Manufaktura Technologiczna Sp. z o.o. 05-500 Piaseczno ul. Puławska 38 tel. +48 22 726 35 95 fax. +48 22 726 35 96

PROJEKT AKUSTYCZNY

JEDNOSTKA PROJEKTOWA: Manufaktura Technologiczna
ul. Puławska 38, 05-500 Piaseczno

OBIEKT: Białostocki Teatr Lalek
ul. K. Kalinowskiego 1, 15-875 Białystok

INWESTOR: Białostocki Teatr Lalek
ul. K. Kalinowskiego 1, 15-875 Białystok

BRANŻA **AKUSTYKA**

ZESPÓŁ PROJEKTOWY

mgr inż. Piotr Jędzura
mgr inż. Artur Kozak
mgr inż. Urszula Rysiewicz
mgr inż. Małgorzata Srebrzyńska

SPRAWDZIŁ mgr inż. Andrzej Pawluś

ROZWIĄZANIA KONCEPCYJNE I TECHNICZNE ZAWARTE W NINIEJSZYM OPRACOWANIU CHRONIONE SĄ PRAWEM AUTORSKIM.

MARZEC 2016

Spis treści

1. Cel i zakres opracowania ... 3
2. Podstawa opracowania ... 3
3. Charakterystyka obiektu ... 4
4. Pomiary akustyczne ... 4
4.1. Pomiary w obszarze widowni Dużej Sceny ... 5
4.2. Pomiary w obszarze komina scenicznego Dużej Sceny ... 11
4.3. Pomiary we Foyer ... 15
5. Ochrona przeciwhałasowa ... 20
5.1 Wytyczne dla dopuszczalnych poziomów hałasu w pomieszczeniach ... 20
5.2 Wytyczne dla przegród budowlanych wewnętrznych ... 21
5.1.1. Ściany i drzwi widowni Dużej Sceny ... 21
5.1.2. Drzwi pomiędzy Foyer a Małą Salą oraz pomieszczeniem realizatorów światła i dźwięku 23
5.1.3. Okna i drzwi realizatorów dźwięku i światła Sali ... 24
5.1.4. Ściany i drzwi komina scenicznego ... 24
5.3 Wytyczne dla szafy sterowania zapadni scenicznych ... 25
6. Akustyka wnętrz ... 27
6.1 Akustyka wnętrza Dużej Sceny ... 27
6.2 Akustyka Foyer ... 29
7. Projekty adaptacji akustycznej ... 30
7.1 Widownia Dużej Sceny ... 30
7.2 Komin sceniczny Dużej Sceny ... 35
7.3 Foyer ... 36
7.4 Zestawienie materiałów akustycznych ... 39
8. Uwagi do projektu akustycznego. ... 46
9. SPECYFIKACJA TECHNICZNA MATERIAŁÓW ... 47
10. Załączniki ... 54

1. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest projekt akustyczny modernizacji Dużej Sceny oraz jej obrębu Teatru Lalek przy ul. K. Kalinowskiego 1 w Białymstoku w zakresie akustyki wnętrz widowni, komina scenicznego Dużej Sceny oraz jej obrębu. Opracowanie obejmuje także zestawienie wytycznych dla optymalnego poziomu tła akustycznego pomieszczeń Dużej Sceny i jej obrębu oraz wytyczne do poprawy izolacyjności akustycznej przegród budowlanych pomiędzy pomieszczeniami.

Dodatkowym elementem projektu jest ogólna koncepcja obudowy przeciwhałasowej szafy sterowniczej, znajdującej się w górnej części komina scenicznego.

2. Podstawa opracowania

[1] Dokumentacja inwentaryzacji architektonicznej Dużej Sceny

[2] PN-87-B-02151/02. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.

[3] PN-B-02151-4:2015-06 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące czasu pogłosu.

[4] PN-EN ISO 3382-1:2009 Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń, Część 1: Pomieszczenia Specjalne.

[5] PN-EN 60268-16:2011 Urządzenia systemów elektroakustycznych -- Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy.

[6] Deutsche norm. DIN 18041: 1968-10. Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen. Mai, 2004

[7] J. Sadowski, Akustyka architektoniczna, PWN, 1976

[8] Cox, D'Antonio, Acoustic Absorbers and Diffusers, Taylor & Francis, 2009

[9] H. Kutruff, Room Acoustic, Fifth Edition, Spon Press, 2009

[10] Dobrucki A., Projektowanie rezonansowych ustrojów pochłaniających, IV Sympozjum "Nowości w Technice Audio", Wrocław, 1997.

[11] Katalogi i aprobaty techniczne

3. Charakterystyka obiektu

Budynek Białostockiego Teatru Lalek został zaprojektowany specjalnie na potrzeby teatru i powstał w roku 1979. Obiekt mieści 3 sceny: dużą (dla widowni liczącej 200 miejsc), małą (około 100 miejsc) i salę prób (około 40 miejsc).

Scena składa się z 4 oddzielnych podestów o rozmiarach 1,20 m szerokości i 8 m długości oraz z proscenium z 2 podestów o szerokości 1,50 m i 6 m długości. Wysokość podestów może być regulowana za pomocą podnośników mechanicznych, tzw. zapadni. Głębokość sceny podstawowej wynosi 4,80 m, z możliwością rozbudowy do 11 m w kierunku kieszeni tylnej. Scena posiada kieszeń lewą i prawą o czynnej powierzchni 10 m^2 każda.

Układ miejsc na widowni jest naprzemienny, z fotelami zlokalizowanymi na przewyższeniu ok. 6-11 cm/rząd. Dzięki mobilnym krzesłom pojemność widowni można powiększyć do około 230 miejsc.

Za widownią znajduje się przestrzeń Foyer, która poza główną funkcją komunikacyjną, okazjonalnie pełni także rolę przestrzeni teatralnej, jako dodatkowe miejsce dla realizowanych spektakli, organizowania wystaw, małych przedstawień, itp.

4. Pomiary akustyczne

W dniu 29 lutego 2016 r. wykonano serię pomiarów akustycznych w obszarze sceny i widowni Dużej Sceny Białostockiego Teatru Lalek oraz w obrębie Dużej Sceny i Foyer w celu określenia warunków akustycznych panujących w tych pomieszczeniach i dalszego wykorzystania wyników pomiarów do kalibracji modelu pomieszczeń w programie do predykcji jakości akustyki i systemów elektroakustycznych EASE.

Zestaw pomiarowy składał się z następujących urządzeń:

- miernik poziomu dźwięku I klasy dokładności NTI XL2, nr A2A-07315-E0 z aktualnym świadectwem wzorcowania z dnia 23.12.2013,
- mikrofon pomiarowy I klasy dokładności NTi Audio M2230, nr 3095 z aktualnym świadectwem wzorcowania,
- kalibratora akustycznego B&K 4231 I klasy dokładności nr 2061626 z aktualnym świadectwem wzorcowania z dnia 11.09.2015 r.,
- generatora sygnałów pomiarowych Miniator MR-PRO nr G2P-YCYAK-F1,
- głośnik izotropowy,

- głośniki wspomagające w zakresie niskich częstotliwości,
- wzmacniacze mocy,
- cyfrowy procesor dźwięku,
- miernik odległości,
- stacja pogody, statywy i okablowanie.

4.1. Pomiary w obszarze widowni Dużej Sceny

Ściany pomieszczenia wykończone są malowanym tynkiem oraz płytami G-K. Podłoga w obszarze widowni wykończona gumoleum położonym na betonie, zaś przejścia wokół widowni wykładziną dywanową. Fotele widowni, za wyjątkiem podłokietników, wyściełane są tkaniną; zamontowano je na przewyższeniu 6-11 cm/stopień. Wymiary obszaru widowni Sceny Dużej BTL wynoszą:

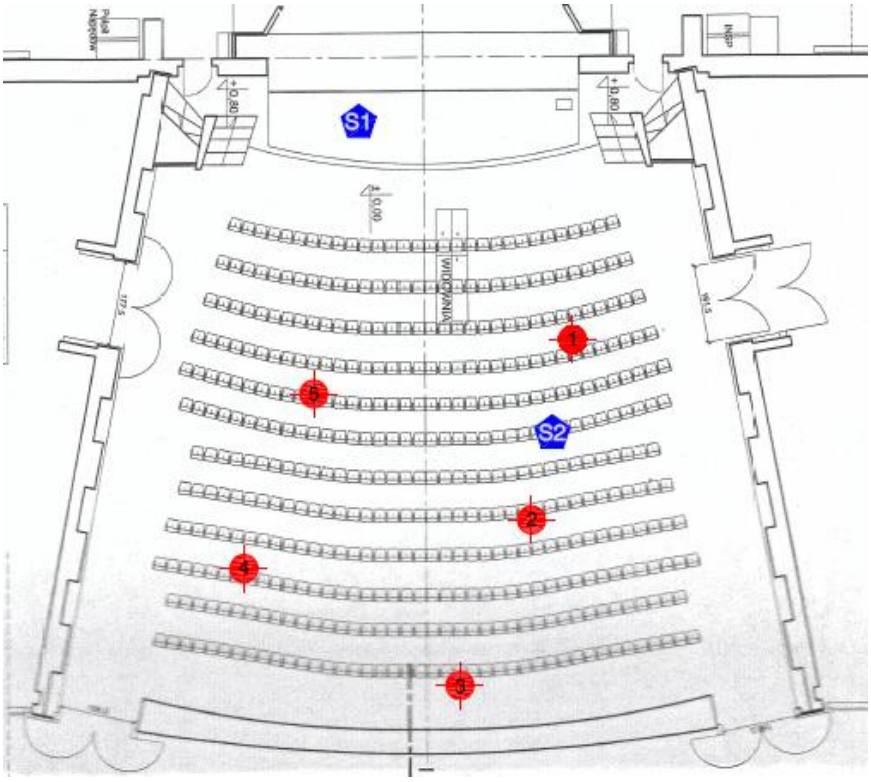
- długość: ok. 14,3 m,
- szerokość przy scenie: ok. 11 m,
- szerokość z tyłu widowni: ok. 15,6 m,
- wysokość pomieszczenia: 5,15 – 5,94 m,
- kubatura: ok. 860 m^3.

W obszarze widowni Dużej Sceny BTL wykonano następujące pomiary akustyczne:

- czasu pogłosu RT60 (T20),
- poziomu tła akustycznego zgodnie z krzywymi NR,
- wskaźnika transmisji mowy STI.

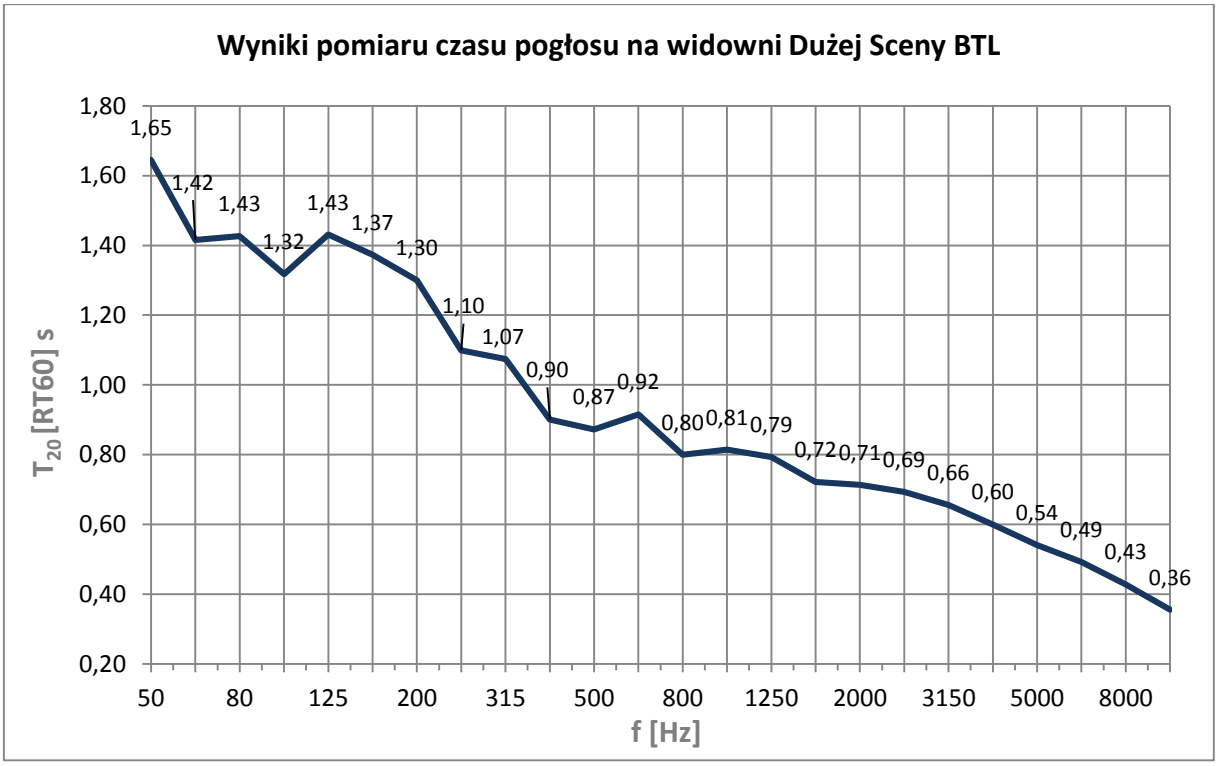
Pomiary czasu pogłosu T20

Pomiar czasu pogłosu wykonano w oparciu o normę PN-EN ISO 3382-1:2009, metodą szumu przerywanego dla dwóch pozycji źródła i 5 punktów pomiarowych, rozmieszczonych w reprezentatywnych miejscach widowni (rys.1). Jako sygnału pomiarowego użyto szerokopasmowego szumu różowego. Źródłem sygnału był głośnik izotropowy wraz z głośnikami pomocniczymi. Uzyskane wyniki dla poszczególnych punktów uśredniono. Pomiar wykonano przy pustej widowni; w pomieszczeniu przebywały jedynie dwie osoby obsługujące urządzenia pomiarowe. W czasie pomiarów system wentylacyjny był wyłączony.



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiaru czasu pogłosu obszarze widowni Dużej Sceny BTL.

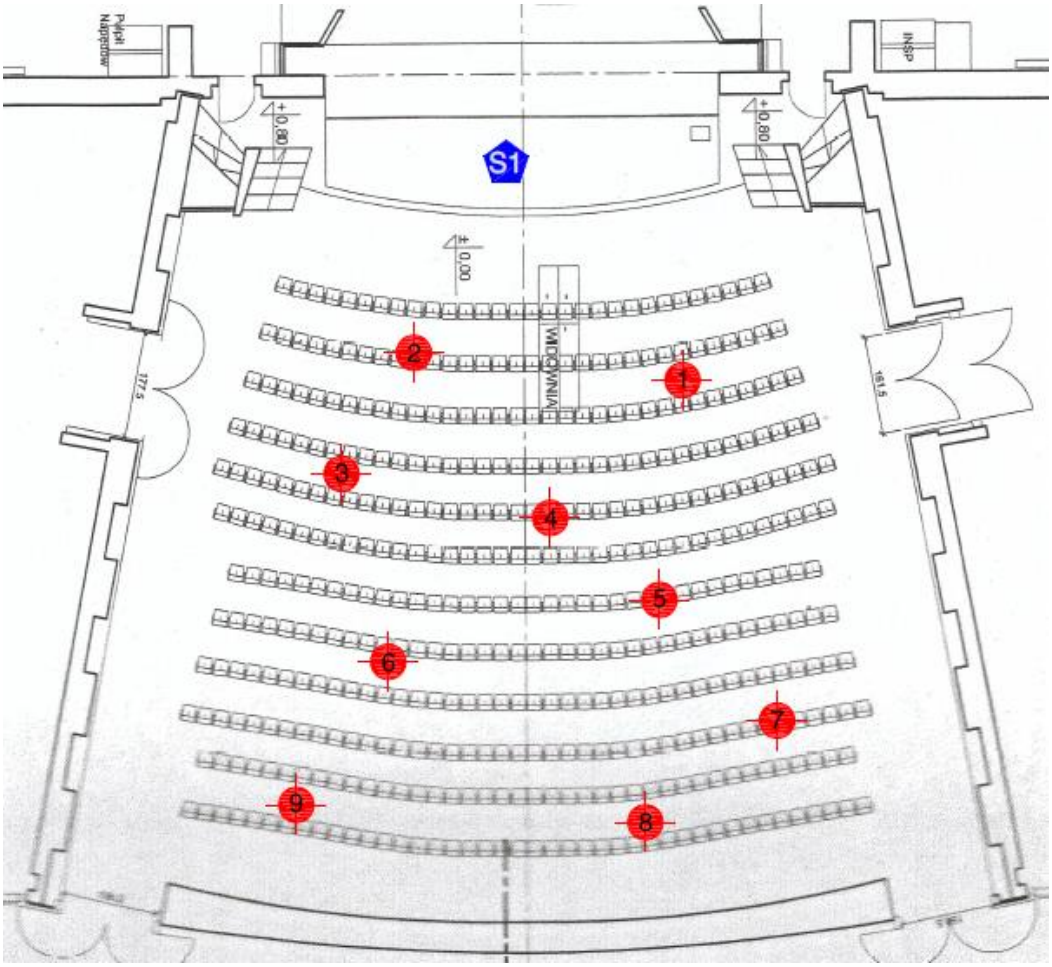
Wyniki pomiarów czasu pogłosu T20 pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Czas pogłosu w funkcji częstotliwości tercjowych w obszarze widowni Dużej Sceny BTL.

