

POZIOM HAŁASU W OBSZARZE OGRANICZONEGO UŻYTKOWANIA WOKÓŁ PORTU LOTNICZEGO



dr Piotr Kokowski
AkustiX Sp. z o.o.
Uniwersytet im. A. Mickiewicza
Instytut Akustyki



dr Piotr Pękała
AkustiX Sp. z o.o.



dr Tomasz Kaczmarek
AkustiX Sp. z o.o.
Uniwersytet im. A. Mickiewicza
Instytut Akustyki

Streszczenie

Dotychczas wszystkie obszary ograniczonego użytkowania (OOU) w Polsce powstały z powodu naruszenia standardów akustycznych w środowisku. W związku z tym, kwestie akustyczne są istotne dla ustalenia wysokości odszkodowania. Dlatego celem artykułu jest przybliżenie podstawowych zagadnień związanych z oceną hałasu w środowisku, niezbędnych do zrozumienia konstrukcji OOU. Omówiono wskaźniki oceny hałasu, wskazano zależności pomiędzy nimi oraz zwrócono uwagę na specyfikę ich wyznaczania w odniesieniu do hałasu lotniczego. Przeanalizowano wpływ wielkości fundamentalnej w ocenie hałasu, tj. hałasu pojedynczej operacji lotniczej oraz liczby tych operacji na warunki akustyczne wokół lotniska. Przedstawiono metodę wyznaczania OOU na podstawie izolacji hałasu oraz prosty algorytm interpolacji poziomu hałasu pomiędzy tymi izolacjami, co jest niezbędne do wyznaczenia wymaganej izolacyjności akustycznej elewacji lub stanu warunków akustycznych wewnątrz pomieszczeń.

SKRÓTY I OZNACZENIA:

OOU	Obszar Ograniczonego Użytkowania
POŚ	Ustawa Prawo Ochrony Środowiska
DS	droga startowa
$L_{AE, SEL}$	poziom ekspozycji hałasu (wskaźnik hałasu pojedynczej operacji lotniczej)
$L_{Aeq, T}$	równoważny poziom dźwięku A dla czasu oceny T
D / N	pora doby (czas oceny T): dzień (D) / noc (N)

Słowa kluczowe

hałas lotniczy, obszar ograniczonego użytkowania, pomiar hałasu

1. Wstęp

Zgodnie z art. 135 ustawy Prawo Ochrony Środowiska^[7] (POŚ), w sytuacji gdy pomimo zastosowania dostępnych rozwiązań technicznych, technologicznych i organizacyjnych nie mogą być dotrzymane standardy jakości środowiska poza terenem zakładu lub innego obiektu, to np. dla lotniska tworzy się obszar ograniczonego użytkowania (OOU). Standardy jakości środowiska akustycznego wyznacza się poprzez dopuszczalne wartości poziomu hałasu w środowisku. Na podstawie art. 113 POŚ wartości te, określa minister do spraw środowiska, w porozumieniu

z ministrem do spraw zdrowia. Jeśli OOU jest wprowadzany z powodu naruszenia standardów akustycznych w środowisku to jego granice wyznacza obwód (obrys zewnętrzny) wszystkich izolacji poziomu hałasu o wartościach dopuszczalnych. Wprowadzenie OOU nie zmienia poziomu hałasu w środowisku, lecz zmienia stan prawny terenów i w myśl art. 136 POŚ daje możliwość dochodzenia roszczeń. Wysokość roszczeń związanych z nakładami na adaptację akustyczną budynku zależy od poziomu hałasu na zewnątrz budynku. Zatem określenie poziomu hałasu na posesji ma podstawowe znaczenie dla wiarygodnej wyceny odszkodowania.

2. Wskaźniki oceny hałasu – definicje i podstawowe zależności

Przez wskaźniki oceny hałasu ustawa POŚ rozumie parametry hałasu określone poziomem dźwięku A wyrażonym w decybelach [dB], w tym:

- wskaźniki hałasu mające zastosowanie do prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony przed hałasem, w szczególności do sporządzania map akustycznych oraz programów ochrony środowiska przed hałasem (L_{DWN} i L_N),
- wskaźniki hałasu mające zastosowania do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska w odniesieniu do jednej doby (L_{AeqD} i L_{AeqN}), przy czym pora dzienna (D) jest rozumiana jako przedział czasu od godz. 6.00 do godz. 22.00, a pora nocna (N) jako przedział czasu od godz. 22.00 do godz. 6.00.

Zgodnie z POŚ obydwie ww. grupy wskaźników służą polityce ochrony środowiska. *Równoważny poziom dźwięku A* dla pory dziennej i nocnej, $L_{AeqD/N}$, wykorzystuje się w praktyce do kształtowania środowiska akustycznego przy pomocy takich instrumentów jak:

- raport o oddziaływaniu planowanego przedsięwzięcia do środowisko,
- przegląd ekologiczny,
- analiza porealizacyjna,
- monitoring akustyczny środowiska (okresowy lub ciągły),
- bieżąca kontrola stanu środowiska.

Ustawa POŚ nie przyporządkowuje grupy wskaźników tylko w jednym przypadku dla instytucji OOU. Zgodnie z wykładnią^[4], tutaj oprzemy się na wyborze mniej korzystnej sytuacji, w której granice OOU wyznacza się dla wskaźników generujących większe zasięgi hałasu, czyli w praktyce określone dla jednej doby, tj. $L_{AeqD/N}$.

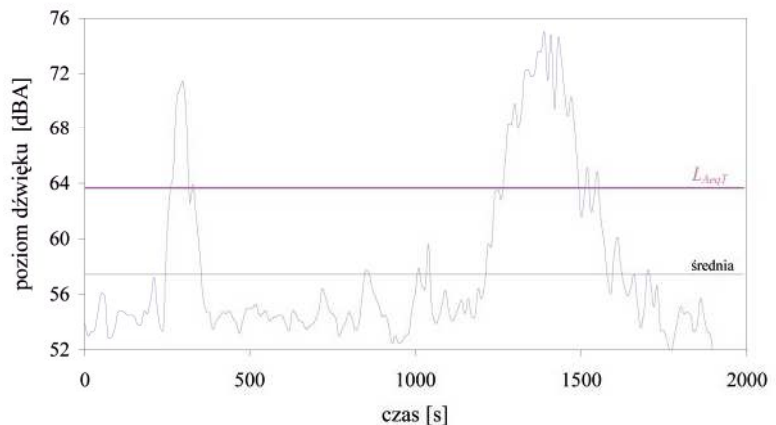
Hałas wokół lotniska zmienia się w czasie i dlatego do oceny jego dokuczliwości stosuje się wskaźnik L_{AeqT} , który jest logarytmiczną miarą średniego poziomu hałasu w czasie oceny, T (16 godzin dnia lub 8 godzin nocy). Ścisłą definicję można znaleźć w polskiej normie PN-ISO 1996-1^[10]. Należy pamiętać, że L_{AeqT} nie (sic!) jest średnią arytmetyczną chwilowych poziomów dźwięku, lecz logarytmem z średnich

kwadratów ciśnienia akustycznego, $p_A^2(t)$. Ta ostatnia wielkość, po operacji logarytmowania, daje chwilowe poziomy dźwięku, L_{pA} , wyrażone w decybelach (indeks „ A ” oznacza uwzględnienie korekcji częstotliwościowej A , która odzwierciedla różną reakcję na hałas w zależności od częstotliwości fali akustycznej). Wartość L_{AeqT} , wyznaczoną z przebiegu zmian poziomu dźwięku A , $L_{pA}(t)$, w czasie T przedstawiono na Rysunku 1 (w tym przykładzie $T=2000$ sek.). Dla porównania, na rysunku tym zaznaczono linią przerywaną wartość średniej arytmetycznej z chwilowych poziomów dźwięku w czasie T . Jest ona z definicji zawsze mniejsza od poziomu L_{AeqT} . Wartości L_{AeqD} i L_{AeqN} wyznaczone metodą bezpośrednią^[5], czyli z pomiarów ciągłych poziomu dźwięku A , L_{pA} , w całym czasie oceny odpowiednio dla pory dnia i nocy, pokazano na Rysunku 2.

Równoważny poziom dźwięku A w wybranym punkcie (np. przed elewacją budynku) można zmierzyć bezpośrednio przy pomocy miernika poziomu dźwięku lub wyznaczyć na podstawie miary hałasu pojedynczych operacji lotniczych (patrz metoda monitoringu hałasu lotniczego, określona w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011r.^[5], w załącznikach nr 1 i 2). Możliwe jest też obliczenie (prognoza) równoważnego poziomu dźwięku, np. na potrzeby planowanej rozbudowy lotniska. Wtedy wykorzystuje się model matematyczny, uwzględniający mechanizm generacji i propagacji hałasu pojedynczej operacji lotniczej oraz poziomy emisji hałasu statków powietrznych. Obecnie w naszym kraju stosuje się model rekomendowany dyrektywą Parlamentu Europejskiego z 2002 roku, określany jako metoda INM.^[12]

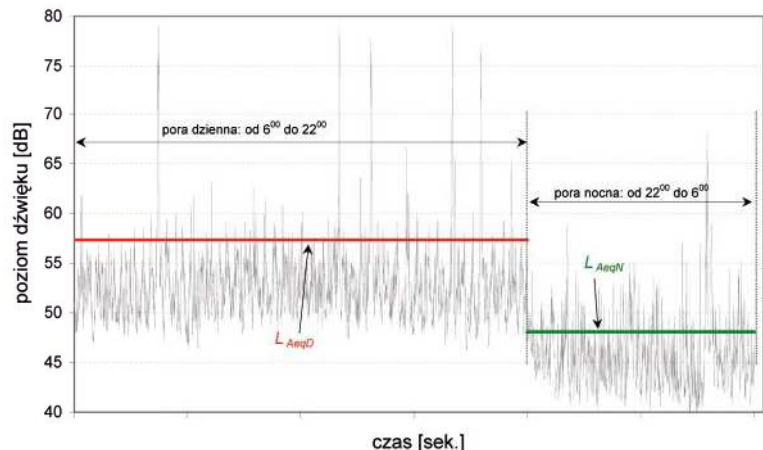
Rysunek 1

Chwilowy poziom dźwięku sygnału zmiennego w czasie oraz jego równoważny poziom dźwięku A , L_{AeqT} i średnia arytmetyczna poziomów (linia przerywana)



