

**Przebudowa i nadbudowa budynku Sceny Kameralnej Teatru
Polskiego we Wrocławiu**

JEDNOSTKA PROJEKTOWA:	SOUND & SPACE sp. z o.o.
ADRES:	ul. W. Biegańskiego 61A, 60-682 Poznań
OBIEKT:	Scena Kameralna Teatru Polskiego
ADRES INWESTYCJI:	ul. Mennicza 2, Wrocław
ZLECENIODAWCA:	Teatr Polski we Wrocławiu ul. Gabrieli Zapolskiej 3, 50-032 Wrocław

▪

OPERAT AKUSTYCZNY

PROJEKTANT: mgr inż. arch., mgr inż. akustyk – elektronik Robert Lebioda

Data opracowania: grudzień 2023

Zawartość

1. Podstawa opracowania	5
1.1 Merytoryczna	5
2. Zakres opracowania	6
3. Charakterystyka obiektu	7
4. Definicje	8
4.1 Decybel (dB)	8
4.2 dB(A)	8
4.3 Izolacyjność akustyczna	8
4.4 Czas pogłosu RT	9
4.5 Wskaźnik transmisji mowy STI, RaSTI	9
4.6 Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych	10
4.6.1 Wymagania	10
4.6.1 Część pełna przegród zewnętrznych	12
4.6.2 Stropodach	12
4.7 Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach	12
4.8 Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych	14
4.8.1 Wymagania	14
4.8.2 Określenie wymagań w budynku	17
4.8.3 Proponowane rozwiązania – przegrody pionowe	17
4.8.4 Proponowane rozwiązania – przegrody poziome	22
4.8.5 Izolacyjność akustyczna drzwi wewnętrznych	23
4.8.6 Izolacyjność akustyczna okien wewnętrznych	24
4.9 Szachty instalacyjne	24
4.10 Pomieszczenia techniczne	24
5. Akustyka Wnętrz	24
5.1 Wymagania	24
5.1.1 Wymagania: Sala teatralna	26
5.2 Analiza akustyczna: Sala teatralna	27
5.2.1 Rozwiązania projektowe	27
5.2.2 Dobór foteli	27
5.2.3 Model akustyczny	28
5.2.4 Dobór i rozmieszczenie materiałów wykończeniowych	28

5.2.5 Wyniki symulacji akustycznej.....	30
5.3 Analiza akustyczna: 2.24 Sala prób.....	33
5.3.1 Rozwiązania projektowe	33
5.3.2 Model akustyczny.....	33
5.3.3 Dobór i rozmieszczenie materiałów wykończeniowych.....	33
5.3.4 Analiza warunków pogłosowych.....	35
5.4 Zestawienie wymagań	37
5.5 Rozwiązania projektowe – pomieszczenia pozostałe.....	37
5.6 Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych	37
5.7 Wytyczne branżowe.....	38
5.7.1 Budowlane	38
5.7.2 Instalacje wentylacyjne	39
5.7.3 Instalacja C.O. C.W i węzłów ciepłych	39
5.7.4 Instalacja wodno - kanalizacyjna.....	40
5.7.5 Instalacje elektryczne, teletechniczne oraz elektroakustyczne.....	41
6. Rysunki	42

1. Podstawa opracowania

1.1 Merytoryczna

- [1] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (wraz z późn. zm.) (Dz. U. 2007.120.826, Dz. U. 2012 poz. 1109).*
- [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] *Rozporządzenia ministra środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem..*
- [6] „Portal Mapowy,” [Online]. Available: <https://sip.slupsk.eu/e-uslugi/portal-mapowy>.
- [7] *PN-ISO 9613-2:2002 Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczania.*
- [8] „Geoportal Infrastruktury Informacji Przestrzennej geoportal.gov.pl,” Główny Urząd Geodezji i Kartografii, [Online]. Available: <https://www.geoportal.gov.pl/>.
- [9] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, „Założenia do prognoz ruchu,” [Online]. Available: <https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/pl/992/zalozenia-do-prognoz-ruchu>. [Data uzyskania dostępu: 11 Kwiecień 2022].
- [10] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690) (wraz z późn. zm.).*
- [11] *PN-B-02151-3:2015 Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.*
- [12] A. Kulowski, *Akustyka Sal. Zalecenia projektowe dla architektów*, Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2007.
- [13] *TGL 10687/04 Schallschutz Schallabsorption in Räumen*, 1981.
- [14] D. Egan, *Architectural Acoustics*, J. Ross Publishing, 2007.

- [15] R. Osman, „Designing small music practice rooms for sound quality,” w *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010*, Sydney, 2010.
- [16] European Broadcasting Union, *EBU Tech. 3276 Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two-channel stereophonic*, Geneva, Maj 1998.
- [17] Ahnert W., Tennhardt H.P.: *Acoustics for Auditoriums and Concert Halls*. W: Ballou G. M.: *Handbook for Sound Engineers*, Burlington, 2008, Focal Press.

2. Zakres opracowania

Opracowanie dotyczy analizy akustycznej projektu przebudowy i nadbudowy budynku Sceny Kameralnej Teatru Polskiego we Wrocławiu w zakresie:

- Analizy akustycznej poziomu dźwięku od instalacji w celu spełnienia wymagań normy PN-87/B-02151/2 [2],
- Analizy akustycznej przegród wewnętrznych i zewnętrznych w celu spełnienia wymagań normy PN-B-02151-3:2015-10 [3],
- Analizy akustycznej warunków pogłosowych w celu spełnienia wymagań normy PN-B-02151:4-2016-06 [4],

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.

Opracowanie zawiera:

- Określenie wymagań dotyczących ochrony przeciwdźwiękowej w obiekcie w kategoriach:
 - Dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach,
 - Wymaganych wartości wskaźników ważonych izolacyjności akustycznej właściwej przegród zewnętrznych i wewnętrznych
 - Dopuszczalnej wartości czasu pogłosu w pomieszczeniach,
 - Minimalnej wartości wskaźnika transmisji mowy, STI,
 - Minimalnej chłonności akustycznej w pomieszczeniach ,
- Określenie wartości miarodajnego poziomu dźwięku A hałasu zewnętrznego na wysokości elewacji projektowanego budynku,
- Określenie wymagań akustycznych dla materiałów i elementów budowlanych (stolarka okienna i drzwiowa) przegród zewnętrznych oraz wewnętrznych,

- Określenie wymagań akustycznych dla elementów budowlanych wykończeniowych wewnątrz,
- Wytyczne dla innych branż.

3. Charakterystyka obiektu

Inwestycja obejmuje budynek o wysokości 5 kondygnacji nadziemnych i 1 kondygnację podziemnej. W budynku projektuje się salę teatralną oraz mniejszą salą prób.

4. Definicje

4.1 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 (Lp). Dla decybeli obowiązują prawa logarytmicznego dodawania i odejmowania.

4.2 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.

4.3 Izolacyjność akustyczna

R_W – wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej

$R_{A,1}$ – 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.

$R_{A,2}$ – wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej, R, uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C_{tr} .

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

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.

$L_{n,w}$ – wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego L_n

$L_{n,w,R}$ - wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w}$

$$L_{n,w,R} = L_{n,w} - 2[dB]$$

$L'_{n,w}$ – wskaźnik ważony przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego L'_n

$$L'_{n,w} = L_{n,w,R} - K_a[dB]$$

4.4 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.

4.5 Wskaźnik transmisji mowy STI, RaSTI

Wskaźnikami oceny parametrów przydatności wnętrza dla celów słownych są STI i RaSTI. Wyznacza się je najczęściej poprzez bezpośredni pomiar lub symulację funkcji przeniesienia wzorcowej modulacji przez pomieszczenie (MTF – Modulation Transfer Function). Oprócz wartości STI w oktawach oblicza się wartość średnią STIśr.

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

4.6 Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych

4.6.1 Wymagania

Norma określająca wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych, PN-B-02151-3:2015 [3], 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) [10] 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 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.

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

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 $L_{A,wew}$.

Poniższa tabela prezentuje wartości odniesienia w przypadku, gdy miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dotyczy wartości równoważnych $L_{Aeq, zew}$.

Tabela 1 Poziom odniesienia $L_{Aeq,wew}$ dotyczący miarodajnego równoważnego poziomu dźwięku A, hałasu zewnętrznego

Lp .	Rodzaj budynku	Rodzaj pomieszczenia	Poziom odniesienia L _{Aeq,wew} [dB]	
			Dzień	Noc
Pomieszczenia według PN-B-02151-3:2015 [3]				
1.	Budynki biurowe	Pokoje biurowe	40	-
2.		Gabinety dyrektorskie i inne pokoje do pracy koncepcyjnej	35	-
3.	Wszystkie rodzaje budynków	Pomieszczenia administracyjne	40	-
4.		Pomieszczenia do zajęć sportowych	45	-
5.		Kawiarnie, restauracje	40	-
6.		Sale wystawowe	45	-
Pozostałe pomieszczenia				
7.		Garderoba	35	-
8.		Sala teatralna	25	-
9.		Sala prób	30	-

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”.

