

## SOUND & SPACE

TEMAT: Przebudowa, nadbudowa i rozbudowa (wraz z infrastrukturą tech.: wod.-kan., c.o.; went. i elektr.) Teatru Polskiego im. H. Konieczki w Bydgoszczy przy Al. Adama Mickiewicza 2 (działki ewid. nr 62/2, 68/2, 64, 63/2, 63/3, 65/9, 65/5, 67/5, 68/1)  
**Zadanie 2**

OBIEKT: Teatr Polski im. Hieronima Konieczki w Bydgoszczy  
KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO: IX

ADRES: al. Mickiewicza 2, 85-071 Bydgoszcz  
NUMERY DZIAŁEK: (działki nr 68/2, 64) obręb 166

INWESTOR: Teatr Polski im. Hieronima Konieczki w Bydgoszczy  
ADRES: al. Mickiewicza 2, 85-071 Bydgoszcz

PROJEKTANT: SOUND & SPACE Sp. z o.o.  
ADRES: ul. Biegańskiego 61A, 60-682 Poznań

---

## PROJEKT WYKONAWCZY

### AKUSTYKA

---

SPRAWDZAJĄCY

mgr inż. arch. ROBERT LEBIODA

.....

---

Listopad 2021



## Zawartość

1. Część ogólna .....	5
1.1 Merytoryczna podstawa opracowania .....	5
1.2 Zakres opracowania.....	5
1.3 Definicje .....	6
1.3.1 Decybel (dB).....	6
1.3.2 dB(A) .....	6
1.3.3 Współczynnik pochłaniania .....	6
1.3.4 Czas pogłosu RT.....	6
1.3.5 Zrozumiałość mowy STI, RaSTI .....	7
1.3.6 Izolacyjność akustyczna.....	7
2. Analiza emisji hałasu do środowiska przez Inwestycję .....	9
2.1 Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku .....	9
2.2 Źródła hałasu .....	11
3. Ochrona przeciwdźwiękowa .....	12
3.1 Dopuszczalny poziom tła akustycznego .....	12
3.2 Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych .....	13
3.2.1 Wymagania.....	13
3.2.2 Mapa akustyczna .....	15
3.2.3 Obliczenia izolacyjności akustycznej przegród .....	17
3.2.4 Rozwiązania projektowe .....	19
3.2.5 Izolacyjność akustyczna okien zewnętrznych.....	19
3.3 Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych .....	20
3.3.1 Wymagania.....	20
3.3.2 Rozwiązania projektowe – ściany .....	23
3.3.3 Izolacyjność akustyczna okien oraz drzwi wewnętrznych .....	24
3.3.4 Klatki schodowe .....	25
3.4 Wytoczne branżowe .....	26
3.4.1 Budowlane.....	26
3.4.2 Instalacje wentylacyjne .....	26
3.4.3 Instalacja C.O. C.W i węzłów cieplnych .....	27
3.4.4 Instalacja wodno - kanalizacyjna.....	27
3.4.5 Instalacje elektryczne, teletechniczne oraz elektroakustyczne .....	28
4. Akustyka Wnętrz.....	29

<b>4.1</b>	<b>Wymagania.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Rozwiązania projektowe – A1.15 / A2.02 Sala teatralna.....</b>	<b>31</b>
4.2.1	Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych.....	31
4.2.2	Dobór foteli.....	31
4.2.3	Analiza zaprojektowanego rozwiązania.....	31
4.2.4	Wyniki symulacji akustycznych.....	33
<b>4.3</b>	<b>Rozwiązania projektowe – pozostałe pomieszczenia.....</b>	<b>36</b>
4.3.1	Analiza akustyczna .....	36
4.3.2	Dobór ustrojów akustycznych .....	37
<b>4.4</b>	<b>Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych .....</b>	<b>37</b>

## **1. Część ogólna**

### **1.1 Merytoryczna podstawa opracowania**

- [1] Podkłady architektoniczne,
- [2] PN-B-02151-2:1987 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [3] PN-B-02151-3:2015 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.
- [4] PN-B-02151-4:2015 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14.06.2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (wraz z późn. zm.) (Dz. U. 2007.120.826, Dz. U. 2012 poz. 1109).
- [6] PN-EN ISO 717-1:2013-08E Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych.
- [7] ITB, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 448/2009 Właściwości dźwiękoizolacyjne ścian, dachów, okien i drzwi oraz nawiewników powietrza zewnętrznego, Warszawa 2009.
- [8] ITB, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 369/2002 Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów, Warszawa 2002.
- [9] Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego „Śródmieście - Filharmonia Pomorska” w Bydgoszczy. RYSUNEK PLANU - ZAŁĄCZNIK NR 1, DO UCHWAŁY NR LXVI/1386/18, RADY MIASTA BYDGOSZCZY, z dnia 26 września 2018r
- [10] Sadowski J., Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie, Arkady, 1971
- [11] Everest F. Alton, Podręcznik akustyki, Sonia Draga 2013,
- [12] Egan M. David, Architectural Acoustics, J. Ross Publishing Classics 2007,
- [13] W. Fasold, E. Sonntag, H. Winkler; Bau- und Raumakustik, Berlin 1987.

### **1.2 Zakres opracowania**

Opracowanie dotyczy analizy akustycznej Teatru Polskiego w Bydgoszczy w zakresie ochrony przed hałasem oraz akustyki wnętrz.

Celem opracowania jest określenie przewidywanych rozwiązań wynikających z zastosowania norm i standardów akustycznych będących przedmiotem dalszych prac. Obejmuje dobór rozwiązań materiałowo-systemowych o odpowiednich parametrach akustycznych.

### **1.3 Definicje**

#### **1.3.1 Decybel (dB)**

Stosunek dwóch wielkości wyrażony miarą logarytmiczną. Stosunek ciśnienia akustycznego percypowanego przez ucho ludzkie ma się jak 10000000 (najgłośniejsze dźwięki) do 1 (najcichsze dźwięki). Stosunek chwilowego ciśnienia dźwięku do najmniejszego percypowanego nazywany jest poziomem ciśnienia dźwięku ( $L_p$ ). Dla decybeli obowiązują prawa logarytmicznego dodawania i odejmowania.

#### **1.3.2 dB(A)**

Jednostka używana do określenia ważonego poziomu ciśnienia dźwięku, który lepiej koresponduje subiektywnemu postrzeganiu jego głośności. Ważenie krzywą A obrazuje percepcję układu słuchowego, który jest znacznie mniej wrażliwy na dźwięki o wysokich i niskich częstotliwościach, niż na te mieszczące się w zakresie 500Hz – 4kHz.

#### **1.3.3 Współczynnik pochłaniania**

Współczynnik pochłaniania jest miarą zdolności powierzchni do pochłaniania fal dźwiękowych. Definiowany jest jako stosunek energii fali pochłoniętej do energii fali padającej na przegrodę.

$$\alpha = \frac{E_1}{E_2}$$

gdzie:

$E_1$  - energia fali pochłoniętej,

$E_2$  - energia fali padającej.

#### **1.3.4 Czas pogłosu RT**

Czas pogłosu RT (ang.Reverberation Time) jest jednym z podstawowych kryteriów oceny jakości sal przeznaczonych zarówno dla przedstawień słownych jak i występów muzycznych. Jest to czas, w którym energia dźwiękowa zawarta w stanie ustalonym w pomieszczeniu od kulistego źródła dźwięku zmaleje po wyłączeniu tego źródła o 60 dB. Dla każdego pomieszczenia, w zależności od funkcji, jak też od jego objętości, zalecane są optymalne przedziały wartości czasu pogłosu i jego optymalna charakterystyka częstotliwościowa.

$$Tp(f) = \frac{0,161 \cdot V}{S \cdot \ln(1 - \alpha(f))}$$

gdzie:

V – objętość pomieszczenia w [m<sup>3</sup>],

S – powierzchnia ścian pomieszczenia,

$\alpha(f)$  - średni współczynnik pochłaniania w danym paśmie częstotliwości.

### 1.3.5 Zrozumiałość mowy STI, RaSTI

Wskaźnikami oceny parametrów przydatności wnętrza dla celów słownych są współczynniki STI i RaSTI. Odzwierciedlają one w bezpośredni sposób zrozumiałość mowy w pomieszczeniu. Wyznacza się je najczęściej poprzez bezpośredni pomiar lub symulację funkcji przeniesienia wzorcowej modulacji przez pomieszczenie ( MTF – Modulation Transfer Function).

Oprócz wartości współczynników STI w oktawach oblicza się wartość średnią STI<sub>śr</sub>. Współczynnik STI<sub>śr</sub> określa zrozumiałość mowy w pomieszczeniu i w zależności od jego wartości następuje ocena globalna pomieszczenia:

**Tabela 1.** Klasy jakości sal ze względu na współczynnik zrozumiałości mowy.

STI <sub>śr</sub>	< 0,30	0,30÷0,45	0,45÷0,60	0,60÷0,75	>0,75
Ocena	Zła	Słaba	Dostateczna	Dobra	Znakomita

RaSTI jest parametrem określającym zrozumiałość mowy na podstawie uproszczonej metody pomiarowej parametru STI.

### 1.3.6 Izolacyjność akustyczna

R<sub>w</sub> – wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej

R<sub>A,1</sub> – wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C.

$$R_{A,1} = R_w + C [dB]$$

C – widmowy wskaźnik adaptacyjny odnoszący się do widma hałasu nr 1 wg PN-EN ISO 717-1.

R<sub>A,2</sub> – wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C<sub>tr</sub>.

$$R_{A,2} = R_W + C_{tr} [dB]$$

$C_{tr}$  – widmowy wskaźnik adaptacyjny odnoszący się do widma hałasu nr 2 wg PN-EN ISO 717-1.

$R_{A,1,R}$  – projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej,  $R$ , uwzględniającej widmowy wskaźnik adaptacyjny  $C$ .

$$R_{A,1,R} = R_{A,1} - 2 [dB]$$

$R'_{A,1}$ ,  $R'_{A,2}$  – Wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej,  $R'$ , uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny

$$R'_{A,1} = R_{A,1,R} - K_a [dB]$$

$$R'_{A,2} = R_{A,2,R} - K_a [dB]$$

$K_a$  - poprawka określająca wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na wartość wskaźnika oceny  $R'_{A,1}$  ( $R'_{A,2}$ ) [dB] ( $K_a \geq 0$  dB) zależna od rodzaju przegrody rozdzielającej i przegród bocznych oraz od parametrów geometrycznych.



## 2. Analiza emisji hałasu do środowiska przez Inwestycję

### 2.1 Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku

Na podstawie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14.06.2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (wraz z późn. zm.) określono warunki ochrony dźwiękowej dla przyległych terenów.

Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14.06.2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (wraz z późn. zm.) (Dz. U. 2007.120.826, Dz. U. 2012 poz. 1109) podano w Tabeli 2. Dopuszczalne poziomy hałasu zależą od rodzaju źródła i przeznaczenia terenu. Ochronie przed hałasem podlegają przede wszystkim tereny zabudowy mieszkaniowej, tereny związane ze stałym pobytem dzieci i młodzieży, tereny szpitali, domów opieki a także tereny o charakterze wypoczynkowo-rekreacyjnym. Dla terenów przemysłowych, usługowych a także leśnych oraz terenów upraw rolnych nie ma określonych dopuszczalnych poziomów hałasu.

