

# WYMAGANIA W ZAKRESIE IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH W BUDYNKACH W ŚWIETLE NORMY PN-B-02151-3:2015-10. STUDIUM PRZYPADKU – HAŁAS LOTNICZY



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



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



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

## Streszczenie

Zabezpieczenie pomieszczeń w budynkach przed przenikaniem hałasu od operacji lotniczych stanowi ważny element rewitalizacji budynków na terenach narażonych na oddziaływanie hałasu lotniczego. Celem artykułu jest przedstawienie wymagań w odniesieniu do izolacyjności akustycznej fasad na gruncie znowelizowanej w październiku 2015r. Polskiej Normy PN-B-02151-3. Omówiono podstawowe wskaźniki hałasu oraz oceny izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych, przedstawiono analizę metodyki wyznaczania miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego. Wyznaczono wymagane izolacyjności akustyczne przegród zewnętrznych w przykładowym budynku zlokalizowanym w bezpośrednim sąsiedztwie portu lotniczego. Uzyskane wyniki porównano z wartościami uzyskiwanymi zgodnie z metodyką poprzedniego wydania Normy (PN-B-02151-3:1999).

## Słowa kluczowe

hałas lotniczy, izolacyjność akustyczna, pomiar hałasu

## 1. Wstęp

W październiku 2015r. Polski Komitet Normalizacji wprowadził nowe wydanie normy PN-B-02151-3:2015 [1]. Wydanie to wprowadza istotne zmiany w sposobie określania wymagań w zakresie izolacyjności akustycznej przegród budowlanych wewnętrznych i zewnętrznych. Zmiany te podyktowane były następującymi przesłankami wynikającymi z treści poprzednio obowiązującej normy PN-B-02151-3:1999 [2] oraz praktyki jej stosowania:

- zbyt niskie wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród budowlanych;
- zbyt ogólny i mało dokładny sposób wyznaczania izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych;
- zbyt ogólne i mało dokładne sformułowania w zakresie pomiarowej weryfikacji izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych oraz stosowanej metodyki pomiarowej;
- nieaktualne powołania normatywne oraz konieczność poprawek terminologicznych.

Norma PN-B-02151-3 nie obejmuje pomieszczeń specjalnych, dla których wymagania akustyczne należy określać indywidualnie z uwzględnieniem ich funkcji. Są to takie budynki jak: szkoły muzyczne, rozgłośnie radiowe i telewizyjne, laboratoria akustyczne, obiekty teatralne, kinowe, sale koncertowe, itp.

W chwili obecnej procedowana jest aktualizacja rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie trwają konsultacje publiczne. Obecne brzmienie projektu tego rozporządzenia uwzględnia zmianę powołania normatywnego na nowe wydanie Normy PN-B-02151-3:2015-10. Należy zatem oczekiwać, że najbliższa aktualizacja Rozporządzenia spodziewana jeszcze w tym roku będzie zawierała odwołanie do nowego wydania tej normy uzyska ono zatem status obowiązującego w ramach ustawy Prawo Budowlane.

Jednocześnie dwunastomiesięczne doświadczenie w projektowaniu po wprowadzeniu nowelizacji normy, umożliwi przedstawienie studium przypadku dla różnych aspektów objętych nowelizacją, w szczególności w odniesieniu do hałasu lotniczego.

## 2. Miarodajny poziom hałasu zewnętrznego

Wymaganą izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych określa się odmiennie niż dla przegród wewnętrznych. W tym drugim przypadku wymagania są liczbowo ściśle zdefiniowane dla określonych funkcji wewnątrz norma PN-B-02151-3 definiuje wymagane wartości jednoliczbowych wskaźników oceny izolacyjności akustycznej.

Dla przegród zewnętrznych wymagania izolacyjności akustycznej jest zależna od tzw. *miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego*  $L_M$ , występującego w środowisku, w pobliżu analizowanej części fasady budynku. Hałas ten wyrażony jest przez długookresowy poziom dźwięku  $A$ , wyznaczony oddzielnie dla pory dnia i pory nocy.

Przy ocenie miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego ( $L_M$ ) należy uwzględnić wszystkie charakterystyczne dla danego terenu źródła hałasu z wyłączeniem incydentalnego hałasu powstającego np. w sytuacjach zagrożeń, podczas imprez masowych lub hałasu od prowadzonych prac budowlanych.

Jako porę dnia przyjmuje się okres od godziny 6:00 do godziny 22:00 a jako porę nocy okres od godziny 22:00 do godziny 6:00.

Należy zwrócić uwagę, że miarodajny poziom hałasu zewnętrznego może być zróżnicowany dla różnych fasad budynku ze względu na inną emisję hałasu środowiskowego spowodowaną takimi czynnikami jak np.: usytuowanie budynku względem źródła hałasu, duża powierzchnia użytkowa budynku, występowanie kierunkowych źródeł hałasu środowiskowego (np. hałas od dróg, operacji lotniczych, itp.), ekranowanie hałasu przez konstrukcję budynku, występowanie odbić dźwięku w strukturze urbanistycznej, itp.

Miarodajny poziom hałasu zewnętrznego jest zawsze charakterystyczny dla lokalizacji budynku. W przypadku korzystania z dostępnych wyników pomiarów hałasu w środowisku (np. pomiarów wykonanych w ramach ciągłego lub okresowego monitoringu hałasu) lub map zasięgu hałasu należy zwrócić szczególną uwagę na odpowiednie przeliczenie wartości z dostępnych pomiarów lub analiz akustycznych z uwzględnieniem: czasu oceny, lokalizacji analizowanego budynku oraz lokalizacji punktów pomiarowych, wielkości fizycznej na podstawie której określa się  $L_M$  (np.  $L_{A,max}$ ,  $L_{Aeq}$ ,  $L_{DWN}$ ,  $L_N$ , itp.), warunków propagacji dźwięku, itp. W szczególności, w przypadku oceny  $L_M$  na podstawie obliczeń, zalecane jest wykonanie kalibracyjnych lub walidacyjnych pomiarów hałasu w lokalizacji analizowanego budynku co pozwala na dokładniejsze odwzorowanie wyników modelu obliczeniowego.