4.6.1 Część pełna przegród zewnętrznych

Do obliczeń wskaźników wypadkowej izolacyjności akustycznej elewacji przyjęto wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej części pełnej przegrody $R_{A,2,R}$ odpowiadające zaprojektowanej ścianie zewnętrznej:

- Ściana z cegły ceramicznej o grubości 40 cm + tynk mineralny z aerożelem gr. 2cm.
Prognozowana wartość projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,2,R} \geq 54$ dB,

Zgodnie z normą PN-B-02151-03:2015 [11] punkt 8.2 przy ocenie izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych w budynku należy przyjąć, że wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na ich izolacyjność akustyczną jest pomijalny.

4.6.2 Stropodach

Stropodach nad salą teatralną powinien posiadać izolacyjność akustyczną $R'_{A2} \geq 50$ dB.

Poniższa tabela przedstawia zaprojektowane układy stropowe

Tabela 2 Warstwy stropodachu nad salą teatralną (scena)

Lp.	Warstwa	Grubość [mm]
1.	Pokrycie ze spadkiem – folia PCV lub papa	-
2.	Wełna mineralna	130
3.	Wełna mineralna	130
4.	Warstwa spadkowa	-
5.	Folia paroizolacyjna	-
6.	Strop HC 32	320
7.	Tynk cementowo-wapienny	15

Tabela 3 Warstwy stropodachu

Lp.	Warstwa	Grubość [mm]
1.	Blacha na rąbek	-
2.	Deskowanie	250
3.	Kontrłaty	300
4.	Folia paroprzepuszczalna	-
5.	Krokwie + wełna mineralna	100
6.	Folia paroizolacyjna	-
7.	Płyta GK na ruszcie systemowym	15

4.7 Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach

Norma określająca wymagania w zakresie dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach, PN-B-02151-2:1987 [2], 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) [10] 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 pomieszczeń umeblowanych 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 poniższej tabeli przedstawiono dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi wg normy PN-B-02151-2:1987 [2].

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

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 _{A eq} [dB]		L _{A eq} [dB]		L _{A max} [dB]	
	dzień	noc	dzień	noc	dzień	noc
Pomieszczenia administracyjne bez wewnętrznych źródeł hałasu	40	-	35	-	40	-
Pomieszczenia administracyjne z wewnętrznymi źródłami hałasu	45	-	40	-	45	-
Sale kawiarniane i restauracyjne	50	-	45	-	-	-

Na podstawie norm oraz literatury specjalistycznej określono dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach chronionych akustycznie objętych zakresem opracowania. Poziom dźwięku pochodzący od instalacji nie może przekraczać wartości określonych w poniższej tabeli.

Tabela 5 Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach

Lp.	Pomieszczenie	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 _{A eq} [dBA]	L _A [dBA]	L _{A max} [dBA]
1	2	3	4	5
1.	Garderoba/charakteryzatornia	40	35	40
2.	Sala teatralna	30	25	30
3.	Sala prób	35	30	35
4.	Jadalnia	50	45	-
5.	Pom. biurowe	40	35	40
6.	Pom. realizatora	35	30	35

4.8 Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych

4.8.1 Wymagania

Norma określająca wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych, PN-B-02151-3:2015 [3], 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) [10] 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” [3].

Izolacyjność przegród wewnętrznych od dźwięków powietrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy przyjmować według **Tabela 6**.

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 **Tabela 7**.

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

Tabela 6 Wymagane wartości izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej wg PN-B-02151-3:2015 [3]

Lp.	Rodzaj przegrody	Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika [dB]
1	2	3	4
II	Budynki biurowe		
	Ściany i drzwi		
II.1	- ściana bez drzwi między pokojami biurowymi oraz ściana między pokojami biurowymi a korytarzem	$R'_{A,1}$	$\geq 40 (\geq 35)^f$
II.2	Ściana między pokojem biurowym a obszarem komunikacji ogólnej (korytarze, hole, klatki schodowe)		
II.2.1	- ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	$\geq 40 (\geq 35)^i$
II.2.2	- drzwi	$R_{A,1,R}$	≥ 30
II.3	Ściana między salą konferencyjną a korytarzem komunikacji ogólnej		
II.3.1	- ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	≥ 50
II.3.2	- drzwi	$R_{A,1,R}$	≥ 40

II.4	- ściana między salami konferencyjnymi, w tym pomieszczeniami o podobnym przeznaczeniu	$R'_{A,1}$	≥ 48
II.5	Ściana między salą konferencyjną a korytarzem komunikacji ogólnej		
II.5.1	- ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	≥ 48
II.5.2	- drzwi	$R_{A,1,R}$	≥ 35
II.6	Ściana między pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, a pomieszczeniami sanitarnymi	$R'_{A,1}$	≥ 50
II.7	Ściana między zespołami pomieszczeń biurowych wykorzystywanych przez odrębnych użytkowników	$R'_{A,1}$	≥ 50
II.8	Ściana między pokojem biurowym o różnym przeznaczeniu a pomieszczeniem ze źródłami zakłóceń akustycznych		
II.8.1	- pomieszczeniem technicznym z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie ^a , przy zachowaniu warunku $\geq 55^b$
II.8.2	- pomieszczeniem handlowym, usługowym (z wyjątkiem wymienionych w II.8.3.), - salą klubową, kawiarnią, restauracyjną, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie ^a , przy zachowaniu warunku $\geq 55^b$
II.8.3	- salą klubową, kawiarnią, restauracyjną, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca ^c - 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 ^d	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie ^a , przy zachowaniu warunku $\geq 60^b$
Stropy			
II.9	Strop między pomieszczeniami biurowymi, wyszczególnionymi w II.1, II.3, i II.4 – w dowolnym układzie	$R'_{A,1}$	≥ 50
II.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

^a Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane maksymalne poziomy hałasu w pomieszczeniu ze źródłami zakłóceń akustycznych.

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

^c W przypadku małych punktów handlowych typu kiosk przyjmuje się wartość $R'_{A,1} \geq 53$ dB.

^d Nie zaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń przy pomieszczeniach chronionych.

^e Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.

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

^g Zalecana jest większa wartość.

^h Wymaganie odnosi się do źródeł hałasu występujących w ciągu dnia.

ⁱ Dopuszcza się przyjęcie niższych wymagań w przypadku, gdy z uwagi na inne względy użytkowe wymaganie wartości $R'_{A,1} \geq 40$ dB powodowałoby istotne trudności techniczne.

Tabela 7 Dopuszczalne poziomy dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej wg PN-B-02151-3:2015 [3]

Lp.	Wymaganie	Wskaźnik $L'_{n,w}$ dB
1	2	3
II	Budynki biurowe	
II.1	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, salami spotkań – w dowolnym układzie	≤ 60
II.2	Poziom dźwięków uderzeniowych do pomieszczeń wymienionych w II.1 z obszarów komunikacji ogólnej (korytarze, hole, podesty)	≤ 58
II.3	Poziom dźwięków uderzeniowych do pomieszczeń przeznaczonych do rozmów poufnych ze wszystkich innych pomieszczeń w budynku (z wyjątkiem wyszczególnionych w II.4)	≤ 58
II.4	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń wyszczególnionych w II.1 i II.3 ze zlokalizowanych w budynku pomieszczeń ze źródłami zakłóceń akustycznych	
II.4.1	- z pomieszczenia technicznego z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	Określić indywidualnie ^a , przy zachowaniu warunku $\leq 48^b$
II.4.2	- z garażu, pomieszczenia handlowego, - z sali klubowej, kawiarnianej, restauracyjnej, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca.	$\leq 53^b$
II.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 ^c powodują powstawanie zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych ^d	Określić indywidualnie ^a , przy zachowaniu warunku $\leq 43^b$
II.5	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między zespołami pomieszczeń biurowych wykorzystywanych przez różnych użytkowników	≤ 53
II.6	Budynki o przeznaczeniu mieszanym – poziom dźwięków uderzeniowych przenikających z części biurowej budynku do części o przeznaczeniu mieszkalnym	≤ 48

^a Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane rodzaje źródeł zakłóceń akustycznych.
^b Wymaganie dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu wg PN-B-02151-02 również powinno być spełnione.
^c Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.
^d Niezaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń przy pomieszczeniach chronionych
^e Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić rodzaj występujących zakłóceń akustycznych.
^f 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
^g Wymaganie dotyczy źródeł zakłóceń akustycznych występujących w ciągu dnia.

Wymagania dla pomieszczeń nieobjętych zapisami normy [3] określono na podstawie literatury specjalistycznej.