**Tabela 2.** Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu - z wyłączeniem hałasu powodowanego przez linie elektroenergetyczne oraz starty, lądowania i przeloty statków powietrznych

Lp.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]			
		Drogi lub linie kolejowe		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
		L <sub>Aeq</sub> D przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	L <sub>Aeq</sub> N przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	L <sub>Aeq</sub> D przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie następującym	L <sub>Aeq</sub> N przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnej godzinie nocy
1	a) Strefa ochronna "A" uzdrowiska b) Tereny szpitali poza miastem	50	45	45	40
2	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży <sup>16</sup> c) Tereny domów opieki społecznej d) Tereny szpitali w miastach	61	56	50	40
3	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej	65	56	55	45

	c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe <sup>1</sup> d) Tereny mieszkaniowo-usługowe				
4	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. Mieszkańców <sup>2</sup>	68	60	55	45

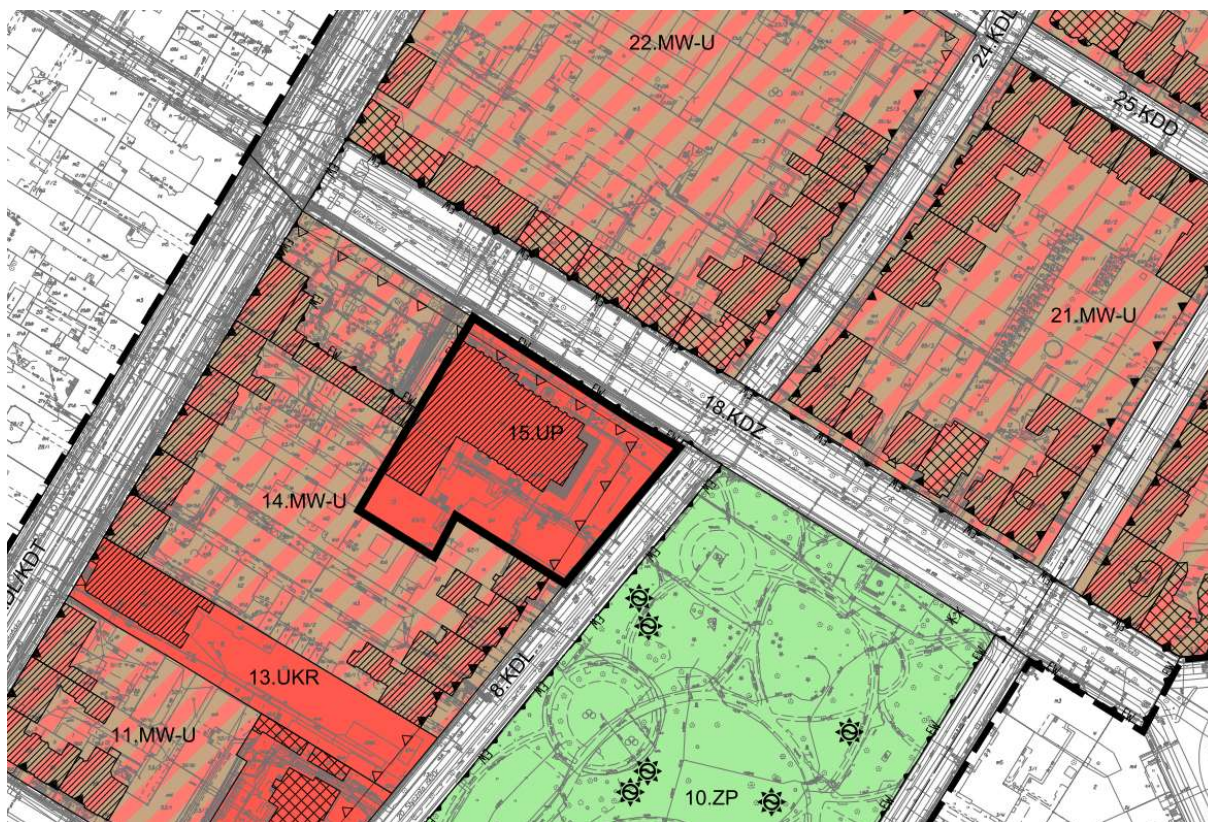
<sup>1</sup> W przypadku niewykorzystywania tych terenów, zgodnie z ich funkcją, w porze nocy, nie obowiązuje na nich dopuszczalny poziom hałasu w porze nocy.

<sup>2</sup> Strefa śródmiejska miast powyżej 100 tys. mieszkańców to teren zwartej zabudowy mieszkaniowej z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych. W przypadku miast, w których występują dzielnice o liczbie mieszkańców pow. 100 tys., można wyznaczyć w tych dzielnicach strefę śródmiejską, jeżeli charakteryzuje się ona zwartą zabudową mieszkaniową z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych.

Podane w tabeli wartości odnoszą się do:

- $L_{AeqD}$  – równoważny poziom dźwięku A wyznaczony dla 8 kolejnych najmniej korzystnych godzin w ciągu dnia (od 6:00 do 22:00),
- $L_{AeqN}$  – równoważny poziom dźwięku A wyznaczony dla 1 najmniej korzystnej godziny w ciągu nocy (od 22:00 do 6:00).

Poniższy rysunek prezentuje Miejskowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego (stan na dzień 25.02.2019) [9] dla obszaru inwestycji oraz terenów sąsiadujących. Na rysunku zaznaczono teren objęty projektem.



**Rysunek 1.** Miejskowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego dla obszaru inwestycji

Zgodnie z Miejscowym Planem Zagospodarowania Przestrzennego miasta Bydgoszczy w sąsiedztwie inwestycji znajdują się:

W sąsiedztwie inwestycji znajdują się:

- Od strony północnej tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinne, dopuszczalne poziomy dźwięku wynoszą odpowiednie  $L_{A,eq,D} = 55$  dB dla pory dnia oraz  $L_{A,eq,N} = 45$  dB dla pory nocy.
- Od strony zachodniej tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinne, dopuszczalne poziomy dźwięku wynoszą odpowiednie  $L_{A,eq,D} = 55$  dB dla pory dnia oraz  $L_{A,eq,N} = 45$  dB dla pory nocy.
- Od strony południowej i wschodniej tereny zieleni urządzonej, założono wytyczne jak dla terenów rekreacyjnych, dopuszczalne poziomy dźwięku wynoszą odpowiednie  $L_{A,eq,D} = 55$  dB dla pory dnia.
- Od strony wschodniej tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinne, dopuszczalne poziomy dźwięku wynoszą odpowiednie  $L_{A,eq,D} = 55$  dB dla pory dnia oraz  $L_{A,eq,N} = 45$  dB dla pory nocy.

W związku z powyższym, dobrane urządzenia generujące hałas, objęte zakresem inwestycji, nie będą powodować przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięku na wymienionych wyżej terenach chronionych.

## 2.2 Źródła hałasu

Tabela 3 przedstawia zaprojektowane źródła emitujące hałas do środowiska wraz z parametrami akustycznymi oraz wytycznymi odnośnie ich ewentualnego zabezpieczenia.

**Tabela 3.** Źródła hałasu emitowanego do środowiska

Lp.	Lokalizacja	Symbol	Urządzenie	$L_{WA,max}$ [dBA]	Uwagi
1	Dach	NW1	Centrala nawiewno-wywiewna	52,0	
2	Dach		Czerpnia	50,9	
3	Dach		Wyrzutnia	56,7	
4	Dach	NW2	Centrala nawiewno-wywiewna	48	
5	Dach		Czerpnia	47	
6	Dach		Wyrzutnia	53,5	
7	Dach	NW3	Centrala nawiewno-wywiewna	48	
8	Dach		Czerpnia	53,6	
9	Dach		Wyrzutnia	54,6	
10	Dach	ANW1	Agregat skraplający centrali NW1	79	
11	Dach	ANW2	Agregat skraplający centrali NW1	62	
12	Dach	ANW3	Agregat skraplający centrali NW1	68	

### Wibroizolacja

Każde urządzenie systemu wentylacyjnego, klimatyzacyjnego należy montować z wykorzystaniem odpowiednio dobranych systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań  $D \geq 90\%$ ) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki.

Powyższe rozwiązania wraz z zaprojektowanymi zabezpieczeniami spełniają wymagania [5].

### **3. Ochrona przeciwdźwiękowa**

#### **3.1 Dopuszczalny poziom tła akustycznego**

Norma określająca wymagania PN-B-02151-2:1987 obowiązuje na podstawie §326 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690, z późn.zm. - tekst jednolity Dz.U. 2015 poz.1422) wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Wymagania stawiane obiektowi są wypadkową założonych norm i standardów. Jako podstawę przyjęto wartości parametrów akustycznych zapewniające komfort akustyczny w obiekcie zgodnie z przeznaczeniem obiektu.

Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu instalacyjnego przenikającego do pomieszczeń chronionych dotyczy:

- Średniego poziomu dźwięku A dla hałasu ustalonego (hałas pochodzący od instalacji c.o., wentylacyjnej, stacji transformatorowej).
- Równoważnego i maksymalnego poziomu dźwięku A dla hałasu nieustalonego (hałas pochodzący od urządzeń dźwigowych, instalacji wodno-kanalizacyjnej ).

Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku A obowiązują przy następujących warunkach:

- Źródłem hałasu są instalacje nie regulowane i nie wyłączane z danego pomieszczenia.
- Źródłem hałasu nie są urządzenia będące wyposażeniem biura (np. komputery, drukarki itp.).
- Dopuszczalny poziom dźwięku A jest określony dla wnętrza pomieszczenia przy zamkniętych drzwiach i oknach, lecz przy zapewnieniu wymiany powietrza w pomieszczeniu zgodnie z wymaganiem określonym przez odrębne przepisy.
- Dopuszczalny poziom dźwięku A dotyczy pomieszczeńumeblowanych i wyposażonych zgodnie z ich przeznaczeniem.

Jeżeli pomieszczenia, dla których podano w tabelach dopuszczalne poziomy dźwięku tylko dla okresu dziennego są użytkowane również w nocy zgodnie ze swym przeznaczeniem, wówczas wymagania dla tych pomieszczeń należy traktować jako niezależne od pory doby przyjmując wartości jak dla dnia.

W Tabeli 4 przedstawiono dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi wg normy PN-B-02151-2:1987.

**Tabela 4.** Dopuszczalny poziom dźwięku A w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi wg normy PN-B-02151-2:1987

Przeznaczenie pomieszczenia	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego od wszystkich źródeł hałasu łącznie		Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem			
	L <sub>A eq</sub> [dB]		L <sub>A eq</sub> [dB]		L <sub>A max</sub> [dB]	
	dzień	noc	dzień	noc	dzień	noc
Sale kawiarniane i restauracyjne	50	-	45	-	50	-

Ponadto, w odniesieniu do pomieszczeń teatralnych postawiono wymagania na podstawie danych literaturowych.

Poziom tła akustycznego w pomieszczeniach nie może przekraczać wartości określonych w Tabeli 5.

**Tabela 5.** Dopuszczalne tło akustyczne w pomieszczeniach

Lp.	Pomieszczenie	Dopuszczalne tło akustyczne [dBA]	Dopuszczalny łączny hałas od systemu wentylacji, klimatyzacji oraz wyposażenia technicznego [dBA]
1	Widownia	30	25
2	Scena	30	25
3	Biuro obsługi widza	45	40
4	Kasy	45	40
5	Kawiarnia	50	45
6	Kabina Akustyka / Oświetleniowca	30	25

### 3.2 Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych

#### 3.2.1 Wymagania

Norma określająca wymagania PN-B-02151-3:2015 obowiązuje na podstawie §326 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690, z późn.zm. - tekst jednolity Dz.U. 2015 poz.1422) wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Wymaganą izolacyjność akustyczną ścian zewnętrznych i stropodachów uzależnia się od miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu zewnętrznego występującego w odległości 2 m od fasady budynku na poziomie rozpatrywanego fragmentu przegrody zewnętrznej.

Jako miarodajny poziom hałasu zewnętrznego, pochodzącego od komunikacji drogowej i szynowej należy przyjmować długookresowy równoważny poziom dźwięku:

- Dla pory dnia  $L_{Aeq,zew,D}$  wyznaczony dla 16 h dnia (od godz. 6:00 do godz. 22:00), z uwzględnieniem wszystkich dni w roku.
- Dla pory nocy  $L_{Aeq,zew,N}$  wyznaczony dla 8 h nocy (od godz. 22:00 do godz. 6:00), z uwzględnieniem wszystkich nocy w roku.