Rysunek 2

Równoważny poziom dźwięku w porze dziennej i nocnej wyznaczony metodą pomiaru bezpośredniego dla całej pory dziennej i nocnej^[5]



Punktem wyjścia do pomiaru lub obliczania poziomu L_{AeqT} hałasu lotniczego jest wskaźnik oceny hałasu pojedynczej operacji lotniczej, którą stanowi start, lądowanie, przelot jednego statku powietrznego lub inna operacja charakterystyczna (np. wojskowa operacja typu *touch-and-go*). Tym wskaźnikiem jest *poziom ekspozycji hałasu*^[10], L_{AE} lub *SEL*, który wyznacza się jako logarytm sumy chwilowych kwadratów ciśnienia akustycznego, $p_A^2(t)$, w czasie trwania pojedynczego wydarzenia akustycznego (hałas związany z pojedynczą operacją lotniczą). Poziom L_{AE} jest miarą, która pozwala porównywać wydarzenia akustyczne o różnym czasie trwania, bo zmierzona „dawkę hałasu” odnosi się do czasu jednostkowego, tj. $t_0 = 1$ sekunda. Z tego powodu jest to wskaźnik powszechnie stosowany do oceny hałasu komunikacyjnego!

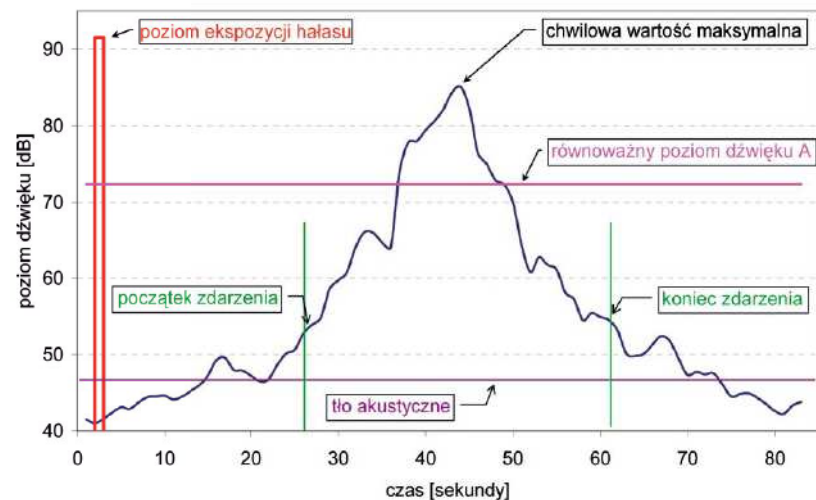
Interpretację graficzną podstawowych wskaźników akustycznych przedstawiono na Rysunku 3, na którym pokazano przebieg zmian poziomu dźwięku w czasie i wyznaczone z niego wskaźniki L_{AeqT} oraz L_{AE} . W tym przykładzie, dla czasu $T = 82$ sek. otrzymujemy poziom $L_{AeqT} = 72,4$ dB oraz $L_{AE} = 91,5$ dB, przy czym efektywny czas trwania wydarzenia, ustalony na podstawie odpowiednio dużego odstepu poziomu sygnału od tła akustycznego (tu przyjęto 6 dB), wynosi 53 sekundy. Maksymalna zmierzona chwilowa wartość poziomu dźwięku to 85,1 dB.

Przy okazji warto zwrócić uwagę na często popełniany błąd. Z Rysunku 3 jasno wynika, że poziom ekspozycji hałasu i poziom maksymalny to dwie różne wielkości. Używanie tych wielkości zamiennie jest niedopuszczalne!

Poziomy dźwięku podawane są z dokładnością do jednego miejsca znaczącego po przecinku, a przy ocenach szacunkowych zwykle zaokrąglane są do pełnego decybelu. Wynika to z precyzji przyrządów pomiarowych i dokładności metod obliczeniowych, ale przede wszystkim z faktu, że dziesiąta część decybelu to wartość znacznie poniżej progu spostrzegania dla człowieka. Dla większości z nas zmiana poziomu dźwięku o 1 dB jest ledwo spostrzegalna lub niespostrzegalna (*próg spostrzegania*), a spostrzegalna jest zmiana o ok. 3 dB. Z kolei wzrost poziomu w przedziale 6 : 10 dB, w zależności od rodzaju sygnału, jest odbierany jako podwojenie głośności sygnału.

Rysunek 3

Wartości wskaźników L_{AeqT} i L_{AE} wyznaczone z przebiegu zmian poziomu dźwięku zarejestrowanego podczas przelotu samolotu



2.1 Maksymalny poziom hałasu

Pokazana na Rysunku 3 maksymalna wartość poziomu dźwięku może być wyznaczona (mierzona) na kilka sposobów. Każda z chwilowych wartości na tym wykresie (w tym wartość maksymalna, L_{Amax}) została uzyskana przez uśrednianie arytmetyczne chwilowych kwadratów ciśnienia akustycznego, $p_A^2(t)$, w bardzo krótkim przedziale czasu (np. 1 sekunda). Wartość maksymalna oznaczana jako $L_{AE,max}$ powstaje w wyniku uśredniania nieliniowego, ważonego krzywą eksponencjalną^[10,9], przez co największe znaczenie mają przyczynki zarejestrowane tuż przed końcem pomiaru, a te bardziej odległe w czasie są mnożone przez wagę bliską zeru. Różnica obliczonych tymi dwoma sposobami wartości maksymalnych, $L_{AE,max}$ i L_{Amax} , wynosi zwykle kilka decybeli. Dlatego istotne jest precyzyjne określenie wymaganego wskaźnika maksymalnego poziomu hałasu.

Poziomy maksymalny może być wykorzystany do wyznaczenia wymaganej izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych, jako składnik tzw. poziomu miarodajnego.^[8] Niestety w polskiej normie PN-B-02151-3:1999 nie dochowano należytej staranności i nie podano ani definicji wskaźnika poziomu maksymalnego, ani odpowiedniego przywołania do innych norm (rozdz. 6.1.3 tamże). Może to prowadzić do podważenia wyników obliczeń uzyskanych tą metodą.

Ponadto należy zauważyć, że rozporządzenie Ministra Środowiska określające metody monitoringu hałasu lotniczego^[5] nie wymaga rejestrowania wartości poziomu maksymalnego. Wynika to prawdopodobnie z niewielkiej przydatności tego wskaźnika do oceny hałasu w środowisku. Im krótszy czas pomiaru tym większe prawdopodobieństwo zarejestrowania sygnału przypadkowego jako miary zjawiska. Powoduje to większy rozrzut i niepewność uzyskanych wyników, a ostatecznie daje mniejszą gwarancję reprezentatywnego określenia wielkości oddziaływania hałasu lotniczego.

Niekiedy stosuje się metodę estymacji poziomu L_{Amax} na podstawie pomiarów (monitoringu) poziomu L_{AE} , korzystając z zależności empirycznych. W przypadku hałasu lotniczego podejście takie pokazano np. w pracy Aircraft noise evaluation criteria for determining airborne sound insulation of external walls of buildings^[6], gdzie zaproponowano stałą zależność w postaci

$$L_{Amax} = L_{AE} + 10 \text{ [dB]}. \quad [1]$$



Dokładność tej zależności nie jest zadawalająca, gdyż błąd szacowania poziomu maksymalnego przekracza ± 5 dB. Wyznaczona na tej podstawie wymagana izolacyjność akustyczna przegrody budowlanej (Tabela 5 w normie PN-B-02151-3:1999^[8]) może się różnić aż o dwa przedziały (do 10 dB!) od rzeczywistej wymaganej wartości. Lepszą zgodność daje zależność liniowa^[11]

$$L_{AE} = 23,9 + 0,81 \times L_{Amax} \text{ [dB]}, \quad [2]$$

którą pokazano na Rysunku 4. Ze wzoru nr 2 wynika, że blisko drogi startowej (wyższe poziomy hałasu), różnica pomiędzy SEL i L_{Amax} jest mniejsza niż to wynika z zależności opisanej wzorem nr 1.

Zależności opisane wzorami 1 i 2 mają charakter orientacyjny. Ze względu na dostępność danych i mniejszy rozrzut wyników, do oceny hałasu lotniczego znacznie wygodniejsze i bardziej bezpieczne jest stosowanie poziomu ekspozycji hałasu, L_{AE} .^[12]

2.2 Poziom równoważny i poziom ekspozycji hałasu

Jeśli hałas można przedstawić jako superpozycję (złożenie) pojedynczych wydarzeń akustycznych (Rysunek 5), wtedy najwygodniejszym i prostym sposobem wyznaczenia równoważnego poziomu dźwięku dla przedziału czasu T , jest metoda oparta na średniej wartości poziomu ekspozycji hałasu pojedynczego wydarzenia akustycznego.