Metodyka wyznaczania poziomów hałasu oparta na interpolacji dwustopniowej została przedstawiona w artykule *Poziom hałasu w obszarze ograniczonego użytkowania wokół portu lotniczego*[3]. W celu wyznaczenia miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego dla pory dnia należy korzystać z izolinii wskaźnika  $L_{DWN}$  lub  $L_D$  dla hałasu lotniczego, zaś w przypadku wyznaczania miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego dla pory nocy należy korzystać z izolinii  $L_N$  dla hałasu lotniczego. Należy pamiętać, że izolinie  $L_{DWN}$ ,  $L_D$  lub  $L_N$  nie są najczęściej tożsame z granicami Obszarów Ograniczonego Użytkowania [3]!

### 2.1. Hałas od komunikacji drogowej i szynowej

W tym przypadku jako  $L_M$  (miarodajny poziom hałasu zewnętrznego) przyjmuje się:

- dla pory dnia długookresowy, równoważny poziom dźwięku  $L_{A,eq,D}$  wyznaczony dla 16 godzin dnia z uwzględnieniem wszystkich dni w roku;
- dla pory nocy długookresowy, równoważny poziom dźwięku  $L_{A,eq,N}$  wyznaczony dla 8 godzin nocy z uwzględnieniem wszystkich nocy w roku.

Do obliczania długookresowego równoważnego poziomu dźwięku  $A$  ( $L_{A,eq,D}$ ) wykorzystuje się wyniki monitoringowych, ciągłych pomiarów hałasu lub wyniki analiz długookresowych, takich jak mapy zasięgu hałasu, obliczenia modelowe uzupełnione o pomiary kalibracyjne lub walidacyjne, itp.

W przypadku korzystania z danych zawartych w mapach akustycznych, dostępne są zasięgi hałasu w formie długookresowych wskaźników  $L_{DWN}$  i  $L_N$ .

Na tej podstawie, korzystając z parametrycznego równania [1]:

$$L_{A,eq,D} = L_{DWN} - 10 \lg(3 - 10 \cdot 10^{-0,1Y}) - a + b \quad (1);$$

można wyznaczyć wartości  $L_{A,eq,D}$ , przy czym:

$$a = 10 \lg \left( \frac{3 + 10^{-0,1X} \sqrt{10}}{2} \right) ; \quad b = 10 \lg \left( \frac{3 + 10^{-0,1X}}{4} \right) ;$$

oraz

$$X = L_D - L_W ; \quad Y = L_{DWN} - L_N ;$$

gdzie:  $\Delta = -10 \lg(3 - 10 \cdot 10^{-0,1Y}) + a - b$  oraz  $L_D$  oznacza średni długookresowy (dla 1 roku) poziom dźwięku dla pory dnia pomiędzy godziną 6:00 a 18:00 i  $L_W$  oznacza średni długookresowy (dla 1 roku) poziom dźwięku dla pory wieczoru pomiędzy godziną 18:00 a 22:00.

W uproszczonej postaci:

$$L_{A,eq,D} = L_{DWN} - \Delta \quad (2).$$

Do wyznaczenia przedstawioną powyżej metodą  $L_{Aeq,D}$  w oparciu o znane wartości  $L_{DWN}$  i  $L_N$  konieczne jest oszacowanie różnicy  $X = L_D - L_W$  a następnie odczytanie z właściwego wykresu na Rysunku 1 odpowiedniej wartości  $\Delta$  i podstawienie do równania (2).

Wartość różnicy  $X = L_D - L_W$  zależna jest od różnic natężenia ruchu w porze dnia (pomiędzy godziną 6:00 a 18:00) i wieczoru (pomiędzy 18:00 a 22:00). Dla dróg i torowisk o średnim i dużym natężeniu ruchu w godzinach pomiędzy 6:00 a 22:00, można przyjąć  $X \approx 0 : 1 \text{ dB}$ . Dla dróg i torowisk o niewielkim natężeniu ruchu wartość  $X$  należy określić indywidualnie w zależności od struktury ruchu samochodowego (szynowego) w okresie 1 roku.

Wartość wskaźnika  $L_{A,eq,N}$  można odczytać bezpośrednio z mapy akustycznej z uwzględnieniem różnic w lokalizacji budynku oraz dostępnych w mapie akustycznej punktów oceny hałasu.

## 2.2. Hałas od operacji lotniczych

Dla lotnisk cywilnych z łączną liczbą operacji lotniczych w ciągu roku przekraczającą 3000 (przyłot i odlot jest liczony jako jedna operacja lotnicza) miarodajny poziom hałasu zewnętrznego określa się z uwzględnieniem odrębnie wszystkich dni i nocy w roku.

Dla pozostałych lotnisk i lądowisk cywilnych oraz lotnisk i lądowisk wojskowych z uwzględnieniem odrębnie