Zgodnie z normą PN-B-02151-03, w przypadku pomieszczeń z jedną przegrodą zewnętrzną wartość wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody zewnętrznej  $R'_{A,2}$  należy obliczyć z poniższego równania (1):

$$R'_{A,2} = L_{A,zew} - L_{A,wew} + 10 \log\left(\frac{S}{A}\right) + 3 \quad (1)$$

gdzie:

$R'_{A,2}$  – wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody zewnętrznej,

$L_{A,zew}$  – miarodajny poziom hałasu zewnętrznego przy danej przegrodzie zewnętrznej,

$L_{A,wew}$  – poziom odniesienia do obliczenia izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej,

$A$  – chłonność akustyczna pomieszczenia w oktawowym paśmie o środkowej częstotliwości  $f=500$  Hz, bez wyposażenia pomieszczenia i obecności użytkowników,

$S$  – pole rzutu powierzchni przegrody zewnętrznej w płaszczyznę fasady lub dachu widzianej od strony pomieszczenia.

$$A = \frac{0,16}{T} \quad (2)$$

$V$  – objętość pomieszczenia,

$T$  – przewidywany czas pogłosu,  $T$ , w pomieszczeniu, w oktawowym paśmie o środkowej częstotliwości  $f = 500$  Hz.

Jeżeli pomieszczenie ma więcej niż jedną przegrodę zewnętrzną należy wyznaczyć izolacyjność akustyczną każdej z przegród indywidualnie, przestrzegając warunku, aby wypadkowy poziom hałasu zewnętrznego przenikającego do pomieszczenia przez wszystkie przegrody zewnętrzne nie przekroczył poziomu odniesienia  $L_{A,wew}$ .

**Tabela 6.** Poziom odniesienia  $L_{Aeq,wew}$  dotyczący miarodajnego równoważnego poziomu dźwięku  $A$ , hałasu zewnętrznego

Lp.	Rodzaj budynku	Rodzaj pomieszczenia	Poziom odnsnienia $L_{Aeq,wew}$ [dB]	
			Dzień	Noc
1	Wszystkie rodzaje budynków	Pomieszczenie administracyjne	40	-
2		Kawiarnie, restauracje	40	-

Bez względu na hałas zewnętrzny, izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej nie powinna być mniejsza niż  $R'_{A,2} = 30$  dB. Wymaganie to nie dotyczy przegród zewnętrznych holi i pomieszczeń recepcji w hotelach, sal konsumpcyjnych kawiarni i restauracji i innych pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu, dla których należy przyjąć, jako izolacyjność minimalną, wskaźnik oceny  $R'_{A,2} = 25$  dB.

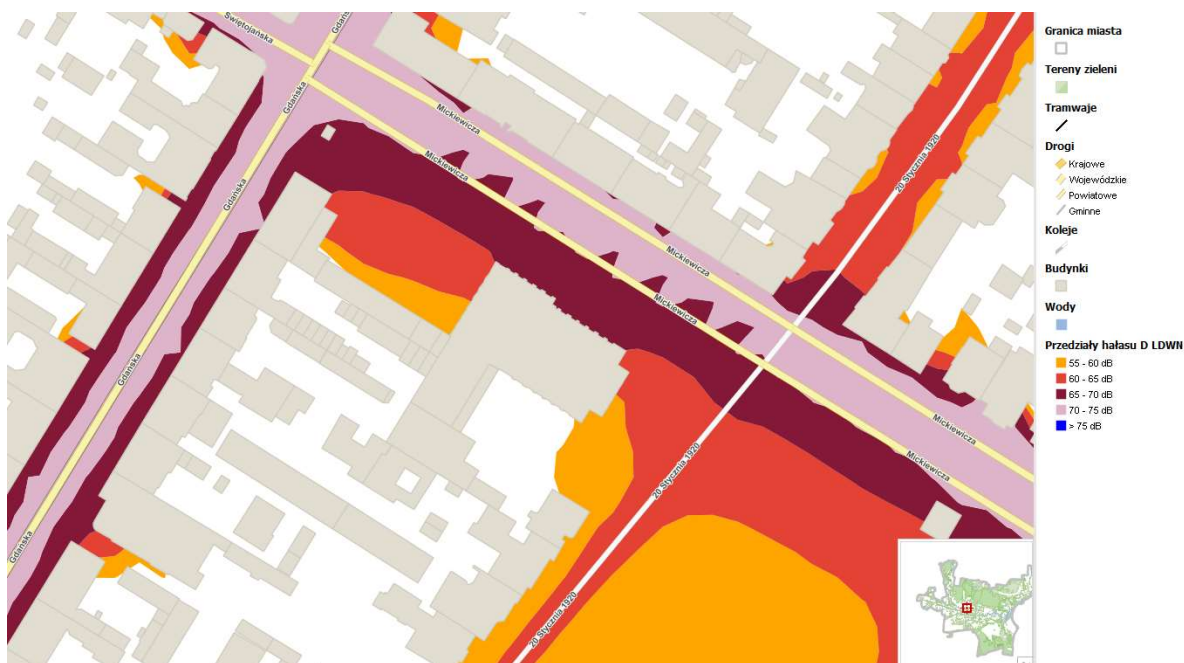


Wyznaczona izolacyjność od dźwięków powietrznych przegród zewnętrznych z oknami/drzwiami balkonowymi i elementami nawiewnymi jest izolacyjnością wypadkową i dotyczy następujących warunków eksploatacji tych przegród:

- Okna i drzwi balkonowe są zamknięte.
- Elementy nawiewne z możliwością regulowania przez użytkownika, ustawione są w pozycji „zamknięte”.
- Elementy nawiewne bez możliwości regulowania przez użytkownika, ustawione są w pozycji „otwarte”.

### 3.2.2 Mapa akustyczna

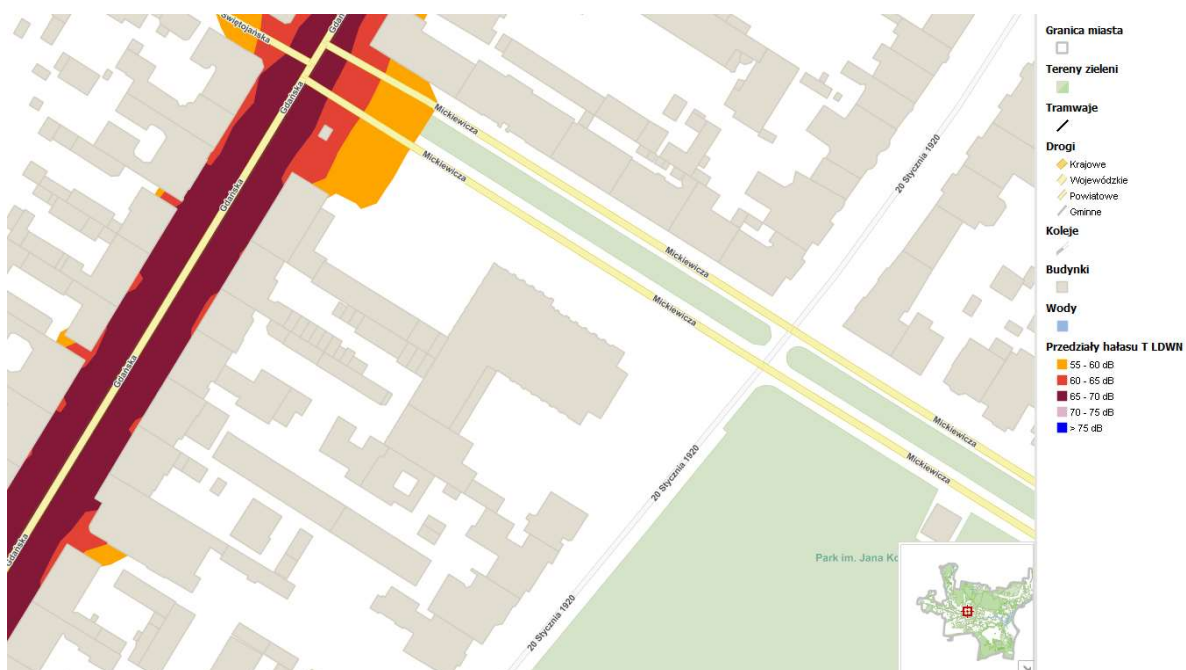
Wymaganą izolacyjność akustyczną określono na podstawie mapy akustycznej miasta Bydgoszczy ze stanem na 2016 rok. Poniższe rysunki prezentują fragment mapy akustycznej z immisją hałasu samochodowego oraz tramwajowego,  $L_{DWN}$ , LN, na działkę objętą zakresem opracowania.