Gdy wszystkie wydarzenia akustyczne są do siebie podobne w sensie statystycznym (np. występują tylko operacje startu jednego typu samolotów, a odchylenie standardowe L_{AE} jest niewielkie) wtedy L_{AeqT} oblicza się z fundamentalnej dla akustyki środowiska zależności

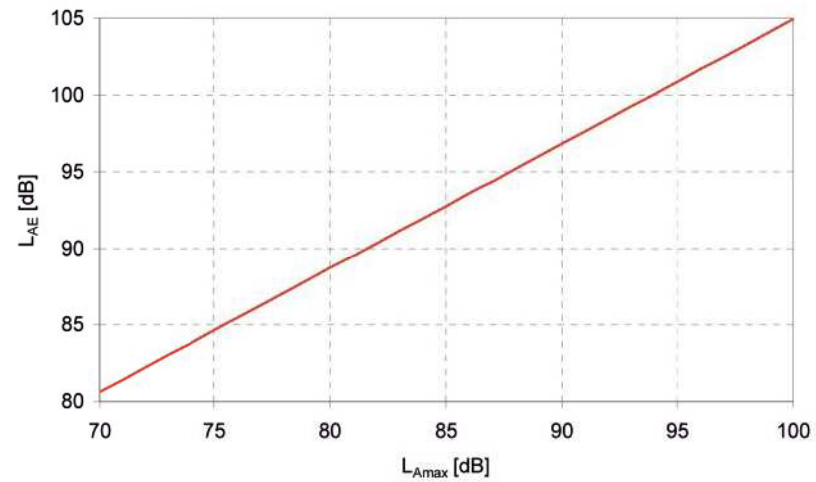
$$L_{AeqT} = L_{AE} + 10 \times \log\left(\frac{n \times t_o}{T}\right), \quad [3]$$

gdzie L_{AE} oznacza średni poziom ekspozycji hałasu dla n wydarzeń akustycznych w przedziale czasu wyrażonego w sekundach, T (iloraz n / T oznacza natężenie ruchu lotniczego). Poziom L_{AE} wyznacza się według metody pokazanej na Rysunku 3. Podstawy teoretyczne tej (i następnych) zależności zostały przedstawione w monografii Makarewicza^[2].

Wzór nr 3 pokazuje, że „średni” hałas (L_{AeqT}) można obliczyć jeśli znamy

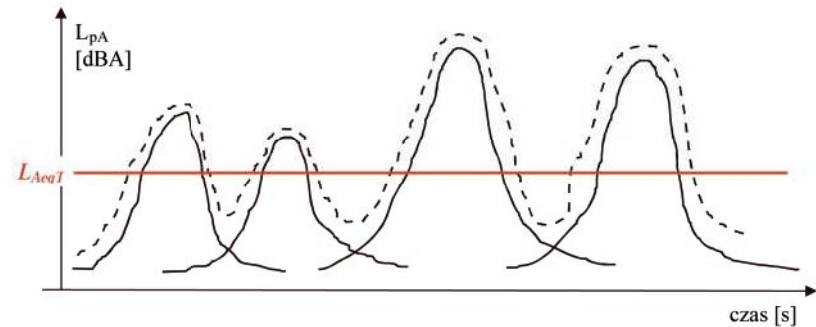
Rysunek 4

Zależność L_{AE} od L_{Amax} według wzoru nr 2 (na podst.^[11])



Rysunek 5

Hałas wypadkowy (linia przerywana) jako superpozycja pojedynczych wydarzeń akustycznych oraz równoważny poziom dźwięku (linia pozioma)



natężenie ruchu (n / T) oraz średni hałas pojedynczej operacji (L_{AE}). Przy tym pamiętamy, że poziom L_{AE} z definicji zawiera w sobie czas trwania pojedynczej operacji. Dlatego czas ten nie ma bezpośredniego wpływu na poziom równoważny.

Warto zauważyć, że zmiana średniej wartości L_{AE} , np. o 3 dB, powoduje wg wzoru nr 3 taką samą zmianę poziomu L_{AeqT} , który jest miarą hałasu wszystkich operacji. Wartość poziomu równoważnego nie zależy od: kolejności wydarzeń akustycznych, odstępów w czasie pomiędzy nimi, czasu ich trwania, a nawet od nakładania się zdarzeń (jak na Rysunku 5).^[2]

Zależność opisana wzorem nr 3 pozwala na kształtowanie hałasu wokół portu lotniczego poprzez zmianę liczby operacji, n (przykłady poniżej).

Na Rysunku 6 przedstawiono równoważny poziom dźwięku dla pory nocnej, L_{AeqN} , w zależności od liczby operacji lotniczych, n , dla poziomów L_{AE} w zakresie typowym dla hałasu lotniczego (80 : 100 dB, w zależności od lokalizacji punktu pomiarowego względem progu DS). Z rysunku tego wynika np. że przy średnim poziomie ekspozycji hałasu pojedynczej operacji lotniczej $L_{AE,śr} = 85$ dB, wartość dopuszczalna w porze nocnej (godz. 22.00 : 6.00) dla terenów zabudowy mieszkaniowej, $L_{Aeq,N}^* = 50$ dB, będzie przekroczona w przypadku wystąpienia $n > 9$ operacji lotniczych.



Na podstawie Rysunku 6 można rozwiązać zagadnienie odwrotne, tj. obliczyć wartość $L_{AE, \dot{s}r}^*$, przy której poziom dopuszczalny $L_{Aeq, N}^* = 50$ dB nie będzie przekroczony przy zadanej liczbie operacji, n . Dla liczby operacji $n \leq 3$, hałas pojedynczej operacji, L_{AE} , może wzrosnąć w porównaniu z poprzednim przykładem o 5 dB, do wartości $L_{AE, \dot{s}r} = 90$ dB.

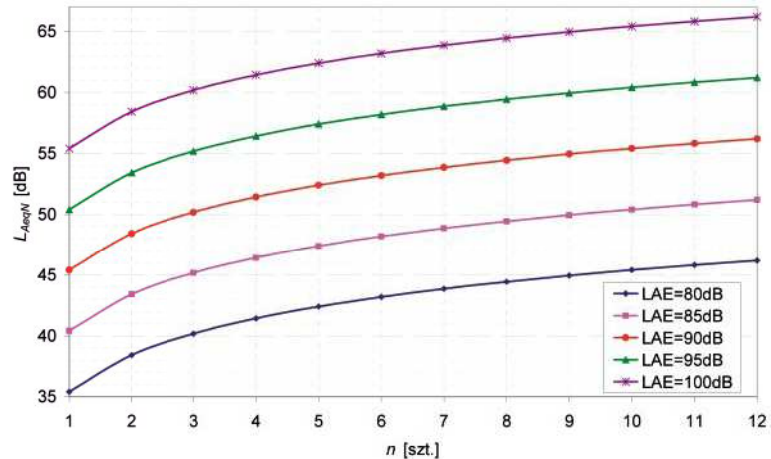
Korzystając ze wzoru nr 3 można łatwo wyjaśnić pojęcie „równoważności” wydarzeń akustycznych. Każda zmiana (wzrost lub spadek) średniego hałasu pojedynczego wydarzenia, $L_{AE, \dot{s}r}$, może być skompensowana przez odpowiednią zmianę (odpowiednio spadek lub wzrost) liczby wydarzeń akustycznych, n , przy zachowaniu tej samej wartości L_{AeqT} . Z wykresu tego wynika, że zmniejszenie $L_{AE, \dot{s}r}$ o 3 dB, 5 dB, 6 dB, 10 dB pozwala na zwiększenie pierwotnej liczby operacji odpowiednio o czynnik $\times 2$, $\times 3$, $\times 4$, $\times 10$. Dla danych z poprzedniego przykładu otrzymujemy, że trzy operacje o $L_{AE, \dot{s}r} = 90$ dB są równoważne (powodują taki sam poziom L_{AeqT}) dziewięciu wydarzeniom akustycznym o $L_{AE, \dot{s}r} = 85$ dB. Gdyby zamiast samolotów o $L_{AE, \dot{s}r} = 90$ dB operowałyby statki o poziomie $L_{AE, \dot{s}r} = 80$ dB to równoważnikiem trzech operacji „głośniejszych” będzie aż trzydzieści operacji „cichszych”.

Zmiana liczby wydarzeń akustycznych przekłada się bezpośrednio na wartość L_{AeqT} . Na Rysunku 8 pokazano względną zmianę poziomu hałasu (wzrost/spadek) spowodowaną zmianą liczby wydarzeń akustycznych ($n_1 \rightarrow n_2$), w tym samym przedziale czasu, przy stałej wartości L_{AE} . Dla $n_2 / n_1 = 2, 4$ mamy wzrost hałasu odpowiednio o 3 dB i 6 dB, a dla $n_2 / n_1 = 1/2, 1/4$ odpowiednio spadek hałasu o 3 dB i 6 dB.

Wzór nr 3 jest bardzo przydatny, jednak pozwala tylko na przybliżone obliczanie poziomu hałasu. Jego dokładność zależy od różnic pomiędzy wartościami L_{AE} kolejnych wydarzeń akustycznych (Rysunek 5). W rzeczywistości poziom L_{AE} jest zmienną losową, niekiedy o dużym rozrzucie wyników nawet dla takiej samej operacji, wykonywanej przez ten sam typ statku powietrznego. W związku z tym, wydarzenia akustyczne stają się „podobne” dopiero po pogrupowaniu ich w klasy (kategorie). Przez „kategorię” rozumie się wydarzenia o zbliżonej w sensie statystycznym wartości L_{AE} , dla źródeł hałasu o cechach wspólnych (podobny mechanizm generacji hałasu).