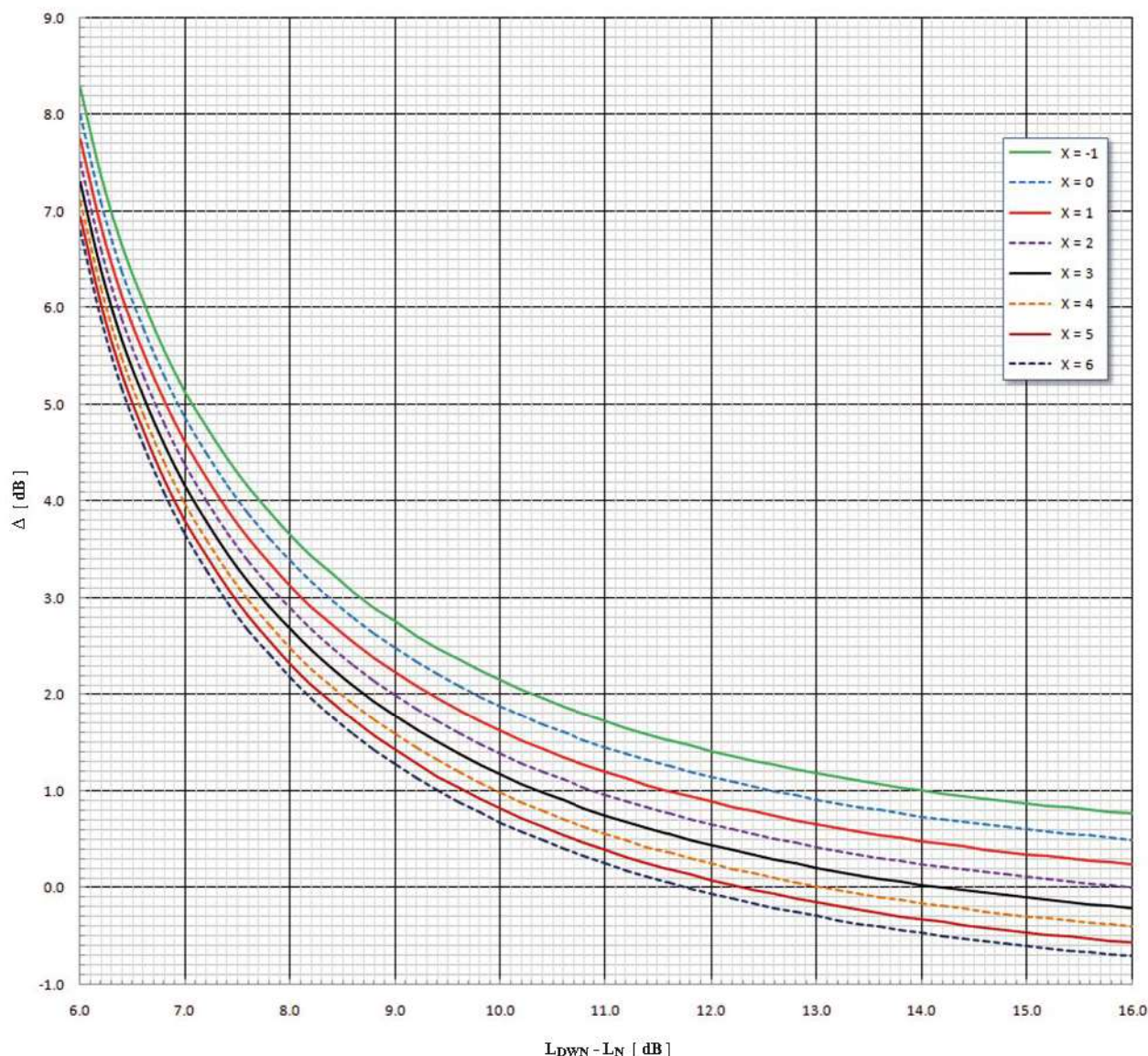
wszystkich dni i nocy w trzech kolejnych miesiącach roku o największej liczbie operacji lotniczych.

### 2.2.1. Poradnia

Jako miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dla pory dnia należy przyjąć długookresowy równoważny poziom dźwięku A ( $L_{Aeq,D}$ ), wyznaczony dla 16 godzin dnia, z uwzględnieniem wszystkich dni w okresie 1 roku lub trzech najmniej korzystnych miesięcy roku. Wyznaczanie wskaźnika  $L_{Aeq,D}$  odbywa się podobnie jak dla innych źródeł hałasu (por. pkt 2.1) w oparciu o bezpośrednie pomiary monitoringowe lub na podstawie map akustycznych i innych analiz zawierających zasięgi hałasu lotniczego.

**Rysunek 1**

Zależność składnika  $\Delta$  w równaniu (2) od różnicy  $Y = L_{DWN} - L_N$  dla najczęściej spotykanych wartości  $X = L_D - L_W$



Wartość różnicy  $X = L_D - L_W$  dla hałasu lotniczego zależy od różnic natężenia i struktury ruchu lotniczego w porze dnia (pomiędzy godziną 6:00 a 18:00) i wieczoru (pomiędzy 18:00 a 22:00). Dla lotnisk o średnim i dużym natężeniu ruchu (np. Lotnisko im. Chopina), można przyjąć  $X \approx 0$ . Dla lotnisk o niewielkim natężeniu ruchu, wartość  $X$  należy określić indywidualnie w zależności od struktury ruchu lotniczego i operujących na danym lotnisku typów statków powietrznych z uwzględnieniem wszystkich dni w roku.

### 2.2.2. Pora nocy

Jako miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dla pory nocy należy przyjąć:

- długookresowy równoważny poziom dźwięku  $A$ , wyznaczony dla 8 godzin nocy z uwzględnieniem wszystkich nocy w okresie 1 roku lub trzech najmniej korzystnych miesięcy roku w przypadku gdy średnia liczba operacji w ciągu nocy wynosi  $N < 3$ , lub (w przypadku gdy  $N \geq 3$  ale w danym punkcie nie występują w ciągu roku żadne operacje lotnicze o poziomie dźwięku  $L_{A,max,F} \geq 70$  dB);
- długookresowy średni maksymalny poziom dźwięku  $A$  w okresie 1 roku lub trzech najmniej korzystnych miesięcy roku w przypadku gdy średnia liczba operacji w ciągu nocy w pobliżu analizowanego budynku wynosi  $N \geq 3$ .

Długookresowy średni maksymalny poziom dźwięku  $A$  określa się wg jednej z metod:

1. średnia dla wszystkich danych dostępnych w okresie oceny (1 rok lub trzy najmniej korzystne miesiące);
2. z wykorzystaniem izolinii zasięgu hałasu lotniczego uzyskanych na drodze obliczeniowej.

#### Metoda 1

Dane pozyskuje się metodą pomiarową bezpośrednią (np. w wyniku prowadzenia ciągłego monitoringu hałasu). Przy wyznaczaniu długookresowego, średniego maksymalnego poziomu dźwięku  $A$ , w przypadku, gdy średnia liczba operacji lotniczych w pobliżu analizowanego budynku wynosi  $N \geq 3$ , bierze się pod uwagę wszystkie operacje lotnicze (z uwzględnieniem wszystkich dni w roku), które powodują w danym punkcie oceny hałas o poziomie dźwięku dla pojedynczego przelotu  $L_{A,max,F} \geq 70$  dB.