4.8.2 Określenie wymagań w budynku

Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej części pełnych przegród oraz drzwi przedstawiono rysunkach:

AK01 – Rzut kondygnacji 1. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

AK02 – Rzut kondygnacji 2. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

AK03 – Rzut kondygnacji 3. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

AK04 – Rzut kondygnacji 4. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

AK05 – Rzut kondygnacji 5. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

4.8.3 Proponowane rozwiązania – przegrody pionowe

Ocenie podlega część pełna przegrody. Wszystkie przegrody powinny zostać wykonane zgodnie z zalecaniami systemowymi. Należy uwzględnić wszystkie wytyczne zawarte w rozdziale „Wytyczne branżowe”. Wszystkie przegrody muszą być wykonane od stropu do stropu. W analizie nie uwzględniono wpływu wyposażenia oraz zabudowy meblowej w pomieszczeniach.

Poniższa tabela przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród między pomieszczeniami oraz proponowane rozwiązanie pozwalające spełnić wymagania.

Rozwinięcia skrótów rozwiązań projektowych w dalszej części opracowania.

Tabela 8 Wymagana izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych pionowych

Lp.	Pomieszczenie 1	Pomieszczenie 2	Wymagania, R' _{A1} [dB]	Zalecane rozwiązanie	Uwagi
1.	Sala teatralna	Komunikacja, foyer	≥ 58	MC46, MC72	
2.		Pom. sanitarne	≥ 58	MC46	- ¹
3.		Pom. techników	≥ 50	GK150A	- ¹
4.		Pom. realizatorów	≥ 58	MC50	
5.	Sala prób	Pom. sanitarne	≥ 55	MC40	- ¹
6.		Pom. techniczne	≥ 60	MC40+SM25	- ¹
7.		Komunikacja	≥ 55	MC30	
8.	Garderoba/charakteryzatornia	Komunikacja	≥ 40	MC42, MS12	
9.		Garderoba/charakteryzatornia	≥ 40	MC30	
10.		Pom. sanitarne	≥ 50	GK150A	
11.	Pom. techników	Sala teatralna	≥ 50	GK150A	- ¹
12.		Komunikacja	≥ 50	SM18A, MC50, MC68	
13.		Foyer	≥ 50	GK150A	
14.	Realizatorzy	Komunikacja	≥ 40	MS12	
15.		Pom. socjalne	≥ 40	MC30	
16.		Pom. porządkowe	≥ 40	MS12	

¹ Niedopuszczalne jest prowadzenie instalacji wentylacyjnej przez przegrodę

² Wymaganie należy odczytać z rysunków

Wszystkie przegrody należy wykonywać zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w rozdziale 5.7 niniejszego opracowania.

Niżej przedstawiona jest propozycja rozwiązań pozwalających spełnić wymagania dotyczące izolacyjności od dźwięków powietrznych.

- **MS12**

Ściana murowana z bloczków silikatowych o grubości 12 cm, tynkowana o parametrze projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}=45$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 3$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 42$ dB.

- **MC30**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 30 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi $R_{A,1,R}=53$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 3$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 50$ dB.

- **MC40**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 40 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi $R_{A,1,R}=57$ 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 $R'_{A1} = 55$ dB.

- **MC40+SM25**

Przegroda składająca się z ściany murowanej tynkowanej z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 40 cm oraz ściany murowanej tynkowanej z bloczków silikatowych o grubości 25 cm i ciężarze powierzchniowym $m' \geq 380$ kg/m². Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że dla całej przegrody wynosi $R_{A,1,R}=64$ dB.

W analizowanym przypadku wartość poprawki K do obliczenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} przyjęto $K = 3$ dB. W efekcie izolacyjność akustyczna przegród wynosi $R'_{A1} = 61$ dB.

- **MC42**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 42 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi $R_{A,1,R}=58$ 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 $R'_{A1} = 56$ dB.

- **MC46**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 46 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi $R_{A,1,R}=60$ 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 $R'_{A1} = 58$ dB.

- **MC50**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 50 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi $R_{A,1,R}=60$ 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 $R'_{A1} = 58$ dB.

- **MC68**

Ściana murowana z cegieł ceramicznych o łącznej grubości 68 cm + tynk. Parametr projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie prawa masy i obliczono, że wynosi $R_{A,1,R}=65$ 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 $R'_{A1} = 63$ dB.

- **GK150A**

Ściana wykonana w technologii suchej zabudowy o wartości parametru projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R} \geq 60$ dB, np. ściana w konstrukcji opartej na profilu 100 mm z wypełnieniem wełną mineralną (100 mm) i obustronnym poszyciem 2 x GK Akustyczna 12,5 mm ($m' \geq 12$ kg/m² każda).

4.8.4 Proponowane rozwiązania – przegrody poziome

Wszystkie przegrody powinny zostać wykonane zgodnie z zalecaniami systemowymi. Należy uwzględnić wszystkie wytyczne zawarte w rozdziale „Wytyczne branżowe”. W analizie nie uwzględniono wpływu wyposażenia oraz zabudowy meblowej w pomieszczeniach.

Poniższa tabela przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród poziomych między pomieszczeniami oraz proponowane rozwiązanie pozwalające spełnić wymagania.

Rozwinięcia skrótów rozwiązań projektowych w dalszej części opracowania.

Tabela 9 Wymagana izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych poziomych

Lp.	Pomieszczenie 1	Pomieszczenie 2	Wymagania		Rozwiązanie	Uwagi
			R'_{A1} [dB]	$L'_{n,W}$ [dB]		
1.	Sala teatralna	Pom. realizatorów	≥ 60	≤ 45	SK+SP+PP	
2.		Jadalnia	≥ 60	≤ 45	SK+SP+PP	
3.		Magazyn rekwizytów	≥ 48	≤ 45	SŻ8+PP	
4.	Garderoba	Magazyn	≥ 50	≤ 60	SS20+5, SS16+6	
5.		Garderoba	≥ 50	≤ 60	SS20+5, SK+SP	
6.		Realizatorzy	≥ 50	-	SS16+6	
7.	Pom. techników	Komunikacja	≥ 48	-	SŻ8+PP	
8.	Sala prób	Magazyn	≥ 55	≤ 58	SS16+6	

Wszystkie przegrody należy wykonywać zgodnie z wytycznymi przedstawionymi w rozdziale tego opracowania.

Niedopuszczalne jest sztywne połączenie warstw podłogi pływającej ze ścianami. Należy wykonać dylatację min. 2 cm z wypełnieniem gęstą wełną mineralną lub matą trwale elastyczną.

Niedopuszczalne jest sztywne połączenie warstw wykończeniowych ze ścianami/cokołami. Należy stosować spoiwa (np. fugi) elastyczne.

Niżej przedstawiona jest propozycja rozwiązań pozwalających spełnić wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej.

- **SŻ8+PP**

Strop żelbetowy krzyżowy o grubości min. 8 cm wraz z warstwami podłogowymi o wartości parametru projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej szacuje się na $RA_{1,R} \geq 48$ dB. . Na stropie ułożona podłoga pływająca zapewniająca tłumienie dźwięków uderzeniowych $\Delta L_w \geq 34$ dB.

- **SS16+6**

Strop sprężony RECTOR o grubości min. 16+6 cm wraz z warstwami podłogowymi o wartości parametru projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $RA_{1,R} \geq 60$ dB.

- **SS20+5**

Strop sprężony RECTOR o grubości min. 20+5 cm wraz z warstwami podłogowymi o wartości parametru projektowego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $RA_{1,R} \geq 59$ dB.

- **SK+SP**

Istniejący strop Kleina ciężki wraz z warstwami podłogowymi. Pod stropem należy dodać sufit podwieszany składający się z 2x GK 12,5mm + 50mm wełny mineralnej.

- **SK+SP+PP**

Istniejący strop Kleina ciężki wraz z warstwami podłogowymi. Pod stropem należy dodać sufit podwieszany składający się z 2x GK 12,5mm + 50mm wełny mineralnej. . Pod stropem należy dodać sufit podwieszany składający się z 2x GK 12,5mm + 50mm wełny mineralnej. Na stropie ułożona podłoga pływająca zapewniająca tłumienie dźwięków uderzeniowych $\Delta L_w \geq 34$ dB.

4.8.5 Izolacyjność akustyczna drzwi wewnętrznych

Poniższa tabela przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności oraz klasy akustycznej drzwi ($R_{A,1}$)

Tabela 10 Wymagana izolacyjność akustyczna drzwi

Lp.	Pomieszczenie 1	Pomieszczenie 1	Wymaganie, $R_{A,1}$ [dB]
-----	-----------------	-----------------	---------------------------

1.	Garderoby	Komunikacja	≥ 37
2.	Sala teatralna*	Komunikacja	$\geq 42^*$
3.	Sala prób	Komunikacja	$2 \times \geq 42$
4.	Pom. techników	Komunikacja	≥ 42
5.	Realizatorzy	Komunikacja	≥ 32

*- drzwi między Foyer a Salą teatralną na wniosek konserwatora nie są wymieniane. Drzwi należy wyregulować i uszczelnić.