**Rysunek 1.** Mapa akustyczna, Hałas drogowy  $L_{DWN}$ , immisja

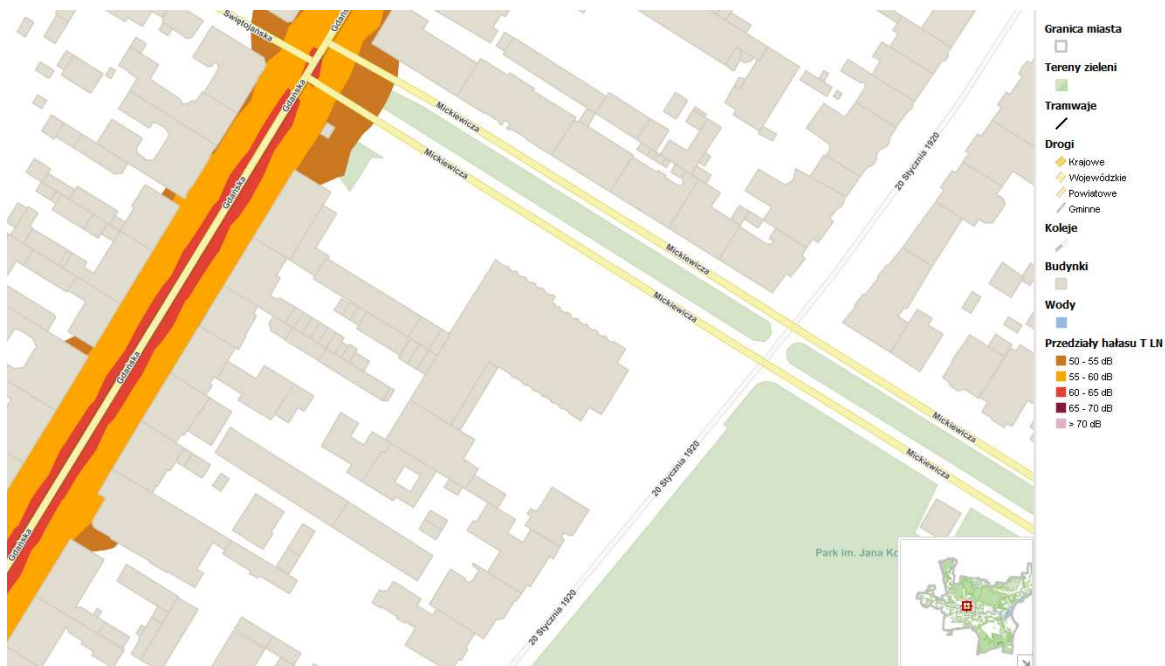


**Rysunek 2.** Mapa akustyczna, Hałas drogowy L<sub>N</sub>, immisja



**Rysunek 3.** Mapa akustyczna, Hałas tramwajowy L<sub>DWN</sub>, immisja





**Rysunek 4.** Mapa akustyczna, Hałas tramwajowy  $L_N$ , immisja

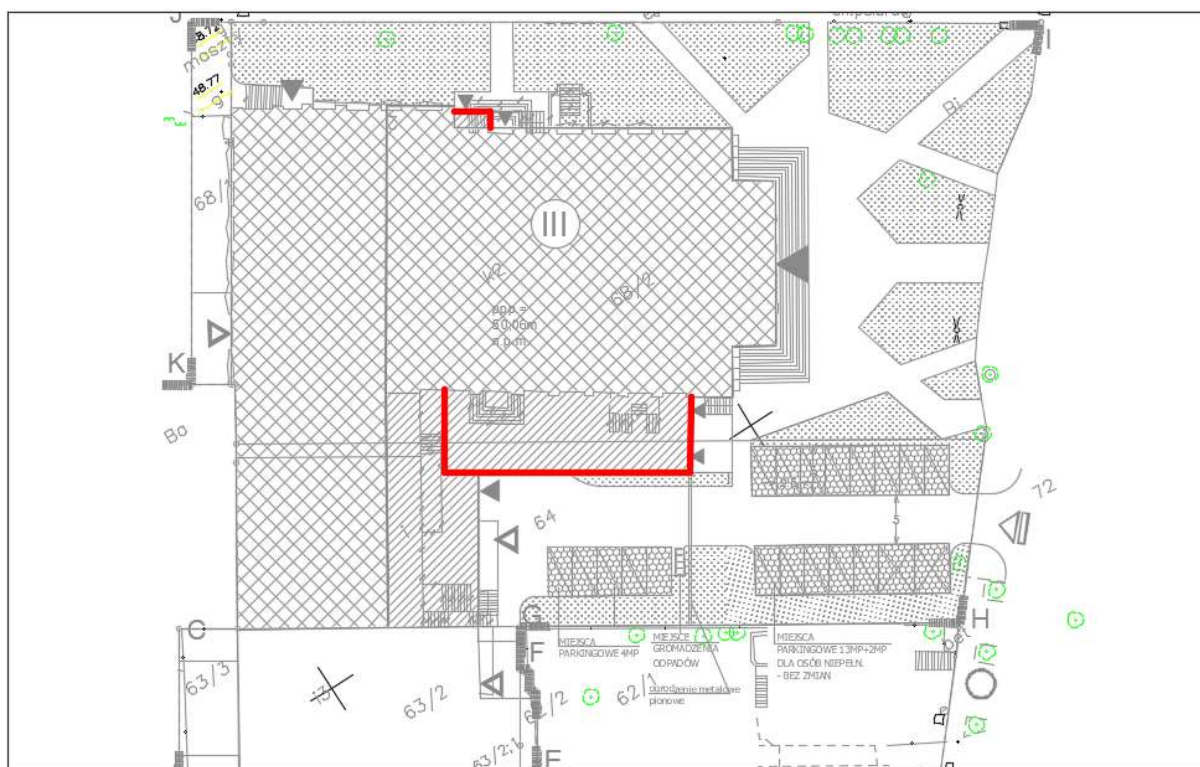
**Tabela 7.** Zestawienie danych dotyczących imisji hałasu na zakres objęty projektem

Imisja	$L_{DWN}$ [dB]	$L_N$ [dB]
Hałas drogowy	55 - 70	50-60
Hałas tramwajowy	-	-
Hałas całkowity	55 - 70	50-60

### 3.2.3 Obliczenia izolacyjności akustycznej przegród

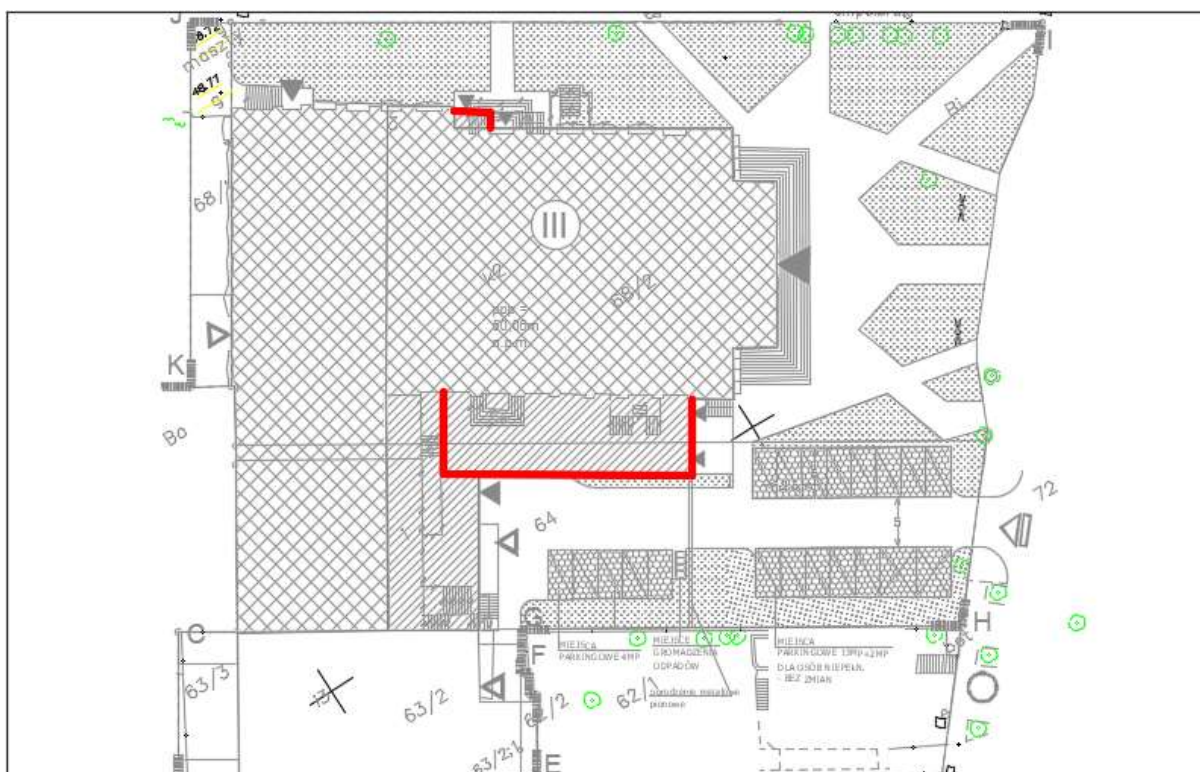
Na podstawie danych z mapy akustycznej dla każdej elewacji obliczono miarodajny poziom hałasu zewnętrznego przy danej przegrodzie zewnętrznej,  $L_{A,zew}$ , zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie PN-B-02151-3:2015.

Poniższe rysunki przedstawiają wymagania dla nowoprojektowanych przegród zewnętrznych wyznaczonych równaniem (1).



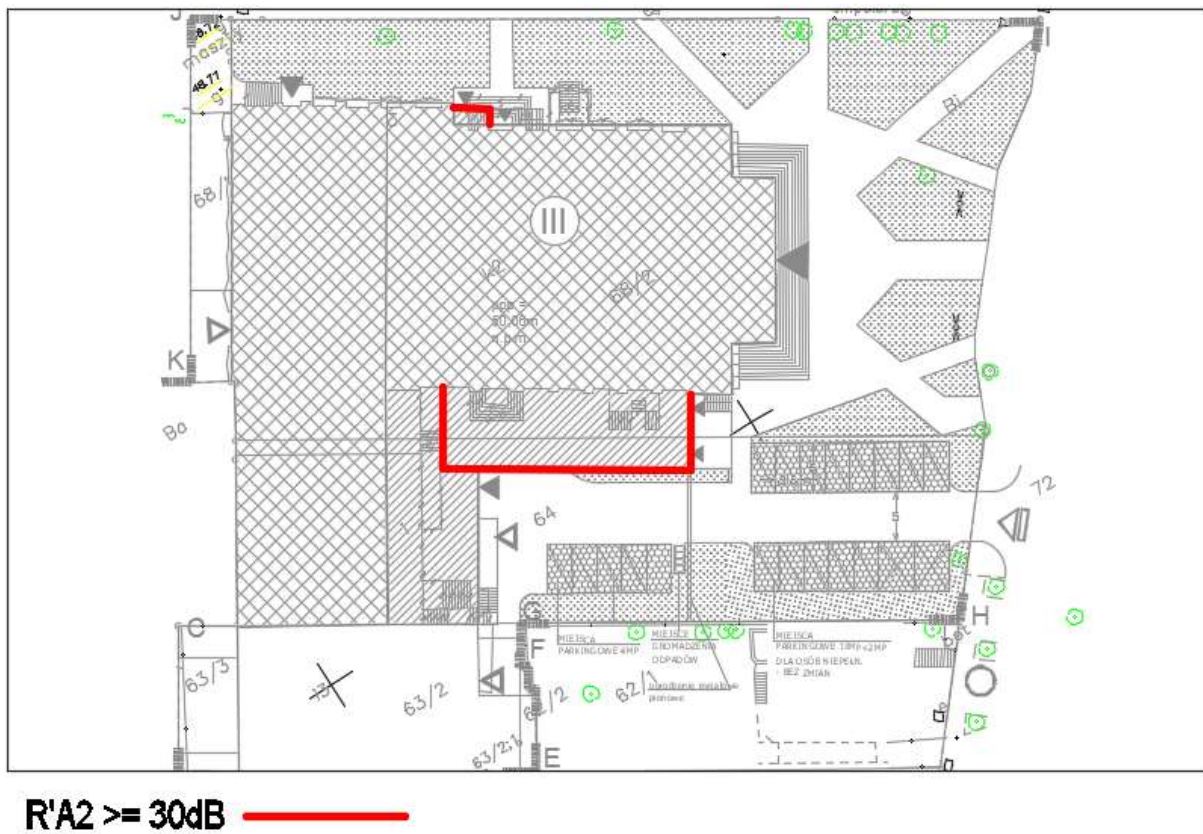
**$R'A2 \geq 30\text{dB}$**  —————

**Rysunek 5.** Wytyczne izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych, parter.



**$R'A2 \geq 30\text{dB}$**  —————

**Rysunek 6.** Wytyczne izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych, piętro 1.



**Rysunek 7.** Wytyczne izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych, piętro 2.

### 3.2.4 Rozwiązania projektowe

Niżej przedstawiono zaprojektowane ściany wraz z odpowiadającymi im literaturowymi wartościami projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $RA_{11}$ :

- Ściana z bloczków silikatowych o grubości 25 cm,  $RA_{2,R} = 52 \text{ dB}$ ,

Ponadto na ścianie zewnętrznej zaprojektowano warstwę termoizolacyjną o grubości 20 cm wykończoną tynkiem. W związku z negatywnym wpływem warstwy termoizolacyjnej na izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych w analizowanym przypadku przyjęto redukcję parametru o 2 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi odpowiednio  $R'A_2 = 31 \text{ dB}$  oraz  $R'A_2 = 50 \text{ dB}$ .

Zaprojektowane rozwiązania spełniają wymagania odnośnie izolacyjności akustycznej podane w punkcie 3.2.

### 3.2.5 Izolacyjność akustyczna okien zewnętrznych

Poniższa tabela przedstawia wymagane wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej,  $R$ , uwzględniającego widmowy wskaźnik adaptacyjny  $C_{tr}$  oraz wartości elementarnej znormalizowanej różnicy poziomów,  $D_{n,e}$ , która określa właściwości dźwiękoizolacyjne nawiewnika powietrza.

**Tabela 8.** Wymagana izolacyjność akustyczna stolarki okiennej

Lp.	Pomieszczenie	Okna	Nawiewnik
		$R_{A,2}$ [dB]	$D_{n,e}$ [dB]
1.	A0.03 Biuro obsługi widza	$\geq 27$	-
2.	A0.04 Foyer Dolne	$\geq 27$	
3.	A0.05 Kasy	$\geq 27$	
4.	A0.08 Kawiarnia	$\geq 29$	-
5.	A0.09 Toaleta	$\geq 30$	-
6.	A0.13 Magazyn	$\geq 30$	-
7.	A0.17 Toaleta damska	$\geq 25$	-
8.	A1.01 Korytarz	$\geq 27$	
9.	A1.02 Foyer	$\geq 27$	
10.	A1.06 Pom. warsztatowe	$\geq 29$	-
11.	A1.09 Toaleta damska	$\geq 26$	-
12.	A2.01 Korytarz	$\geq 27$	
13.	A2.03 Pom. warsztatowe	$\geq 29$	-
14.	A2.07 Toaleta damska	$\geq 25$	-
15.	A2.01	$\geq 27$	-

#### UWAGA:

Wskazane wartości izolacyjności akustycznej dotyczą całych okien (razem z ramą okienną, okuciem, oszkleniem itp.).