W Tabeli 1 przedstawiono przykład wyboru operacji lotniczych do kryterium bezpośredniego wyznaczania  $L_{A,max,F,śr}$  dla kilku kolejnych nocy na podstawie danych z ciągłego monitoringu hałasu.

#### Metoda 2

W zależności od rodzaju i zakresu dostępnych danych wykorzystuje się bezpośrednio wskaźniki średnioroczne  $L_N$  lub wykonuje się dodatkowe obliczenia uwzględniające np. wyniki pomiarów kalibracyjnych lub walidacyjnych, położenie analizowanego budynku względem izolinii hałasu, itp.



**Tabela 1**

Przykładowe zestawienie operacji lotniczych oraz ich kwalifikacja do kryterium długookresowego średniego maksymalnego poziomu dźwięku  $A$ . Średnia liczba operacji lotniczych w analizowanym punkcie pomiarowym, z uwzględnieniem wszystkich nocy w roku, wynosi  $N = 3,72$

Data	Godzina	$L_{A,max}$ [ dB ]	Warunek $L_{A,max,F} \geq 70$ dB
2014-06-03	22:06:00	54,4	
2014-06-03	22:10:00	85,0	85,0
2014-06-03	22:31:00	56,1	
2014-06-03	22:58:00	69,8	
2014-06-04	02:32:00	83,1	83,1
2014-06-04	04:51:00	69,7	
2014-06-04	05:05:00	77,6	77,6
2014-06-04	05:08:00	76,9	76,9
2014-06-04	05:21:00	82,1	82,1
2014-06-04	05:35:00	68,7	
2014-06-04	05:57:00	85,4	85,4
2014-06-04	22:08:00	70,2	70,2
2014-06-05	00:54:00	70,4	70,4
2014-06-05	04:13:00	84,3	84,3
2014-06-05	05:02:00	79,0	79,0
2014-06-05	05:11:00	78,0	78,0
2014-06-05	05:20:00	82,4	82,4
2014-06-05	05:40:00	85,0	85,0
2014-06-05	05:46:00	85,6	85,6
2014-06-05	22:48:00	73,6	73,6
2014-06-06	05:03:00	78,6	78,6
2014-06-06	05:06:00	74,5	74,5
2014-06-06	05:25:00	70,7	70,7
2014-06-06	05:38:00	68,9	
2014-06-06	05:44:00	79,1	79,1
2014-06-06	05:47:00	81,8	81,8

Długookresowy średni maksymalny poziom dźwięku A można wyznaczyć z zależności [1]:

$$L_{A,max,N} = \frac{L_N - 10 \lg N}{0,81} + 28,6 \quad (3);$$

gdzie:

$L_{A,max,N}$  miarodajny poziom hałasu zewnętrznego uwzględniający maksymalne poziomy dźwięku A od pojedynczych operacji lotniczych w porze nocy, z uwzględnieniem przedziału czasu wynoszącego 1 rok;

$L_N$  długookresowy średni (w skali 1 roku) poziom dźwięku A, odnoszący się do pory nocy odczytany np. z mapy akustycznej, zasięgów hałasu lotniska wyznaczonych w ramach prowadzenia ciągłego monitoringu hałasu lub innej analizy obejmującej okres 1 roku;

$N$  średnia (w skali roku) liczba operacji lotniczych w porze nocy, będących źródłem hałasu w danym punkcie obserwacji (bez uwzględniania warunku  $L_{A,max,F} \geq 70 \text{ dBA}$ ).

### 2.3. Hałas od innych źródeł

Jako miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dla pory dnia przyjmuje się dzienny równoważny poziom dźwięku  $L_{Aeq,D}$  wyznaczony dla 8 kolejnych, najbardziej niekorzystnych godzin dnia pomiędzy godziną 6:00 a 22:00 z uwzględnieniem wszystkich dni w roku.

Jako miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dla pory nocy przyjmuje się nocny równoważny poziom dźwięku  $L_{Aeq,N}$  wyznaczony dla 1 najbardziej niekorzystnej godziny nocy pomiędzy godziną 22:00 a 6:00 z uwzględnieniem wszystkich dni w roku.

Do obliczania dziennego równoważnego poziomu dźwięku A ( $L_{Aeq,D}$ ) wykorzystuje się wyniki pomiarów akustycznych w środowisku lub wyniki analiz numerycznych, uzupełnione o pomiary kalibracyjne lub walidacyjne. Dodatkowo należy uwzględnić zmienność charakterystyki pracy źródła hałasu dla wszystkich dni w roku.

### 2.4. Hałas od kilku źródeł działających jednocześnie

Jeśli w pobliżu analizowanego budynku występuje hałas od kilku źródeł, to przy wyznaczaniu miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego należy uwzględnić oddziaływanie skumulowane wszystkich istotnych źródeł hałasu, np.:

$$L_{M(1+2)} = 10 \lg \left( 10^{0,1L_{Aeq,1}} + 10^{0,1L_{Aeq,2}} \right) \quad (4);$$

gdzie:

$L_{M(1+2)}$  miarodajny, równoważny poziom dźwięku A hałasu zewnętrznego pochodzącego łącznie od źródeł „1” i „2”;

$L_{Aeq,1}$  miarodajny, równoważny poziom dźwięku A hałasu zewnętrznego pochodzącego od komunikacji drogowej i/lub szynowej odnoszący się odpowiednio do pory dnia lub nocy;

$L_{Aeq,2}$  miarodajny, równoważny poziom dźwięku A hałasu zewnętrznego dla pory dnia lub nocy lub miarodajny maksymalny poziom hałasu (dla pory nocy) pochodzącego od komunikacji lotniczej.

W praktyce, w przypadku w którym wartości  $L_{Aeq,1}$  i  $L_{Aeq,2}$  różnią się o więcej niż 6 dB, wartość całkowita  $L_{M(1+2)}$  będzie większa od większej z liczb  $L_{Aeq,1}$  i  $L_{Aeq,2}$  o mniej niż 1 dB. Jeśli zaś różnica pomiędzy  $L_{Aeq,1}$  i  $L_{Aeq,2}$  przekroczy wartość 15 dB, wartość całkowita  $L_{M(1+2)}$  będzie większa od większej z liczb  $L_{Aeq,1}$  i  $L_{Aeq,2}$  o mniej niż 0,1 dB.