Pomiar wskaźnika transmisji mowy STI

Pomiar wskaźnika transmisji mowy wykonano zgodnie z PN-EN ISO 60268-16:2011 metodą bezpośredniego pomiaru STIPA. Uzyskana wartość STI uwzględnia parametry akustyczne wnętrza. Pomiary wykonano w 9 reprezentatywnych punktach pomiarowych rozmieszczonych równomiernie w obszarze widowni (rys. 3). Mikrofon umieszczono na wysokości 1,2 m nad powierzchnią podłogi. Pomiar wykonano przy pustej widowni; w pomieszczeniu przebywały jedynie dwie osoby obsługujące urządzenia pomiarowe. W czasie pomiarów system wentylacyjny był wyłączony.



Rys. 3. Lokalizacja punktów pomiaru wskaźnika STI w obszarze widowni Dużej Sceny BTL.

W tabeli 1, przedstawiono klasyfikację jakości pomieszczeń (od A do U) według wskaźnika transmisji mowy. Wyniki pomiarów wskaźnika STI wraz ze wskazaniem wyznaczonej klasy zrozumiałości mowy zestawiono w tabeli 2.

Tabela 1. Klasyfikacja pomieszczeń według wskaźnika transmisji mowy

Klasyfikacja	Przedział STI	Przykładowe zastosowania
A+	> 0,76	Studia nagrań
A	0,72 – 0,76	Teatry, sale konferencyjne, sale parlamentarne, sądy – wyższy standard
B	0,68 – 0,72	Teatry, sale konferencyjne, sale parlamentarne, sądy – niższy standard
C	0,64 – 0,68	Pomieszczenia do telekonferencji, teatry
D	0,60 – 0,64	Sale klasowe, sale koncertowe
E	0,56 – 0,60	Sale koncertowe, nowoczesne budynki kościołów
F	0,52 – 0,56	Galerie handlowe z nagłośnieniem, urzędy i biura, katedry
G	0,48 – 0,52	Galerie handlowe z nagłośnieniem, urzędy i biura
H	0,44 – 0,48	Systemy nagłośnieniowe w trudnych warunkach akustycznych
I	0,40 – 0,44	Systemy nagłośnieniowe w bardzo trudnych warunkach akustycznych
J	0,36 – 0,40	Pomieszczenie nie kwalifikuje się do zastosowania systemu nagłośnieniowego
U	< 0,36	Pomieszczenie nie kwalifikuje się do zastosowania systemu nagłośnieniowego

Tabela 2. Wyniki pomiarów wskaźnika STI w obszarze widowni Sceny Dużej BTL.

STIPA Summary Report

Report according to IEC 60268-16{ed4}, chapter 7.6.4 and DIN VDE 0833-4{2007-09}, appendix F.6

Project	Widownia BTL
Comments	Data pomiaru:29.02.2016 r. Źródło sygnału - głośnik wszechkierunkowy
Standard	IEC 60268-16 ed4.0 2011

All		Arithmetic mean lav	STI	**0,73**	
		Standard deviation σ	STI	**0,06**	
		lav - σ	STI	**0,66**	**C**

1	**Position**		STI	**0,75**	**A**
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_009			
	Noise File				

2	Position		STI	0,81	A+
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_008			
	Noise File				
3	Position		STI	0,77	A+
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_007			
	Noise File				
4	Position		STI	0,76	A
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_006			
	Noise File				
5	Position		STI	0,76	A
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_005			
	Noise File				
6	Position		STI	0,72	A
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_004			
	Noise File				
7	Position		STI	0,70	B
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_003			
	Noise File				
8	Position		STI	0,63	D
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_002			
	Noise File				
9	Position		STI	0,63	D
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_001			
	Noise File				

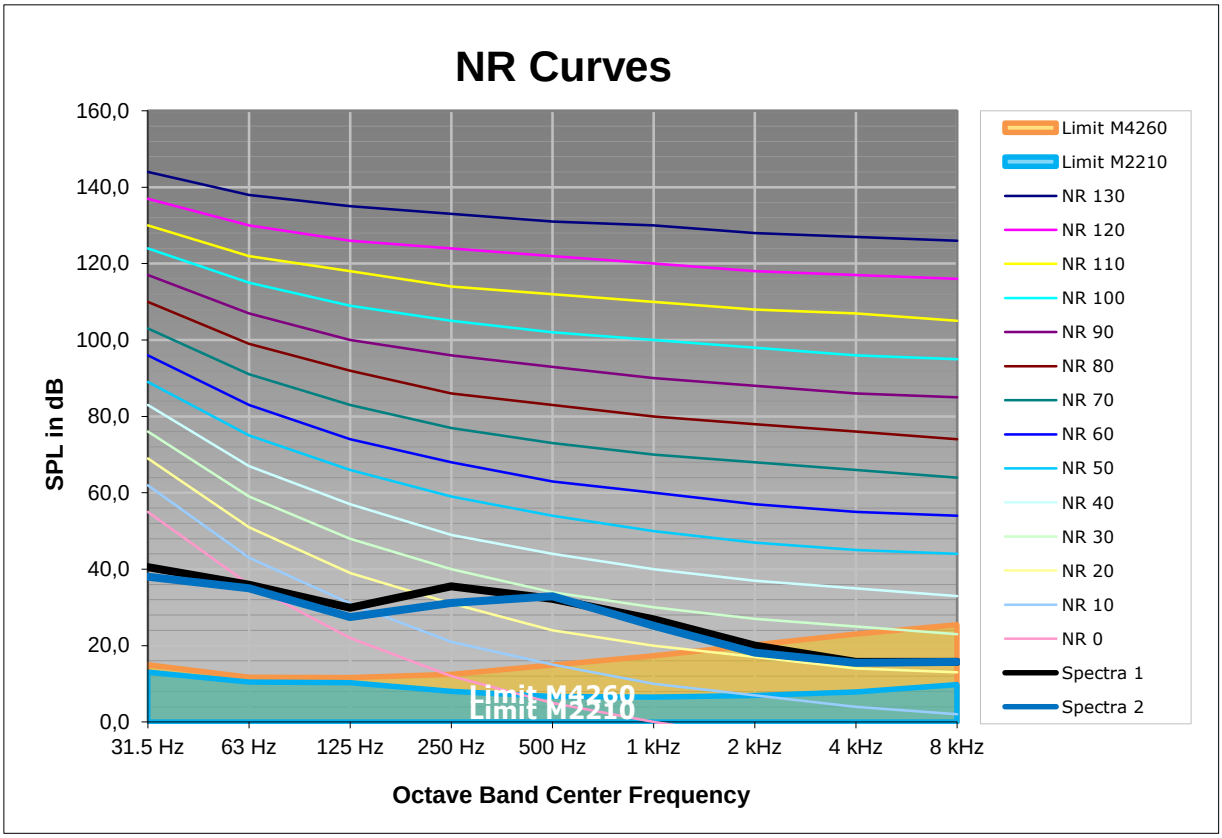
Pomiar poziomu tła akustycznego

Pomiary poziomu dźwięku tła akustycznego wykonano w tych samych reprezentatywnych punktach pomiarowych, które wykorzystano do pomiaru czasu pogłosu (patrz rysunek 1). Mikrofon umieszczono na wysokości 1,2 m nad powierzchnią podłogi. Pomiar wykonano przy pustej widowni; w pomieszczeniu przebywały jedynie dwie osoby obsługujące urządzenia pomiarowe. W czasie pomiarów system wentylacyjny był wyłączony. Dodatkowo w kominie scenicznym uruchomiono system oświetlenia, standardowo funkcjonujący podczas większości spektakli.

Tabela 3. Poziom tła akustycznego na widowni Sceny Dużej BTL

NR Curves Results and Data

Spectra 1:	**2016-02-29_SLM_000**	NR Test Value = NR 30
Spectra 2:	**2016-02-29_SLM_003**	NR Test Value = NR 30



Data and Computations

	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	NR Value	NR Value
NR 50	89	75	66	59	54	50	47	45	44		
NR 40	83	67	57	49	44	40	37	35	33		
NR 30	76	59	48	40	34	30	27	25	23	30	30
NR 20	69	51	39	31	24	20	17	14	13		
NR 10	62	43	31	21	15	10	7	4	2		
Spectra 1	40,5	35,9	29,9	35,5	32,2	26,9	20,0	15,8	15,8	**NR 30**	
Spectra 2	38,1	35,0	27,5	31,1	32,9	25,2	18,1	15,5	15,8		**NR 30**

4.2. Pomiary w obszarze komina scenicznego Dużej Sceny

W pomieszczeniu wyróżnić można cztery elementy: położoną centralnie scenę z kominem scenicznym, znajdujące się po obu stronach sceny kieszenie sceniczne boczne i znajdująca się za sceną kieszeń tylna. Ściany kieszeni scenicznych wykończone są malowanym tynkiem, do powierzchni ścian i stropu w kominie scenicznym mocowane są liczne urządzenia mechaniki sceny, tj. sztankiety, mosty oświetleniowe, systemy kotar, itp. Scenę tworzy zespół ruchomych podestów scenicznych, tzw. zapadni, pokrytych malowanymi na czarno deskami, zaś w kieszeniach scenicznych bocznych i kieszeni tylnej, podłogę tworzą mobilne podesty pokryte sklejką. W czasie pomiarów w kieszeniach scenicznych zmagazynowane były elementy scenografii i elementy wyposażenia technicznego teatru.

Wymiary komina scenicznego Dużej Sceny BTL wynoszą:

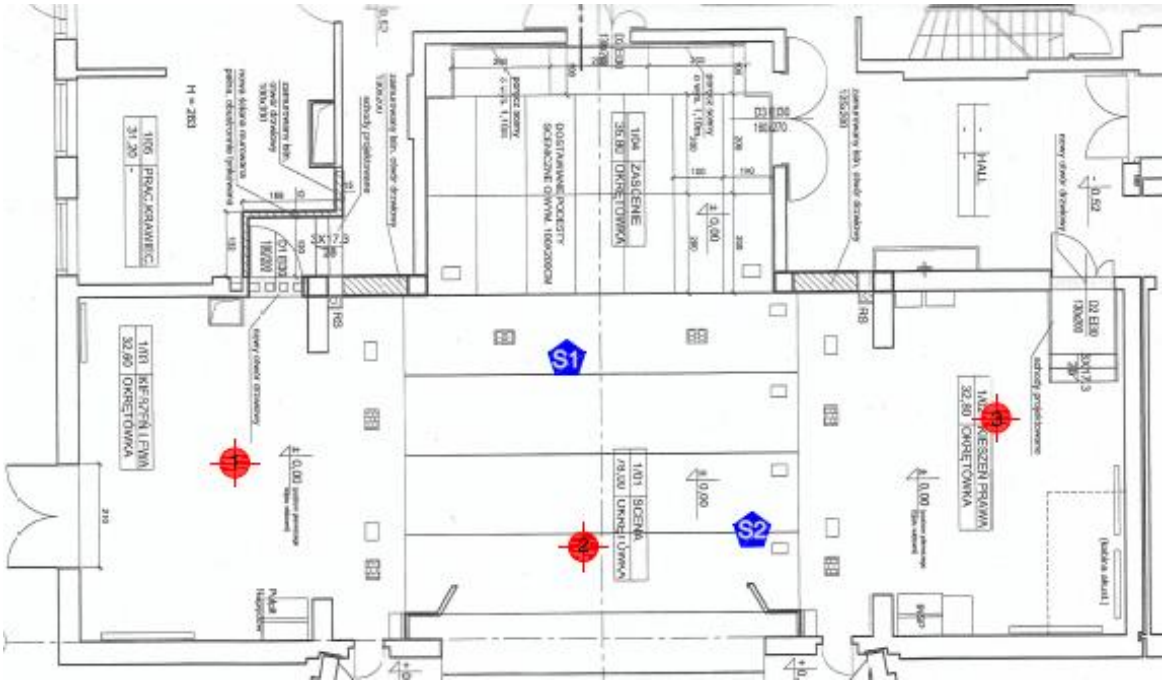
- głębokość sceny: ok. 7,2 m,
- szerokość sceny: ok. 7,8 m,
- wysokość komina scenicznego: ok. 14,4 m,
- szerokość kieszeni scenicznych bocznych: ok. 6,8 m,
- głębokość kieszeni scenicznych bocznych: ok. 4,6 m,
- wysokość kieszeni scenicznych bocznych: ok. 4,9 m,
- szerokość kieszeni tylnej: ok. 6,9 m,
- głębokość kieszeni tylnej: ok. 5,0 m,
- wysokość kieszeni tylnej: ok. 4,4 m,
- kubatura: ok. 1268 m^3.

W kominie scenicznym Dużej Sceny BTL wykonano następujące pomiary akustyczne:

- czasu pogłosu RT60 (T20),
- poziomu tła akustycznego zgodnie z krzywymi NR.

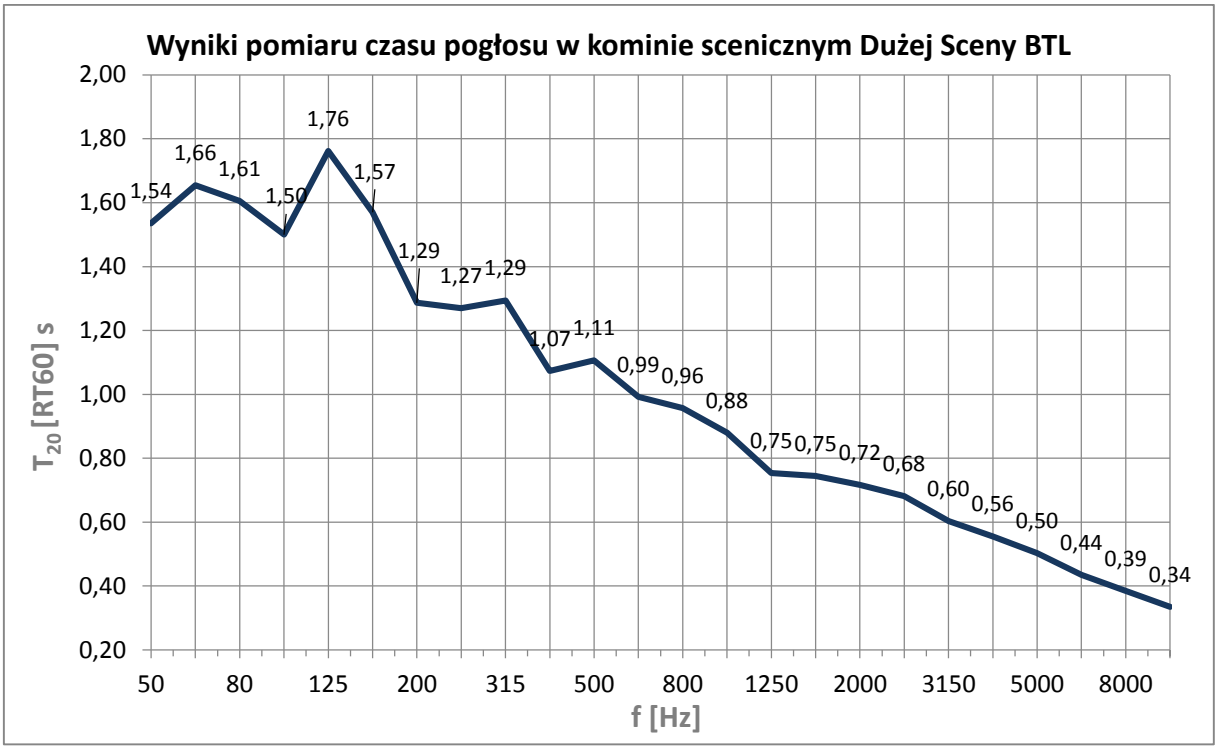
Pomiary czasu pogłosu T20

Pomiar czasu pogłosu wykonano w oparciu o normę PN-EN ISO 3382-1:2009, metodą szumu przerywanego dla 2 pozycji źródła dźwięku i 3 punktów pomiarowych rozmieszczonych w reprezentatywnych miejscach sceny (rys. 4). Jako sygnału testowego użyto szerokopasmowego szumu różowego. Źródłem sygnału był głośnik izotropowy wraz z głośnikami pomocniczymi. Uzyskane wyniki dla poszczególnych punktów uśredniono. W trakcie pomiarów w pomieszczeniu przebywały dwie osoby obsługujące urządzenia pomiarowe. System wentylacyjny był wyłączony.