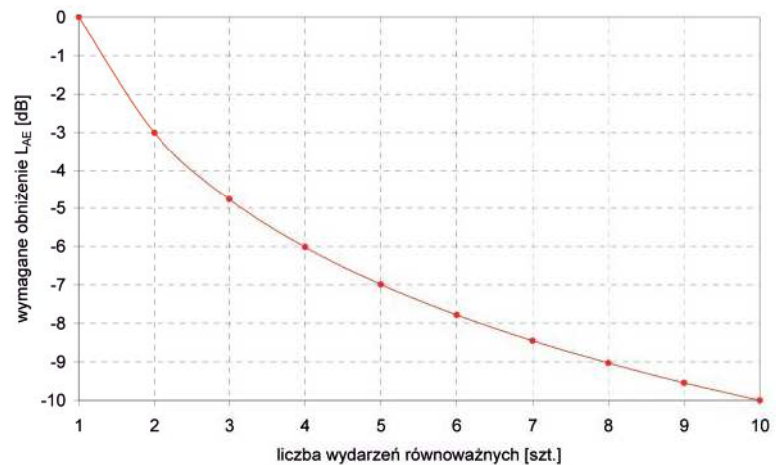
Rysunek 6

Zależność L_{AeqN} od liczby wydarzeń, n , dla ustalonych średnich wartości L_{AE}



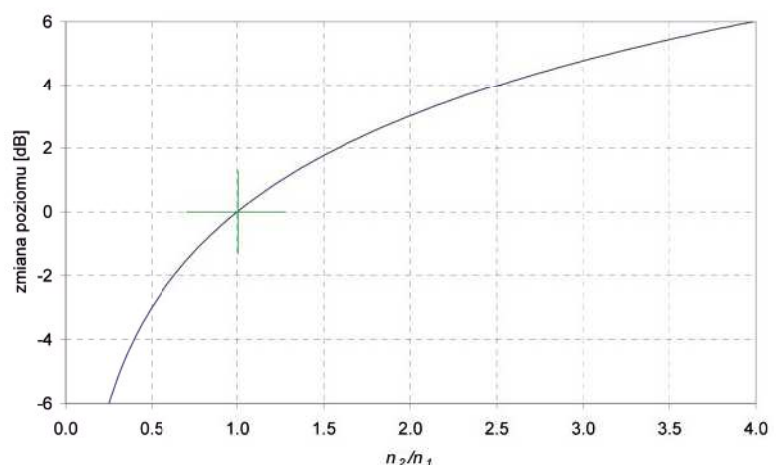
Rysunek 7

Wymagane zmniejszenie średniego L_{AE} przy wzroście liczby operacji lotniczych w celu zachowania stałego poziomu L_{AeqT}



Rysunek 8

Przyrost wartości L_{AeqT} spowodowany zmianą liczby wydarzeń akustycznych w tym samym czasie oceny T (wzór nr 3)



Konieczność podziału na kategorie pokazuje Rysunek 9, który przedstawia histogram wartości L_{AE} zmierzonych w tym samym punkcie i dla tego samego typu statku powietrznego, ale oddzielnie dla operacji startów i lądowań. Różnica średnich wartości L_{AE} wynosi w tym przykładzie aż 7 dB.

W ogólnym przypadku, gdy wydarzenia akustyczne można pogrupować na K kategorii, wzór nr 3 przyjmuje postać^[10.5.2]

$$L_{AeqT} = 10 \times \log \left[\sum_{k=1}^K n_k \times 10^{0,1 \times L_{AE,k}} \right] + 10 \times \log \frac{t_o}{T} \quad [4]$$

gdzie n_k oznacza liczbę wydarzeń akustycznych k -tej kategorii, która jest scharakteryzowana przez średnią wartość ekspozycyjnego poziomu hałasu, $L_{AE,k}$.

3. Równoważny poziom dźwięku hałasu lotniczego

W przypadku operacji lotniczej poziom hałasu pojedynczego wydarzenia akustycznego zależy od wielu czynników. Podstawowe parametry to:

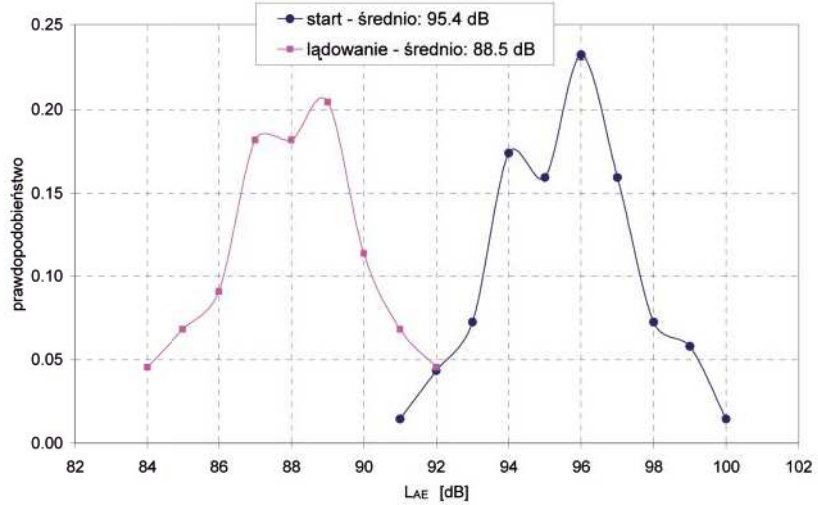
- typ i wielkość statku powietrznego,
- rodzaj napędu (turboodrzutowy, turbośmigłowy, tłokowy),
- rodzaj operacji (start, lądowanie, przelot),
- masa statku powietrznego,
- wiek i stan techniczny statku,
- tor lotu (kąt wznoszenia/opadania; przechylenie boczne, itd.),
- odległość od punktu obserwacji,
- warunki meteorologiczne (siła i kierunek wiatru, wilgotność powietrza).

Te czynniki pośrednio determinują liczbę kategorii K we wzorze nr 4, a działając jednocześnie implikują losową zmienność L_{AE} , widoczną na Rysunku 9. Przy obliczaniu L_{AeqT} ta zmienność jest uwzględniana (zastępowana) przez wartość najbardziej prawdopodobną (najczęściej występującą) w danej klasie, tj. $L_{AE,k}$.



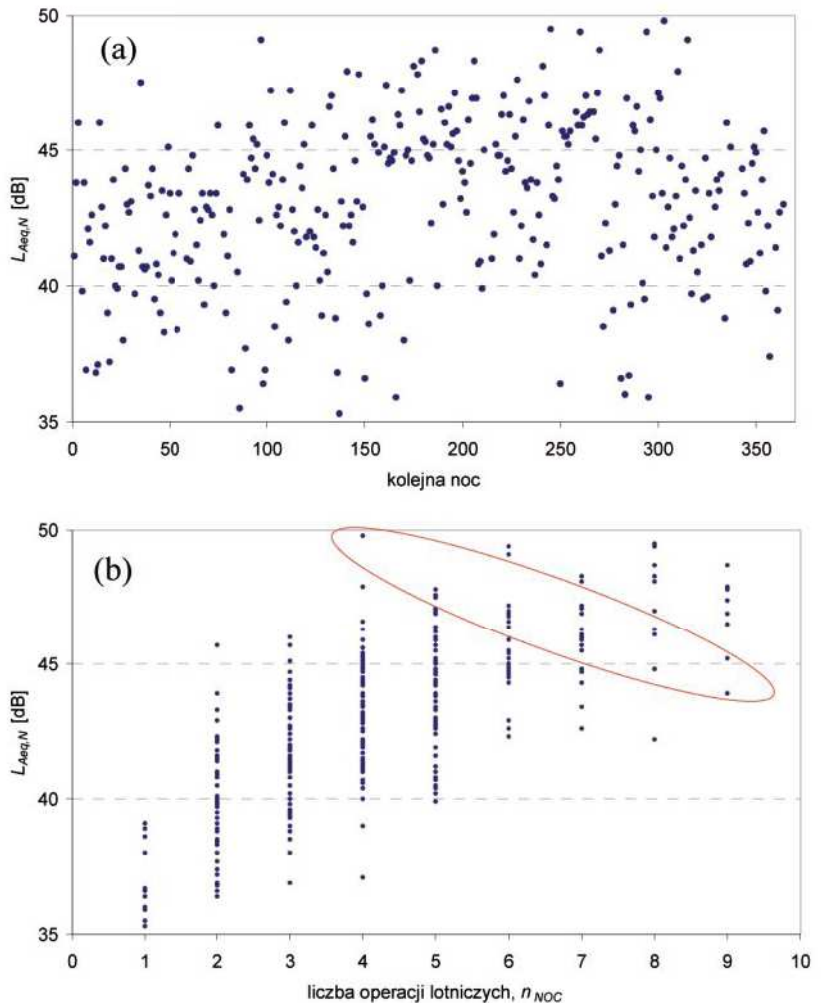
Rysunek 9

Histogram L_{AE} dla operacji startu i lądowania samolotu B738 (punkt pomiarowy w osi DS, ok. 500 m od progu DS)



Rysunek 10

Poziom równoważny zmierzony w jednym punkcie dla kolejnych nocy w roku (a) i jego zestawienie z liczbą wykonanych operacji lotniczych (b) (obszar zakreślony wskazuje, że nie zawsze większa liczba operacji oznacza wyższy równoważny poziom dźwięku)



Budowa modelu akustycznego lotniska wymaga wyznaczenia trzech podstawowych elementów:

- rozkładu najbardziej prawdopodobnych tras dolotowych (lądowania) i odlotowych (starty),
- reprezentatywnej charakterystyki akustycznej pojedynczej operacji lotniczej dla wybranej trasy, rodzaju operacji i typu statku powietrznego,
- liczby operacji każdej z wyróżnionych we wzorze nr 4 kategorii, z podziałem na porę dzienną i nocną.