W przypadku drzwi objętych wymaganiami akustycznymi niedopuszczalne jest stosowanie skrzydeł drzwiowych ze szczeliną (podcięciem) wentylacyjną. Ewentualną wentylację należy rozwiązać z wykorzystaniem kratki przepływowej tłumiącej dźwięk o wartości tłumienia większej lub równej wartości wymaganej izolacyjności akustycznej przegrody, w której element będzie instalowany.

W przypadku układu dwóch drzwi przestrzeń między drzwiami (ościeża) należy zabezpieczyć materiałem przepuszczającym powietrze (np. tkanina, płyta perforowana). Niedopuszczalny jest montaż zabezpieczenia łączący w sposób sztywny dwie niezależne ściany, w których osadzone są drzwi.

4.8.6 Izolacyjność akustyczna okien wewnętrznych

Poniższa tabela przedstawia wymagania dotyczące izolacyjności okien.

Tabela 11 Wymagana izolacyjność akustyczna okien wewnętrznych

Lp.	Pomieszczenie 1	Pomieszczenie 1	Wymagana izolacyjność akustyczna, R_w [dB]
1.	Sala teatralna	Pom. techników	$\geq 42^1$
¹ Odchylenie powierzchni szkła od pionu musi wynosić min. 10°.			

W przypadku układu dwóch okien przestrzeń między oknami (ościeża) należy wykończyć materiałem dźwiękochłonnym przepuszczającym powietrze (np. wełna mineralna o grubości min. 5 cm + tkanina, płyta perforowana). Niedopuszczalny jest montaż zabezpieczenia łączący w sposób sztywny dwie niezależne ściany, w których osadzone są okna.

4.9 Szachty instalacyjne

Ściany szachtów instalacyjnych muszą charakteryzować się wskaźnikiem oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1} \geq 45$ dB oraz spełniać warunki określone w.

Dwie prostopadłe względem siebie ściany szachtu zaleca się wykończyć wełną mineralną o grubości min. 50 mm zabezpieczoną welonem szklanym. Należy zminimalizować otworowanie ścian szachtów. Wszelkie przejścia instalacyjne należy prowadzić z wykorzystaniem systemów przeciwdrganiowych ze szczelnym wypełnieniem wszystkich szczelin masą trwale elastyczną.

4.10 Pomieszczenia techniczne

Podłoga: Należy wykonać podłogę pływającą z warstwą sprężystą w formie wełny mineralnej o grubości 40 mm o wartości sztywności dynamicznej $SD \leq 20 \text{ MN/m}^3$ oraz warstwą dociskową w formie wylewki zbrojonej o grubości min. 70 mm.

Izolacyjność akustyczna drzwi: Drzwi o izolacyjności akustycznej $R_{A,1,R} \geq 40 \text{ dB}$.

Wibroizolacja: Urządzenia muszą posiadać systemowe rozwiązania wibroizolacyjne o skuteczności tłumienia drgań $D \geq 90\%$.

5. Akustyka Wnętrz

5.1 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 0. Wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, umeblowanych w sposób typowy dla przeznaczenia, bez obecności ludzi.

Podane w 0 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 $f = 125 \text{ Hz}$ wartość czasu pogłosu T może być do 30 % większa od wartości podanej w 0 dla danego pomieszczenia.

Podane w 0 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 12 Czas pogłosu T i wskaźnik transmisji mowy STI w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej

Lp.	Pomieszczenie		Wymaganie	
	Rodzaj pomieszczenia	Kubatura pomieszczenia V [m ³]	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
2	Sale i pracownie szkolne, sale audytoryjne, wykładowe w szkołach podstawowych, średnich i wyższych i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	≤ 120 m ³	≤ 0,6	-
		Od 120 do 250 m ³	≤ 0,6	≥ 0,60
		Od 250 do 500 m ³	≤ 0,8	
		Od 500 do 2000 m ³	≤ 1,0	
		>2000 m ³	Określić indywidualnie	Określić indywidualnie
3	Atria, hole, foyer i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu, wielokondygnacyjne strefy komunikacyjnej ogólnej w centrach handlowych	≤ 4,0 m	≤ 1,2	-
		Od 4,0 m do 16,0 m	≤ 1,5	-
		> 16 m	≤ 1,8	-
4	Pokoje biurowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	-	≤ 0,6	-
5	Salę konsumpcyjne w restauracjach	-	Określić indywidualnie	-

5.1.1 Wymagania: Sala teatralna

Sala teatralna ma kubaturę około 2256 m³ i posiada 283 miejsca siedzące.

Poniższa tabela przedstawia wytyczne literaturowe dla funkcji teatralnej w zakresie optymalnego czasu pogłosu w pomieszczeniu o kubaturze 2256 m³.

Tabela 13 Optymalny czas pogłosu w pomieszczeniu o kubaturze 2256 m³ o funkcji teatralnej według danych literaturowych

Lp.	Funkcja	Źródło	Optymalny czas pogłosu [s]
1.	Przedstawienia teatralne, przedstawienia kabaretowe	L. Conturie [12]	0,98
2.		TGL 10687/04 [13]	1,18
3.		Ahnert i Tennhardt [17]	1,08
4.		M.D. Egan [14]	1,1

Biorąc pod uwagę dane literaturowe oraz wymagania użytkownika przyjęto, że optymalny czas pogłosu w sali teatralnej powinien wynosić 1,1 s.

W celu zapewnienie odpowiedniej zrozumiałości mowy średnia wartość wskaźnika transmisji mowy powinna spełniać warunek STI ≥ 0,6.

Tabela 14 przedstawia zakres tolerancji odchyłeń od projektowanej wartości czasu pogłosu.

Tabela 14 Zakres tolerancji odchyłeń od projektowanego czasu pogłosu

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Zakres tolerancji	+40% / - 20%	+20% / - 20%	+20% / - 20%	+20% / - 20%	+20% / - 20%	+20% / - 40%

5.2 Analiza akustyczna: Sala teatralna

5.2.1 Rozwiązania projektowe

W celu zapewniania odpowiednich warunków akustycznych w sali projektuje:

- **Ściany tylne widowni:** A100, wełna mineralna o grubości min. 10 cm (gęstość: $50\text{kg/m}^3 \pm 20\text{ kg/m}^3$) zabezpieczona tkaniną przezierną akustycznie (opór przepływu powietrza $R_s \leq 600\text{ Pa}\cdot\text{s/m}$), min. $41,6\text{ m}^2$;
- **Ściany boczne widowni:** A100, wełna mineralna o grubości min. 10 cm (gęstość: $50\text{kg/m}^3 \pm 20\text{ kg/m}^3$) zabezpieczona tkaniną przezierną akustycznie (opór przepływu powietrza $R_s \leq 600\text{ Pa}\cdot\text{s/m}$) na powierzchniach nad stiukiem, min. $93,8\text{ m}^2$;
- **Sufit widowni:** S1sufit dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A w korytarzu wejściowym, min. $3,8\text{ m}^2$;
- **Ściany sceny:** A100, dwie prostopadłe względem siebie ściany na poziomie pomostów technicznych należy wykończyć wełną mineralną o grubości min. 10 cm (gęstość: $50\text{kg/m}^3 \pm 20\text{ kg/m}^3$), wysokość 2m, zabezpieczoną panelami perforowanymi (np. blacha, sklejką) o stopniu perforacji min. 20 %, min. $66,8\text{ m}^2$; na tylnej ścianie kotara K1, drapowanie 1/2, min. 68 m^2 .
- **Sufit sceny:** S1sufit dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A, min. 78 m^2 np. wełna mineralna o grubości min. 10cm;
- **Ściany kieszeni bocznych:** A1materiał dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A na krótszej ścianie, min. 9 m^2 ;
- **Podłoga widowni:** twarde pokrycie podłogowe, np. parkiet drewniany.

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych przedstawiono w sposób graficzny w dalszej części opracowania.

5.2.2 Dobór foteli

W poniższej tabeli określono optymalne wartości pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku projektowanych foteli.

Tabela 15Optymalne pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku foteli z publicznością

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
α_p (z widzem)	0,35	0,60	0,80	0,80	0,80	0,65
α_p (bez widza)	0,25	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50

Tolerancja dla powyżej przyjętego współczynnika to $\pm 0,05$.