Rys. 4. Lokalizacja punktów pomiaru czasu pogłosu w obszarze komina scenicznego Dużej Sceny BTL.

Wyniki pomiarów czasu pogłosu T20 pokazano na rys. 5.



Rys. 5. Czas pogłosu w funkcji częstotliwości tercjowych w kominie scenicznym Dużej Sceny BTL.

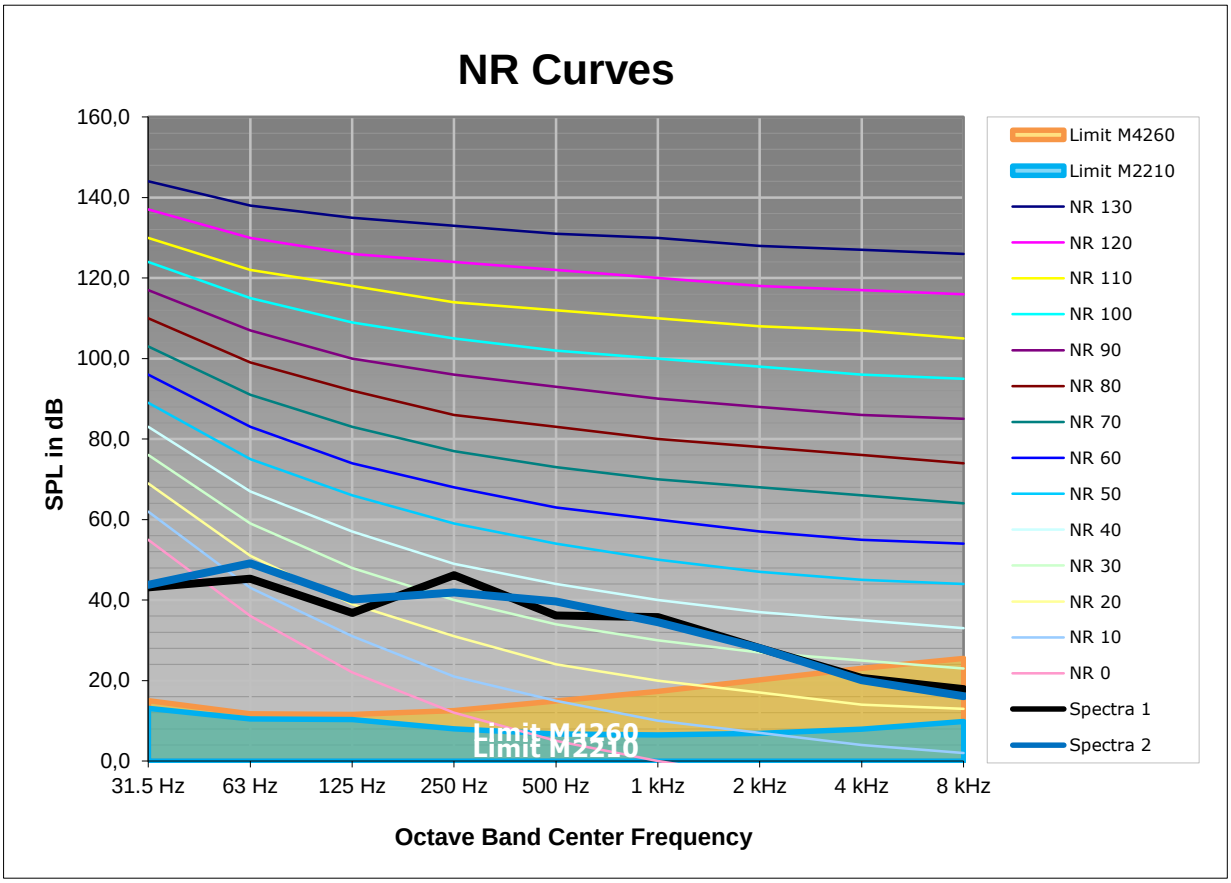
Pomiar poziomu tła akustycznego

Pomiary poziomu dźwięku tła akustycznego wykonano w tych samych reprezentatywnych punktach pomiarowych, które wykorzystano do pomiaru czasu pogłosu (patrz rysunek 4). Mikrofon umieszczono na wysokości 1,2 m nad powierzchnią podłogi. W pomieszczeniu przebywały jedynie dwie osoby obsługujące urządzenia pomiarowe. W czasie pomiarów system wentylacyjny był wyłączony.

Tabela 4. Poziom tła akustycznego w obszarze komina scenicznego Dużej Sceny BTL.

NR Curves Results and Data

Spectra 1:	2016-02-29_SLM_000	NR Test Value =	NR 40
Spectra 2:	2016-02-29_SLM_001	NR Test Value =	NR 40



Data and Computations

	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	NR Value	NR Value
NR 50	89	75	66	59	54	50	47	45	44		
NR 40	83	67	57	49	44	40	37	35	33	40	40
NR 30	76	59	48	40	34	30	27	25	23		
NR 20	69	51	39	31	24	20	17	14	13		
NR 10	62	43	31	21	15	10	7	4	2		
Spectra 1	43,2	45,3	36,8	46,2	36,1	35,8	28,1	20,6	17,8	**NR 40**	
Spectra 2	43,8	49,1	40,1	41,9	39,6	34,4	28,1	20,1	16,1		**NR 40**

4.3. Pomiary we Foyer

Pomieszczenie Foyer, stanowiące obręb Dużej Sceny, ma nieregularny, podłużny kształt. Ściany wykończone są malowanym tynkiem oraz płytami G-K. Występują duże przeszklone powierzchnie. Podłoga pokryta jest terakotą. Wymiary Foyer wynoszą:

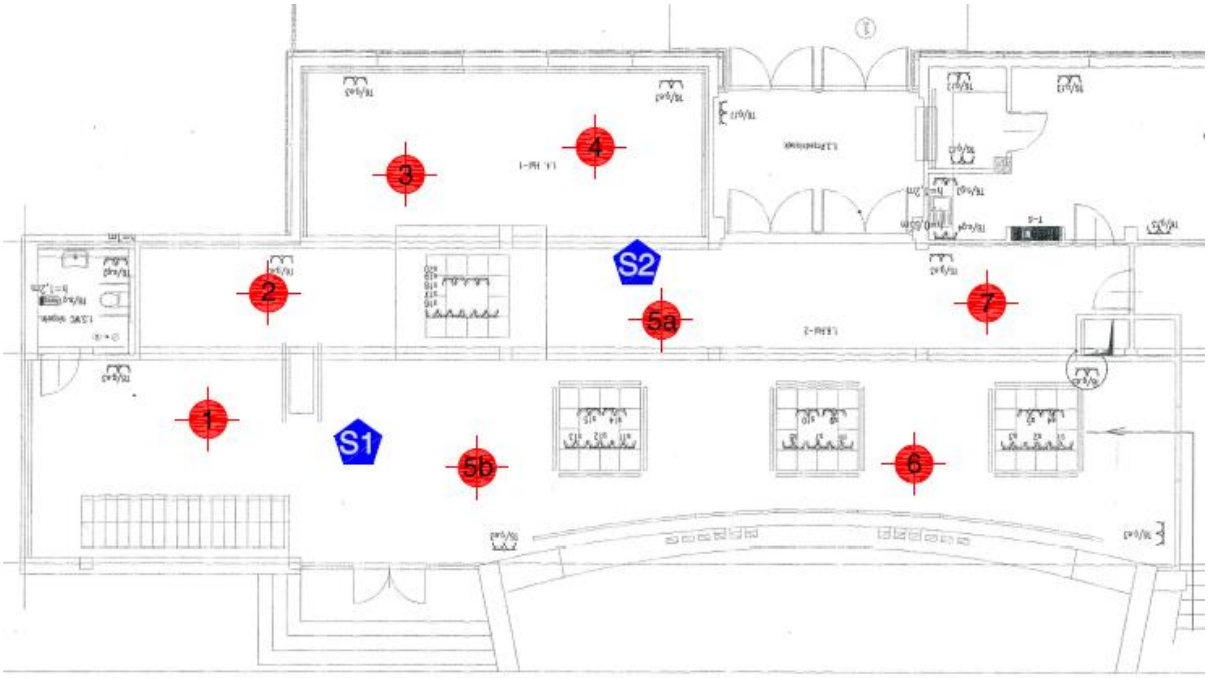
- długość: ok. 28,2 m,
- szerokość: ok. 6,4 - 12 m,
- wysokość pomieszczenia: 3,7 – 3,9 m,
- kubatura: ok. 898 m^3.

We Foyer wykonano następujące pomiary akustyczne:

- czasu pogłosu RT60 (T20),
- wskaźnika transmisji mowy STI.

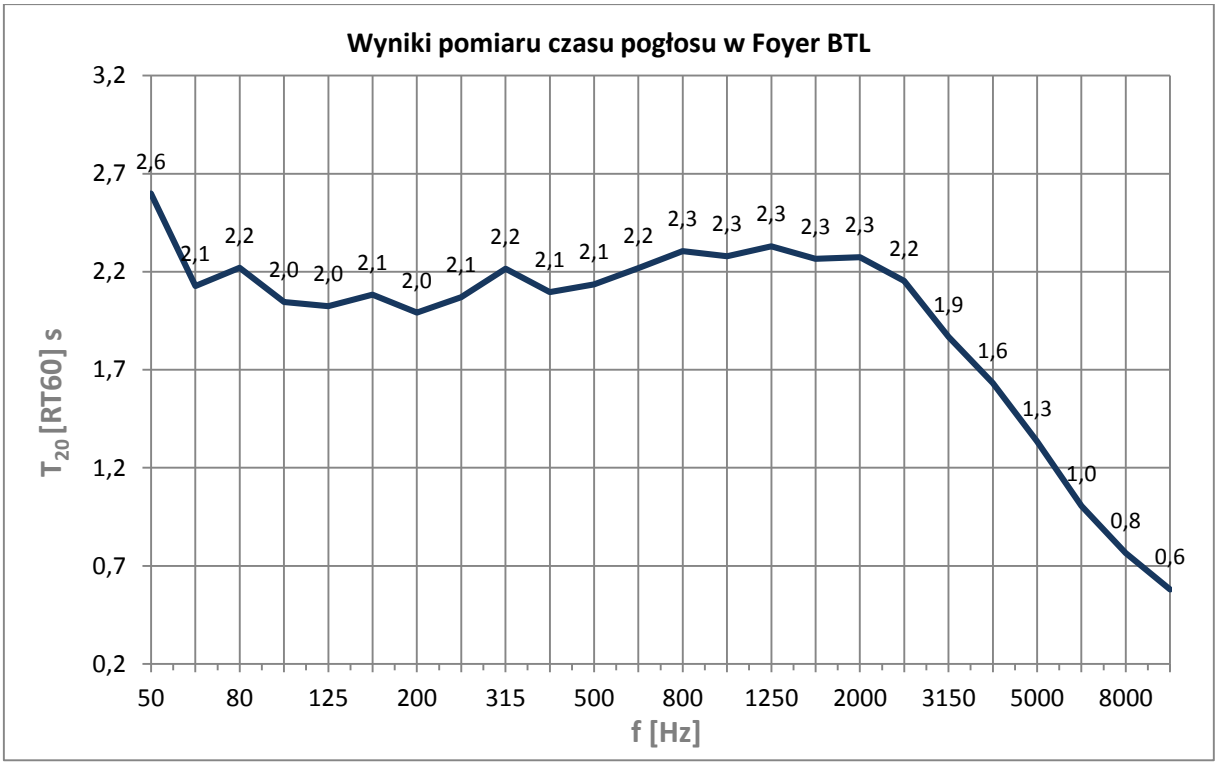
Pomiary czasu pogłosu T20

Pomiar czasu pogłosu wykonano w oparciu o normę PN-EN ISO 3382-1:2009, metodą szumu przerywanego dla 8 punktów pomiarowych rozmieszczonych równomiernie w obrębie pomieszczenia (rys. 6). Mikrofon usytuowano na wysokości 1,5 m nad powierzchnią podłogi. Jako sygnału pomiarowego użyto szerokopasmowego szumu różowego. Źródłem sygnału był głośnik izotropowy wraz z głośnikami pomocniczymi. Uzyskane wyniki dla poszczególnych punktów uśredniono. W trakcie pomiarów w pomieszczeniu przebywały dwie osoby obsługujące urządzenia pomiarowe. System wentylacyjny był wyłączony.



Rys. 6. Lokalizacja punktów pomiaru czasu pogłosu w Foyer BTL.

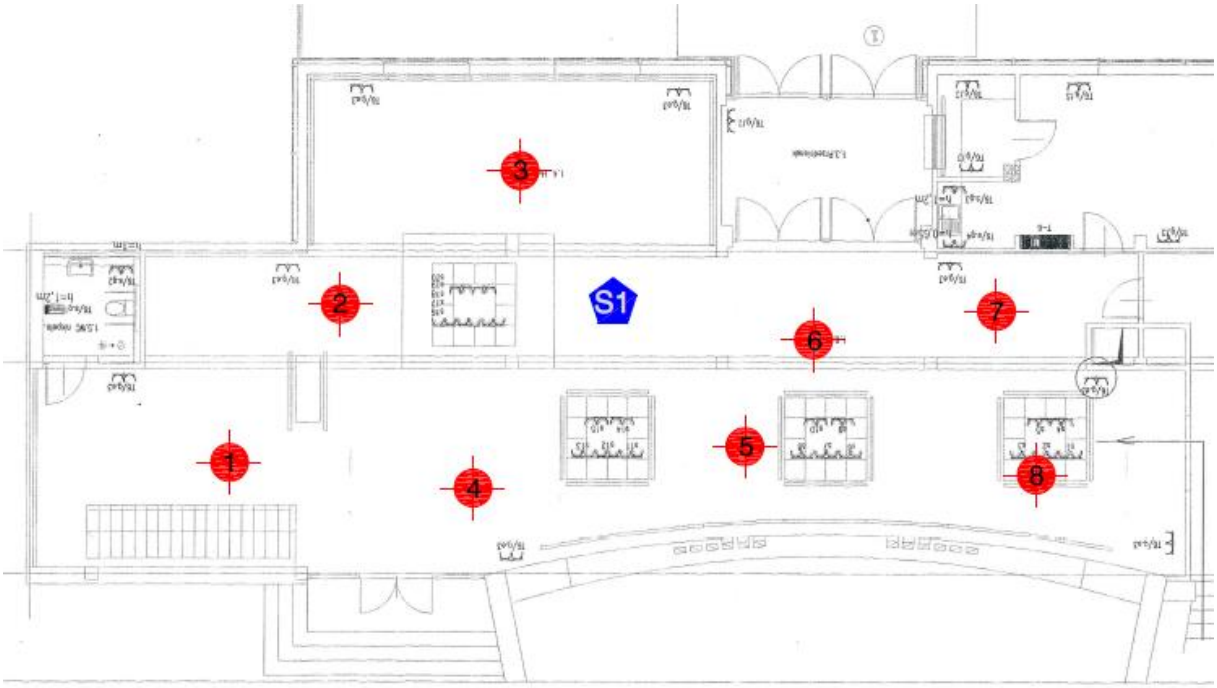
Wyniki pomiarów czasu pogłosu T20 pokazano na rys. 7.



Rys. 7. Czas pogłosu w funkcji częstotliwości tercjowych w Foyer BTL.