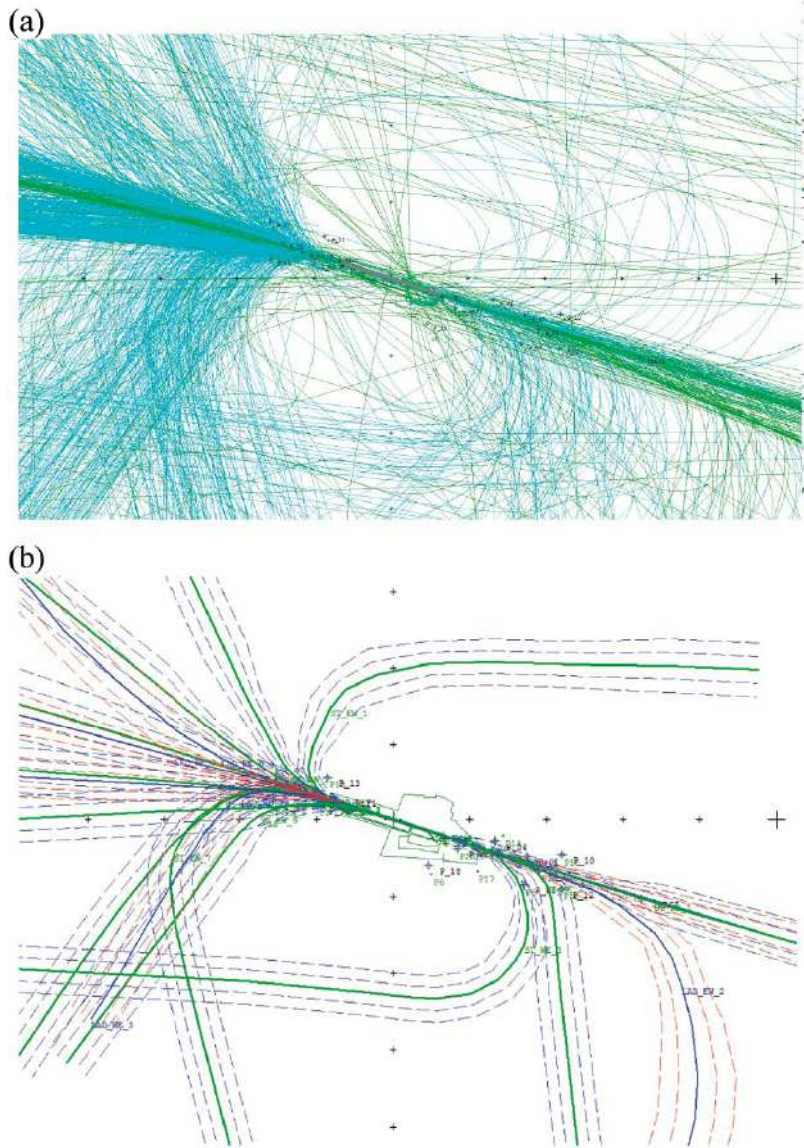
Duża liczba losowo zmiennych parametrów powoduje, że równoważny poziom dźwięku podlega dużym fluktuacjom (Rysunek 10a), a wyniki pomiarów pokazują, że zależność od liczby wydarzeń akustycznych (wzór nr 3) wcale nie oznacza, że przy większej liczbie operacji poziom L_{AeqN} dla wybranej doby będzie większy (Rysunek 10b - obszar zakreślony). W nocy o większej liczbie operacji lotniczych mogą wystąpić samoloty cichsze (mniejsza masa startowa, przelot w większej odległości od punktu pomiarowego, warunki meteorologiczne niesprzyjające propagacji hałasu, itd.) i jak wynika z przykładu na Rysunku 10b, zdarza się, że poziom hałasu w nocy z 8 operacjami może być mniejszy niż w nocy z 4 operacjami.

Przykład reprezentatywnych torów lotu, wyznaczanych z danych rzeczywistych (dane radarowe) pokazano na Rysunku 11. Rysunek (a) zawiera dane radarowe poszczególnych operacji, rysunek (b) - torów zastępczych, wyznaczane wg prawdopodobieństwa wystąpienia trajektorii z rysunku (a) (jako najczęściej występujące w danym czasie oceny T).

W modelu / programie obliczeniowym, np. INM^[12], dostępne są charakterystyki akustyczne statku powietrznego, które zależą od wybranego profilu lotu (tor podejścia lub tor odejścia). Program ten zawiera bazę danych zmierzonych poziomów emisji hałasu dla każdego profilu, w funkcji odległości, prędkości i siły ciągu (tzw. dane NPD „Noise Power Distance”). Przykładowy profil rzeczywisty jednej operacji, na tle profili standardowych, pokazano na Rysunku 12. To porównanie pokazuje, że prawidłowy wybór profilu z bazy danych programu INM nie jest możliwy bez dostępu do rzeczywistych danych radarowych. Nawet dla tego samego typu statku powietrznego profile mogą się znacznie różnić, chociażby ze względu na różną masę startową.

Rysunek 11

Rzeczywiste trasy dolotowe i odlotowe (a) oraz trajektorie zastępcze - rysunek (b), na którym linie ciągłe oznaczają kierunki główne startów i lądowań, a linie przerywane - tzw. kierunki poboczne (o mniejszej częstotliwości występowania)



Podobnie jak w przypadku torów lotu (Rysunek 11b) do obliczeń wybiera się profil najbardziej prawdopodobny (najczęściej występujący). Może się przy tym zdarzyć, że we wzorze nr 4 należy wyróżnić dodatkową kategorię, gdy dla danej operacji charakterystyczne są np. dwa najczęściej występujące profile. W tym przypadku, brak podziału na dwie kategorie raczej nie będzie miał dużego wpływu na hałas blisko lotniska, ale w większej odległości może istotnie wpływać na zmianę zasięgu oddziaływania. Ilustruje to Rysunek 13, gdzie pokazano zasięg hałasu operacji startu tego samego typu statku przy różnych profilach wznoszenia.



Profil operacji jest jednym z czynników decydujących o dokładności obliczeń poziomu SEL. W celu minimalizacji błędów estymacji L_{AE} konieczna jest procedura wielopunktowej kalibracji wynikami pomiarów. Wykorzystanie pomiarów do kalibracji modelu jest jedną z podstawowych funkcji i powodów utrzymywania systemu monitoringu hałasu wokół portu lotniczego. Dla przykładu, na Rysunku 14a pokazano izoliny poziomu ekspozycji hałasu, L_{AE} , dla operacji startu, obliczone na podstawie jednego z profili standardowych. Poziomy w decybelach wskazują różnicę obliczonej i średniej zmierzonej wartości L_{AE} w 9 punktach monitoringu hałasu. Różnice te zawierają się w przedziale (-10,4 : +2,4) dB, ze średnim błędem na poziomie -5,4 dB. Po kalibracji, rozumianej jako dopasowanie profili odejścia dostępnych w bazie danych do profili rzeczywistych dla danego statku powietrznego na danym lotnisku, różnice poziomów nie przekraczają przedziału (-1,4 : +2,3) dB, ze średnim błędem rzędu 1,7 dB (Rysunek 14b). Po procedurze kalibracji może się również zmienić kształt izoliny (jak na Rysunku 14), czyli obszar oddziaływania hałasu.

Na potrzeby procedury kalibracji nie są potrzebne wielomiesięczne wyniki pomiarów w każdym punkcie. Dużo bardziej istotna jest liczba i rozkład punktów pomiarowych. Lokalizacje niezbędne do skutecznej kalibracji modelu to minimum:

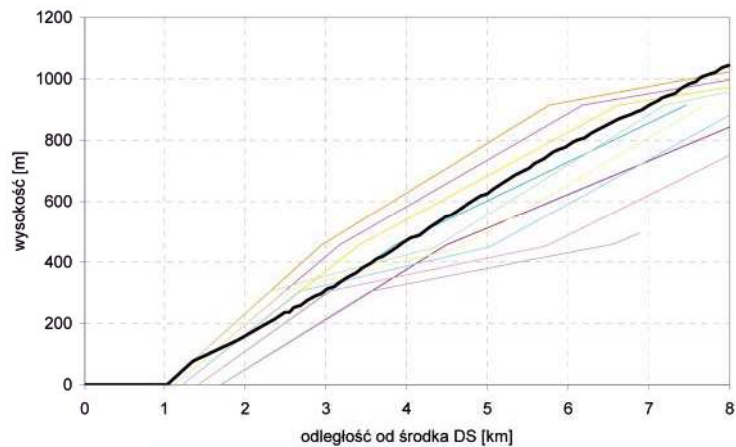
- dwa punkty z każdej strony DS, zlokalizowane wzdłuż (w pobliżu) osi DS, blisko i daleko od progu DS,
- jeden dodatkowy punkt z każdej strony DS, zlokalizowany w bok od osi DS.

Z analizy statystycznej^[1] wynika, że już ok. 400 pomiarów w sposób wystarczający reprezentuje jedną kategorię wydarzeń akustycznych (związanych z wyróżnioną operacją lotniczą). Przy tym istotne jest by pomiary były reprezentatywne dla całego roku. Dlatego powinny być wykonane w różnych porach roku. Optymalnie po ok. 100 pomiarach w czterech porach roku lub co najmniej w odstępach trzydziestodniowych.

Kalibracja poziomów L_{AE} wpływa bezpośrednio na zasięg oddziaływania akustycznego portu, który mierzony jest wskaźnikiem L_{AeqT} . Dokładność obliczeń L_{AeqT} jest zawsze uzależniona od dokładności prognozy natężenia ruchu, która sprowadza się do antycypowania w perspektywie wieloletniej liczby operacji lotniczych dla danego scenariusza eksploatacji lotniska, z podziałem na: porę doby, rodzaj operacji lotniczej,

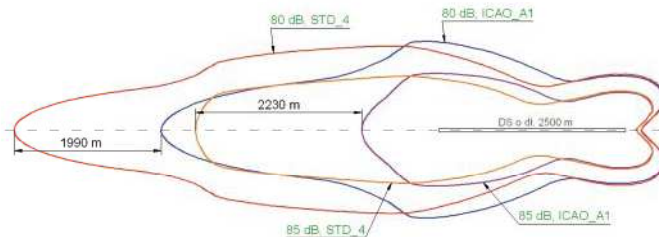
Rysunek 12

Rzeczywisty profil wznoszenia podczas wybranego startu samolotu A320 (linia pogrubiona) i profile standardowe, zawarte w bazie danych programu obliczeniowego INM v.7.0d