Nie dopuszcza się ofert od dostawców przedstawiających deklaracje tylko dla szklenia, gdyż nie są w niej uwzględnione wpływy ramy i okucia na parametr wyrobu budowlanego, jakim jest okno jako całość.

### 3.3 Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych

#### 3.3.1 Wymagania

Norma określająca wymagania PN-B-02151-3:2015 obowiązuje na podstawie §326 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690, z późn.zm. - tekst jednolity Dz.U. 2015 poz.1422) wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Minimalne wymagania dotyczące parametrów przegród wewnętrznych w budynkach charakteryzuje norma PN-B-02151-3:2015 „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.”

Izolacyjność przegród wewnętrznych od dźwięków powietrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy przyjmować według Tabela 9.

W odniesieniu do wszystkich przegród, z wyjątkiem drzwi, wymagania dotyczą wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A,1}$  tj. wskaźnika izolacyjności uwzględniającej wpływ pośredniego, w tym bocznego przenoszenia dźwięku.

Izolacyjność akustyczna drzwi dotyczy projektowanego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej,  $R_{A,1,R}$ , tj. wskaźnika izolacyjności od dźwięków powietrznych określonej na podstawie badań laboratoryjnych, zmniejszonego o 2 dB.

Dopuszczalny poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy przyjmować według Tabeli 10.

Wymagania dotyczą ważonego wskaźnika przybliżonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego  $L'_{n,w}$  tj. poziomu uwzględniającego wpływ bocznego przenoszenia dźwięku.

**Tabela 9.** Wymagane wartości izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej wg PN-B-02151-3:2015

Lp.	Rodzaj przegrody	Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika [dB]
1	2	3	4
I	Budynki biurowe		
	Ściany i drzwi		
I.1	- Ściana bez drzwi między pokojami biurowymi oraz ściana między pokojami biurowymi a korytarzem	$R'_{A,1}$	$\geq 40$ ( $\geq 35$ ) <sup>f</sup>
I.2	Ściana między pokojem biurowym a obszarem komunikacji ogólnej (korytarze, hole, klatki schodowe)		
I.2.1	- Ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	$\geq 40$ ( $\geq 35$ ) <sup>j</sup>
I.2.2	- Drzwi	$R_{A,1,R}$	$\geq 30$
I.3	Ściana między pokojem do prowadzenia rozmów poufnych (w tym gabinety dyrektorskie) a innymi pomieszczeniami biurowymi lub obszarem komunikacji ogólnej (korytarze, hole, klatki schodowe)		
I.3.1	- Ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	$\geq 50$
I.3.2	- Drzwi	$R_{A,1,R}$	$\geq 40$
I.4	- Ściana między salami konferencyjnymi, w tym pomieszczeniami o podobnym przeznaczeniu	$R'_{A,1}$	$\geq 48$
I.5	Ściana między salą konferencyjną a korytarzem komunikacji ogólnej		
I.5.1	- Ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	$\geq 48$
I.5.2	- Drzwi	$R_{A,1,R}$	$\geq 35$
I.6	Ściana między pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi a pomieszczeniami sanitarnymi	$R'_{A,1}$	$\geq 50$
I.7	Ściana między zespołami pomieszczeń biurowych wykorzystywanych przez odrębnych użytkowników	$R'_{A,1}$	$\geq 50$
I.8	Ściana między pokojem biurowym o różnym przeznaczeniu a pomieszczeniem ze źródłami zakłóceń akustycznych:		
I.8.1	- Pomieszczeniem technicznym z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie, przy zachowaniu warunku $\geq 55$ <sup>b</sup>



I.8.2	- Pomieszczeniem handlowym, usługowym (z wyjątkiem wymienionych w I.8.3), - Salą klubową, kawiarnianą, restauracyjną, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie <sup>a</sup> , przy zachowaniu warunku $\geq 55^b$
I.8.3	- Salą klubową, kawiarnianą, restauracyjną, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca - Pomieszczeniem usługowym, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy rodzaj prowadzonych zajęć ruchowych powodują powstawanie zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych <sup>h</sup>	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie <sup>f</sup> , przy zachowaniu warunku $\geq 60^b$
<b>Stropy</b>			
I.9	Strop między pomieszczeniami biurowymi, wyszczególnionymi w II.1, II.3 i II.4 – w dowolnym układzie	$R'_{A,1}$	$\geq 50$
I.10	Strop między pomieszczeniami biurowymi, wyszczególnionymi w II.1, II.3 i II.4 a pomieszczeniem ze źródłami zakłóceń akustycznych wyszczególnionymi w II.8	-	Odpowiednio, jak w II.8

<sup>a</sup> Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane maksymalne poziomy hałasu w pomieszczeniu ze źródłami zakłóceń akustycznych.

<sup>b</sup> Równocześnie należy spełnić wymagania wg. PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu.

<sup>c</sup> W przypadku małych punktów handlowych typu kiosk przyjmuje się wartość  $R'_{A1} \geq 53$  dB.

<sup>d</sup> Nie zaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń przy pomieszczeniach chronionych.

<sup>e</sup> Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.

<sup>f</sup> Przy indywidualnym ustalaniu wymagań należy uwzględnić rodzaj występujących zakłóceń (np. uderzenia o podłogę, skoki, przesuwanie przedmiotów lub częste przemieszczanie się ludzi).

<sup>g</sup> Zalecana jest większa wartość.

<sup>h</sup> Wymaganie odnosi się do źródeł hałasu występujących w ciągu dnia.

<sup>i</sup> Dopuszcza się przyjęcie niższych wymagań w przypadku, gdy z uwagi na inne względy użytkowe wymaganie wartości  $R'_{A1} \geq 40$  dB powodowałoby istotne trudności techniczne.

**Tabela 10.** Dopuszczalne poziomy dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej wg PN-B-02151-3:2015

Lp.	Wymaganie	Wskaźnik $L'_{n,w}$ [dB]
1	2	
<b>I</b>	<b>Budynki biurowe</b>	
I.1	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, salami spotkań – w dowolnym układzie	$\leq 60$
I.2	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń wymienionych w II.1 z obszarów komunikacji ogólnej (korytarzem hole, podesty)	$\leq 58$
I.3	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń przeznaczonych do rozmów poufnych ze wszystkich innych pomieszczeń w budynku (z wyjątkiem wyszczególnionych w II.4)	$\leq 58$
I.4	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń wyszczególnionych w II.1 i II.3 ze zlokalizowanych w budynku pomieszczeń ze źródłami zakłóceń akustycznych:	
I.4.1	- Z pomieszczenia technicznego z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	Określić indywidualnie <sup>a</sup> , przy zachowaniu warunku $\leq 48^b$
I.4.2	- Z garażu, pomieszczenia handlowego - Z sali klubowej, kawiarnianej, restauracyjnej, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	$\leq 53^b$

I.4.3	- Z sali klubowej, kawiarnianej, restauracyjnej, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca - Z pomieszczenia usługowego, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych <sup>c</sup> powodują powstawanie zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych <sup>g</sup>	Określić indywidualnie <sup>e</sup> , przy zachowaniu warunku $\leq 43$ <sup>b</sup>
I.5	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między zespołami pomieszczeń biurowych wykorzystywanych przez różnych użytkowników	$\leq 53$
I.6	Budynki o przeznaczeniu mieszanym – poziom dźwięków uderzeniowych przenikających z części biurowej budynku do części o przeznaczeniu mieszkalnym	$\leq 48$

<sup>a</sup> Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane rodzaje źródeł zakłóceń akustycznych.

<sup>b</sup> Wymaganie dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu wg PN-B-02151-02 również powinno być spełnione.

<sup>c</sup> Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.

<sup>d</sup> Niezaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń przy pomieszczeniach chronionych

<sup>e</sup> Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić rodzaj występujących zakłóceń akustycznych.

<sup>f</sup> W szpitalach wymaganie należy zaokrąglić o 5 dB (tj.  $L'_{n,w} \leq 53$  dB) w przypadku przenoszenia dźwięków uderzeniowych z izby przyjęć, łącznie z poczekalnią, do pomieszczeń łóżkowych

<sup>g</sup> Wymaganie dotyczy źródeł zakłóceń akustycznych występujących w ciągu dnia.

Z uwagi na funkcje sal oraz wymagania określone w normach, niezbędne jest zastosowanie odpowiedniej ochrony przeciwdźwiękowej. Tabela 11 przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej  $R'_{A1}$  nowoprojektowanych przegród między pomieszczeniami.

**Tabela 11.** Wymagana izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych

Lp.	Pomieszczenie 1	Pomieszczenie 2	Ściany	Stropy		Rozwiązanie
			$R'_{A1}$ [dB]	$R'_{A1}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	
1	Widownia	Szatnia	$\geq 52$			ZB25
2		Przedśionek akustyczny	$\geq 40$			MC25
3		Kabina akustyka	$\geq 50$			MC25
4		Foyer dolne	$\geq 52$			MS24, GK250
5		Korytarz	$\geq 52$			MS24, GK250
6	Foyer	Korytarz	$\geq 40$			SMOB1
7	Kabina akustyka	Widownia	$\geq 50$			MC25
8		Przedśionek akustyczny	$\geq 50$			GK250
9		Korytarz	$\geq 50$			GK250

### 3.3.2 Rozwiązania projektowe – ściany

- **MS24**

Ściana murowana z bloczków silikatowych o grubości 24 cm i gęstości  $\rho \geq 1800$  kg/m<sup>3</sup>, tynkowana o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A1,R}=55$  dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A1}$  przyjęto  $K = 2$  dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi  $R'_{A1} = 53$  dB.

- **MC25**

Ściana murowana ceglana o grubości około 25 cm o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A,1,R}=55$  dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A1}$  przyjęto  $K = 2$  dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi  $R'_{A1} = 53$  dB.

- **ZB25**

Ściana wykonana w technologii żelbetowej o grubości 25 cm o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A,1,R}=59$  dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A1}$  przyjęto  $K = 2$  dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi  $R'_{A1} = 57$  dB.

- **GK250**

Ściana wykonana w technologii suchej zabudowy na dwóch profilach C75 z potrójnym opływowaniem GK 12,5 mm, z wypełnieniem wełną mineralną o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A,1,R}=60$  dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A1}$  przyjęto  $K = 7$  dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi  $R'_{A1} = 53$  dB.

- **SMOB01**

Ściana mobilna o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej  $R_{A,1,R}=46$  dB. Wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika  $R'_{A1}$  przyjęto 6 dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegrody wynosi  $R'_{A1} = 40$  dB.

Ewentualna warstwa pochłaniająca dźwięk montowana na ścianie mobilnej nie może obniżać izolacyjności akustycznej przegrody.

### 3.3.3 Izolacyjność akustyczna okien oraz drzwi wewnętrznych

Poniższe tabele przedstawiają wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej drzwi oraz okien określone na podstawie punktu 3.2.

**Tabela 12.** Wymagana izolacyjność akustyczna drzwi

Lp.	Opis pomieszczenie	$R_{A,1,R}$ [dB]
1	Widownia	$\geq 40$
2	Scena	$\geq 40$
3	Biuro obsługi widza	$\geq 30$
4	Kasy	$\geq 30$



5	Kabina Akustyka / Oświetleniowca	$\geq 40$
---	----------------------------------	-----------

**Tabela 13.** Wymagana izolacyjność akustyczna drzwi

Lp.	Pomieszczenie 1	Pomieszczenie 2	$R_{A,1,R}$ [dB]
1	Widownia	Kabina Akustyka / Oświetleniowca	$\geq 38$

### 3.3.4 Klatki schodowe

Wszelkie biegi oraz spoczniki klatek schodowych, w szczególności zlokalizowane w sąsiedztwie pomieszczeń hotelowych, należy oddylać od konstrukcji obiektu poprzez wykorzystanie systemowych przekładek akustycznych. Na spocznikach klatek schodowych ogólnodostępnych należy zastosować podłogi pływające. Ponadto, sugeruje się wykończenie tych przestrzeni wykładziną dywanową.