Pomiar wskaźnika transmisji mowy STI

Pomiar wskaźnika transmisji mowy wykonano zgodnie z PN-EN ISO 60268-16:2011, metodą bezpośredniego pomiaru STIPA. Wykonano dwie serie pomiarów STIPA dla różnych warunków generowania sygnału testowego audio w pomieszczeniu. Dla jednej serii pomiarów wykorzystano głośniki zainstalowane w Foyer, zaś dla drugiej serii użyto głośnika wszechkierunkowego. Pomiary wykonano w reprezentatywnych punktach pomiarowych rozmieszczonych równomiernie w Foyer (rys. 8). Mikrofon usytuowano na wysokości 1,5 m nad powierzchnią podłogi. W trakcie pomiarów w pomieszczeniu przebywały dwie osoby obsługujące urządzenia pomiarowe. Podczas pomiarów system wentylacyjny był wyłączony.



Rys. 8. Lokalizacja punktów pomiaru wskaźnika STI w Foyer BTL.

W tabeli 1 przedstawiono klasyfikację jakości akustycznej pomieszczeń (od A do U) w oparciu o wskaźnik transmisji mowy. Wyniki pomiarów wskaźnika STI wraz ze wskazaniem wyznaczonej klasy zrozumiałości mowy zestawiono w tabelach 5 i 6.

Wyniki uzyskane dla obydwu wariantów pomiarowych są zbliżone i w obu przypadkach klasyfikują pomieszczenie do niskiej klasy zrozumiałości mowy „I", wskazującej na „bardzo trudne warunki akustyczne", co potwierdzają subiektywne obserwacje członków zespołu pomiarowego.

Tabela 5. Wyniki pomiarów wskaźnika STI w Foyer przy wykorzystaniu głośników zainstalowanych w pomieszczeniu.

STIPA Summary Report

Report according to IEC 60268-16{ed4}, chapter 7.6.4 and DIN VDE 0833-4{2007-09}, appendix F.6

Project	Obręb Sceny Dużej BTL
Comments	Data pomiaru:29.02.2016 r. Źródło sygnału - głośniki zainstalowane
Standard	IEC 60268-16 ed4.0 2011

All		Arithmetic mean lav	STI	0,46	
		Standard deviation σ	STI	0,04	
		lav - σ	STI	0,43	I
1	**Position**		STI	0,45	H
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_001			
	Noise File				
2	**Position**		STI	0,50	G
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_002			
	Noise File				
3	**Position**		STI	0,51	G
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_003			
	Noise File				
4	**Position**		STI	0,46	H
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_004			
	Noise File				
5	**Position**		STI	0,47	H
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_005			
	Noise File				
6	**Position**		STI	0,43	I
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_006			
	Noise File				
7	**Position**		STI	0,41	I
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_007			
	Noise File				

Tabela 6. Wyniki pomiarów wskaźnika STI w Foyer przy wykorzystaniu głośnika wszechkierunkowego.

STIPA Summary Report

Report according to IEC 60268-16{ed4}, chapter 7.6.4 and DIN VDE 0833-4{2007-09}, appendix F.6

Project	Obręb Dużej Sceny BTL
Comments	Data pomiaru:29.02.2016 r. Źródło sygnału - głośnik wszechkierunkowy
Standard	IEC 60268-16 ed4.0 2011

All		Arithmetic mean lav	STI	0,44	
		Standard deviation σ	STI	0,04	
		lav - σ	STI	0,40	I
1	**Position**		STI	0,44	H
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_000			
	Noise File				
2	**Position**		STI	0,43	I
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_001			
	Noise File				
3	**Position**		STI	0,45	H
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_002			
	Noise File				
4	**Position**		STI	0,43	I
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_003			
	Noise File				
5	**Position**		STI	0,50	G
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_004			
	Noise File				
6	**Position**		STI	0,50	G
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_005			
	Noise File				
7	**Position**		STI	0,40	I
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_006			
	Noise File				
8	**Position**		STI	0,42	I
	STIPA File	2016-02-29_STIPA_007			
	Noise File				

5. Ochrona przeciwhałasowa

Wytyczne w zakresie ochrony przeciwhałasowej służą zapewnieniu odpowiedniego poziomu ochrony przed przenikaniem niepożądanych dźwięków do obszaru Dużej Sceny i jej obrębu, m.in. hałasów od urządzeń technicznego wyposażenia budynku umieszczonych wewnątrz obiektu, czy hałasu wytwarzanego w sąsiednich pomieszczeniach w przypadku korzystania zgodnie z ich funkcją.

Założenia projektowe opracowano w oparciu o wizję lokalną, potrzeby Zamawiającego, dostępną dokumentację architektoniczną obiektu, a także założoną funkcjonalność pomieszczeń.

5.1 Wytyczne dla dopuszczalnych poziomów hałasu w pomieszczeniach

Dopuszczalne poziomy dźwięku A w pomieszczeniach o akustyce niekwalifikowanej określa Polska Norma PN-87/B-02151/02. W przypadku pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej, poziomy hałasu, jakie mogą występować w danym wnętrzu, są niższe niż dla typowych pomieszczeń administracyjnych czy mieszkalnych. Dopuszczalne poziomy tła akustycznego (od wszystkich źródeł hałasu łącznie) zostaną określone indywidualnie, w zależności od ich funkcjonalności wnętrz za pomocą tzw. krzywych hałasowych NR.

Zalecany poziom tła akustycznego w obszarze widowni Dużej Sceny wynosi NR25 (preferowana jest wartość NR20), natomiast w obszarze komina scenicznego wynosi NR30 (preferowana wartość NR25). Ze względu na wykorzystanie Foyer jako przestrzeni uniwersalnej – częściowo komunikacyjnej, częściowo scenicznej, np. jako element przedstawienia podczas spektakli lub do zajęć z udziałem dzieci, dopuszczalny poziom tła akustycznego w tym pomieszczeniu nie powinien przekroczyć NR40 (optymalnie 35). Omawiany zakres krzywych hałasowych zestawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Wartości krzywych hałasowych NR funkcji częstotliwości oktawowych

Częstotliwość [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR20 [dB]	69,0	51,3	39,4	30,6	24,3	20,0	16,8	14,4	12,6
NR25 [dB]	72,4	55,2	43,7	35,2	29,2	25,0	21,9	19,5	17,7
NR35 [dB]	79,2	63,1	52,4	44,5	38,9	35	32,0	29,8	28,0
NR40 [dB]	82,6	67,1	56,8	49,2	43,8	40,0	37,1	34,9	33,2

5.2 Wytyczne dla przegród budowlanych wewnętrznych

Znormalizowanym parametrem określającym izolacyjność od dźwięków powietrznych są wskaźniki oceny izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1} i R_{A2} (lub R'_{A1} i R'_{A2}) – w zależności od widma hałasu. Drzwi i okna opisane są wskaźnikami oceny izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1} lub R_{A2} lub klasami akustycznymi.

Polska Norma PN-B-02151-3:1999 bardzo precyzyjnie określa minimalne wartości wskaźników dla przegród rozdzielających pomieszczenia o akustyce niekwalifikowanej. Izolacyjność akustyczną przegród budowlanych pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej, do jakich należy Duża Scena Białostockiego Teatru Lalek, należy dobrać indywidualnie. Jako odniesienie służą dane zawarte w literaturze branżowej oraz doświadczenie projektanta akustyki.

5.1.1. Ściany i drzwi widowni Dużej Sceny

Zalecane wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej dla przegrody budowlanej pomiędzy pomieszczeniami widowni Dużej Sceny a Foyer przedstawiono w tabeli 7.

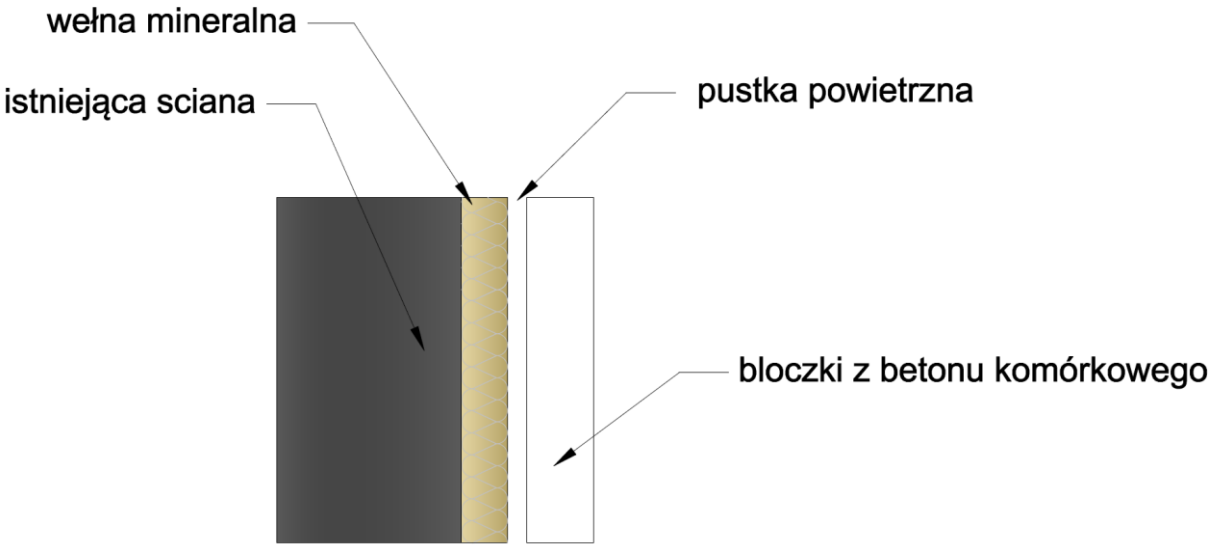
Tabela 7. Zalecane wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej przegród budowlanych wewnętrznych pomiędzy widownią a Foyer i patio.

Lp.	Pomieszczenie chronione	Pomieszczenie sąsiednie	Zalecane wartości minimalne wskaźników [dB]	
			Ściany bez drzwi	Drzwi
			R'_{A1}	R'_{A1}
1	Obszar widowni	Foyer, patio	≥ 60	≥ 40

Izolacyjność akustyczna drzwi wejściowych z Foyer do widowni Dużej Sceny oraz drzwi pomiędzy widownią a patio, powinny spełniać zalecane minimalne wartości. Drzwi powinny być masywne i wyposażone w precyzyjne obwodowe i atestowane uszczelnienie firmowe oraz w uszczelkę opadającą lub inne rozwiązanie zapewniające spełnienie wymagań, np. Wostol, typ A3, pełne, przylgowe, dwuskrzydłowe z opadającą uszczelką o klasie akustycznej D1-40 lub rozwiązanie równoważne.

Założono, że rozwiązania służące podniesieniu wskaźników oceny izolacyjności akustycznej dla ścian nie powinny powodować konieczności wyburzenia lub ingerencji w istniejącą strukturę ściany. Przykładowe rozwiązanie oparte jest o przedścianki wykonane w technologii murowanej, np. z lekkich bloczków z betonu komórkowego lub wykonane w technologii lekkiej, zbudowane od strony widowni lub Foyer. Zaleca się wykonanie przedścianki od strony Foyer, żeby nie zmniejszyć przestrzeni widowni

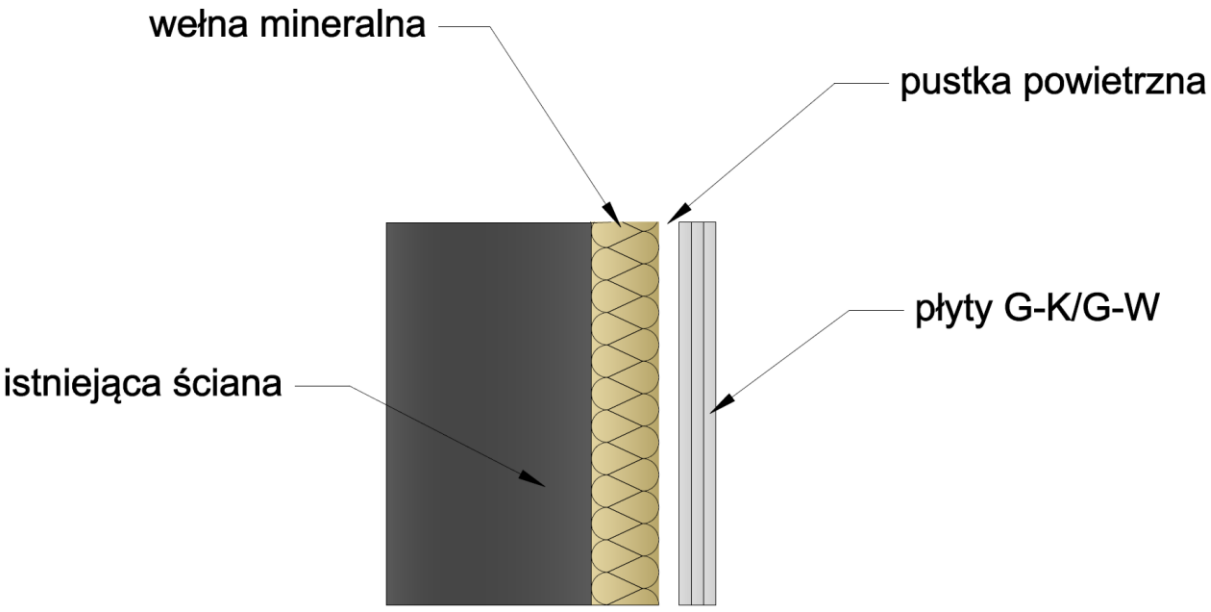
Zalecaną konstrukcję przedścianki należy wykonać z bloczków z betonu komórkowego o izolacyjności akustycznej R_{A1} > 25 dB, np. bloczki o szerokości ok. 11 cm Ytong Interio lub rozwiązanie równoważne. Przegrodę należy umiejscowić w odległości ok. 7 cm od istniejącej ściany, zapewniając 2 cm pustkę powietrzną. Pozostałą przestrzeń należy wypełnić 5 cm warstwą wełny mineralnej o gęstości ok. 20-80 kg/m3, osadzonej np. w ruszcie z profili stalowych. Schematyczny przekrój przedścianki pokazano na rys. 9.



Rys. 9. Przedścianka wykonana z bloczków z betonu komórkowego

Konstrukcja przedścianki wykonanej w technologii lekkiej powinna być niezależna od istniejącej ściany, odseparowana za pomocą pustki powietrznej o szerokości minimum 20 mm. Szkielet ścianki oparty o profile metalowe typu C o szerokości 100 mm, przestrzeń pomiędzy profilami wypełniona wełną mineralną grubości min. 100 mm i gęstości nie mniejszej niż 80 kg/m^3. Konstrukcja zamocowana obwodowo za pomocą profili metalowych, oddylatowanych taśmą elastyczną od przegród istniejących. Zamknięcie przedścianki stanowi potrójna warstwa płyt G-K lub G-W 3 x 12,5

i o gęstości, nie mniejszej niż 9 kg/m^2, np. system Rigips 3.21.20 lub rozwiązanie równoważne. Schematyczny przekrój przedścianki pokazano na rys. 10.



Rys. 10. Przedścianka wykonana z płyt G-K lub G-W.

Zaleca się, aby przedścianki były oddylatowane od podłogi na której będą posadowione.

5.1.2. Drzwi pomiędzy Foyer a Małą Salą oraz pomieszczeniem realizatorów światła i dźwięku

Ze względu na funkcję, jaką pełni pomieszczenie Foyer zaleca się, aby drzwi pomiędzy Foyer a Małą Salą oraz Foyer i pomieszczeniem realizatorów dźwięku i światła miały odpowiednią izolacyjność akustyczną tak, aby korzystanie z tych pomieszczeń nie powodowało wzajemnych zakłóceń. Izolacyjność akustyczna omawianych drzwi powinna spełniać wymagania określone w tab. 7. Drzwi powinny być masywne i wyposażone w precyzyjne obwodowe i atestowane uszczelnienie firmowe oraz w uszczelkę opadającą lub inne rozwiązanie zapewniające spełnienie wymagań, np. (dla drzwi pomiędzy Foyer a Małą Salą) typu Wostol A3, pełne, przylgowe, dwuskrzydłowe z opadającą uszczelką o klasie akustycznej D1-40 lub rozwiązanie równoważne oraz np. (dla drzwi pomiędzy Foyer i pomieszczeniem realizatorów dźwięku i światła) typu Wostol A3, pełne, przylgowe, jednoskrzydłowe z opadającą uszczelką o klasie akustycznej D1-40 lub rozwiązanie równoważne

5.1.3. Okna i drzwi realizatorów dźwięku i światła Sali

Otwory okienne realizatorów dźwięku i światła nie posiadają okien, dlatego niektóre dźwięki robocze wychodzące z tych pomieszczeń docierają do widzów. Efekt ten występuje tez w kierunku przeciwnym - część niepożądanych dźwięków dociera do pomieszczeń realizatorów, zakłócając ich pracę. Aby zapobiegać niepożądanej transmisji dźwięków należy w ww. otwory wstawić okna tak, żeby w określonych sytuacjach można było odizolować akustycznie omawiane pomieszczenia. Wszystkie okna, z wyjątkiem okna realizatora światła, powinny posiadać izolacyjność akustyczną R_{A1} > 35 dB – klasa akustyczna OK1-35. Okna powinny spełniać następujące parametry funkcjonalne:

- okno realizatora dźwięku (skrajnie prawe) – okno uchylno-przesuwne, instalowane na zewnątrz pomieszczenia, kierunek przesuwania – prawy
- okno realizatora światła (środkowe) – okno przesuwne góra-dół, instalowane umieszczone wewnątrz pomieszczenia,
- okno (skrajnie lewe) otwierane na prawą stronę z kątem rozwarcia do 180° wewnątrz pomieszczenia,

Drzwi wejściowe (od lewej i prawej strony) do pomieszczenia realizatorów dźwięku i światła powinny zapewniać odpowiedni komfort pracy. Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej powinien wynosić $R_{A1} \geq 35$. W pomieszczeniu należy zastosować drzwi jednoskrzydłowe, np. Wostol, typ A2, pełne, przylgowe z opadającą uszczelką o klasie akustycznej D1-35 lub rozwiązanie równoważne.