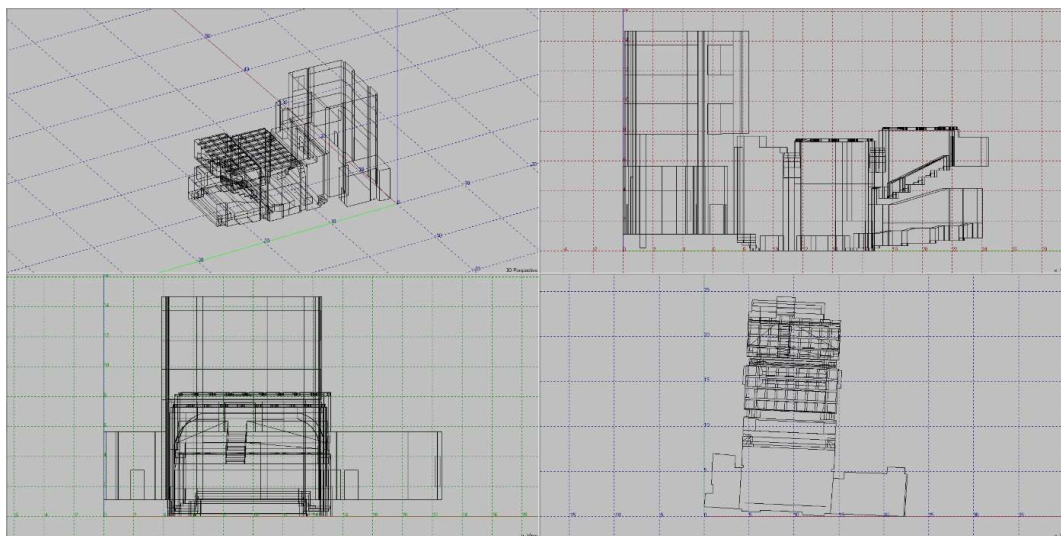
Przed montażem foteli wykonawca musi przedstawić projektantowi do akceptacji raport z pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku wyznaczonego według PN-EN ISO 354:2005.

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

5.2.3 Model akustyczny

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.4. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 2256 m^3 , powierzchnia efektywna to: 2024 m^2 .

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



Rysunek 1 Geometria modelu numerycznego analizowanej sali

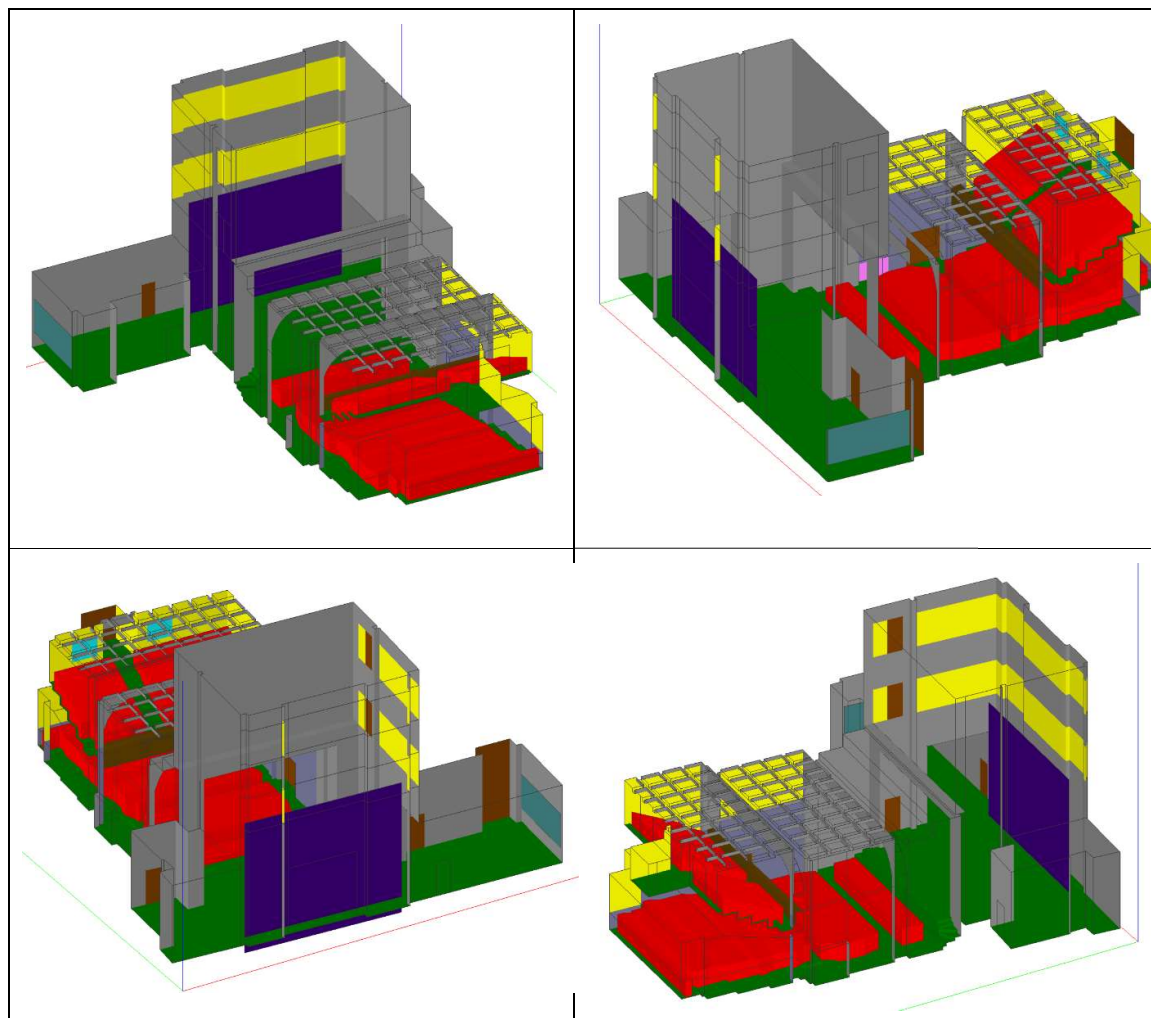
5.2.4 Dobór i rozmieszczenie materiałów wykończeniowych

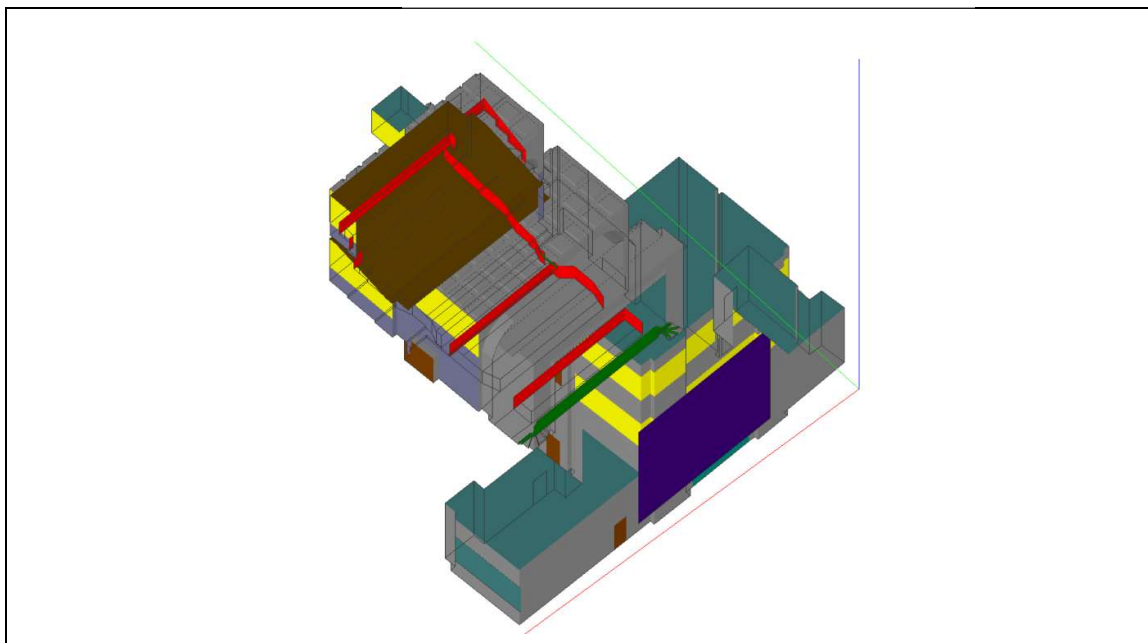
Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem architektury dostarczonym przez zamawiającego.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.4, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów. Przedstawione w poniższej tabeli wartości powierzchni są powierzchniami przyjmowanymi do modelu akustycznego i mogą różnić się od wartości rzeczywistych.