UWAGA! W przypadku stosowania podłóg pływających płyta dociskowa oraz wszelkie warstwy wykończeniowe powinny być odizolowana po obwodzie od przegród. Niedopuszczalne jest miejscowe sztywne połączenie płyty dociskowej lub warstw wykończeniowych ze stropem lub ścianami.

### **3.4 Wytyczne branżowe**

#### **3.4.1 Budowlane**

- Wszelkie przegrody objęte wytycznymi akustycznymi, szczególnie w technologii suchej zabudowy, należy wykonywać od stropu do stropu ze szczelnym wypełnieniem pustych przestrzeni.
- Podłogi pływające należy wykonywać wewnątrz pomieszczeń, po podziale ścianami.
- Wszelkie otwory po szalunkach należy uzupełnić zaprawą.
- Wszelkie łączenia przegród należy całkowicie wypełnić zaprawą (szczególnie w spoinach pionowych). W systemach murowanych z elementów zazębiających się i bez konieczności wypełniania zaprawą styków pionowych należy bezwzględnie zachować określone przez producenta maksymalne szerokości odstępów pionowych.

#### **3.4.2 Instalacje wentylacyjne**

- Należy zastosować odpowiednie tłumiki oraz kanały tłumiące tak, aby spełnić wymogi dotyczące tła akustycznego w pomieszczeniach (3.1) oraz zredukować ewentualne przesłuchy, mające wpływ na izolacyjność akustyczną, między pomieszczeniami chronionymi akustycznie,
- W instalacji obsługującej salę widowiskową szybkość przepływu powietrza nie powinna przekraczać:
  - w kanałach głównych 6,5 m/s,
  - w odgałęzieniach 5 m/s,
  - na kratkach 3 m/s.
- Wszelkie instalacje systemów wentylacyjnych, klimatyzacyjnych należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
- Wszelkie urządzenia systemów wentylacyjnych, klimatyzacyjnych należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań  $D \geq 90\%$ ) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,
- W okolicach przejść przez przegrody sal chronionych akustycznie należy unikać stosowania kanałów wentylacyjnych miękkich oraz wykonanych ze sprasowanej wełny mineralnej. Rozwiązania z zastosowaniem tych systemów powinny być skonsultowane z akustykiem,
- Niedopuszczalne jest prowadzenie instalacji tranzytowo przez pomieszczenia chronione akustycznie,
- Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanymi przez dane instalacje,

- Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo,
- Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,

### **3.4.3 Instalacja C.O. C.W i węzłów ciepłych**

- Łączenia urządzeń systemów instalacji sanitarnych z siecią przewodów, rur, kanałów należy wykonywać z wykorzystaniem wstawek amortyzujących,
- Posadowienia pomp na masywnych fundamentach całkowicie odylowanych od konstrukcji budynku lub w ostateczności na specjalnie przygotowanej podłodze.
- Wszelkie instalacje należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków elastycznych zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
- Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji (rur) do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,
- Wszelkie należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań  $D \geq 90\%$ ) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,
- W obrębach sal chronionych akustycznie należy stosować instalacje niskoszumowe,
- W celu wyeliminowanie hałasu pochodzącego od części instalacji c.o. prowadzonej poza pomieszczeniem węzła ciepłego należy montować przy grzejnikach zawory termostatycznych o nowoczesnej konstrukcji, zawory odpowietrzające, na pionach c.o. automatyczne odpowietrzniki,
- Należy ograniczyć gwałtowne zmiany prowadzenia instalacji na pionach,
- Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo (elastyczne przejścia rur przez przegrody),
- Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanymi przez dane instalacje.

### **3.4.4 Instalacja wodno - kanalizacyjna**

- Wszelkie instalacje systemów hydraulicznych należy instalować przy pomocy uchwytów i wieszaków zawierających zabezpieczenia antywibracyjne,
- Wszelkie urządzenia systemów hydraulicznych należy montować z wykorzystaniem systemów wibroizolacyjnych (skuteczność tłumienia drgań  $D \geq 90\%$ ) oraz konsultować ich dobór oraz lokalizację z projektantem akustyki,
- Należy stosować izolację akustyczną pionów kanalizacyjnych z PCV
- W obrębach sal chronionych akustycznie należy stosować instalacje niskoszumowe,

- Należy unikać prowadzenia instalacji tranzytowo przez pomieszczenia chronione akustycznie,
- Należy unikać prowadzenia instalacji nad pomieszczeniami nieobsługiwanyymi przez dane instalacje,
- Wszelkie przejścia instalacyjne przez przegrody powinny być zabezpieczone akustycznie oraz przeciwdrganiowo (elastyczne przejścia rur przez przegrody),
- Niedopuszczalne jest mocowanie instalacji (rur) do ścian lub w ścianach przylegających do pomieszczeń chronionych akustycznie,
- Należy ograniczyć gwałtowne zmiany prowadzenia instalacji na pionach,
- ograniczenie ciśnienia w wewnętrznych instalacjach w.c. i w.z. pomieszczeń do 0,1 MPa – poprzez zastosowanie reduktorów ciśnienia na indywidualnych przyłączach,
- zastosowanie zaworów kulowych zamiast zaworów grzybkowych – wyeliminowanie ruchomego grzybka jako elementu najczęściej zakłócającego przepływ strumienia wody,
- powszechne stosowanie armatury czerpalnej nowej generacji, tzw. armatury ceramicznej jednouchwytowej.
- Przy kolanku instalacja powinna być wykonana w systemie żeliwnym,
- Szachty instalacyjne powinny być minimum na dwóch sąsiadujących ze sobą ścianach, po wewnętrznej stronie wykończone wełną mineralną (5 cm, 50-70 kg/m<sup>3</sup>) zabezpieczoną flizeliną.

### **3.4.5 Instalacje elektryczne, teletechniczne oraz elektroakustyczne**

- Okablowanie należy prowadzić wewnątrz pomieszczenia minimalizując otworowanie przegród,
- Wszelkie przejścia przez przegrody objęte wytycznymi akustycznymi nie mogą obniżać wypadkowej izolacyjności akustycznej przegrody,
- W obszarze sal widowiskowych okablowanie należy instalować natynkowo. W przypadku konieczności stosowania bruzd nie mogą być one głębsze niż 10% grubości danej ściany,
- Niedopuszczalne jest montowanie instalacji na przestrzał przez ścianę, np. symetryczne rozmieszczenie gniazdek na jednej przegrodzie.

## 4. Akustyka Wnętrz

### 4.1 Wymagania

Norma określająca wymagania PN-B-02151-4:2015 obowiązuje na podstawie §326 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690, z późn.zm. - tekst jednolity Dz.U. 2015 poz.1422) wraz z późniejszymi zmianami oraz z wykazem Polskich Norm powołanych w rozporządzeniu.

Norma PN-B-02151-4 określa wymagania dotyczące:

- Warunków pogłosowych w pomieszczeniach budynków zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej, wyrażone za pomocą maksymalnego czasu pogłosu T lub minimalnej chłonności akustycznej A oraz
- Wymagania dotyczące zrozumiałości mowy w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej, wyrażone za pomocą wskaźnika transmisji mowy STI.

Wymagania dotyczące czasu pogłosu T oraz wskaźnika transmisji mowy STI w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej podano w Tabeli 14. Wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, umeblowanych w sposób typowy dla przeznaczenia, bez obecności ludzi.

Podane w Tabeli 14 wymagania dotyczące czasu pogłosu T dla sal konferencyjnych należy spełnić, uwzględniając poniższe warunki:

- Wartości czasu pogłosu T w pomieszczeniu odnoszą się do każdego oktawowego pasma o środkowej częstotliwości  $f$  wynoszącej 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz; 4000 Hz i 8000 Hz.
- W paśmie o środkowej częstotliwości  $f = 125$  Hz wartość czasu pogłosu T może być do 30 % większa od wartości podanej w Tabeli 14 dla danego pomieszczenia.

Podane w Tabeli 14 wymagania dotyczące czasu pogłosu T dla pokoi biurowych należy spełnić, uwzględniając poniższe warunki:

- Wartości czasu pogłosu T w pomieszczeniu odnoszą się do każdego oktawowego pasma o środkowej częstotliwości  $f$  wynoszącej 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz i 4000 Hz.

**Tabela 14.** Czas pogłosu T i wskaźnik transmisji mowy STI w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej

Lp.	Pomieszczenie		Wymaganie	
	Rodzaj pomieszczenia	Kubatura pomieszczenia V [m <sup>3</sup> ]	Czas pogłosu T [s]	Wskaźnik transmisji mowy STI
1.1	Sale rozpraw sądowych, sale konferencyjne, audytoryjne i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	≤ 500	≤ 0,8	≥ 0,60
1.2		Od 500 do 2000	≤ 1,0	
1.3		> 2000	Określić indywidualnie	Określić indywidualnie

3	Atria, hole, foyer i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu, wielokondygnacyjne strefy komunikacyjnej ogólnej w centrach handlowych	$\leq 4,0$ m	$\leq 1,2$	-
		Od 4,0 m do 16,0 m	$\leq 1,5$	-
		$> 16$ m	$\leq 1,8$	-
4	Pokoje biurowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	-	$\leq 0,6$	-
5	Sale konsumpcyjne w restauracjach	-	Określić indywidualnie	-

Tabela 15 przedstawia wymagany czas pogłosu oraz wskaźnik transmisji mowy, STI, w pomieszczeniach objętych zakresem inwestycji określony na podstawie normy PN-B-02151-4 oraz literatury specjalistycznej.

**Tabela 15.** Wymagany czas pogłosu w projektowanych pomieszczeniach

Lp.	Oznaczenie pomieszczenia	Nazwa pomieszczenia	Czas pogłosu [s]	Wskaźnik transmisji mowy STI
1	A1.15 / A2.02	Widownia	1,4 s.	$\geq 0,5$
2	A0.01	Przedsionek	$\leq 1,2$	-
3	A0.03	Biuro obsługi widza	$\leq 0,6$	-
4	A0.04	Foyer dolne	$\leq 1,2$	-
5	A0.08	Kawiarnia	$\leq 1,2$	-
6	A1.01	Korytarz	$\leq 1,2$	--
7	A1.05	Kabina Akustyka / Oświetleniowca	$\leq 0,6$	-
8	A1.02	Foyer	$\leq 1,5$	-
9	A1.03	Przedsionek akustyczny	$\leq 0,4$	-
10	A1.04	Przedsionek akustyczny	$\leq 0,4$	-

## 4.2 Rozwiązania projektowe – A1.15 / A2.02 Sala teatralna

### 4.2.1 Dobór i rozmieszczenie ustrojów akustycznych

Na podstawie analiz dobrano i ustalono rozmieszczenie ustrojów akustycznych zapewniających spełnienie warunków określonych w punkcie 4.1. W sali projektuje się:

- Ściana tylna, poziom 0 – A100, cała powierzchnia
- Ściana tylna, poziom +1 – A100, cała powierzchnia
- Scena, dwie prostopadłe względem siebie ściany – A100 w pasach na wysokości balkonów technicznych, około 240 m<sup>2</sup>.
- Ściany boczne widowni – listwy drewniane instalowane na okładzinie GK. Ewentualną Przestrzeń między płytami GK a ścianą murowaną wypełnić wełną mineralną.
- Sufit: pełny 2x GK 12,5 mm (łączna masa  $m' \geq 13 \text{ kg/m}^2$ ). Nad płytami wełna mineralna ( $\rho = 30 \div 70 \text{ kg/m}^3$ ) – min. 70 mm. Wieszany na podkonstrukcji systemowej z wykorzystaniem wieszaków elastycznych.

Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych w punkcie 4.4.

Graficznych schemat przedstawiający rozmieszczenie materiałów w dalszej części opracowania.

### 4.2.2 Dobór foteli

W poniższej tabeli określono optymalne parametry pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku jakimi powinien cechować się fotel.

**Tabela 16.** Optymalne pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku foteli z publicznością

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_p$ (z widzem)	0,35	0,50	0,70	0,75	0,75	0,80
$\alpha_p$ (bez widza)	0,25	0,40	0,55	0,55	0,55	0,50

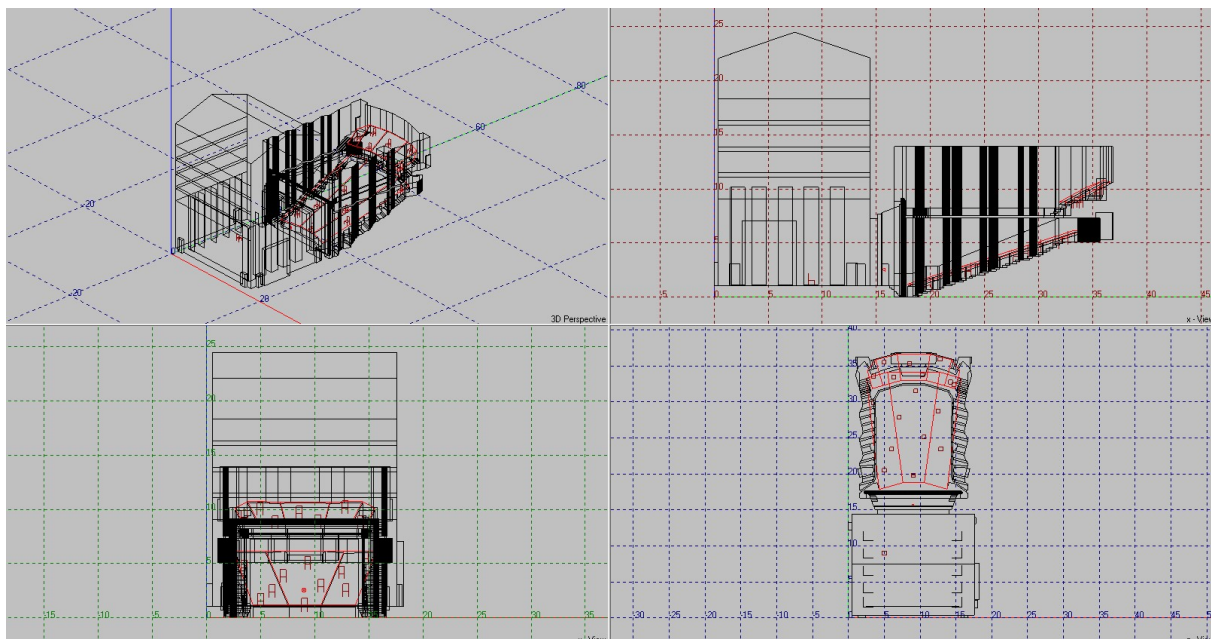
Tolerancja dla powyżej przyjętego współczynnika to +/- 0,05.

Ewentualna zmiana parametrów pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku foteli jest dopuszczalna po etapie strojenia akustycznego sali.

### 4.2.3 Analiza zaprojektowanego rozwiązania

Na potrzeby analizy przygotowano model numeryczny sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 8412 m<sup>3</sup>, powierzchnia efektywna to: 4368 m<sup>2</sup>.

Poniższy rysunek przedstawia model sali przyjęty do symulacji wraz z zaznaczonymi punktami pomiarowymi oraz źródłem dźwięku.



**Rysunek 2.** Geometria modelu numerycznego sali

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem architektury oraz akustyki.

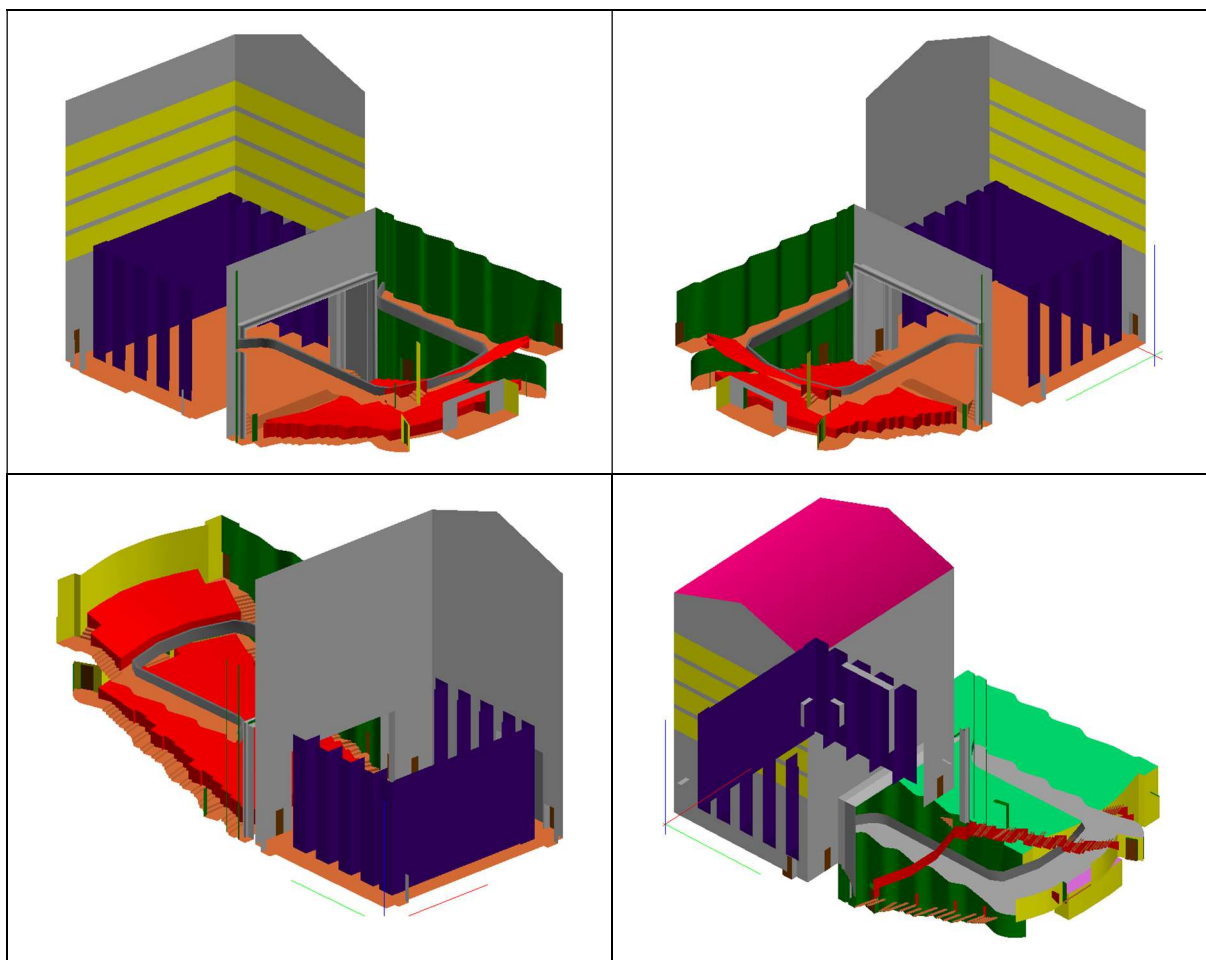
Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.3, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej.

Poniższa tabela przedstawia wykorzystane w symulacji materiały wraz z odpowiadającymi im współczynnikami pochłaniania dźwięku oraz przyjętymi w modelu powierzchniami.

**Tabela 17.** Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku przyjętych do symulacji materiałów

Materiał	Kolor	S [m <sup>2</sup> ]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, $\alpha_s$ , w pasmach oktawowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Powierzchnia twarda (np. beton)		1354,1	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,08
Okotowanie		764,3	0,10	0,20	0,28	0,35	0,50	0,60
Podłoga drewniana		508,3	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Okładzina ścienna widowni		469,8	0,14	0,10	0,10	0,08	0,10	0,08
A100		384	0,63	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90
Fotele z widzami		343,7	0,35	0,49	0,74	0,75	0,75	0,78
Sufit widowni		311,7	0,15	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Sufit sceny		267,1	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Obudowa GK/drewnopochodna		110,4	0,30	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05
Drzwi pełne		28,8	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Sufit reżyserki		10,7	0,50	0,85	1,00	0,90	1,00	1,00



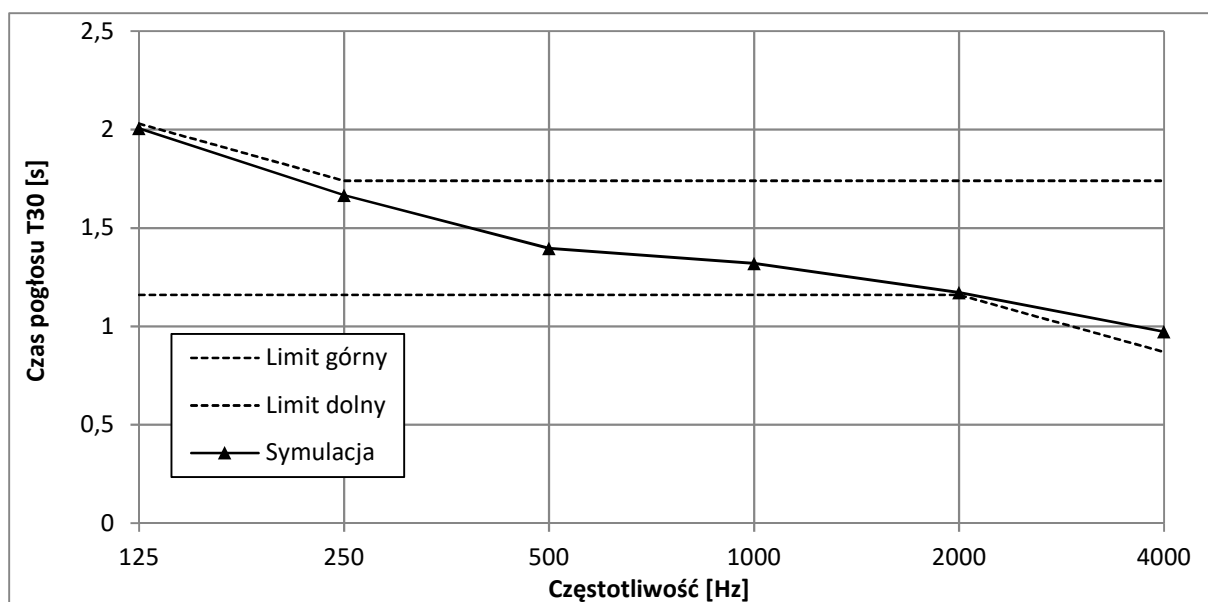


**Rysunek 3.** Graficzne rozmieszczenie materiałów w sali.

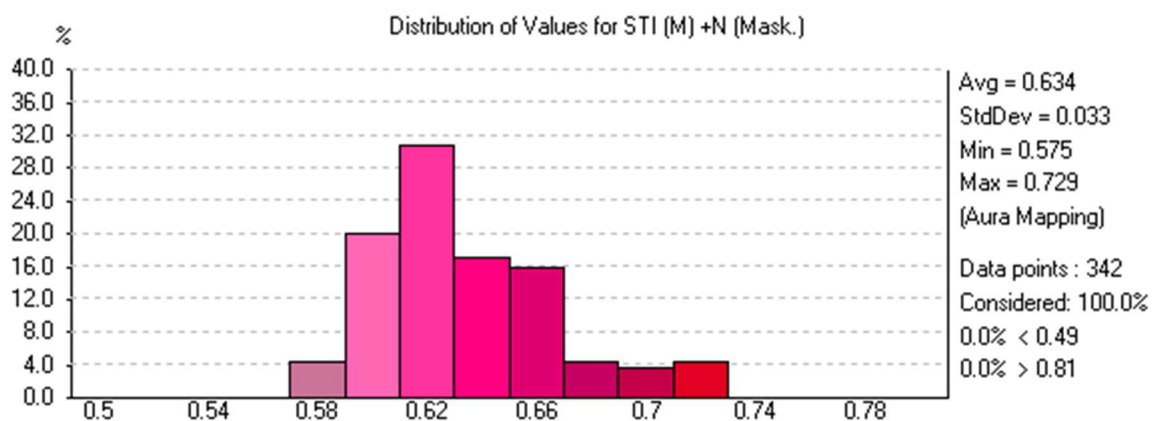
#### 4.2.4 Wyniki symulacji akustycznych