5.1.4. Ściany i drzwi komina scenicznego

Zalecane wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej dla przegrody budowlanej pomiędzy kominem scenicznym Dużej Sceny a innymi pomieszczeniami sąsiadującymi przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Zalecane wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej przegród budowlanych wewnętrznych pomiędzy kominem scenicznym a innymi pomieszczeniami sąsiadującymi.

Lp.	Pomieszczenie chronione	Pomieszczenie sąsiednie	Zalecane wartości minimalne wskaźników [dB]	
			Ściany bez drzwi	Drzwi
			R'_{A1}	R'_{A1}
1	Obszar komina scenicznego Dużej Sceny	Inne sąsiadujące pomieszczenia	≥ 60	≥ 38

Izolacyjność akustyczna drzwi wejściowych do kieszeni komina scenicznego z innych pomieszczeń sąsiadujących powinna spełniać zalecane minimalne wartości. Drzwi powinny być masywne i wyposażone w precyzyjne obwodowe i atestowane uszczelnienie firmowe oraz w uszczelkę opadającą lub inne rozwiązanie zapewniające spełnienie wymagań.

Aktualnie należy wymienić drzwi do pomieszczenia ze stanowiskami realizatorów dźwięku i światła mieszczącego się w prawej kieszeni Dużej Sceny. Należy zastosować drzwi jednoskrzydłowe, np. Wostol, typ A3, pełne, przylgowe z opadającą uszczelką o klasie akustycznej D1-40 lub rozwiązanie równoważne.

Założono, że rozwiązania służące podniesieniu wskaźników oceny izolacyjności akustycznej dla ścian nie powinny powodować konieczności wyburzenia lub ingerencji w istniejącą strukturę ściany. Przykładowe rozwiązanie oparte jest o przedścianki wykonane w technologii murowanej lub, opcjonalnie, lekkiej montowane od strony komina scenicznego.

Konstrukcja przedścianki jest analogiczna do opisanej w pkt. 5.1.1.

5.3 Wytyczne dla szafy sterowania zapadni scenicznych

Pomiary akustyczne wykazały, że w pomieszczeniu komina scenicznego występuje poziom dźwięku tła NR40, zaś na widowni występuje poziom NR30. Są one wyższe niż zalecane poziomy tła akustycznego, które wynoszą – NR25 na widowni i NR30 w kominie scenicznym. Jedną z przyczyn nadmiernego hałasu w kominie scenicznym i na widowni jest szafa sterownicza (fot.1) z systemem sterowania zapadniami.

Urządzenie o wymiarach 185cm x 165cm x 41,5 generuje stały hałas spowodowany pracą urządzeń oraz wentylatorów odprowadzających ciepłe powietrze. Szafę zamocowano pod stropem w kominie scenicznym. Otoczenie szafy jest wykonane z materiałów silnie odbijających dźwięk, co powoduje powstawanie hałasu pogłosowego o stosunkowo wysokim poziomie dźwięku.

Fot. 1. Szafa sterownicza zainstalowana pod stropem komina scenicznego – widok zewnętrzny.

Zaleca się wykonanie osłony akustycznej, która ograniczy rozprzestrzenianie się hałasu w kierunku sceny i na widowni. Osłona może być wykonana jako obudowa zamknięta, osłaniająca całą szafę i ograniczająca hałas we wszystkich kierunkach lub jako obudowa półotwarta, osłaniająca częściowo szafę sterowniczą i ograniczająca hałas w niektórych kierunkach. Każde z rozwiązań zapewni ograniczenie hałasu i poprawi komfort pracy na scenie. O ile to będzie możliwe, zaleca się wykonanie osłony

akustycznej ograniczającej hałas szafy sterowniczej do minimum, pozwalającej osiągnąć zalecane wartości krzywej NR dla komina scenicznego.

Typowa konstrukcja osłony akustycznej jest wykonana z blachy stalowej lub aluminiowej – opcjonalnie może to być zastosowana sklejka liściasta. Wnętrze osłony jest wyłożone matą izolacyjną oraz specjalną pianką akustyczną dostosowaną do widma hałasów generowanych przez urządzenie. W razie konieczności w osłonie są montowane ciche wentylatory odprowadzające nadmiar ciepłego powietrza. Dodatkowo należy wytłumić wnętrze samej szafy sterowniczej odpowiednim materiałem akustycznym. Zakłada się, że zastosowanie omawianych rozwiązań ograniczy hałas szafy sterowniczej o 6 do10 dB.

Projekt osłony oraz wytłumienie wnętrza szafy sterowniczej należy zlecić firmie specjalizującej się w tego typu rozwiązaniach.

6. Akustyka wnętrz

Celem projektu akustyki wnętrz jest zapewnienie wnętrzom widowni i komina scenicznego Dużej Sceny oraz Foyer Białostockiego Teatru Lalek wysokiej jakości akustyki wnętrza, poprzez uzyskanie optymalnych parametrów akustyki wnętrz, tj. czasu pogłosu i wskaźnika transmisji mowy STI.

Założenia projektowe opracowano w oparciu o potrzeby Zamawiającego, dostępną dokumentację architektoniczną obiektu, wizję lokalną oraz wyniki przeprowadzonych pomiarów akustycznych (czasu pogłosu, wskaźnika zrozumiałości mowy, poziomu dźwięku tła akustycznego), założoną funkcjonalność i kubaturę obszaru sceny i widowni Dużej Sceny oraz jej obrębu.

6.1 Akustyka wnętrza Dużej Sceny

Podstawowym przeznaczeniem Dużej Sceny Białostockiego Teatru Lalek jest wykonywanie prób przedstawień teatralnych i organizacja spektakli, gdzie dominuje przekaz słowny. Wymagane parametry akustyczne wnętrza, w odniesieniu do rozmiaru widowni, można określić m.in. w oparciu o wskaźnik kubaturowy, który wskazuje optymalną kubaturę pomieszczenia w zależności od funkcji, jaką pełni wnętrze. Dla sal teatralnych zalecane wartości zawierają się w przedziale 3-5 m^3/osobę. Dla widowni liczącej 230 osób i kubaturze Sali wynoszącej ok. 860 m^3, wskaźnik kubaturowy

wynosi 3,7 m^3/os., co oznacza, że jego wartość mieści się w zakresie zalecanych wartości dla sal teatralnych.

Zalecany czas pogłosu RT60, dla pomieszczeń o podobnych wymiarach i funkcjonalności, jest stosunkowo krótki i powinien wynosić około 1,0 s. Krzywa czasu pogłosu w zakresie poniżej 1000 Hz powinna być możliwie płaska i nie wznosić się znacznie w zakresie niskich częstotliwości. Wartość wskaźnika STI dla sal teatralnych powinna być wysoka i wynosić co najmniej 0,66 (zalecana nie mniejsza niż 0,7), co odpowiada klasie zrozumiałości mowy C lub lepszej.

Oczekiwane parametry akustyczne na widowni Dużej Sceny pokazano w tabeli 9.

Tabela 9. Projektowa wartość czasu pogłosu i wskaźnika zrozumiałości mowy dla widowni Dużej Sceny

Parametr	Zalecana wartość
Czas pogłosu RT_{60}, dla częstotliwości średnich (500 Hz i 1000 Hz) w sali pustej	1,0 s
Nierównomierność charakterystyki czasu pogłosu 63 Hz 125 Hz 250 Hz ÷ 2 kHz 4 kHz 8 kHz	 +70 %/-20 % +40 %/-20 % +20 %/-20 % +20 %/-40 % +20 %/-50 %
Wskaźnik zrozumiałości mowy STI	≥ 0,66

Oczekiwany czas pogłosu w obszarze sceny w zakresie średnich częstotliwości (500 Hz i 1000 Hz) powinien być krótszy niż w obszarze widowni. Pozwala to osiągnąć dobrą kontrolę pola akustycznego na scenie i ograniczyć negatywny wpływ nadmiernego pogłosu na odbiór dźwięku w obszarze widowni. Tabela 10 zawiera wartości oczekiwane czasu pogłosu w obszarze komina scenicznego Dużej Sceny.

Tabela 10. Projektowa wartość czasu pogłosu dla komina scenicznego Dużej Sceny

Parametr	Zalecana wartość
Czas pogłosu RT60, dla częstotliwości średnich (500 Hz i 1000 Hz)	< 1,0 s
Nierównomierność charakterystyki czasu pogłosu	
63 Hz	+90 %/-20 %
125 Hz	+60 %/-20 %
500 Hz ÷ 2 kHz	+20 %/-20 %
4 kHz	+20 %/-40 %
8 kHz	+20 %/-50 %

Czas pogłosu na obszarze widowni wynosi 0,84 s dla częstotliwości średnich i mieści się w zalecanym zakresie, jednak jest zbyt długi w zakresie niskich częstotliwości. Celem projekt adaptacji akustycznej jest zrównoważenie zakresu niskich częstotliwości na widowni w odniesieniu do całego pasma.

Istotnym mankamentem Sali jest kształt ściany tylnej widowni na poziomie parteru. Ściana ta zbudowana jest na planie okręgu i jest wklęsła, co sprzyja ogniskowaniu dźwięku odbitego w obszarze komina scenicznego.

6.2 Akustyka Foyer

Obszar Foyer, oprócz funkcji komunikacyjnych, jest również wykorzystywany jako element przestrzeni teatralnej, a także do organizacji małych przedstawień, gier i zabaw. Wyniki pomiarów akustycznych we Foyer pokazały występowanie długiego czasu pogłosu i niskiej zrozumiałości mowy. Ze względu na widowiskową funkcję pomieszczenia Foyer należy zapewnić odpowiednie warunki akustyczne pozwalające na poprawny odbiór i kontrolę dźwięku. Jest to związane przede wszystkim z ograniczeniem czasu pogłosu pomieszczenia i podniesieniem zrozumiałości mowy. Charakterystyka czasu pogłosu i wskaźnik transmisji mowy STI w obszarze Foyer powinny spełniać parametry przedstawione w tabeli 11.

Tabela 11. Projektowa wartość czasu pogłosu i wskaźnika transmisji mowy w Foyer

Parametr	Zalecana wartość
Czas pogłosu RT60, dla częstotliwości 500 Hz	1,0 s
Nierównomierność charakterystyki czasu pogłosu 125 Hz 250 Hz ÷ 2 kHz 4 kHz 8 kHz	 +50 %/-20 % +20 %/-20 % +20 %/-40 % +20 %/-50 %
Wskaźnik zrozumiałości mowy STI	≥ 0,6

W wyniku zastosowania adaptacji akustycznej zostanie skrócony czasu pogłosu i uzyskany wyższy wskaźnik transmisji mowy.

7. Projekty adaptacji akustycznej

Podstawową metodą obliczania akustyki pomieszczenia jest metoda statystyczna. Pozwala ona w dużym przybliżeniu określić czas pogłosu pomieszczenia w pasmach częstotliwości oktawowych od ok. 100 Hz do 5000 Hz. W projektach adaptacji akustycznej wykorzystano program predykcyjny EASE 4.4, który automatycznie wylicza bilans chłonności oraz czas pogłosu dla wszystkich pomieszczeń.

7.1 Widownia Dużej Sceny

Założono następujące cele projektu akustyki wnętrza dla widowni Dużej Sceny:

- skrócenie czasu pogłosu w zakresie niskich częstotliwości wraz z korektą kształtu krzywej pogłosowej;
- ograniczenie niekorzystnych odbić dźwięku w kierunku sceny od ścian znajdujących się za widownią na poziomie parteru i od ściany antresoli z kabiną projekcyjną i kabiną elektroakustyka. Ściana tylna na poziomie parteru zbudowana jest na planie okręgu i jest wklęsła od strony widowni. Sprzyja to występowaniu niekorzystnego efektu ogniskowania dźwięku odbitego w obszarze sceny.

W celu uzyskania parametrów projektowych zastosowano następujące rozwiązania:

- Na ścianie za widownią na parterze, od wysokości około 0,4 m do wysokości około 2,2 m ustroje akustyczne szczelinowe pochłaniające niskie częstotliwości, naprzemiennie układane z dyfuzorami Schroedera 1D. Dyfuzory oparte na residuum kwadratowym liczby 17, wykonane ze sztywnego i litego materiału silnie odbijającego dźwięk, np. sklejki liściastej o podwyższonej odporności ogniowej. Dyfuzory o głębokości 11cm ustawione pionowo, np. WALLTON lub równoważne. Ustroje szczelinowe strojone na częstotliwości około 125 Hz i 150 Hz, o całkowitej głębokości zewnętrznej około 11 cm, skonstruowane ze sklejki liściastej o podwyższonej odporności ogniowej lub płyty MDF o podwyższonej odporności ogniowej z warstwą wełny mineralnej o gęstości ≥ 80 kg/m^3 i grubości ok. 5 cm, pokrytej czarną fizeliną techniczną lub włókniną. Układ ten będzie pochłaniał dźwięki w zakresie niskich częstotliwości oraz rozpraszał dźwięki padające na tylną ścianę widowni. Pozwoli to zapobiegać odbiciom i ogniskowaniu dźwięku w obszarze sceny. Zmiana wymiarów ustrojów jest dopuszczalna po konsultacji z projektantami akustyki.
- Na ścianie antresoli nad widownią na dostępnej powierzchni zastosowanie lekkich dyfuzorów Schroedera ze sztywnego materiału EPS, np. Vicoustic Multifuser DC2 lub rozwiązanie równoważne. Ustroje te będą rozpraszać dźwięki padające na tylną ścianę widowni i w efekcie zapobiegać odbiciom w kierunku sceny.
- Boczne ściany ponad balkonem technicznym pokryte ustrojami akustycznymi szczelinowymi lub perforowanymi od wysokości 2 m ponad podłogę balkonu do maksymalnej dostępnej wysokości (od 2,6 m do 3,4 m ponad podłogę balkonu) – łączna powierzchnia ustroju po jednej stronie około 9 m^2, np. WALLTON lub równoważne. Ustroje strojone na częstotliwości około 60 Hz, 125 Hz i 150 Hz, o całkowitej głębokości zewnętrznej około 6 cm, skonstruowane ze sklejki liściastej o podwyższonej odporności ogniowej lub płyty MDF o podwyższonej odporności ogniowej z warstwą wełny mineralnej o gęstości ≥ 80 kg/m^3 i grubości min. 3 cm, pokrytej czarną fizeliną techniczną lub włókniną. Zmiana wymiarów jest dopuszczalna po konsultacji z projektantami akustyki.
- Istniejące wnęki ponad kaloryferami na parterze po obu stronach widowni wypełnione ustrojami akustycznymi szczelinowymi pochłaniającymi niskie częstotliwości, np. WALLTON lub równoważne. Ustroje szczelinowe o głębokości

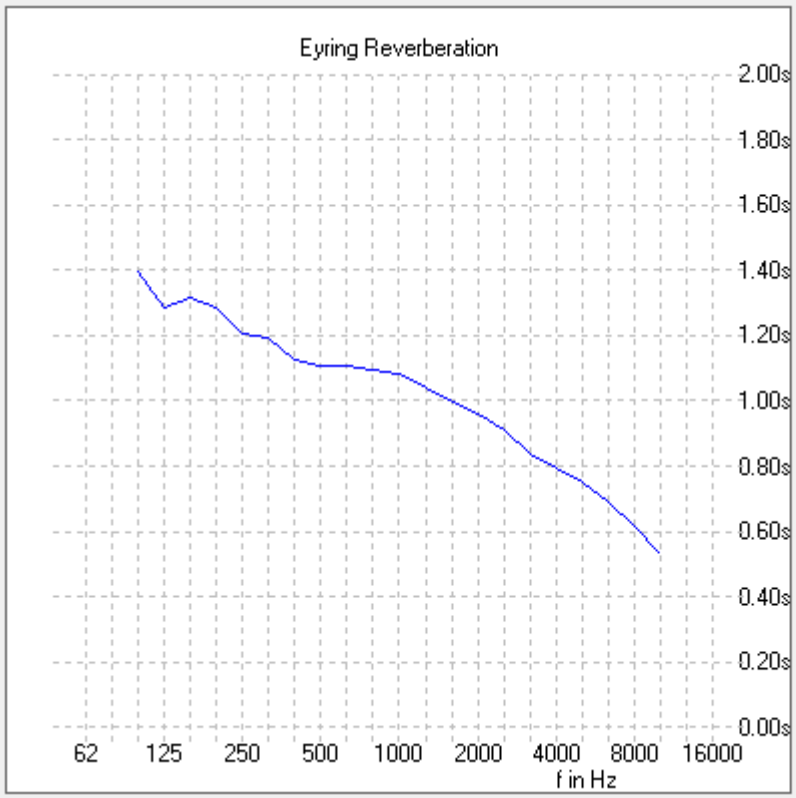
około 30 cm, strojone na częstotliwości około 60 Hz, 125 Hz i 150 Hz, skonstruowane ze sklejki liściastej o podwyższonej odporności ogniowej lub płyty MDF o podwyższonej odporności ogniowej, z warstwą wełny mineralnej o gęstości ≥ 80 kg/m^3 i grubości ok. 10 cm, pokrytej czarną fizeliną techniczną lub włókniną. Zmiana wymiarów jest dopuszczalna po konsultacji z projektantami akustyki.