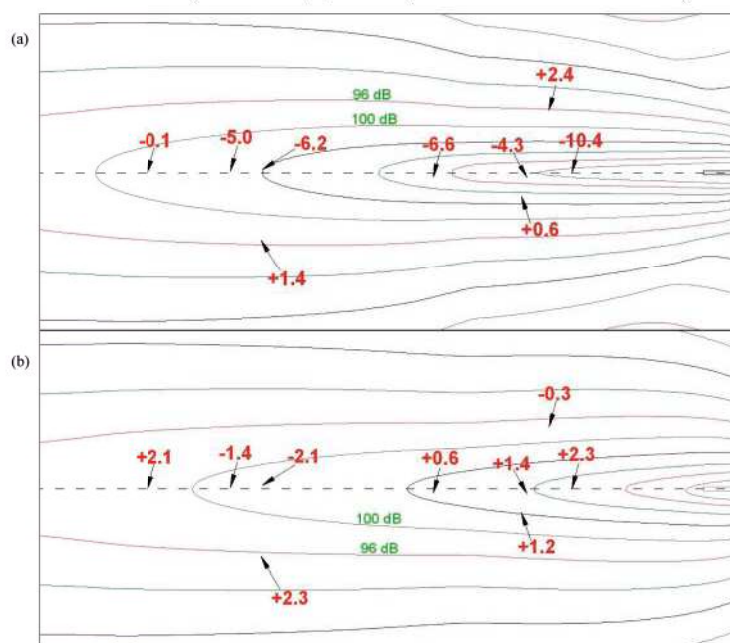
Rysunek 13

Zasięg hałasu dla operacji startu samolotu A320, wyznaczony przez izoliny SEL o poziomie 80 i 85 dB, w zależności od profilu wznoszenia (profile: najniższy i najwyższy z Rysunku 12, odpowiednio Standard-4 oraz ICAO-A1 w INM v.7.0d)



Rysunek 14

Izoliny L_{AE} dla startu samolotu F16 na wprost, w kierunku RWY 29 (od prawej do lewej), przed (a) i po (b) kalibracji modelu obliczeniowego. Liczby oznaczają różnicę pomiędzy zmierzoną i obliczoną wartością poziomów hałasu w punktach monitoringu oznaczonych strzałką (izoliny pokazano z krokiem co 4 dB)



kierunek i trasę operacji (Rysunek 11) oraz typy statków powietrznych. Skutki tego błędu wyrażone w decybelach widoczne są na Rysunku 8, jeśli za „n2” podstawimy wartość przyjętą do obliczeń, a za „n1” wartość rzeczywistą natężenia ruchu. Z kolei na Rysunku 15 pokazano wpływ tego błędu na zasięg oddziaływania (zasięg hałasu), czyli na odległość izolacji o wartości dopuszczalnej $L^*_{Aeq, N} = 50$ dB od DS. Przez zasięg hałasu rozumie się odległość punktu w terenie od źródła hałasu, w którym poziom dźwięku danego wskaźnika oceny hałasu osiąga wartość dopuszczalną.

Z powyższego przykładu wynika, że błąd obliczeń na poziomie 2 dB, wzdłuż osi DS może spowodować przesunięcie izolacji o poziomie 50 dB (zasięg hałasu) aż o kilkaset metrów!

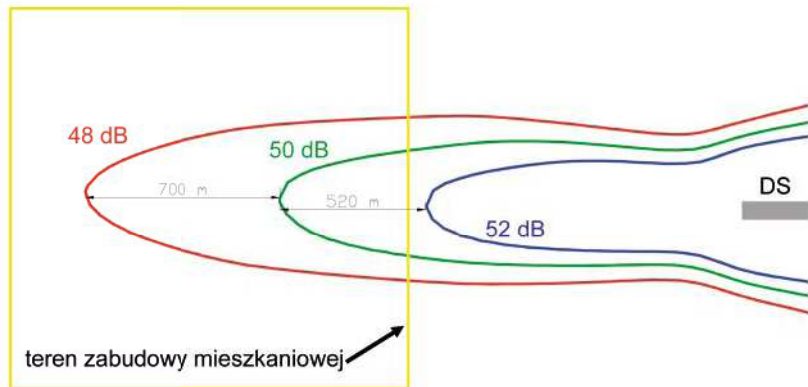
4. Wyznaczanie Obszaru Ograniczonego Użytkowania

Zasięg hałasu wokół lotniska oblicza się dla pory dziennej i nocnej, z uwzględnieniem ewentualnych scenariuszy (wariantów) eksploatacji przedsięwzięcia. Wyniki przedstawia się w postaci izolacji równoważnego poziomu dźwięku o wartościach odpowiadających poziomom dopuszczalnym dla różnych rodzajów terenów położonych wokół portu lotniczego. Jeżeli pomimo podjętych działań ograniczających emisję hałasu, standardy akustyczne w środowisku nie będą zachowane na terenach wymagających ochrony akustycznej, wtedy zachodzą przesłanki, o których mowa w rozdz. 1 niniejszego opracowania i wprowadza się OOU. Granicę obszaru ograniczonego użytkowania (oraz granice ewentualnych stref → rozdz. 4.1 niniejszego opracowania) wyznacza się jako obwiednię (obrys zewnętrzny) wszystkich izolacji o wartościach dopuszczalnych, właściwych dla sposobów zagospodarowania i wykorzystania terenów w zasięgu hałasu.

Dla przykładu założmy, że wokół lotniska położone są tereny o jednolitym sposobie zagospodarowania. Wtedy zasięg hałasu wyznaczają tylko dwie izolacje o wartościach dopuszczalnych (pora dzienna i nocna), każda dla wyróżnionego wariantu eksploatacji przedsięwzięcia. Niech wartości dopuszczalne wynoszą $L^*_{Aeq, D/N} = 60 / 50$ dB, odpowiednio, dla pory dziennej i nocnej (Tabela 2, poz. 2 w rozporządzeniu

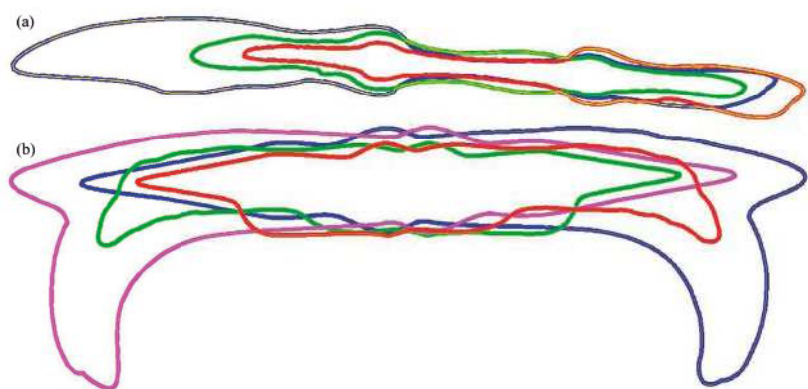
Rysunek 15

Zasięg hałasu lotniczego wyznaczony przez izolacje $L^*_{Aeq, N} = 48, 50$ i 52 dB



Rysunek 16

Zasięgi hałasu w zależności od wariantu operacyjnego lotniska (dominującego kierunku operacji lotniczych), w porze dziennej (kolory czerwony i zielony) i nocnej (kolor niebieski i fioletowy). Obwiednia wariantów (kolor żółty) wyznacza granicę OOU



o dopuszczalnych poziomach hałasu^[3]). Na Rysunku 16a pokazano port lotniczy z dwoma wariantami eksploatacji w porze dziennej (wschodni izolacja czerwona i zachodni izolacja zielona), które różnią się liczbą operacji w danym kierunku, zależnie od dominującego kierunku wiatru. Tylko po stronie zachodniej granica OOU (żółta linia) pokrywa się z zasięgiem hałasu dla pory nocnej (izolacja niebieska, bez wyróżniania wariantów). W drugim przykładzie, na Rysunku 16b, sytuacja jest mniej skomplikowana. Ze względu na większy zasięg hałasu w porze nocnej (wariant wschodni izolacja niebieska, wariant zachodni izolacja fioletowa), granice OOU (żółta linia) będą zdeterminowane przez zasięg hałasu dla tej pory doby, za wyjątkiem małego fragmentu w części środkowej po stronie południowej.

Wyznaczenie obwiedni oznacza, że OOU obejmuje obszar potencjalnego oddziaływania we wszystkich analizowanych scenariuszach (wariantach) eksploatacji lotniska. Dlatego może się zdarzyć, że zasięg oddziaływania akustycznego portu lotniczego w żadnej dobie roku nie będzie pokrywał się z granicami OOU (będzie mniejszy). Oznacza to, że wewnątrz OOU wystąpią takie obszary, w których nie ma przekroczeń wartości dopuszczalnych, ani w porze dziennej, ani w porze nocnej (pomimo, że punkt leży w granicach OOU). Nie powinna się zdarzyć sytuacja odwrotna, w której dla danej doby zasięg hałasu przekracza granice OOU. Oznaczałoby to, że OOU jest zbyt mały i wymaga korekty. Zmiana granic OOU może być skutkiem analizy porealizacyjnej lub przeglądu ekologicznego.^[7]

Zauważmy, że w obydwóch przypadkach zasięg hałasu w porze nocnej jest większy niż w porze dziennej, co jest sytuacją typową. Dlaczego tak się dzieje? Przy założeniu, że średni hałas pojedynczej operacji lotniczej w porze dziennej i nocnej jest w wybranym punkcie taki sam ($L_{AE,śr,D} \approx L_{AE,śr,N}$), że wzoru nr 3 otrzymamy, że

$$(L_{AeqD}^* - L_{AeqN}^*) = 10 \times \log \left(\frac{T_N}{T_D} \right) = 10 \times \log \left(\frac{n_D}{n_N} \right) \quad [5]$$

Przy obowiązującej obecnie^[3] różnicy wartości dopuszczalnych ($L_{Aeq,D}^* - L_{Aeq,N}^* = 10$ dB) oraz różnicy czasów oceny ($-10 \times \log(T_N/T_D) = +3$ dB), z powyższego równania wynika, że zasięg hałasu w porze dziennej będzie większy niż w porze nocnej tylko wtedy, gdy w dzień będzie co najmniej 20 razy więcej operacji lotniczych, $n_D \geq 20 n_N$.

Większy zasięg hałasu w porze dziennej tylko na wybranych kierunkach (np. po stronie wschodniej na Rysunku 16a) oznacza, że powyższy warunek jest spełniony tylko lokalnie, dla wybranych tras operacji lotniczych (Rysunek 11).