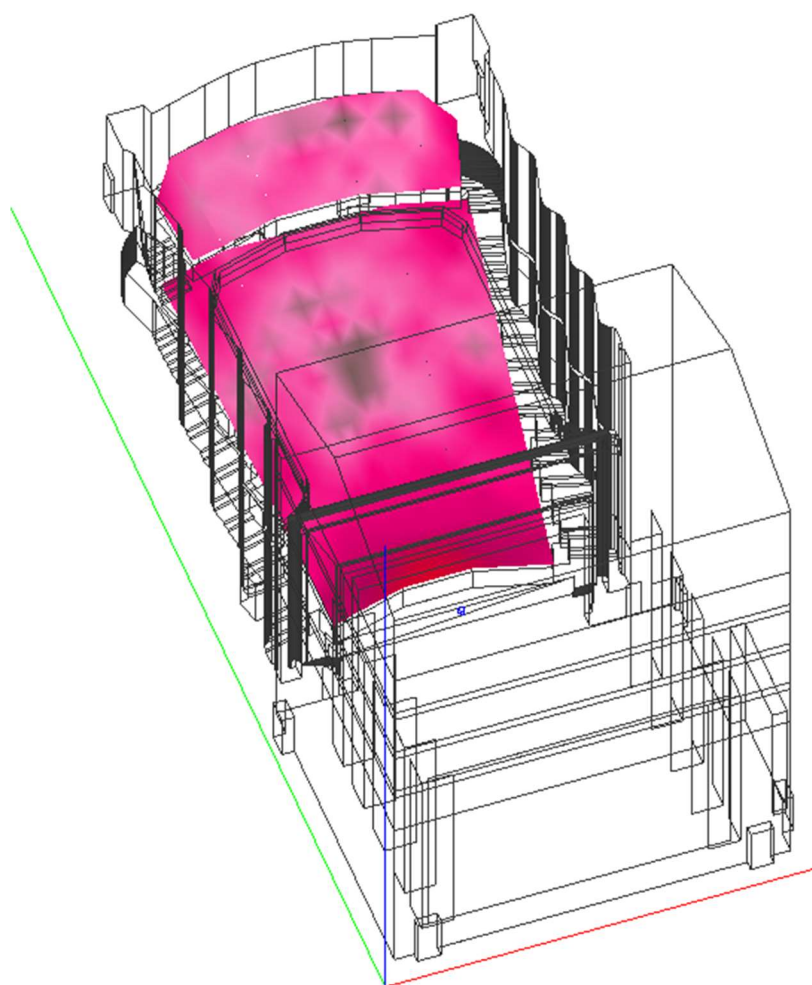
Symulacja akustyczna została przeprowadzona metodą geometryczną z wykorzystaniem modułu AURA. Analiza warunków akustycznych projektu została dokonana dla pasma 125 Hz do 4000 Hz. Jako źródło dźwięku przyjęto źródło wszechkierunkowe na wysokości 1,5 m na posadzką zlokalizowane na scenie. Analizę przeprowadzono dla sali z ludźmi oraz okotarowaniem (kurtyna horyzontalna) na scenie. Następnie, na podstawie otrzymanych wyników obliczono średnie parametry akustyczne przedstawione na poniższych rysunkach oraz tabeli.

Poniższy wykres przedstawia charakterystykę czasu pogłosu uzyskaną metodą geometryczną po adaptacji akustycznej wnętrza.



**Rysunek 4.** Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu po adaptacji akustycznej wnętrza (Tgeo). Linie przerywane wyznaczają zakres tolerancji charakterystyki częstotliwościowej optymalnego czasu pogłosu.





**Rysunek 5.** Dystrybucja oraz rozkład wskaźnika transmisji mowy, STI

### 4.3 Rozwiązania projektowe – pozostałe pomieszczenia

#### 4.3.1 Analiza akustyczna

Analiza została przeprowadzona metodą statystyczną. Obliczenia przeprowadzono posługując się poniższym równaniem (1).

$$T = \frac{0,161V}{-S \ln(1 - \alpha_{sr}) + 4mV} \quad (1)$$

Gdzie:

V – kubatura pomieszczenia,

S – powierzchnia całkowita,

$\alpha_{sr}$  – średni współczynnik pochłaniania dźwięku,

m – mocowy współczynnik pochłaniania dźwięku.

Człon  $4mV$  odpowiada za dodatkowe pochłaniania dźwięku spowodowane obecnością pary wodnej w powietrzu. Uwzględniany w obliczeniach jest w przypadku gdy pomieszczenie ma kubaturę większą niż 1000 m<sup>3</sup>.

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w analizowanych salach przyjęto zgodnie z otrzymanym projektem architektonicznym.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. Tabela 18 prezentuje przyjęte do analizy współczynniki pochłaniania dźwięku użytych materiałów.

**Tabela 18.** Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku przyjętych do symulacji materiałów

Materiał	Współczynnik pochłaniania dźwięku, $\alpha$ , w pasmach oktaowych o środkowej częstotliwości, f					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Twarde pokrycie podłogi	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Ściana twarda, tynkowana	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Szyba podwójna 2-3 mm z pustką powietrzną $\geq 10$ mm	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Drzwi drewniane masywne	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
S1	0,60	0,95	0,95	0,80	0,70	0,50
S2	0,45	0,85	1,00	0,95	1,00	1,00
S3	0,18	0,49	0,90	0,92	0,92	1,00
A100	0,63	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90

Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych w dalszej części projektu.

#### 4.3.2 Dobór ustrojów akustycznych

Tabela 19 przedstawia rozwiązania adaptacji akustycznej pomieszczeń zapewniające spełnienie wymagań postawionych w 4.1.

**Tabela 19.** Rozwiązania adaptacji akustycznej pomieszczeń

Lp.	Numer	Nazwa pomieszczenie	Proponowane rozwiązanie
1	A0.01	Przedsionek	Sufit <ul style="list-style-type: none"><li>• min. 25 m<sup>2</sup> S1</li></ul>
2	A0.03	Biuro obsługi widza	Sufit <ul style="list-style-type: none"><li>• min. 12 m<sup>2</sup> S2</li></ul>
3	A0.04	Foyer dolne	Sufit <ul style="list-style-type: none"><li>• min. 160 m<sup>2</sup> S1</li></ul>
4	A0.08	Kawiarnia	Sufit <ul style="list-style-type: none"><li>• min. 45 m<sup>2</sup> S3</li></ul>
5	A1.01	Korytarz	Sufit <ul style="list-style-type: none"><li>• min. 80 m<sup>2</sup> S1</li></ul>
6	A1.02	Foyer	Sufit <ul style="list-style-type: none"><li>• min. 90 m<sup>2</sup> S2</li></ul>
7	A1.05	Kabina Akustyka / Oświetleniowca	Sufit <ul style="list-style-type: none"><li>• S2 – pełna powierzchnia</li></ul> Ściany <ul style="list-style-type: none"><li>• A100 – ściana tylna, ściany boczne, pełna powierzchnia</li></ul>
8	A1.03	Przedsionek akustyczny	Sufit: <ul style="list-style-type: none"><li>• S2 – pełna powierzchnia</li></ul> Ściany: <ul style="list-style-type: none"><li>• A50 –pełna powierzchnia</li></ul>
9	A1.04	Przedsionek akustyczny	Sufit <ul style="list-style-type: none"><li>• S2 – pełna powierzchnia</li></ul> Ściany: <ul style="list-style-type: none"><li>• A50 –pełna powierzchnia</li></ul>

Ustroje należy rozmieszczać równomiernie na wskazanych powierzchniach.

Ustroje naścienne sugeruje się lokalizować na dwóch sąsiadujących ze sobą ścianach.

#### 4.4 Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych

Użyte w dokumentach nazwy materiałów i urządzeń lub jakichkolwiek wyrobów czy produktów służą jedynie określeniu pożądanego standardu wykonania i określenia właściwości oraz wymogów techniczno - użytkowych założonych w dokumentacji technicznej dla danego typu rozwiązań. Za równoważne Zamawiający uzna takie, które charakteryzują się właściwościami funkcjonalnymi

i jakościowymi takimi samymi lub zbliżonymi do tych, które zostały określone, lecz oznaczone innym znakiem towarowym, patentem lub pochodzeniem.

**Tabela 20.** Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych

Lp.	Element	Opis
1	S1	Sufit perforowany na bazie płyty GKB 12,5 mm, podwieszenie 200 mm, wypełnienie wełną mineralną 50 mm. Perforacja okrągła o średnicy 8 mm, odległości pomiędzy kolejnymi otworami w prostopadłych do siebie kierunkach: 18 mm, współczynnik perforacji: 15,5%. Parametry akustyczne: $\alpha_w \geq 0,60$ ; praktycznych współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha_p$ : 125 Hz $\geq 0,60$ 250 Hz $\geq 0,95$ 500 Hz $\geq 0,95$ 1000 Hz $\geq 0,80$ 2000 Hz $\geq 0,70$ 4000 Hz $\geq 0,50$
2	S2	Sufit podwieszany modułowy pochłaniający o schowanej podkonstrukcji. Parametry akustyczne: $\alpha_w \geq 1,00$ , klasa pochłaniania dźwięku: A. Praktycznych współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha_p$ : 125 Hz $\geq 0,45$ 250 Hz $\geq 0,85$ 500 Hz $\geq 1,00$ 1000 Hz $\geq 0,95$ 2000 Hz $\geq 1,00$ 4000 Hz $\geq 1,00$
	S3	Wełna mineralna 50 mm (gęstość 40-80 kg/m <sup>3</sup> ) klejona bezpośrednio do stropu. Zabezpieczona przez pyleniem, np. za pomocą welonu szklanego.
	A50	Ustrój akustyczny porowaty o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości. Wykonany z płyt z wełny mineralnej o grubości 50 mm (gęstość: 130kg/m <sup>3</sup> $\pm$ 10 kg/m <sup>3</sup> ) na systemowej podkonstrukcji i napiętej tkaniny o gramaturze 400 g/m <sup>2</sup> $\pm$ (10 %) i $R_s \leq 600$ kg/sm <sup>2</sup> .
	A100	Ustrój akustyczny porowaty o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości. Wykonany z płyt z wełny mineralnej o grubości 100 mm (gęstość: 130kg/m <sup>3</sup> $\pm$ 10 kg/m <sup>3</sup> ) na systemowej podkonstrukcji i napiętej tkaniny o gramaturze 400 g/m <sup>2</sup> $\pm$ (10 %) i $R_s \leq 600$ kg/sm <sup>2</sup> . Dopuszcza się zabudowę listwami drewnianymi przy spełnieniu warunku perforacji $\geq 50\%$ oraz szerokość list nie może być większa niż 4 cm.

Wszystkie elementy muszą spełniać wymogi przeciwpożarowe.

Kolorystyka i wykończenie powinna zostać uzgodniona z projektantem architektury.

Każda zmiana materiałowa musi być konsultowana i zatwierdzona przez projektanta akustyki.