W przypadku równoczesnego występowania źródeł hałasu pochodzącego od komunikacji drogowej/szynowej i hałasu lotniczego  $L_{M(1+2)}$  oraz hałasu innych źródeł (dla których zgodnie z [1] należy stosować czas uśrednienia równy 8 godzinom dnia lub 1 godzinie nocy, miarodajny poziom hałasu zewnętrznego należy wyznaczyć odrębnie dla tych grup źródeł hałasu.



### 3. Wskaźniki oceny izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych w budynkach

Izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych i ich elementów wyraża się za pomocą następujących wskaźników:

- Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A1} = R_W + C$ ;
- Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A2} = R_W + C_{tr}$ ;
- Wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A1} = R'_W + C$ ;
- Wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A2} = R'_W + C_{tr}$ ;
- Projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A1,R} = R_{A1} - 2 \text{ dB}$ ;
- Projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A2,R} = R_{A2} - 2 \text{ dB}$ ;

gdzie:  $C$  oznacza widmowy wskaźnik adaptacyjny odnoszący się do widma hałasu typu 1 wg PN EN ISO 717 1: 2013 08 [4],  $C_{tr}$  widmowy wskaźnik adaptacyjny odnoszący się do widma hałasu typu 2 wg PN EN ISO 717 1: 2013 08 [4].

Wymaganą izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych określa się w oparciu o zależność [1]:

$$R'_{A2} = L_M - L_{A,W} + 10 \lg \left( \frac{S}{A} \right) + 3 \quad (5);$$

gdzie:

$R'_{A2}$  wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody zewnętrznej;

$L_M$  miarodajny poziom hałasu zewnętrznego (wartość zaokrąglona do pełnych dB);

$L_{A,W}$  poziom odniesienia do obliczenia izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej wg Tabeli 3 (dla miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego wyrażonego przez równoważny poziom dźwięku A) lub wg Tabeli 4 (dla miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego wyrażonego przez średni maksymalny poziom dźwięku A);

**S** pole powierzchni rzutu przegrody zewnętrznej na płaszczyznę fasady lub dachu widzianej od strony pomieszczenia;

**A** chłonność akustyczna pomieszczenia w oktawowym paśmie częstotliwości dźwięku o częstotliwości środkowej  $f = 500 \text{ Hz}$  bez wyposażenia pomieszczenia i bez obecności użytkowników;

przy czym:

$$A = \frac{0,16 \cdot V}{T}$$

gdzie:  $V$  objętość pomieszczenia;  
 $T$  – przewidywany czas pogłosu w pomieszczeniu, w oktawowym paśmie częstotliwości dźwięku o częstotliwości środkowej  $f = 500 \text{ Hz}$ .

Czas pogłosu  $T$  przyjmuje się jako równy:

- wartości dopuszczalnej w pomieszczeniach, dla których w PN-B-02151-4[5] określono dopuszczalne czasu pogłosu lub minimalną chłonność akustyczną;
- wzorcowemu czasowi pogłosu  $T = 0,5 \text{ s}$  w pozostałych pomieszczeniach.

Dla pomieszczeń o kształcie prostopadłościennym wartość wyrażenia  $10\lg(S/A)$  w zależności od stosunku objętości pomieszczenia do powierzchni przegrody i czasu pogłosu przedstawiono w Tabeli 2.

Poziom odniesienia  $L_{A,W}$  (równanie (5)) do wyznaczania wymaganej izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych należy przyjmować wg Tabeli 3 lub Tabeli 4. Poziom odniesienia w Tabeli 4 dotyczy hałasu występującego w porze nocy i odnosi się do pomieszczeń, dla których w Tabeli 3 podano poziomy odniesienia dla nocy.



**Tabela 2**

Składnik  $10\lg(S/A)$  w zależności od czasu pogłosu  $T$  pomieszczenia [1]. Pola zacienione obejmują najczęściej występujące wartości  $V/S$  pomieszczeń o danym czasie pogłosu  $T$ , w przypadku, gdy w pomieszczeniu występuje tylko jedna przegroda zewnętrzna

V/S [m]	Wartość składnika $10\lg(S/A)$ w zależności od czasu pogłosu pomieszczenia [dB]						
	0,4 s	0,5 s	0,6 s	0,8 s	1,0 s	1,2 s	1,5 s
1	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+9
2	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+6
3	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
4	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
5	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
6	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2
8	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1
10	-	-	-4	-3	-2	-1	0
15	-	-	-	-4	-4	-3	-2

**Tabela 3**

Poziom odniesienia do wyznaczania wymaganej izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych wg równania (5). W Tabeli podano przykładowe wartości wg [1]

Lp.	Rodzaj budynku	Rodzaj pomieszczenia	Poziom odniesienia $L_{A,W}$ [dB]	
			Dzień	Noc
1.1	Budynki mieszkalne (bez względu na rodzaj zabudowy)	Pokój	35	25
1.2		Wydzielona kuchnia	40	-
6.1	Szkoły podstawowe i ponadpodstawowe	Klasy szkolne	35	-
6.2		Świetlice	35	-
6.3		Pokoje nauczycielskie	35	-
6.4		Stołówki	40	-
6.5		Korytarze szkolne i pomieszczenia rekreacyjne	40	-
9.1	Budynki biurowe	Pokoje biurowe	40	-
9.2		Gabinety dyrektorskie i inne pokoje do pracy koncepcyjnej	35	-

**Tabela 4**

Poziom odniesienia do wyznaczania wymaganej izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych wg równania (5) w przypadku stosowania średniego maksymalnego poziomu hałasu zewnętrznego pochodzącego od operacji lotniczych w nocy, o poziomie dźwięku  $L_{Amax,F} \geq 70 \text{ dB}$  wg [1]

Lp.	Średnia liczba $N$ operacji lotniczych w nocy w czasie oceny	Poziom odniesienia $L_{A,W,N}$ [dB]
1	$3 \leq N \leq 5$	50
2	$N > 5$	45

## 4. Metodyka wyznaczania wymaganej izolacyjności akustycznej fasad

Izolacyjność akustyczna elementów wchodzących w skład przegrody zewnętrznej powinna być na tyle duża, aby wskaźnik  $R_{A2}$  (lub  $R_{A1}$  w szczególnych przypadkach) wypadkowej izolacyjności akustycznej fragmentu przegrody widzianej od strony pomieszczenia ( $R_{WA}$ ) nie był mniejszy niż wymagana wartość wskaźnika  $R'_{A2}$  (lub  $R'_{A1}$ ).