Tabela 16 Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów przyjętych do symulacji

Materiał	Kolor	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, α , w pasmach oktaowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Powierzchnia twarda, tynkowana/malowana		897,3	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03
Podłoga drewniana		245	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Drzwi pełne		27,5	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Materiał dźwiękochłonny o klasie pochłaniania A		91	0,45	0,70	0,90	0,90	0,90	0,80
Fotele (z widzami)		230	0,35	0,60	0,80	0,80	0,80	0,65
Okładzina ścienna A100		204,8	1,00	1,00		0,95	0,93	0,92
Obudowa balkonu widowni		92	0,15	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Okno		3,4	0,23	0,11	0,07	0,06	0,04	0,02
Okotowanie sceny		68	0,05	0,25	0,40	0,50	0,60	0,50
Stiuk		72,4	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Obudowa grzejnika		1,6	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10





Rysunek 2 Graficzne rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w sali.

5.2.5 Wyniki symulacji akustycznej

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.

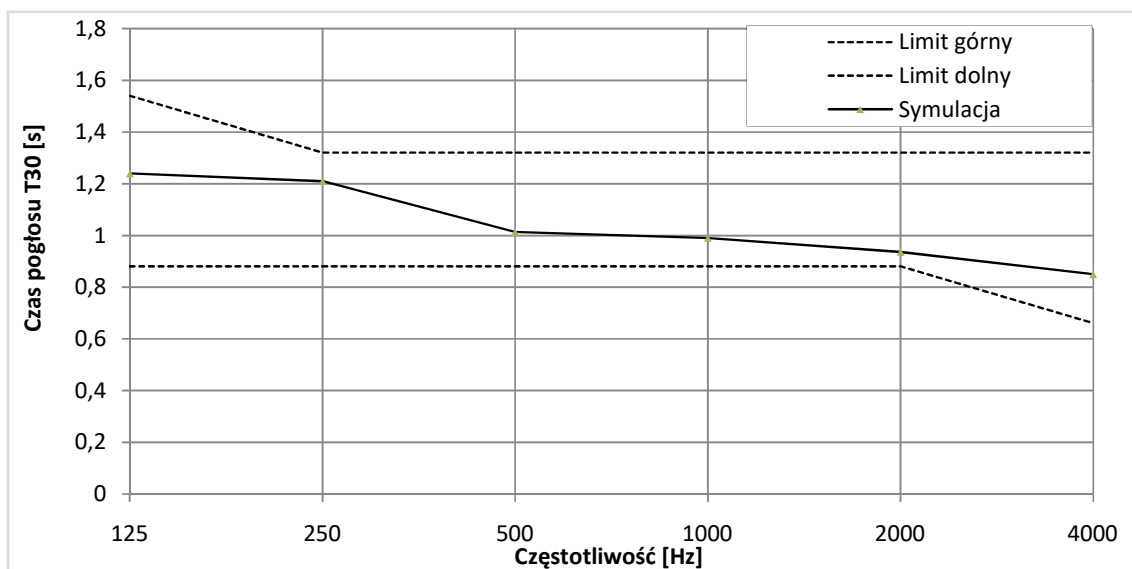
Parametry symulacji:

- Rozdzielczość (patch size): 1,00
- Liczba cząstek (particles): 162000,
- Długość śledzenia (length): 1060 ms,
- Domyślna wartość rozproszenia: 10%

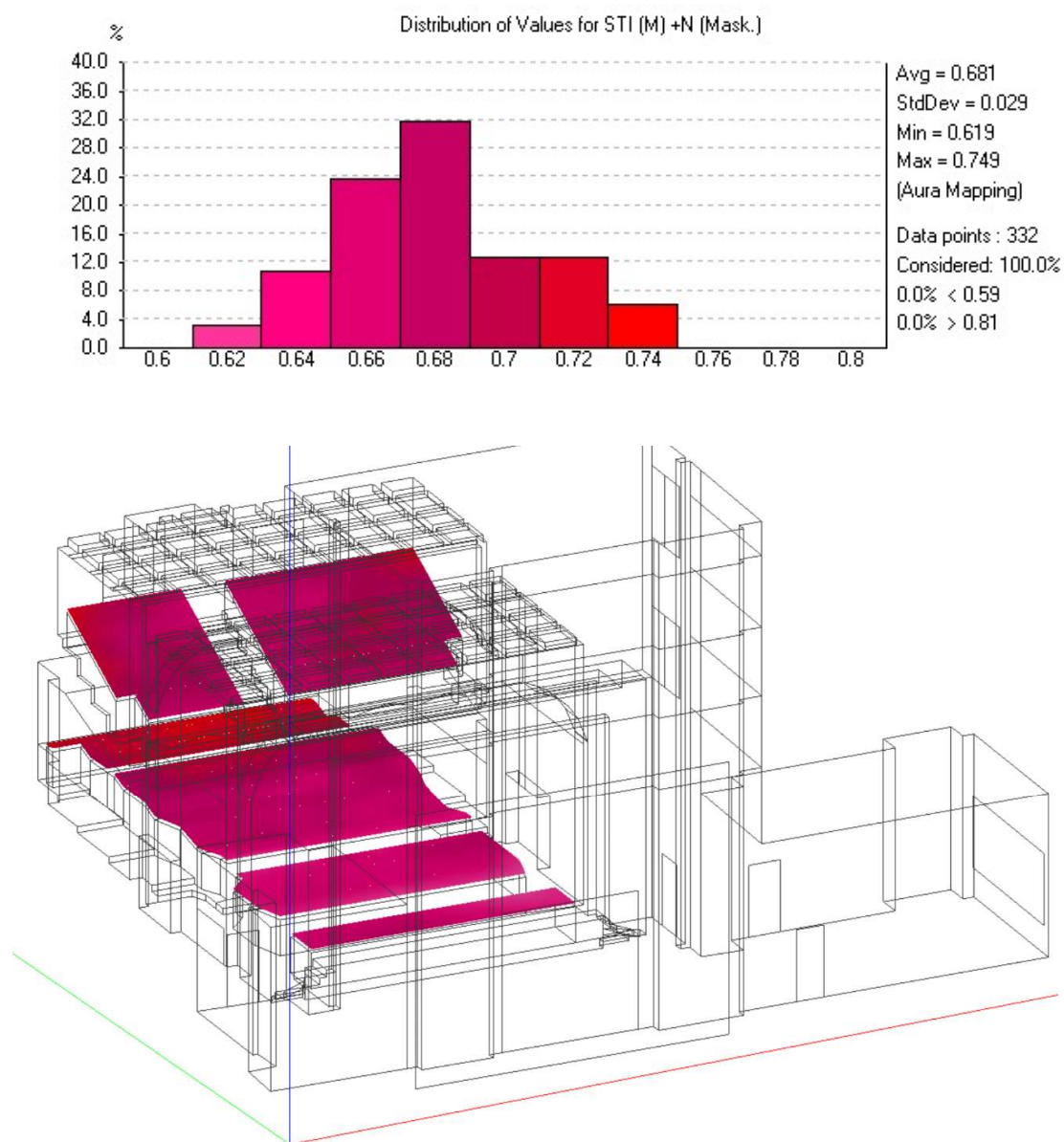
Niżej przedstawione zostały wyniki symulacji akustycznej.

Tabela 17 Średnie wartości wyników symulacji

Pomieszczenia	Parametr	Wartość średnia
Sala teatralna	Czas pogłosu RT60 (125-4000 Hz)	1,04 s



Rysunek 3 Charakterystyka uzyskane w wyniku symulacji czasu pogłosu (T_{30}) w funkcji częstotliwości



Rysunek 4 Histogram oraz rozkład przestrzenny wskaźnika transmisji mowy STI

5.3 Analiza akustyczna: 2.24 Sala prób

5.3.1 Rozwiązania projektowe

W celu zapewnienia odpowiednich warunków akustycznych w sali projektuje:

Podłoga: parkiet drewniany lub inne twarde pokrycie podłogowe,

Sufit: : sufit dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A na całej powierzchni sufitu

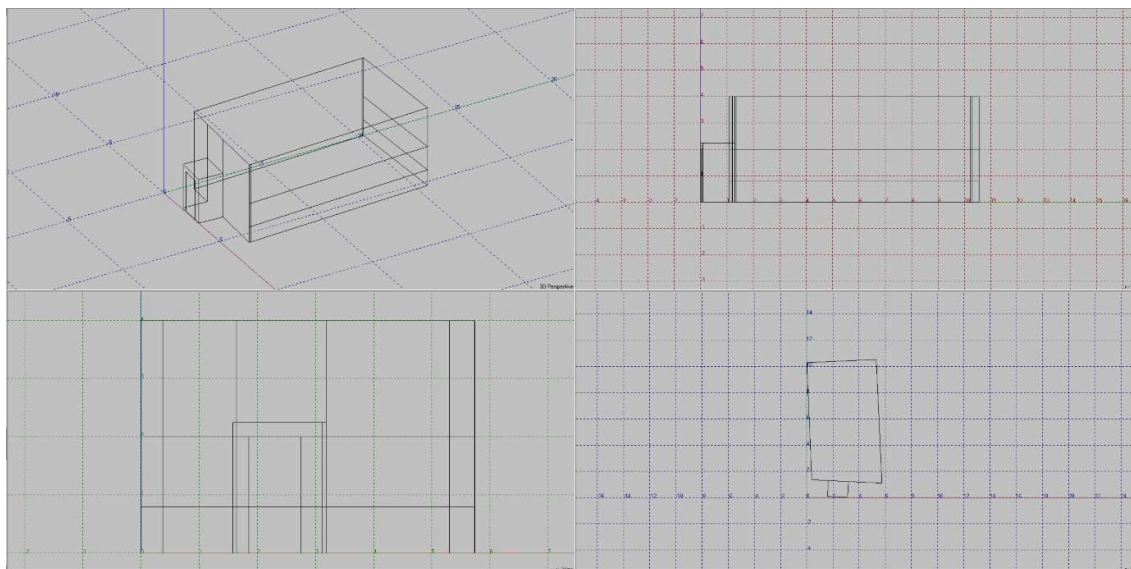
Ściany: materiał dźwiękochłonny o klasie pochłaniania dźwięku A na dwóch prostopadłych ścianach w pasie od 0,8 – 2 m od powierzchni posadzki, min. 17,5 m²

Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych została przedstawiana w dalszej części opracowania.