- Górną powierzchnię okna scenicznego ustawioną pod kątem w stosunku do sceny należy pokryć dyfuzorami Schroedera 1D, np. WALLTON lub równoważne. Dyfuzory oparte na residuum kwadratowym, wykonane ze sztywnego i litego materiału silnie odbijającego dźwięk, malowanego na czarny mat, ustawione pionowo.
- Fotele widowni o średnim stopniu tapicerowania. Podłokietniki z drewna litego, bez tapicerki. Siedzisko tapicerowane, od spodu posiadające perforowany panel zagłębiony w siedzisko. W obrębie foteli widowni na podłodze wykładzina PVC.

Fotele stanowią element strojenia akustycznego Dużej Sceny i ich ostateczny wybór powinien nastąpić po wykonaniu pomiarów akustycznych wnętrza in situ w ostatnim etapie realizacji adaptacji akustycznej. Dopuszcza się wybór foteli bez wykonania pomiarów akustycznych, jednak w takim przypadku mogą nastąpić odstępstwa od przyjętych wartości projektowych parametrów akustycznych.

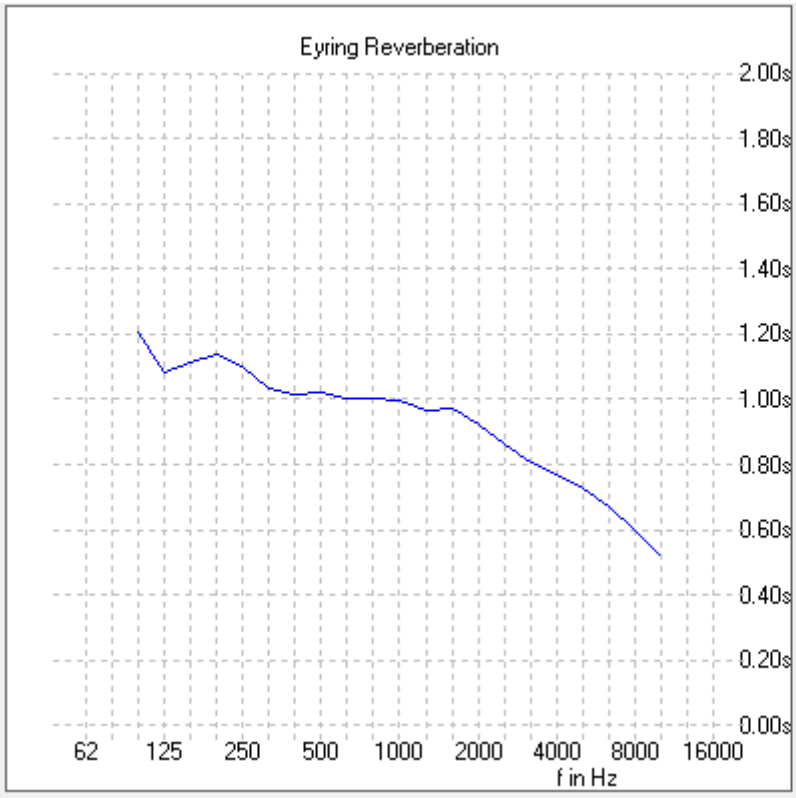
Dokładna lokalizację ustrojów akustycznych oraz ich przykłady pokazano na rysunkach w załącznikach na końcu opracowania.

W obliczeniach predykcyjnych w programie EASE 4.4, uwzględniano dwa warianty: widownia pusta i widownia wypełniona w 100%. Wyniki obliczeń przedstawiono graficznie na rys. 11 i 12.



Band	RTime [s]
100 Hz	1,4
125 Hz	1,29
160 Hz	1,32
200 Hz	1,29
250 Hz	1,21
315 Hz	1,2
400 Hz	1,13
500 Hz	1,11
630 Hz	1,11
800 Hz	1,1
1000 Hz	1,08
1250 Hz	1,04
1600 Hz	1
2000 Hz	0,96
2500 Hz	0,91
3150 Hz	0,84
4000 Hz	0,79
5000 Hz	0,75
6300 Hz	0,69
8000 Hz	0,62
10000 Hz	0,53

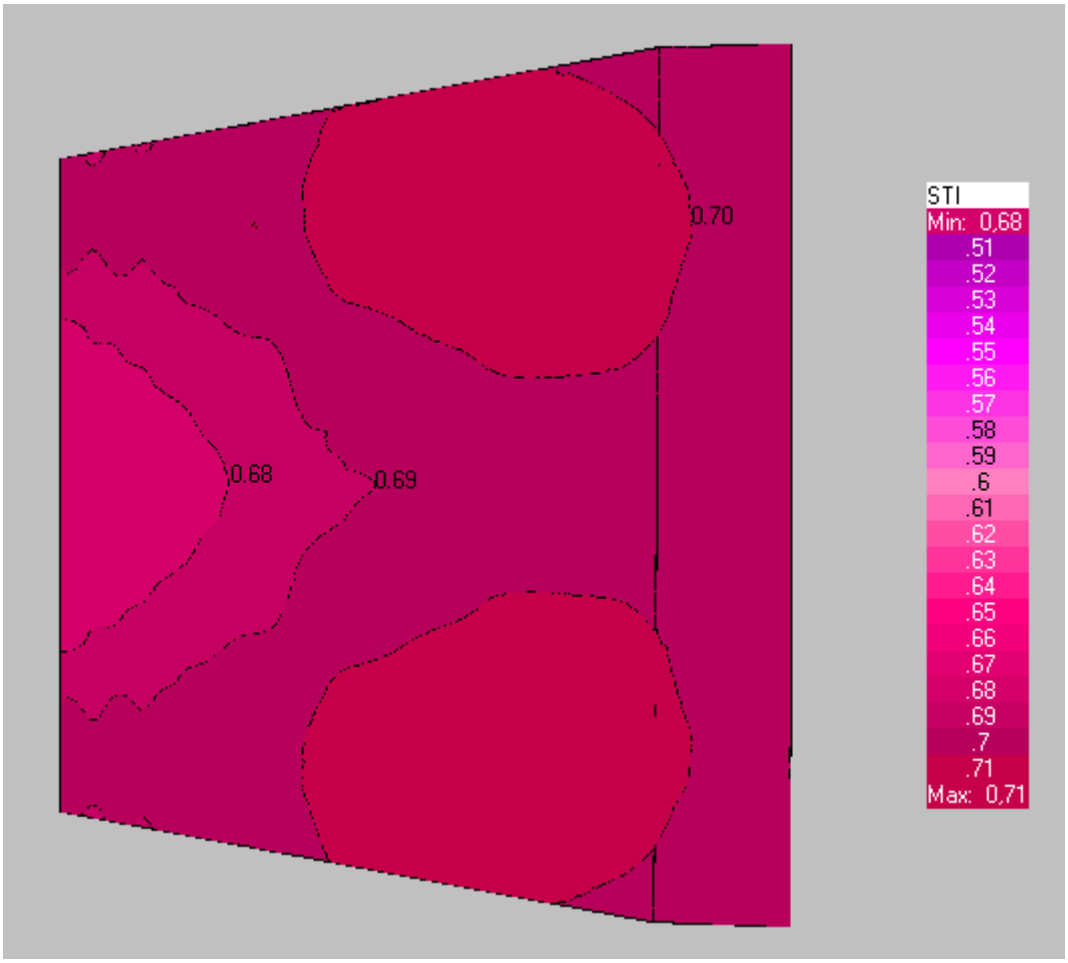
Rys. 11. Obliczony czas pogłosu na widowni Dużej Sceny przy pustej widowni.



Band	RTime [s]
100 Hz	1,21
125 Hz	1,08
160 Hz	1,11
200 Hz	1,14
250 Hz	1,1
315 Hz	1,03
400 Hz	1,02
500 Hz	1,02
630 Hz	1
800 Hz	1
1000 Hz	1
1250 Hz	0,97
1600 Hz	0,97
2000 Hz	0,92
2500 Hz	0,86
3150 Hz	0,81
4000 Hz	0,77
5000 Hz	0,72
6300 Hz	0,67
8000 Hz	0,6
10000 Hz	0,52

Rys. 12. Obliczony czas pogłosu na widowni Dużej Sceny przy pełnej widowni.

Na podstawie uzyskanych wyników symulacji przewiduje się, że wartości projektowe czasu pogłosu zostaną osiągnięte.



Rys. 13. Symulacja wskaźnika STI uzyskanego na widowni Dużej Sceny po wykonaniu modernizacji

Wytyczne do strojenia akustycznego widowni Dużej Sceny

Wartości wskaźników akustycznych w rzeczywistej realizacji mogą odbiegać od wyników otrzymanych w programie predykcyjnym EASE 4.4. W końcowym etapie odbioru należy wykonać pomiary akustyczne i dokonać ostatecznego strojenia akustycznego Dużej Sceny poprzez dobór foteli o odpowiednich właściwościach akustycznych.

7.2 Komin sceniczny Dużej Sceny

Założono następujące cele projektu akustyki wnętrza dla obszaru komina scenicznego Dużej Sceny:

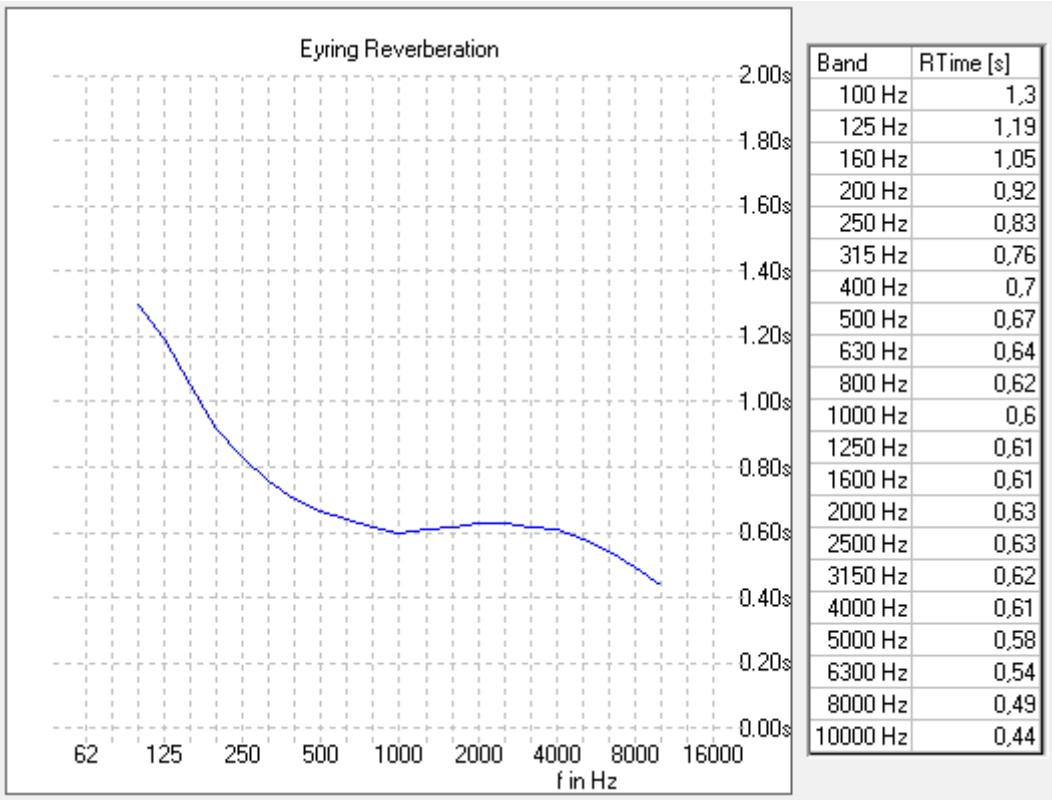
- skrócenie czasu pogłosu w zakresie średnich częstotliwości zgodnie z założeniami projektowymi;
- skrócenie czasu pogłosu w zakresie niskich częstotliwości wraz z korektą kształtu krzywej pogłosowej;
- ograniczenie niekorzystnych odbić dźwięku pomiędzy równoległymi powierzchniami przeciwległych kieszeni scenicznych i w oknie scenicznym.

W projekcie akustycznym zastosowano następujące rozwiązania:

- Pokrycie całości leżących naprzeciw siebie ścian bocznych kieszeni scenicznej lewej i prawej, oraz pokrycie ścian tylnych kieszeni lewej i prawej od wysokości 2,4 m do sufitu (do wysokości około 4,8 m) panelami z wełny szklanej o wysokiej gęstości, np. Ecophon Akusto Wall C Texona, mocowane za pomocą fabrycznych systemów zamocowań lub rozwiązanie równoważne.
- Sufit kieszeni tylnej pokryty w całości panelami z wełny drzewnej o grubości około 25 mm, np. Heradesign Superfine lub rozwiązanie równoważne. Pustka powietrzna za panelami wypełniona wełną mineralną o grubości ok. 50 mm i gęstości od 40-60 kg/m³. Całkowita wysokość konstrukcyjna minimum 85 mm.
- Sufit w obu bocznych kieszeniach scenicznych pokryty w całości panelami z wełny drzewnej o grubości około 25 mm, np. Heradesign Plano lub rozwiązanie równoważne. Pustka powietrzna za panelami wypełniona wełną mineralną o grubości ok. 30 mm i gęstości od 40-60 kg/m³. Całkowita wysokość konstrukcyjna minimum 55 mm.
- Zaleca się zastosowanie pochłaniających ustrojów rezonansowych ograniczających czas pogłosu w zakresie niskich częstotliwości. Ustroje należy zastosować w wariancie szczelinowym, strojone na odpowiednie częstotliwości. Ustroje te należy zastosować na tylnych ścianach kieszeni bocznych, na dostępnej powierzchni ściany od podłogi do wysokości ok. 2,40 m. Ustroje o głębokości około 5 cm, strojone na częstotliwości około 60 Hz, 100 i 120 Hz, skonstruowane ze sklejki

liściastej z warstwą wełny mineralnej o gęstości ≥ 80 kg/m³ i grubości ok. 3 cm, pokrytej czarną fizeliną techniczną lub włókniną.

Na rys. 15 przedstawiono czas pogłosu obliczony programie predykcyjnym EASE 4.4 w obszarze komina scenicznego Dużej Sceny BTL z zastosowaniem ustrojów niskoczęstotliwościowych.