Dla przegrody budowlanej zewnętrznej składającej się z różnych elementów, takich jak: część pełna, okna/drzwi balkonowe, nawiewniki powietrza (okienne lub ściennie), wypadkową izolacyjność akustyczną przegrody  $R_{WA}$  należy wyznaczyć w oparciu o równanie (6). Obliczenia wykonuje się w pasmach częstotliwości a następnie oblicza się wskaźnik oceny wypadkowej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody zewnętrznej wg [4]:

$$R_{WA} = -10 \lg \left( \frac{S_p}{S} 10^{-0,1R_p} + \sum_{i=1}^m \frac{S_{o,i}}{S} 10^{-0,1R_{o,i}} + \sum_{j=1}^k \frac{10}{S} 10^{-0,1D_{n,e,j}} \right) \quad (6);$$

gdzie:

- $R_p$  izolacyjność akustyczna właściwa części pełnej przegrody zewnętrznej;
- $R_{o,i}$  izolacyjność akustyczna właściwa i-tego okna/drzwi balkonowych;
- $D_{n,e,j}$  elementarna znormalizowana różnica poziomów j-tego nawiewnika powietrza;
- $S_p$  pole powierzchni rzutu części pełnej ściany zewnętrznej pomieszczenia na powierzchnię fasady lub dachu widziane od strony pomieszczenia;
- $S_{o,i}$  pole powierzchni i-tego otworu okiennego/drzwi balkonowych, widziane od strony pomieszczenia;
- $R$  pole powierzchni rzutu przegrody zewnętrznej pomieszczenia na powierzchnię fasady lub dachu, widzianej od strony pomieszczenia:  $S = S_p + S_o$ ;
- $m$  liczba okien/drzwi balkonowych w danym fragmencie przegrody zewnętrznej pomieszczenia;
- $k$  liczba nawiewników powietrza w przegrodzie zewnętrznej, niezależnie od miejsca usytuowania.

## 5. Przykład doboru izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych – hałas lotniczy

Poniżej przedstawiono przykład obliczeniowy wyznaczania wymaganej izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych dla budynku mieszkalnego jednorodzinne zlokalizowanego na przedłużeniu drogi startowej jednego z polskich portów lotniczych, w odległości  $\approx 2500\text{m}$  na zachód od środka geometrycznego drogi startowej oraz w odległości  $\approx 400\text{m}$  na północ od osi drogi startowej.

Dla obszaru sąsiadującego z budynkiem dostępne są następujące dane:

- $L_{A,max,F}$  dla wszystkich dni w roku, w których w sąsiedztwie budynku wystąpiły operacje lotnicze;
- $L_{A,eq,D}$  i  $L_{A,eq,N}$  w punkcie bezpośrednio sąsiadującym z budynkiem.

Do obliczeń przyjęto następujące dane wyjściowe:

1. Całkowita liczba operacji w porze nocnej w pobliżu analizowanego budynku: 1358;
2. Średnia (za okres 1 roku) liczba operacji w porze nocnej:  $N = 3,72$ ;
3. Liczba operacji spełniających kryterium  $L_{A,max,F} \geq 70\text{ dB}$ : 1039;
4. Równoważny długookresowy poziom dźwięku  $L_{DWN} = 56,8\text{ dB}$ ;
5. Równoważny, długookresowy poziom dźwięku  $L_N = 47,0\text{ dB}$ .

Wszystkie dane pochodzą z ciągłego monitoringu hałasu prowadzonego wokół tego portu lotniczego.

Miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dla pory dnia wyznaczono na podstawie znanych wartości  $L_{DWN}$  i  $L_N$ . Na podstawie analizy operacji lotniczych przyjęto, że  $X = L_D - L_W = 1\text{ dB}$  oraz obliczono wartość  $Y = L_{DWN} - L_N = 9,8\text{ dB}$ . Korzystając z wykresu na Rysunku 1 dla wartości  $X = 1$  i  $Y = 9,8$ , odczytana wartość  $\Delta = 1,7\text{ dB}$  (por. Rysunek 2). Zgodnie z zależnością (2):

$$L_{Aeq,D} = L_{DWN} - \Delta = 55,1\text{ dBA}$$

Miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dla pory nocy wyznaczono w oparciu o dostępne dla każdej operacji lotniczej w okresie 1 roku, wartości  $L_{A,max,F}$  pochodzące z badań monitoringowych (oznaczenie  $L_{A,max,sr,M}$ ) oraz z zależności (3) oznaczenie  $L_{A,max,N}$ :

- $L_{A,max,sr,M} = 82\text{ dB}$ ;
- $L_{A,max,N} = 80\text{ dB}$ .

W dalszych obliczeniach przyjęto większą z tych wartości:  $L_{M,N} = L_{A,max,sr,M} = 82\text{ dB}$ . Jako wartość miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego dla pory dnia przyjęto  $L_{M,D} = L_{Aeq,D} = 55,1\text{ dB}$ .