5.3.2 Model akustyczny

Symulacje akustyczne przeprowadzono w programie EASE 4.4. Opracowano numeryczny model sali, odzwierciedlający bryłę pomieszczenia z opisanymi parametrycznie materiałami dźwiękochłonnymi zaprojektowanymi we wnętrzu. Kubatura opracowanego modelu to 200,5 m³, powierzchnia efektywna to: 223,6 m².

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



Rysunek 5 Geometria modelu numerycznego analizowanej sali

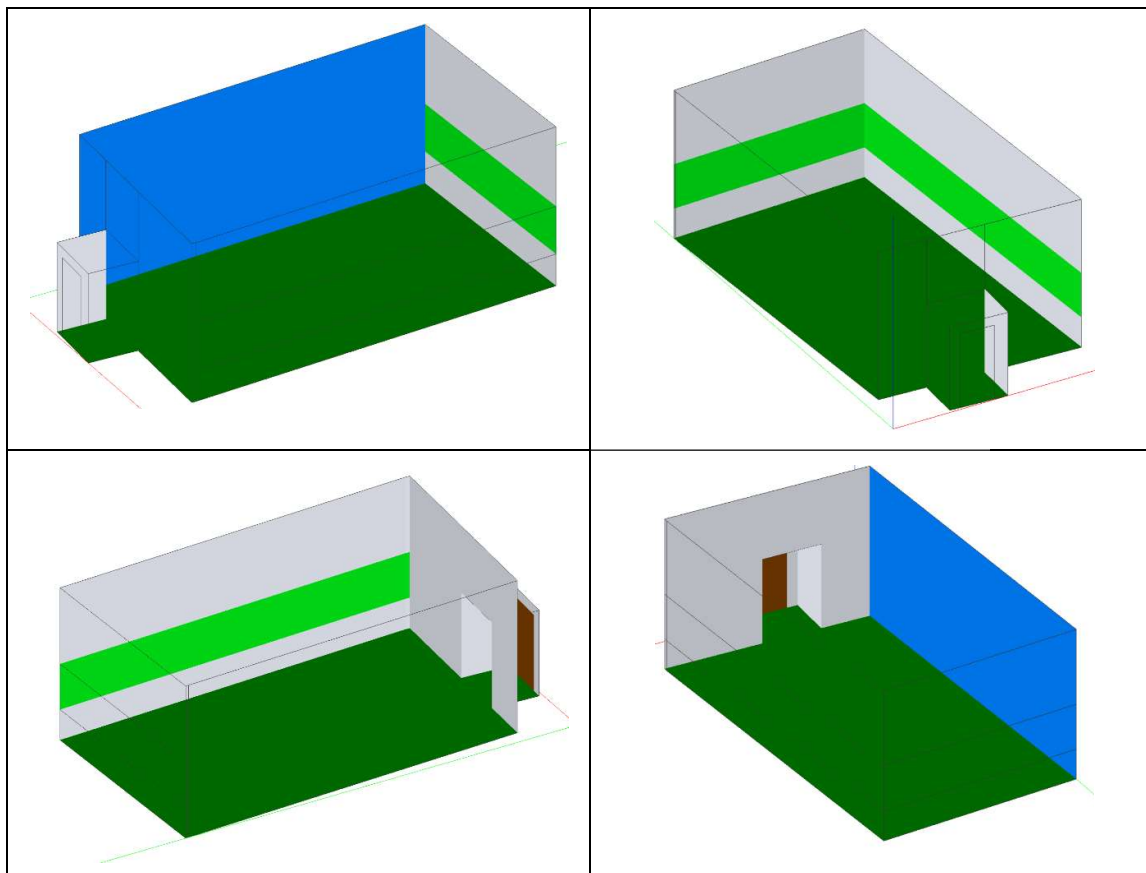
5.3.3 Dobór i rozmieszczenie materiałów wykończeniowych

Rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w badanej sali przyjęto zgodnie z projektem architektury dostarczonym przez zamawiającego.

Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów wykończeniowych dobrane zostały na podstawie biblioteki programu Ease 4.4, kart katalogowych producentów oraz literatury specjalistycznej. przedstawia pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku oraz powierzchnie przyjętych do symulacji materiałów. Przedstawione w poniższej tabeli wartości powierzchni są powierzchniami przyjmowanymi do modelu akustycznego i mogą różnić się od wartości rzeczywistych.

Tabela 18 Pogłosowe współczynniki pochłaniania dźwięku materiałów przyjętych do symulacji

Materiał	Kolor	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku, α , w pasmach oktaowych o środkowej częstotliwości, f [Hz]					
			125	250	500	1000	2000	4000
Ściana tynkowa/malowane		68,2	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03
Szklenie		35,5	0,34	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Twarde pokrycie podłogowe		50,93	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05
Drzwi pełne		1,8	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Sufit dźwiękochłonny o klasie pochłaniania A, S1		49	0,48	0,70	0,90	0,90	0,90	0,80
Ustrój akustyczny, A1		17,6	0,48	0,70	0,90	0,90	0,90	0,80



Rysunek 6 Graficzne rozmieszczenie materiałów wykończeniowych w sali (kotary zwinięte).

5.3.4 Analiza warunków pogłosowych

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 głośnik wszechkierunkowy na wysokości 1,5 m na posadzką

Parametry symulacji:

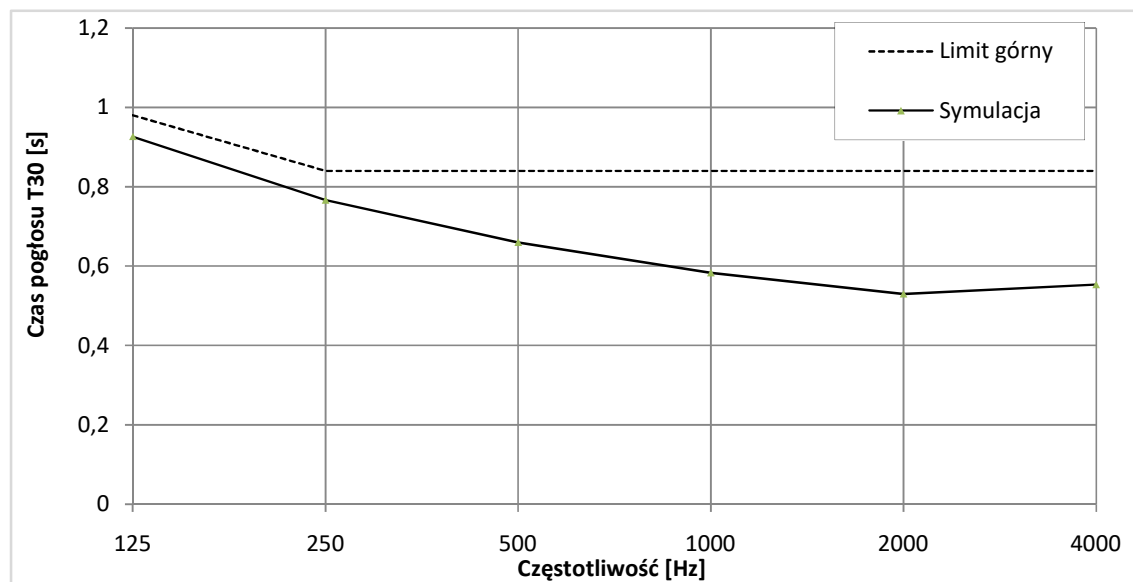
- Rozdzielczość (patch size): 1,00
- Liczba cząstek (particles): 14000,
- Długość śledzenia (length): 740 ms,
- Domyślna wartość rozproszenia 10%

Niżej przedstawione zostały wyniki symulacji akustycznej.