Band	RTime [s]
100 Hz	1,3
125 Hz	1,19
160 Hz	1,05
200 Hz	0,92
250 Hz	0,83
315 Hz	0,76
400 Hz	0,7
500 Hz	0,67
630 Hz	0,64
800 Hz	0,62
1000 Hz	0,6
1250 Hz	0,61
1600 Hz	0,61
2000 Hz	0,63
2500 Hz	0,63
3150 Hz	0,62
4000 Hz	0,61
5000 Hz	0,58
6300 Hz	0,54
8000 Hz	0,49
10000 Hz	0,44

Rys. 15. Obliczona długość czasu pogłosu w obszarze komina scenicznego Dużej Sceny.

Na podstawie wyników przeprowadzonych symulacji przewiduje się, że w obszarze komina scenicznego zakładane wartości projektowe czasu pogłosu zostaną osiągnięte.

7.3 Foyer

W projekcie akustycznym Foyer zastosowano następujące rozwiązania:

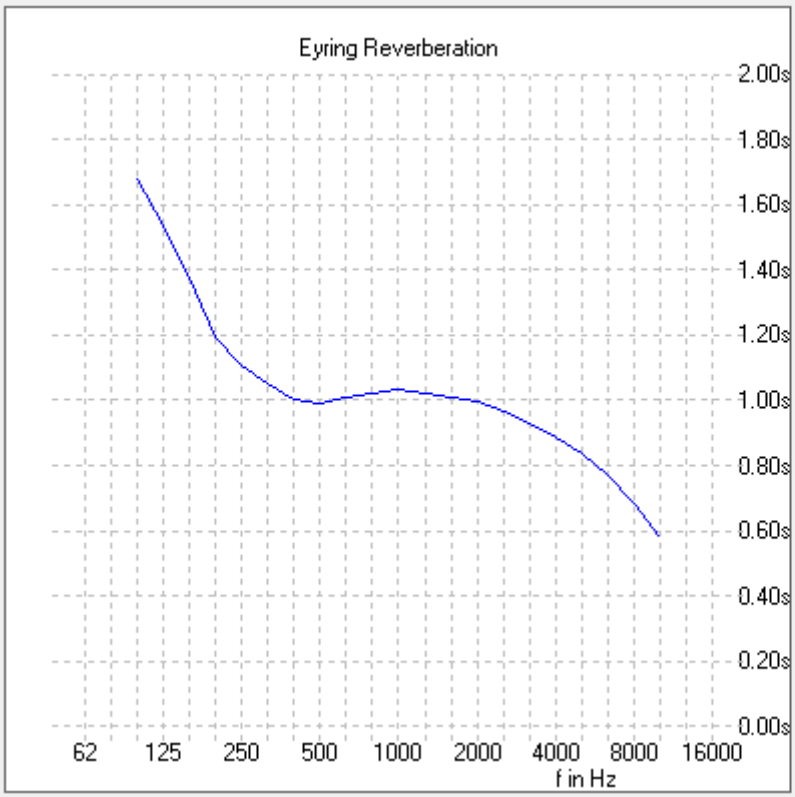
- Sufit podwieszany w centralnej części pomieszczenia pomiędzy dwoma żebrami stropowymi, za wyjątkiem obszaru, gdzie znajduje się platforma oświetleniowa (lub zlokalizowanie sufitu w kilku dostępnych miejscach pomieszczenia z zachowaniem równoważnej powierzchni ok. 42 m²). Sufit wykonany z paneli z wełny szklanej

o wysokiej gęstości, np. Ecophon Master A lub rozwiązanie równoważne. Całkowita wysokość konstrukcyjna 20 cm.

- Pokrycie 4 ścian o łącznej powierzchni ok. 34 m^2 (2 ściany w całości, a 2 od wysokości 2 m do ok. 3,7 m) panelami z wełny szklanej o wysokiej gęstości, np. Ecophon Akusto Wall C Texona, lub równoważnymi, mocowanych z użyciem fabrycznych systemów zamocowań.

Alternatywnie, w celu uniknięcia montażu paneli ściennych, możliwe jest zastosowanie sufitu akustycznego wykorzystując dostępną powierzchnię stropu. Warunkiem jest możliwość demontażu i/lub przemieszczenia oświetlenia. Sufit powinien być wykonany z paneli z wełny szklanej o wysokiej gęstości, np. Ecophon Master A lub rozwiązanie równoważne i pokrywać powierzchnię nie mniejszą niż suma powierzchni paneli ściennych i sufitowych proponowanych w rozwiązaniu powyżej, tj. nie mniej niż 76 m^2. Całkowita wysokość konstrukcyjna sufitu 20 cm.

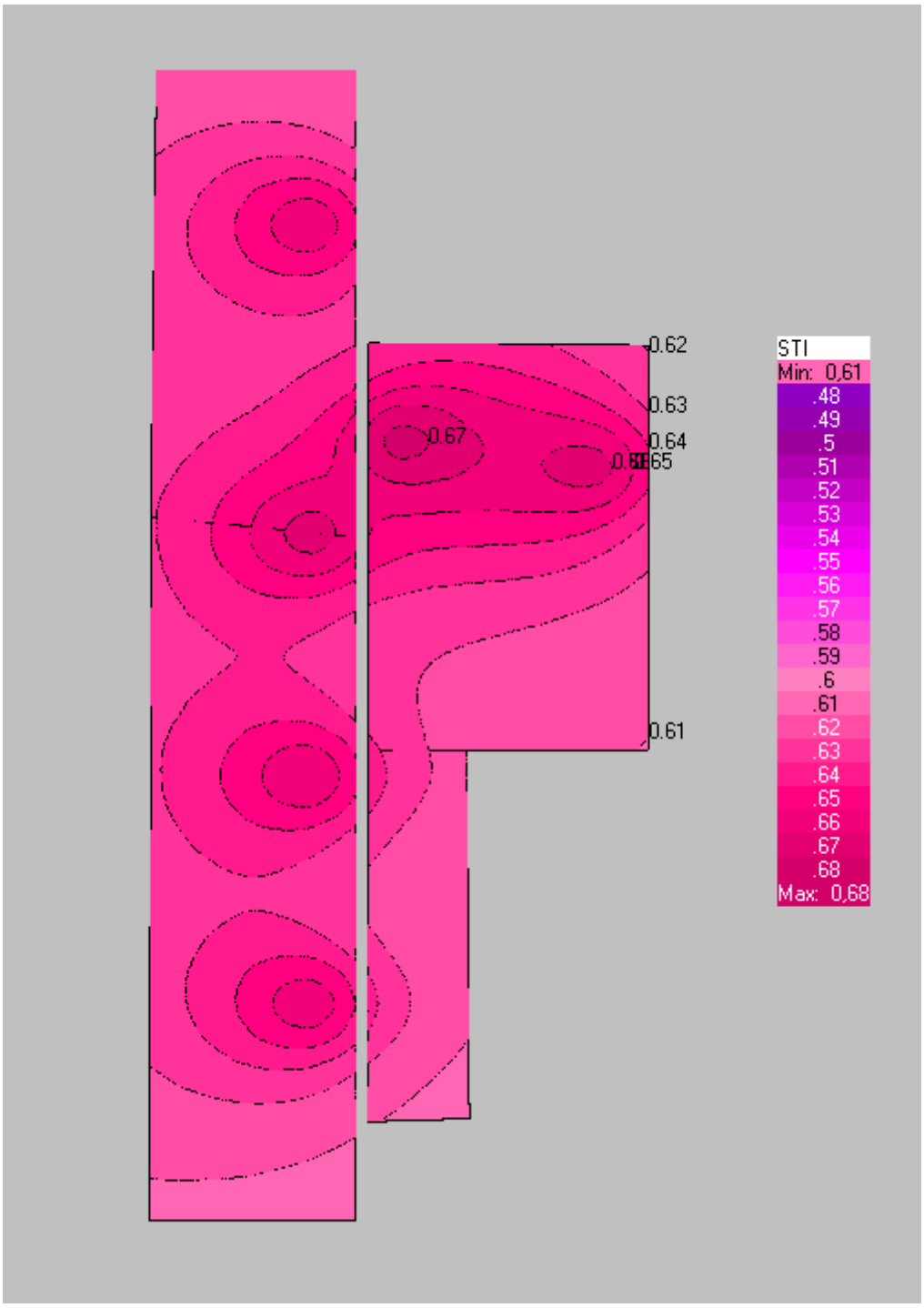
Na rys. 16 przedstawiono wynik obliczeń czasu pogłosu otrzymany w programie predykcyjnym EASE 4.4.



Band	RTime [s]
100 Hz	1,68
125 Hz	1,54
160 Hz	1,38
200 Hz	1,19
250 Hz	1,1
315 Hz	1,05
400 Hz	1
500 Hz	0,99
630 Hz	1,01
800 Hz	1,02
1000 Hz	1,03
1250 Hz	1,02
1600 Hz	1,01
2000 Hz	1
2500 Hz	0,97
3150 Hz	0,93
4000 Hz	0,89
5000 Hz	0,84
6300 Hz	0,77
8000 Hz	0,68
10000 Hz	0,58

Rys. 16. Obliczona długość czasu pogłosu w Foyer.

Na rysunku 17 pokazano symulację wskaźnika STI po wykonaniu modernizacji Foyer.



Rys. 17. Symulacja wskaźnika STI uzyskanego na Foyer po wykonaniu modernizacji.

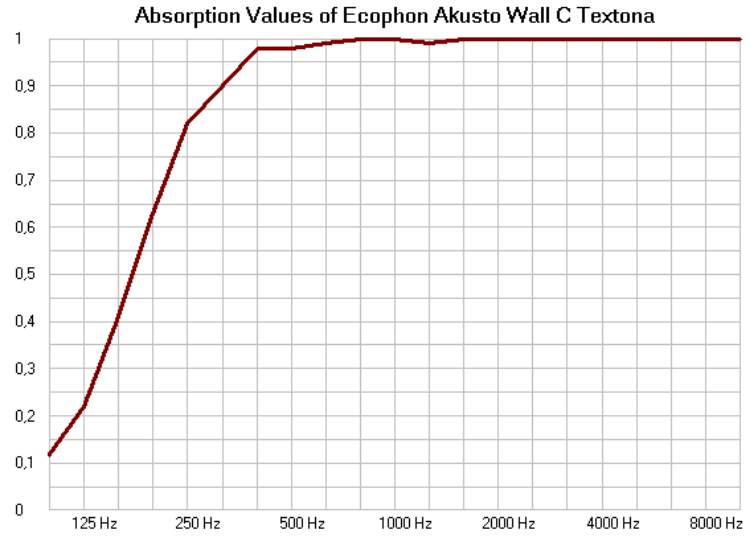
Na podstawie uzyskanych wyników symulacji akustycznych przewiduje się, że zakładane wartości projektowe czasu pogłosu i wskaźnika STI w obszarze Foyer zostaną osiągnięte.

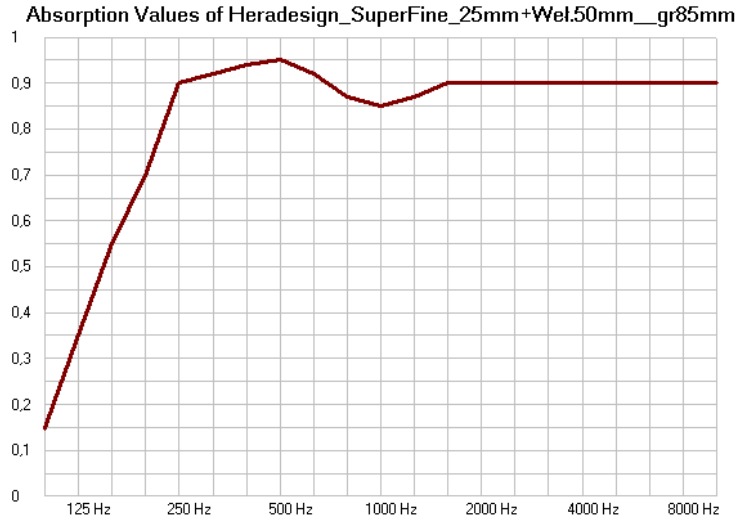
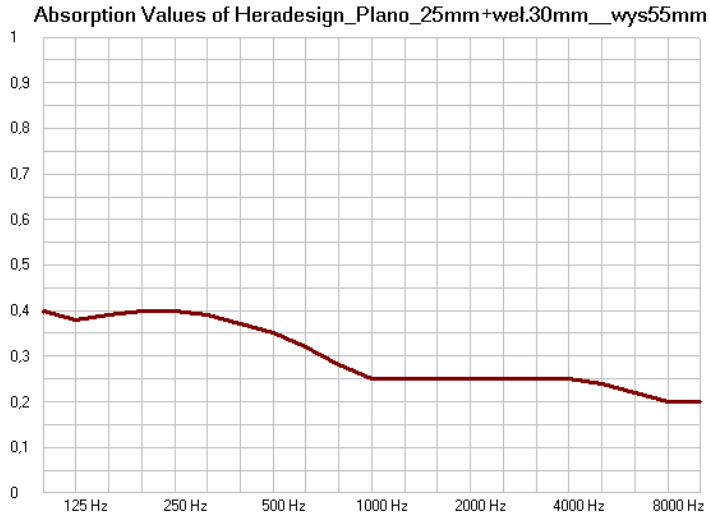
7.4 Zestawienie materiałów akustycznych

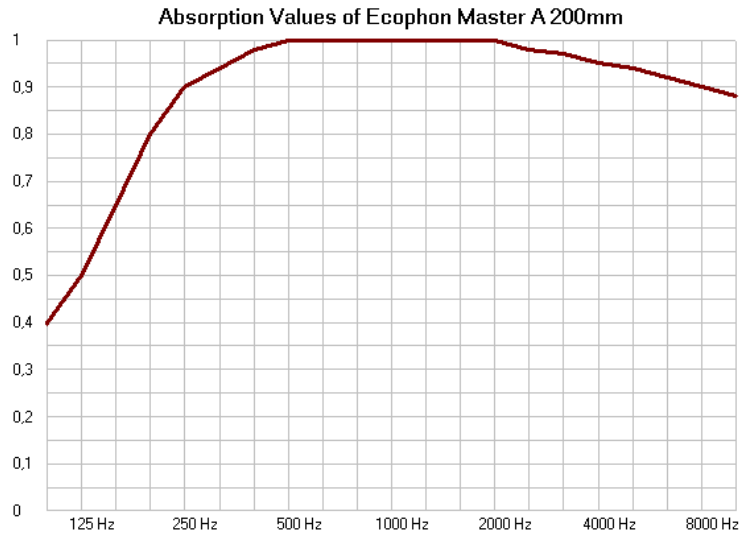
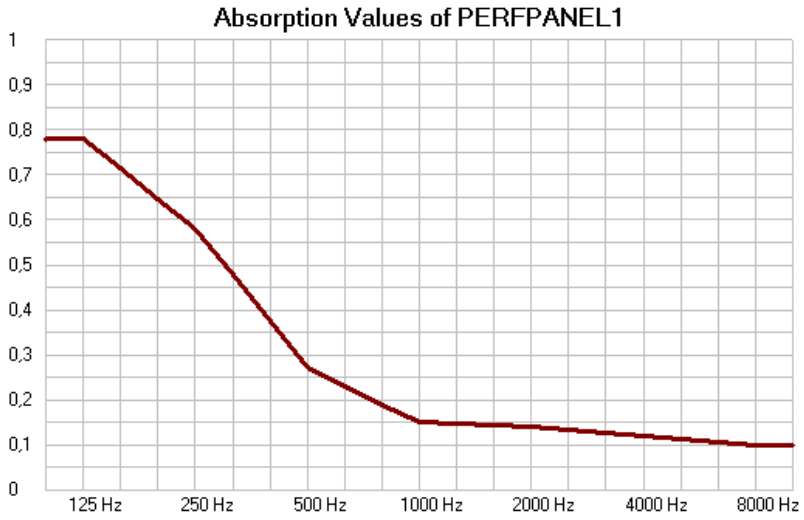
Zestawienie materiałów zastosowanych w projekcie akustyki wnętrz Dużej Sceny oraz Foyer, wraz z ich pogłosowymi współczynnikami pochłaniania dźwięku a_s przedstawiono w tabeli 12.