Dla pomieszczeń mieszkalnych w analizowanym budynku jednorodzinym przyjęto następujące wartości poziomów odniesienia dla pory dnia:

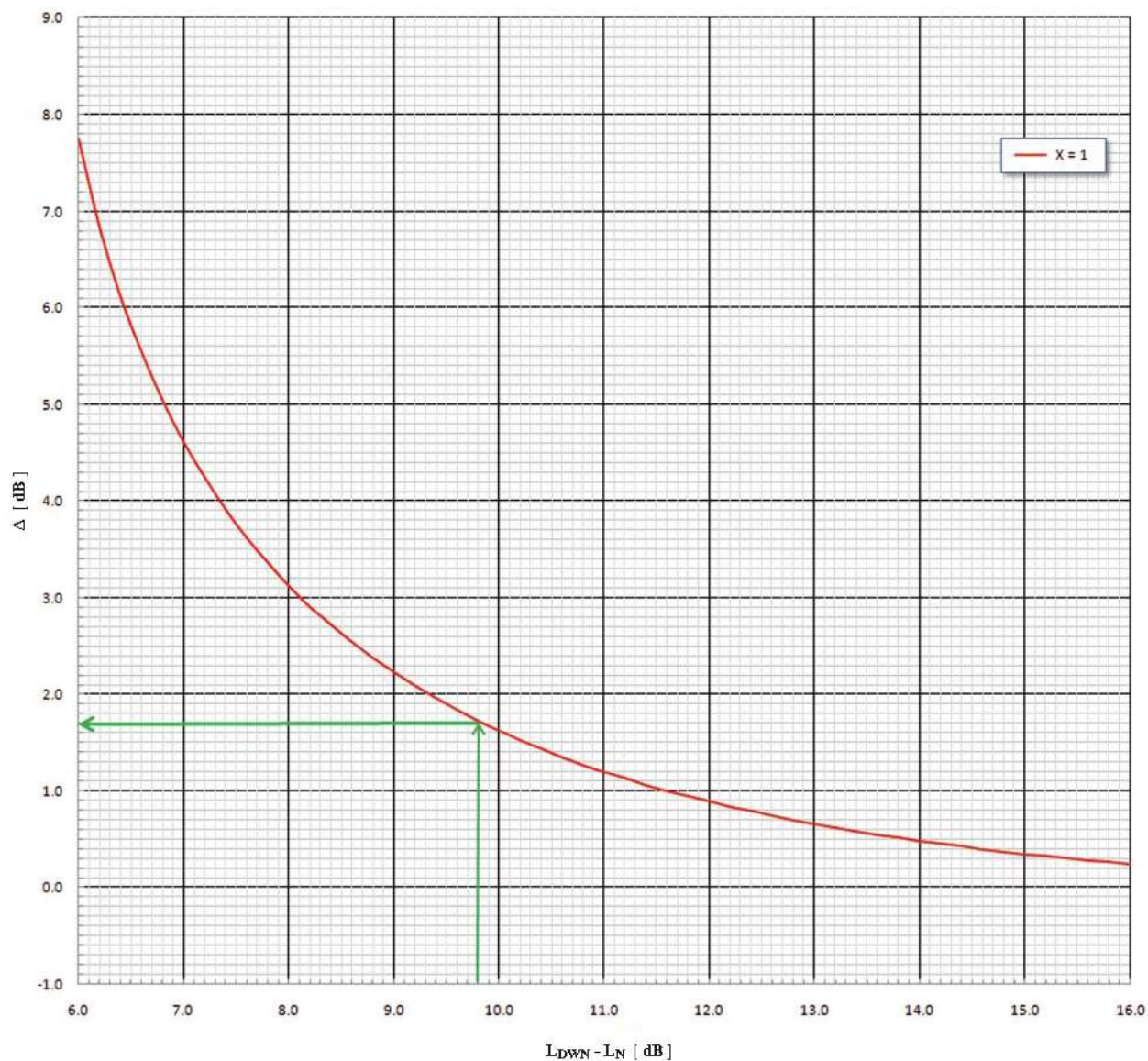
- pokój: 35 dB;
- wydzielona kuchnia: 40 dB.

W budynku znajduje się 6 pomieszczeń mieszkalnych. Wszystkie pomieszczenia mają kształt prostopadłościenny. W Tabeli 5 zestawiono dane geometryczne i akustyczne dla wybranych 3 pomieszczeń w budynku. Czas pogłosu przyjęto zgodnie z [1]:  $T = 0,5\text{ s}$ . W budynku nie stosuje się nawiewników okiennych ani ściennych. Ze względu na ekranowanie przez budynek części trajektorii statków powietrznych operujących w pobliżu analizowanego budynku, po uwzględnieniu kształtu i konstrukcji budynku, przyjęto dla punktów oceny  $L_M$  znajdujących się w cieniu akustycznym budynku, na parterze poprawkę do  $L_M$  o wartości  $\Delta L_M = -1\text{ dB}$ .



**Rysunek 2**

Odczyt wartości dla omawianego w pkt. 5 przykładu



**Tabela 5**

Dane geometryczne i akustyczne pomieszczeń mieszkalnych w analizowanym budynku

Lp.	$L_{M,D}$	$L_{M,N}$	$L_{A,W,D}$	$L_{A,W,N}$	$V$	$S$	$V/S$	$A$	$10\lg(S/A)$	$S_p$	$S_{O,1}$	$S_{O,2}$	$S_{O,3}$
	dB				m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>	dB	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
1	55	82	35	50	90	18	5	29	-2	10,8	3,84	2,52	0,84
2	54	81	35	50	36	9	4	12	-1	6,76	2,24	-	-
3	55	82	40	-	60	15	4	19	-1	9,96	2,52	2,52	-



Wymagane izolacyjności akustyczne fasad w 3 przykładowych pomieszczeniach analizowanego budynku wyznaczono w oparciu o równanie (5):

- pomieszczenie 1, pora dnia:  
 $R'_{A2,D} \geq 21 \text{ dB}$ ;
- pomieszczenie 1, pora nocy:  
 $R'_{A2,N} \geq 33 \text{ dB}$ ;
- pomieszczenie 2, pora dnia:  
 $R'_{A2,D} \geq 21 \text{ dB}$ ;
- pomieszczenie 2, pora nocy:  
 $R'_{A2,N} \geq 33 \text{ dB}$ ;
- pomieszczenie 3, pora dnia:  
 $R'_{A2,D} \geq 17 \text{ dB}$ .

Ze względu na występujące w normie [1] ograniczenie na minimalną izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych w pomieszczeniach mieszkalnych, należy przyjąć, że izolacyjność akustyczna fasady w pomieszczeniu 3 (wydzielona kuchnia) nie może być mniejsza niż  $R'_{A2,D} \geq 30 \text{ dB}$ .

Na podstawie znanych wymagań dla wskaźnika  $R'_{A2}$ , w oparciu o równanie (6) należy następnie dobrać wymagane izolacyjności akustyczne elementów budowlanych, będących składnikami fasad. Wyniki obliczeń przedstawiono w Tabeli 6.