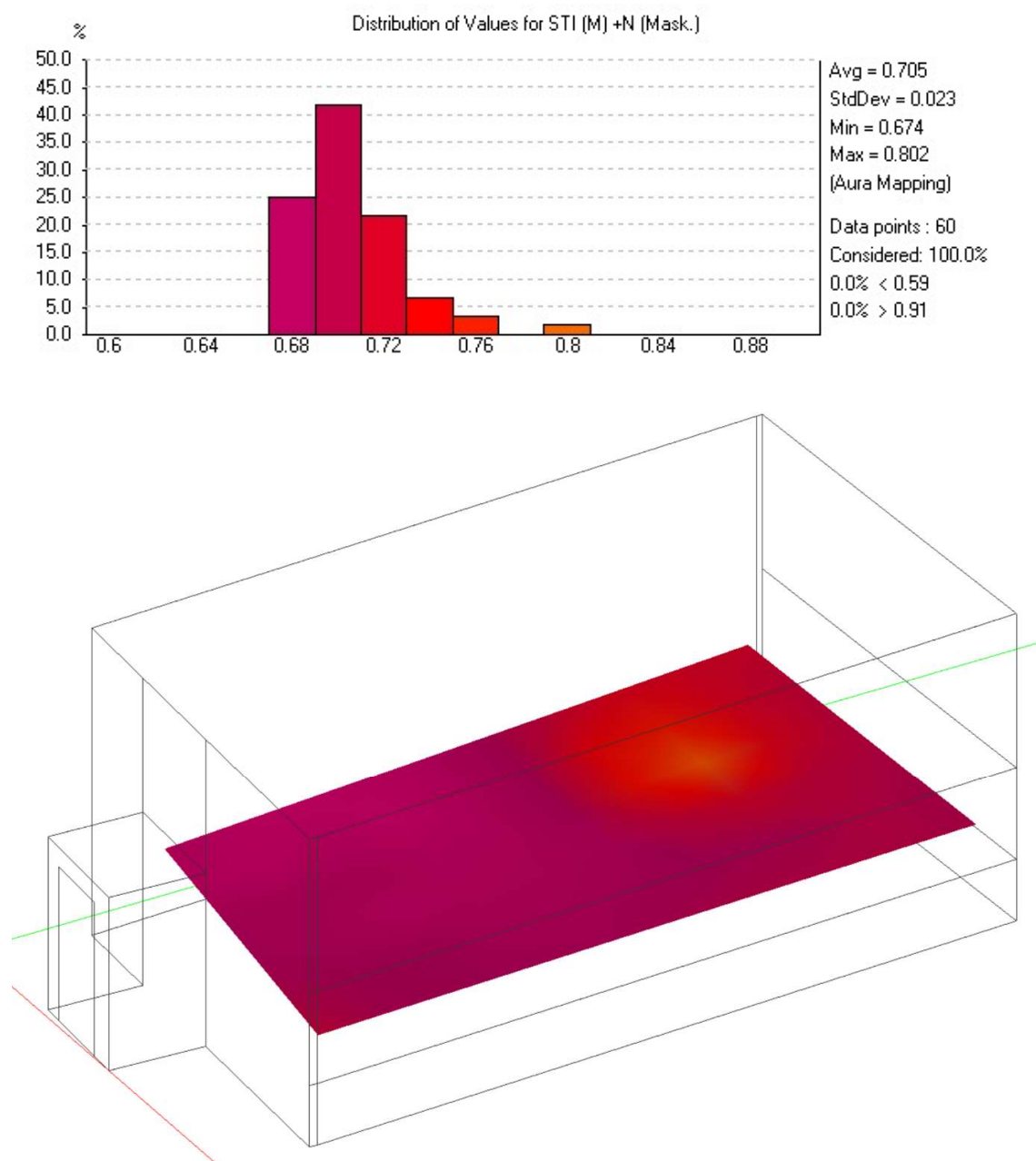
Tabela 19 Średnie wartości wyników symulacji

Lp.	Pomieszczenia	Parametr	Wartość średnia
1	1.03 Sala prób	Czas pogłosu, T30, (100 Hz – 10000 Hz	0,64 s

Poniższy rysunek przedstawia wyznaczony czas pogłosu w analizowanej sali w funkcji częstotliwości wraz z limitem górnym.



Rysunek 7 Charakterystyka czasu pogłosu w sali w funkcji częstotliwości



Rysunek 8 Histogram oraz rozkład przestrzenny wskaźnika transmisji mowy STI

5.4 Zestawienie wymagań

Poniższa tabela 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 20 Wymagany czas pogłosu w projektowanych pomieszczeniach

Lp.	Nazwa pomieszczenia	Czas pogłosu [s]	Wskaźnik transmisji mowy STI
1	Sala teatralna	1,3	$\geq 0,60$
3	Sala prób	0,7	$\geq 0,60$
4	Foyer	$\leq 1,2$	-

5.5 Rozwiązania projektowe – pomieszczenia pozostałe

Tabela 21 przedstawia rozwiązania adaptacji akustycznej pomieszczeń zapewniające spełnienie wymagań postawionych w 5.1.

Tabela 21 Rozwiązania adaptacji akustycznej pomieszczeń

Lp.	Numer	Nazwa pomieszczenie	Proponowane rozwiązanie
1	0.17; 1.11	Foyer + antresola	Sufit <ul style="list-style-type: none"> sufit dźwiękochłonny o wartości ważonego wskaźnika pochłaniania dźwięku $\alpha_w \geq 0,60$
2	2.20; 2.22	Pom. techników	Sufit <ul style="list-style-type: none"> S1 – pełna powierzchnia Ściany <ul style="list-style-type: none"> A50 – ściana tylna, ściany boczne, pełna powierzchnia

Ustroje należy rozmieszczać równomiernie na wskazanych powierzchniach.

5.6 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 22 Specyfikacja techniczna ustrojów akustycznych

Lp.	Element	Opis
1	S1	Sufit o klasie pochłaniania dźwięku A. Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p : 125 Hz $\geq 0,40$ 250 Hz $\geq 0,80$ 500 Hz $\geq 0,90$ 1000 Hz $\geq 0,90$ 2000 Hz $\geq 0,90$ 4000 Hz $\geq 0,90$
2	A1	Ustrój akustyczny o klasie pochłaniania dźwięku A Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku α_p : 125 Hz $\geq 0,40$ 250 Hz $\geq 0,80$ 500 Hz $\geq 0,90$ 1000 Hz $\geq 0,90$ 2000 Hz $\geq 0,90$ 4000 Hz $\geq 0,90$
3	A50	Ustrój akustyczny porowaty o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości. Wykonany z płyt z wełny mineralnej o grubości 50 mm (gęstość: $50\text{kg/m}^3 \pm 10\text{ kg/m}^3$) na systemowej podkonstrukcji i napiętej tkaniny o gramaturze $400\text{ g/m}^2 \pm (10\%)$ i $R_s \leq 600\text{ kg/sm}^2$. Dopuszcza się zabudowę listwami drewnianymi przy spełnieniu warunku perforacji $\geq 50\%$ oraz szerokość list nie może być większa niż 4 cm.
	A100	Ustrój akustyczny porowaty o wysokim współczynniku pochłaniania dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości. Wykonany z płyt z wełny mineralnej o grubości 100 mm (gęstość: $50\text{kg/m}^3 \pm 10\text{ kg/m}^3$) na systemowej podkonstrukcji i napiętej tkaniny o gramaturze $400\text{ g/m}^2 \pm (10\%)$ i $R_s \leq 600\text{ kg/sm}^2$. 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.

5.7 Wytyczne branżowe

5.7.1 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.

5.7.2 Instalacje wentylacyjne

- Należy zastosować odpowiednie tłumiki oraz kanały tłumiące tak, aby spełnić wymogi dotyczące tła akustycznego w pomieszczeniach (**Error! Reference source not found.**) 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,

5.7.3 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 odyłowanych 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 cieplnego należy montować przy grzejnikach zawory termostatycznych o nowoczesnej konstrukcji, zawory odpowietrzający, 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.

5.7.4 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 nieobsługiwanymi 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 czepalnej nowej generacji, tzw. armatury ceramicznej jednouchwytowej.
- Szachty instalacyjne powinny być minimum na dwóch sąsiadujących ze sobą ścianach, po wewnętrznej stronie wykończone wełną mineralną (5 cm, 50-70 kg/m³) zabezpieczoną flizeliną.

5.7.5 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.

6. Rysunki

AK01 – Rzut kondygnacji 1. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

AK02 – Rzut kondygnacji 2. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

AK03 – Rzut kondygnacji 3. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

AK04 – Rzut kondygnacji 4. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.

AK05 – Rzut kondygnacji 5. Wymagana akustyczne dla przegród wewnętrznych.