Z powyższego przykładu wynika ponadto, że poziom hałasu na granicy OOU jest równy wartości dopuszczalnej tylko dla jednego wskaźnika oceny hałasu i tylko w jednym wariancie eksploatacji przedsięwzięcia. Dlatego ustalenie poziomu hałasu na granicy OOU jest możliwe jedynie poprzez porównanie przebiegu OOU z poszczególnymi izoliniami. Poziomu hałasu na granicy OOU należy określać dla każdego punktu oddzielnie, gdyż jak wynika z przykładu na Rysunku 16 w każdym punkcie obwiednię może wyznaczać inna izolinia. Z rozważanego przykładu wynika, że na granicy OOU poziom hałasu wynosi albo 60 dB w porze dziennej, albo 50 dB w porze nocnej. Na Rysunku 16b jest tylko kilka punktów na granicy OOU, w których występują obydwa te poziomy. Punkty te leżą na przecięciu izolinii dla pory nocnej i dziennej (w tym samym wariancie eksploatacji), przy czym jednocześnie punkty te są w danym kierunku najbardziej oddalone od źródła hałasu (w przeciwnym przypadku nie leżałyby na obwiedni).



4.1 Strefy w OOU

Obszar ograniczonego użytkowania zwykle podzielony jest na strefy, wprowadzane z różnych przyczyn, które mogą wystąpić oddzielnie lub jednocześnie:

- wokół portu lotniczego zlokalizowane są tereny o różnym sposobie zagospodarowania i różnych wartościach dopuszczalnych (Tabela 2 w rozporządzeniu o dopuszczalnych poziomach hałasu^[3], poz. 1 i 2),
- w związku eksploatacją lotniska, oprócz hałasu lotniczego, do środowiska emitowany jest hałas „pozostałych obiektów i działalności będącej źródłem hałasu”, tj. hałas ze wszystkich źródeł poza operacjami lotniczymi, w tym hałas samolotów na płytach postojowych (Tabela 1 w rozporządzeniu o dopuszczalnych poziomach hałasu^[3]),
- wysoki poziom emisji hałasu do środowiska, powodujący dużą rozpiętość poziomów hałasu w OOU i wynikające z tego inne wymagane rozwiązania techniczne lub organizacyjne.

Granice każdej ze stref wyznacza się oddzielnie. Dla przypadków (a) i (b) na podstawie obwiedni izolinii poziomu hałasu o wartościach dopuszczalnych, a w przypadku (c) w przedziałach co 5 dB, wg procedury z poprzedniego rozdziału. W każdej ze stref mogą obowiązywać inne ograniczenia w zakresie: przeznaczenia terenu, wymagań technicznych dotyczących budynków oraz sposobu korzystania z terenów (art. 135 ust. 3a POŚ).

Ze względu na rodzaj terenu, dla hałasu lotniczego obowiązują dwie wartości dopuszczalne (Tabela 2 w rozporządzeniu o dopuszczalnych poziomach hałasu^[3]). Wtedy powstaje OOU o dwóch strefach:

- strefa „zewnątrzna”, ograniczona od zewnątrz granicą obszaru ograniczonego użytkowania, wyznaczoną przez obwiednię izolinii $L_{Aeq,D/N}^* = 55 / 45$ dB, wymaganych dla terenów o podwyższonych standardach akustycznych (Tabela 2, poz. 1 w rozporządzeniu o dopuszczalnych poziomach hałasu^[3]) oraz od wewnątrz obwiednią izolinii, $L_{Aeq,D/N}^* = 60 / 50$ dB, wymaganej dla terenów o standardowych wymaganiach akustycznych (Tabela 2, poz. 2 w rozporządzeniu o dopuszczalnych poziomach hałasu^[3]),

- strefa „wewnętrzna”, ograniczona od zewnątrz obwiednią izolinii $L_{Aeq,D/N}^* = 60 / 50$ dB (granica wewnętrzna strefy „zewnątrznej”), a od wewnątrz granicą terenu lotniska.

Ze względu na różne dopuszczalne wartości poziomu hałasu dla poszczególnych rodzajów terenu, należy zauważyć, że ograniczenia i wymagania w strefie „zewnątrznej” dotyczą tylko i wyłącznie terenów o podwyższonych wymaganiach akustycznych. Z tego wynika, że dla terenów wymienionych w Tabeli 2, poz. 2a : 2d w rozporządzeniu o dopuszczalnych poziomach hałasu^[3], które leżą w strefie „zewnątrznej”, pomimo formalnej lokalizacji w OOU, nie zachodzą przesłanki do stosowania art. 136 ust. 1 i ust. 3 ustawy POŚ, gdyż nie ma żadnych ograniczeń dla sposobu korzystania ze środowiska oraz nie stawia się dodatkowych wymagań technicznych dla budynków. Wynika to z tego, że w tym obszarze dla tych rodzajów terenów hałas emitowany z lotniska do środowiska nie przekracza dopuszczalnych standardów.

4.2 Jak wyznaczyć poziom hałasu w OOU?

Na potrzeby postępowania odszkodowawczego (art. 136 POŚ) niezbędne jest ustalenie poziomu hałasu na posesji zlokalizowanej w OOU. Zwykle nie dysponujemy modelem akustycznym portu lotniczego, który pozwoliłby na obliczenie poziomu hałasu w wybranym punkcie (rozd. 3 niniejszego opracowania). Z powodów, które wyjaśniono na końcu rozdz. 4 w celu wyznaczenia poziomu hałasu nie można opierać się tylko na mapie przedstawiającej granice stref OOU. Trzeba w tym celu wykorzystać izolinie dopuszczalnego poziomu dźwięku dla pory dziennej i nocnej, dostępne w dokumentacji środowiskowej (w raporcie oddziaływania, przeglądzie ekologicznym, itp.). W przypadku wariantów eksploatacji lotniska (Rysunek 16) należy wybrać te pary izolinii, które charakteryzują się większym zasięgiem w otoczeniu badanej posesji, czyli wskazują na wyższe poziomy hałasu. Wtedy do wyznaczenia poziomu hałasu można wykorzystać metodę interpolacji, w najprostszym przypadku liniowej. Do tego bezwzględnie konieczna jest znajomość poziomu hałasu w co najmniej dwóch punktach

leżących na prostej zawierającej badaną lokalizację. Ze względu na charakterystyczny dla hałasu lotniczego „niejednorodny” spadek hałasu w różnych kierunkach względem osi DS, interpolacja powinna być wykonana w dwóch kierunkach (wzdłuż osi DS i prostopadłym do niej). Z przykładu pokazanego na Rysunku 17 wynika, że spadek hałasu o 5 dB w kierunku osi DS odbywa się na drodze 980 m, a w kierunku prostopadłym do osi DS znacznie szybciej, na odcinku od długości 175 m. Aby uwzględnić tę niejednorodność (patrz też Rysunki 13 : 15) należy zastosować wspomnianą powyżej interpolację dwustopniową. Jeśli badany punkt leży poza izoliniami, wtedy konieczna jest ekstrapolacja poziomu dźwięku.

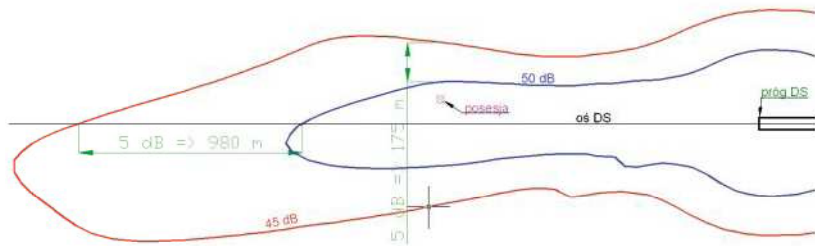
Poniżej podano algorytm procedury interpolacji dwustopniowej, korzystając z przykładowych danych pokazanych na Rysunkach 17 i 18.

Metoda interpolacji (lub ekstrapolacji) poziomu hałasu w OOU:

- Dla izolinių poziomów hałasu o wartościach dopuszczalnych dla danej pory doby wyznaczyć gradient (g_1) spadku poziomu hałasu (w dB/km) wzdłuż osi DS (Rysunek 17);
- Wyznaczyć położenie rzutu prostopadłego punktu P (posesja) na oś DS (punkt P' na Rysunek 18), a następnie wyznaczyć odległość (d_1) od punktu P' do najbliższej izolinių (w której wnętrzu leży posesja) w kierunku osi DS;
- Na podstawie g_1 i d_1 obliczyć (interpolować lub ekstrapolować) poziom hałasu w punkcie P' , $L(P')$;
- Wyznaczyć odległość (D) punktu P' od najbliższej izolinių (w której wnętrzu leży posesja) w kierunku prostopadłym do osi DS.
- Znając odległość D obliczyć gradient (g_2) spadku poziomu hałasu (w dB/km) w kierunku prostopadłym do osi DS i przechodzącym przez posesję, przyjmując za punkt wyjścia poziom dźwięku $L(P')$;
- Wyznaczyć odległość (d_2) punktu P' od posesji (punkt P).
- Na podstawie g_2 i d_2 obliczyć (interpolować lub ekstrapolować) poziom hałasu na posesji, $L_{Aeq}(P)$, przyjmując za punkt wyjścia poziom dźwięku $L(P')$ w punkcie P' .