Przy czym:

- $R_{A2,p,R}$  wskaźnik projektowy wymagana izolacyjność akustyczna części pełnej ściany;
- $R_{A2,O1,R}$  wskaźnik projektowy wymagana izolacyjność akustyczna okna 1;
- $R_{A2,O2,R}$  wskaźnik projektowy wymagana izolacyjność akustyczna okna 2;
- $R_{A2,O3,R}$  wskaźnik projektowy wymagana izolacyjność akustyczna okna 3;
- $R_{A2,p}$  wskaźnik laboratoryjny wymagana izolacyjność akustyczna części pełnej ściany;
- $R_{A2,O1}$  wskaźnik laboratoryjny wymagana izolacyjność akustyczna okna 1;
- $R_{A2,O2}$  wskaźnik laboratoryjny wymagana izolacyjność akustyczna okna 2;
- $R_{A2,O3}$  wskaźnik laboratoryjny wymagana izolacyjność akustyczna okna 3.

Należy zaznaczyć, że wymaganą izolacyjność akustyczną ściany zewnętrznej  $R'_{A2}$ , można uzyskać dla więcej niż jednej kombinacji izolacyjności akustycznych elementów składowych:  $R_{A2,p}$ ,  $R_{A2,O1}$ ,  $R_{A2,O2}$ ,  $R_{A2,O3}$ , itd. Spełnienie wymogu można na przykład uzyskać w niektórych przypadkach przyjmując wyższą izolacyjność akustyczną części pełnej przegrody kosztem izolacyjności akustycznej okien lub na odwrót.

## 6. Porównanie doboru izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych wg PN-B-02151-3:1999 i wg PN-B-02151-3:2015-10

Obliczenia przeprowadzone wg normy PN-B-02151-3:1999 [2] dla danych identycznych jak w omówionym w pkt. 5 przypadku, prowadzą do uzyskania wymagań dla przegród zewnętrznych w analizowanym budynku, które przedstawiono w Tabeli 7.

**Tabela 6**

Wymagane izolacyjności akustyczne elementów budowlanych ścian zewnętrznych w pomieszczeniach 1, 2 i 3 wyrażone za pomocą projektowych wskaźników izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A2,R}$  oraz laboratoryjnych wskaźników  $R_{A2} = R_{A2,R} + 2$

Lp.	$R'_{A2}$	$R_{A2,p,R}$	$R_{A2,O1,R}$	$R_{A2,O2,R}$	$R_{A2,O3,R}$	$R_{A2,p}$	$R_{A2,O1}$	$R_{A2,O2}$	$R_{A2,O3}$
	dB								
1	33	45	29	30	28	47	31	32	30
2	33	45	28	-	-	47	30	-	-
3	30	45	26	25	-	47	28	27	-

**Tabela 7**

Wymagane izolacyjności akustyczne elementów budowlanych ścian zewnętrznych w pomieszczeniach 1, 2 i 3 wyrażone za pomocą projektowych wskaźników izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A2,R}$  oraz laboratoryjnych wskaźników  $R_{A2} = R_{A2,R} + 2$

Lp.	$R'_{A2}$	$R_{A2,p,R}$	$R_{A2,O1,R}$	$R_{A2,O2,R}$	$R_{A2,O3,R}$	$R_{A2,p}$	$R_{A2,O1}$	$R_{A2,O2}$	$R_{A2,O3}$
	dB								
1	28	35	25	25	25	37	27	27	27
2	28	35	25	-	-	37	27	-	-
3	23	30	20	20	-	32	22	22	-

## Bibliografia

1. PN-B-02151-3:2015: *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych*, PKN, 2015.
2. PN-B-02151-3:1999: *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania*, PKN, 1999.
3. Kokowski P., Pękala P., Kaczmarek T., *Poziom hałasu w obszarze ograniczonego użytkowania wokół portu lotniczego, Problemy Rynku Nieruchomości Biuletyn Stowarzyszenia Rzeczoznawców Majątkowych Województwa Wielkopolskiego, Nr 1/2015(43), s. 35-47.*
4. PN-EN ISO 717-1:2013-08: *Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych*, PKN, 2013.
5. PN-B-02151-4: *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań*, PKN, 2015.

## REQUIREMENTS FOR ACOUSTIC INSULATION OF EXTERNAL WALLS OF BUILDINGS BASED ON THE POLISH NATIONAL STANDARD PN-B-02151-3:2015-10. CASE STUDY – AIRCRAFT NOISE

### Summary

Protection against external noise is an important issue in a process of acoustic revitalization of the buildings located within areas of intense aircraft noise pollution. The purpose of this paper is to present sound insulation requirements of façades based on the newest edition of Polish National Standard PN-B-02151-3:2015. A methodology of assessment of required sound insulation of a façade and reliable external noise level have been discussed for a specific building located in vicinity of an airport.

### Key words

aircraft noise, sound insulation, noise measurements

## PODZIĘKOWANIA

Biuletyn wydano dzięki pomocy

1. CENTRUM WYCENY MIENIA SP. Z O.O. *Adam Futro, Grzegorz Szczurek*
2. KANCELARIA RZECZOZNAWCÓW MAJĄTKOWYCH *Tomasz Lis, Maciej Mizera*
3. POZ-BUD *Jerzy Mikołajczak*
4. PROJNORM Sp. z o.o.
5. ANWO NIERUCHOMOŚCI *Andrzej Woźniak, Łukasz Woźniak*
6. LESZCZYŃSKIE BIURO WYCNEN I OBROTU NIERUCHOMOŚCIAMI *Marian Witczak*
7. WYCENA-EKSPERT s.c. *Banaś-Poszyler*
8. Kancelaria Rzeczoznawców Majątkowych *REMIN Janusz Walczak*
9. KANCELARIA RZECZOZNAWCY MAJĄTKOWEGO *Robert Dobrzyński*
10. KANCELARIA RZECZOZNAWCÓW MAJĄTKOWYCH *Marcin Czarnecki, Arkadiusz Andrzejewski*

## OD REDAKCJI