mieszkalnym,

D_b - długość drogi propagacji fali na terenie mieszkalnym,

$$A_{hous,2} = -10\log[1-(p/100)] [dB]$$

P - procent długości fasad domów w stosunku do całkowitej długości propagacji fali $\leq 90\%$.