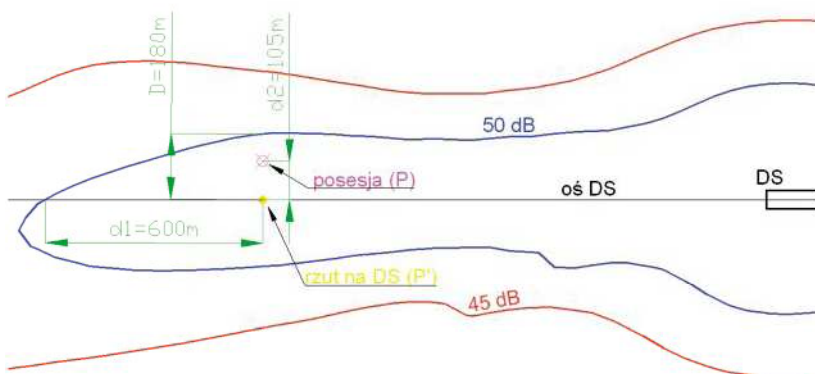
Rysunek 17

Charakterystyczna dla rozkładu hałasu lotniczego różna odległość pomiędzy izoliniami wartości dopuszczalnych w kierunku osi DS i w kierunku prostopadłym (przykład dla pory nocnej, izolinių 45 dB i 50 dB)



Rysunek 18

Odległość posesji od osi DS oraz od izolinių poziomu hałasu w kierunku osi DS i w kierunku prostopadłym



Stosując powyższą procedurę, w przykładzie z Rysunków 17 i 18 otrzymamy:

- $g_1 = 5/0,980 = 5,1$ dB/km
- $d_1 = 600\text{ m} = 0,6$ km
- $L(P') = 50 + g_1 \times d_1 = 53,1$ dB
- $D = 180\text{ m} = 0,18$ km
- $g_2 = (53,1 - 50,0) / 0,18 = 17,0$ dB/km
- $d_2 = 105\text{ m} = 0,105$ km
- $L_{Aeq}(P) = 53,1 + g_2 \times d_2 = 51,3$ dB

Interpolowany poziom hałasu w porze nocnej wynosi $L_{AeqN} = 51,3$ dB. Ze względu na szacunkowy charakter obliczeń, wyniki należy zaokrąglić do wartości całkowitej, a stosując zasadę przezorności w górę. Zatem ostatecznie otrzymujemy 52 dB. Dokładna wartość w tym punkcie, obliczona w modelu akustycznym lotniska (w programie INM), wynosi 52,2 dB, co oznacza że w tym przypadku metoda daje bardzo dobrą zgodność.

Ze względu na typowe, większe spadki poziomu hałasu w kierunku prostopadłym do osi DS, $g_2 \gg g_1$, prostsza metoda obliczeń, oparta tylko

o interpolację w jednym kierunku prostopadłym do osi DS., zawyża poziom hałasu tym bardziej im bliżej osi DS leży posesja. Wady tej nie ma metoda przedstawiona powyżej.

W bardziej skomplikowanych przypadkach, ze względu na nieliniowe zależności poziomu dźwięku od parametrów fizycznych, dokładniejsze wyniki interpolacji uzyskamy stosując logarymiczną zależność od odległości. Takie podejście jest stosowane m.in. w metodyce referencyjnej^[12] do wyznaczenia krzywych NPD z pomiarów w standardowych odległościach od toru lotu.



6. Poziom hałasu na elewacji a poziom hałasu wewnątrz pomieszczeń

W uchwałach wprowadzających OOU, w odniesieniu do wymagań technicznych dla istniejących budynków (wymóg art. 135 ust. 3a POŚ) zwykle pojawia się zapis postaci: „Zapewnienie właściwego klimatu akustycznego w budynkach z pomieszczeniami wymagającym ochrony akustycznej, poprzez stosowanie przegród budowlanych o odpowiedniej izolacyjności akustycznej”, co ma rekompensować brak możliwości zachowania standardów akustycznych w środowisku. Innymi słowy, OOU wprowadza się w celu zachowania standardów akustycznych przynajmniej wewnątrz pomieszczeń. W świetle obowiązujących przepisów, zapewnienie komfortu akustycznego wewnątrz pomieszczeń powinno być realizowane dwutorowo, przez:

- zapewnienie wymaganej izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych i zewnętrznych,
- spełnienie wymagań normowych w zakresie dopuszczalnego poziomu hałasu w pomieszczeniach,

ale zwykle jest realizowane tylko poprzez pierwszą z ww. ścieżek. Podejście to jest oparte o polską normę PN-B-02151-3:1999^[8], przywołaną w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki ...”. Izolacyjność akustyczną przegrody dobiera się w zależności od poziomu hałasu na elewacji (poziom miarodajny), rodzaju pomieszczenia oraz powierzchni okien w ścianie. Niestety, nawet prawidłowy dobór izolacyjności nie zawsze gwarantuje warunki komfortu akustycznego określone w polskiej normie PN-B-02151-02:1987^[13], również przywołanej w ww. rozporządzeniu. Ta rozbieżność wynika m.in. z tego, że pomimo oparcia wymagań o równoważne poziomy dźwięku, obydwie normy odnoszą ten poziom do różnych przedziałów oceny:

- norma PN-B-02151-3:1999 dla hałasu lotniczego przedziały oceny takie jak w środowisku 16 godzin dnia i 8 godzin nocy (pomijamy tu kryterium oparte o poziom maksymalny, z powodów podanych w rozdz. 2.2 niniejszego opracowania, ale przede wszystkim z powodu braku danych w perspektywie jak wymaga norma najbliższych 5 lat),

- norma PN-B-02151-02:1987 najmniej korzystne 8 godzin pory dziennej i najmniej korzystne pół godziny w nocy.

W pierwszym przypadku, ze względu na zbieżność przedziałów oceny, poziom hałasu w środowisku, wyznaczony na elewacji budynku np. według procedury przedstawionej w rozdz. 5, jest poziomem miarodajnym.

W drugim przypadku, aby uzyskać poziom równoważny dla przedziałów odpowiednio 8 godzin dnia i 0,5 godziny nocy na podstawie poziomu hałasu w środowisku, w najprostszym przypadku wystarczy dysponować natężeniem ruchu operacji lotniczych. Przy założeniu porównywalnej wartości średniego poziomu ekspozycji hałasu w krótszym i dłuższym przedziale oceny (ta sama flota) otrzymujemy, że

$$L_{Aeq}(T_2) = L_{Aeq}(T_1) + 10 \times \log\left(\frac{n_2}{n_1}\right) + 10 \times \log\left(\frac{T_1}{T_2}\right),$$

gdzie indeks „1” oznacza dłuższy, a indeks „2” krótszy czas oceny, przy czym poziom $L_{Aeq}(T)$ wyznacza się według procedury przedstawionej w rozdz. 5 lub oblicza ze wzoru nr 3. Ze wzoru nr 6 otrzymujemy, że przy $n_1 = 8$ operacji poziom równoważny w czasie $T_1 = 8$ godzin nocy będzie mniejszy od poziomu hałasu dla $T_2 = 0,5$ najmniej korzystnej godziny nocy o liczbie operacji $n_2 = 1, 2, 3$, odpowiednio o: 3, 6 i 7,8 dB.

7. Podsumowanie

W artykule wyjaśniono podstawowe zależności wiążące wskaźniki oceny hałasu w środowisku, stosowane do opisu hałasu lotniczego, metody ich wyznaczania oraz obliczania. Wyjaśniono jak powstaje obszar ograniczonego użytkowania (OOU) oraz jak wyznacza się poziom hałasu wewnątrz tego obszaru, korzystając z interpolacji liniowej. Następnie powiązано poziom hałasu w środowisku z warunkami akustycznymi w pomieszczeniach. Zagadnienie omówiono w odniesieniu do obowiązujących aktów prawnych w zakresie ochrony środowiska przed hałasem.

Na zakończenie warto postawić pytanie, czy w odniesieniu do istniejących budynków określenie „obszar ograniczonego użytkowania” jest trafne? W porównaniu do tysięcy budynków narażonych na ponadnormatywne oddziaływanie innych źródeł hałasu, zabudowę mieszkaniową zlokalizowaną w granicach OOU można w pewnym sensie uznać za uprzywilejowaną. Bowiernie tylko w tym przypadku ustawa Prawo Ochrony Środowiska wskazuje bezpośrednio na możliwość uzyskania odszkodowania.



Bibliografia

1. *Galuszka M., 2014, Krótko- i długookresowe wskaźniki oceny hałasu lotniczego, rozprawa doktorska Instytut Akustyki, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań.*
2. *Makarewicz R., 1996, Hałas w Środowisku, Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań.*
3. *Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. z 2013r., poz. 112).*
4. *Rakoczy B., 2011, Obszar ograniczonego użytkowania w prawie polskim., Polska.*
5. *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem (Dz.U. nr 140, poz. 824; zał. nr 1 i zał. nr 2).*
6. *Rudno-Rudzińska B., 2013, Aircraft noise evaluation criteria for determining airborne sound insulation of external walls of buildings, XVI Międzynarodowa Konferencja Zwalczenia Hałasu „Noise Control 2013”, Ryn, 2013.*
7. *Ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001r. (tekst jednolity w Dz.U. z 2013r., poz. 1232 z późniejszymi zmianami).*
8. *PN-B-02151-3:styczeń 1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania, PKN, 1999.*
9. *PN-EN 61672-1:kwiecień 2005 Elektroakustyka. Mierniki poziomu dźwięku. Część 1: Wymagania, PKN, 2005.*
10. *PN-ISO 1996-1:grudzień 2006. Akustyka. Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego. Część 1: Wielkości podstawowe i procedury oceny, PKN, 2006.*
11. *European Environmental Agency Technical Report No 11/2010, Good practice guide on noise exposure and potential health effects, EEA, Copenhagen, 2010.*
12. *ECAC.CEAC.Doc. 29 3rd ed. (tom 1 i 2), Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports”, oparty o ICAO Circular 205-AN/1/25 „Recommended Method for Computing Noise Contours around Airports”.*
13. *PN-B-02151-02:1987 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach, PKN, 1987.*

THE LEVEL OF NOISE IN THE LIMITED USE AREA AROUND THE AIRPORT

Summary

So far, all limited use areas (LUAs) have been established because of the violation of acoustic standards in the environment. This is why acoustic standards are an important factor in the establishment of the amount of compensation. Therefore, the aim of the paper is to present main issues connected with the evaluation of noise in the environment, which is necessary to understand the construction of LUAs. The indicators of noise evaluation have been discussed, relations between them have been shown, and the specific way of establishing them with regard to aircraft noise has been examined. The impact of the fundamental value in the evaluation of noise – the noise of a single aircraft operation and the number of these operations – on the acoustic conditions around an airport has been discussed. A method of establishing a LUA on the basis of the noise isoline and a simple algorithm of the interpolation of a sound level between these isolines – which is important for determining the required acoustic resistance or acoustic conditions inside rooms – have been presented.

Key words

aircraft noise, limited use area, noise measurement

JEL Classification

R19, R29, R39