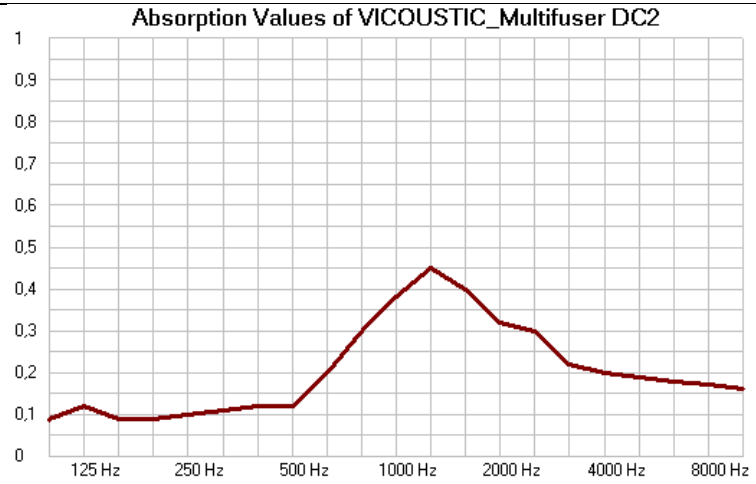
Lokalizację ustrojów i paneli akustycznych przedstawiono schematycznie w załącznikach 1-10. Lokalizację przedścianek pokazano na załącznikach 11 i 12.

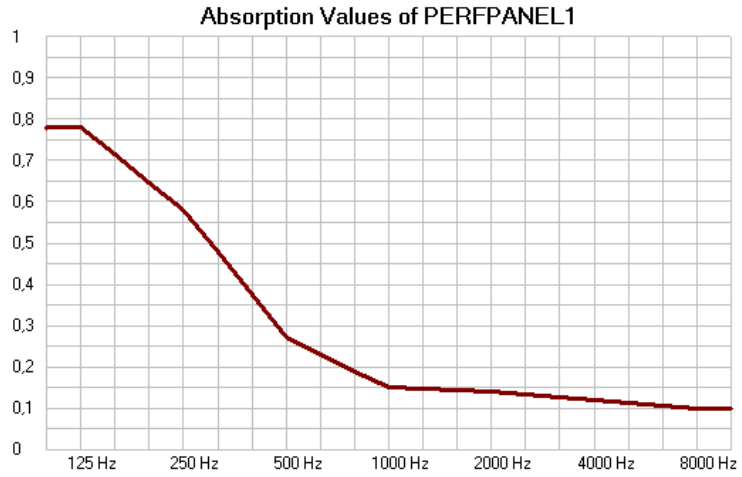
Tabela 12. Zestawienie wykorzystanych materiałów pochłaniających dźwięk.

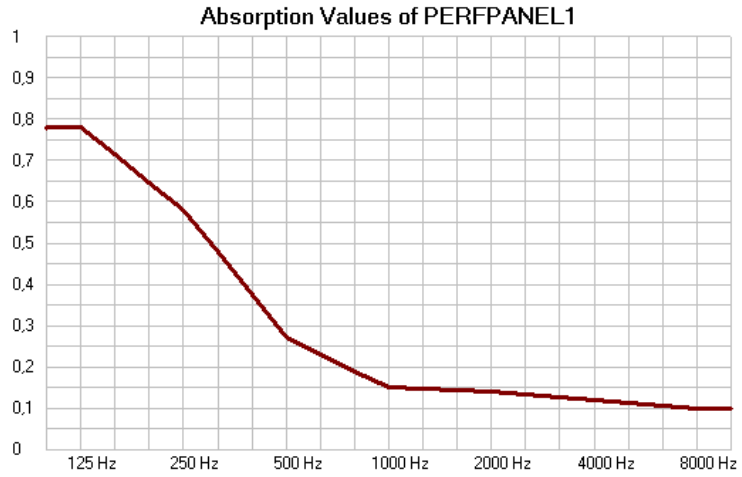
L.p.	Materiał	Lokalizacja	Powierzchnia	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku as
1	Ecophon Akusto Wall C Texona, mocowane na fabrycznych systemach lub rozwiązanie równoważne	Leżące naprzeciw siebie ściany boczne kieszeni scenicznej lewej i prawej, oraz pokrycie ścian tylnych kieszeni lewej i prawej	90 m^2	
		Ściany w obrębie Dużej Sceny: Ściana przy schodach i ściana na końcu długiej części korytarza (od wysokości 2 m do sufitu), ściana przy wejściu do toalety (w całości)	34 m^2	

L.p.	Materiał	Lokalizacja	Powierzchnia	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku as
2	Heradesign Superfine z ok. 50 mm wełny mineralnej (40-60 kg/m³). Całkowita wysokość konstrukcyjna min. 85 mm lub rozwiązanie równoważne	Sufit w kieszeni tylnej	32 m²	
3	Heradesign Plano z ok. 30 mm wełny mineralnej (40-60 kg/m³). Całkowita wysokość konstrukcyjna min. 55 mm lub rozwiązanie równoważne	Sufit w obu kieszeniach scenicznych bocznych	63 m²	

L.p.	Materiał	Lokalizacja	Powierzchnia	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku as
4	Ecophon Master A. Całkowita wysokość konstrukcyjna 20 cm lub rozwiązanie równoważne	Sufit w centralnej części pomieszczenia Foyer pomiędzy dwoma żebrami stropowymi za wyjątkiem obszaru platformy oświetleniowej	42 m^2	
5	Ustroje rezonansowe szczelinowe Wymiary: 60 cm x 180 cm. Grubość całkowita: ok. 11 cm. Ustroje skonstruowane ze sklejki liściastej o podwyższonej odporności ogniowej z warstwą wełny	Ściana za widownią na parterze	9 szt.	

L.p.	Materiał	Lokalizacja	Powierzchnia	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku as
	mineralnej o gęstości ≥ 80 kg/m³ i grubości ok. 5 cm, pokrytej czarną fizeliną techniczną lub włókniną.			
6	Lekkie dyfuzory 2 D ze sztywnego materiału EPS, o wymiarach 60cm x 60cm, np. Vicoustic Multifuser DC2 lub rozwiązanie równoważne	Ściana antresoli nad widownią	Na dostępnej powierzchni (około 15 m²)	

L.p.	Materiał	Lokalizacja	Powierzchnia	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku as
7	Ustroje rezonansowe perforowane (lub szczelinowe) Szerokość każdego ustroju: ok. 100 cm. Grubość całkowita ok. 6 cm. Ustroje skonstruowane ze sklejki liściastej o podwyższonej odporności ogniowej z warstwą wełny mineralnej o gęstości ≥ 80 kg/m^3 i grubości min. 3 cm, pokrytej czarną fizeliną techniczną lub włókniną.	Boczne ściany ponad balkonem technicznym od wysokości 2 m ponad podłogę balkonu do maksymalnej dostępnej wysokości (od 2,6 m do 3,4 m ponad podłogę balkonu)	Zestaw 9 szt. ustrojów po lewej i prawej stronie Sali. (łączna powierzchnia po każdej stronie - około 9 m^2)	

L.p.	Materiał	Lokalizacja	Powierzchnia	Pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku as
8	Ustroje rezonansowe szczelinowe Grubość całkowita ustroju – 30 cm. Ustroje skonstruowane ze sklejki liściastej o podwyższonej odporności ogniowej, z warstwą wełny mineralnej o gęstości ≥ 80 kg/m³ i grubości ok. 10 cm, pokrytej czarną fizeliną techniczną lub włókniną.	Wnęki ponad kaloryferami na parterze po obu stronach widowni	Po 3 szt. po lewej i prawej stronie sali	

8. Uwagi do projektu akustycznego.

- Konieczność zastosowania materiałów o przybliżonych wartościach pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku w niektórych zakresach częstotliwości może powodować, że rzeczywiste wartości parametrów takich jak czas pogłosu, wskaźnik STI i inne parametry mogą odbiegać od zakresu tolerancji wartości projektowych.
- W projekcie założono rozwiązanie referencyjne oparte na atestowanych elementach adaptacji akustycznej, instalowanych według zaleceń producenta. Odejście od przyjętych rozwiązań może prowadzić do uzyskania innych parametrów akustyki wnętrz niż wartości projektowe. W przypadku zastosowania innych rozwiązań od przyjętych, zaleca się nadzór autorski projektanta akustyki.
- Współczynnik pochłaniania jest podstawowym parametrem materiału lub ustroju akustycznego, którego wartości przyjmuje się do obliczeń parametrów akustyki wnętrz. Zastosowanie materiałów o innych wartościach współczynnika niż przyjęte w obliczeniach wpłynie na zmianę wypadkowej wartości czasu pogłosu. Wprowadzenie zmian w zastosowanych w projekcie materiałach, wymaga wykonania ponownych obliczeń i powtórnego opracowania projektu akustycznego.
- Widownia Dużej Sceny wymaga strojenia akustycznego, w trakcie którego dokonywane są precyzyjne ustawienia elementów systemu akustycznego oraz dobór optymalnych foteli widowni. Dlatego na tym etapie realizacji projektu akustyki wnętrz, zaleca się wykonanie kontrolnych pomiarów akustycznych czasu pogłosu RT60 zgodnie z PN-EN ISO 3382-1 – Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych – Część 1: Pomieszczenia specjalne.
- W celu weryfikacji projektowych wartości parametrów akustycznych wnętrz zaleca się przeprowadzić powykonawcze pomiary normatywne czasu pogłosu RT60 dla obszaru sceny i widowni Dużej Sceny wraz z jej obrębem. Pomiar czasu pogłosu należy wykonać zgodnie z PN-EN ISO 3382-1.
- Projekt akustyki wnętrz należy rozpatrywać całościowo ze wszystkimi jego częściami.

- Wszystkie zastosowane materiały powinny być instalowane zgodnie z obowiązującymi normami oraz spełniać wymagania ochrony ppoż. i przepisów BHP.

9. SPECYFIKACJA TECHNICZNA MATERIAŁÓW

Jeżeli niniejsza dokumentacja będzie służyć dalszemu zamówieniu publicznemu na wykonanie zaprojektowanej adaptacji akustycznej, to w poniższej tabeli podano minimalne wymagania w zakresie funkcjonalności oraz parametrów technicznych i jakościowych, jakim musi odpowiadać zaprojektowana adaptacja akustyczna we wnętrzach Białostockiego Teatru Lalek oraz jej poszczególne komponenty wraz z podaniem przykładowych materiałów spełniających te wymagania. Dotrzymanie wyspecyfikowanych parametrów funkcjonalnych poszczególnych materiałów z poniższej tabeli jest konieczne, aby uzyskać zakładany efekt funkcjonalny.

Dopuszcza się wykonanie zaprojektowanej adaptacji w oparciu o rozwiązania równoważne na zasadach określonych w Art. 36a ust. 5 oraz Art. 36a ust. 6 Ustawy Prawo Budowlane pod warunkiem, iż nie będzie ono skutkowało istotnym odstąpieniem od projektu budowlanego w rozumieniu Art. 36a ust. 1 Ustawy Prawo Budowlane.

Materiały równoważne muszą posiadać parametry funkcjonalne, techniczne i jakościowe nie gorsze niż podane w poniższej tabeli. Zgodnie z Art. 30 ust. 5 Ustawy Prawo Zamówień Publicznych w trakcie postępowania przetargowego Wykonawca jest zobowiązany wykazać, iż oferowane przez niego urządzenia spełniają minimalne wymagania określone przez projekt, zarówno pod względem parametrów funkcjonalnych, technicznych, jakościowych jak i ilościowych.

Wszystkie zmiany, modyfikacje w zakresie zaprojektowanych systemów muszą uzyskać pisemną akceptację autorów tego opracowania.

L.p.	Nazwa	Rodzaj materiału
		Duża Scena
1		**Widownia**
1.1	Fotele widowni o średnim stopniu tapicerowania. Podłokietniki z drewna litego, bez tapicerki. Siedzisko tapicerowane, od spodu posiadające perforowany panel zagłębiony w siedzisko	Klasa akustyczna: D Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku a_p (fotele puste, złożone): - 125Hz - 0,20 - 250Hz - 0,35 - 500Hz - 0,50 - 1kHz - 0,50 - 2kHz - 0,55 - 4kHz - 0,55 Uwaga! Dopuszcza się 20% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktawowych.
2		**Podłoga w obrębie foteli widowni**
2.1	Wykładzina podłogowa PVC o grubości ok. 3 – 3,5 mm	Wzrost tłumienia dźwięków uderzeniowych ΔLw od 17dB. Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku a_p: - 125Hz - 0,02 - 250Hz - 0,02 - 500Hz - 0,03 - 1kHz - 0,04 - 2kHz - 0,04 - 4kHz - 0,05 Uwaga! Dopuszcza się 10% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktawowych. Klasyfikacja reakcji na ogień zgodnie z PN-EN 13501-1 nie gorsza niż: Bfl-s1.

L.p.	Nazwa	Rodzaj materiału
3		**Tylna i boczne ściany widowni**
3.1	Dyfuzor Schroedera 1D Tylna ściana widowni	Dyfuzory Schroedera 1D oparte o residuum kwadratowe liczby 17 o rozmiarach nie mniejszych niż 600 mm x 1800 mm x 110 mm (dopuszcza się układ np. 2 szt. dyfuzorów 600 mm x 900 mm), wykonane ze sklejki niepalnej lub z innego materiału silnie odbijającego dźwięk i paśmie rozpraszania nie węższym niż: od ok. 750-800 Hz do ok. 6000-6500Hz.
3.2	Niskoczęstotliwościowy ustrój pochłaniający Tylna ściana widowni	Ustroje szczelinowe strojone na częstotliwość 125 Hz i 150 Hz o wymiarach 600 mm x 1800 mm x 110 mm. Ustroje wykonane ze sklejki niepalnej z warstwą 5 cm wełny mineralnej o gęstości 80 kg/m3, zabezpieczonej fizeliną techniczną lub włókniną. 1. Ustroje strojone na ok. 125 Hz – 5 szt. Grubość listew przednich: 20 mm Szerokość szczelin: 1 mm Liczba szczelin: 5 2. Ustroje strojone na ok. 150 Hz – 4 szt. Grubość listew przednich: 20 mm Szerokość szczeliny: 1 mm Liczba szczelin: 6
3.3	Niskoczęstotliwościowy ustrój pochłaniający Boczne ściany widowni	Ustroje szczelinowe strojone na częstotliwość 60 Hz, 125 Hz i 150 Hz o głębokości 300 mm. Ustroje wykonane ze sklejki niepalnej z warstwą 5 cm wełny mineralnej o gęstości 80 kg/m3, zabezpieczonej fizeliną techniczną lub włókniną. Ustrój nr 1 – strojony na 60 Hz Wymiary: 73 cm x 90 cm Grubość listew przednich: 20 mm Szerokość szczeliny: 1 mm Liczba szczelin: 5 Ustrój nr 2 – strojony na 125 Hz Wymiary: 75 cm x 90 cm Grubość listew przednich: 10 mm Szerokość szczeliny: 2 mm Liczba szczelin: 5

		Ustrój nr 3 – strojony na 150 Hz Wymiary: 76 cm x 90 cm. Grubość listew przednich: 10 mm Szerokość szczeliny: 2 mm Liczba szczelin: 8
4		**Boczne ściany nad balkonami technicznymi i ściana antresoli**
4.1	Niskoczęstotliwościowy ustrój pochłaniający Boczne ściany nad balkonami technicznymi	Ustroje perforowane strojone na częstotliwość 60 Hz, 125 Hz i 150 Hz o szerokości 1000 mm i głębokości 60 mm. Ustroje wykonane ze sklejki niepalnej z warstwą 3 cm wełny mineralnej o gęstości 80 kg/m3, zabezpieczonej czarną fizeliną techniczną lub włókniną. Kolor czarny mat. Ustrój nr 1 – strojony na 60 Hz Wymiary: około 1000 mm x 950 mm Średnica otworów: 5 mm Grubość płyty przedniej: 0,5 cm Liczba otworów: 25 Ustrój nr 2 – strojony na 60 Hz Wymiary: około 1000 mm x 1000 mm Średnica otworów: 5 mm Grubość płyty przedniej: 5 mm Liczba otworów: 28 Ustrój nr 3 – strojony na 150 Hz Wymiary: 1000 mm x 1100 mm Średnica otworów: 1,5 mm Grubość płyty przedniej: 5 mm Liczba otworów: 36 Ustrój nr 4 – strojony na 60 Hz Wymiary: około 1000 mm x 1200 mm Średnica otworów: 5 mm Grubość płyty przedniej: 5 mm Liczba otworów: 32 Ustrój nr 5 – strojony na 125 Hz Wymiary: około 1000 mm x 1300 mm

		Średnica otworów: 12 mm Grubość płyty przedniej: 5 mm Liczba otworów: 40 Ustrój nr 6 – strojony na 125 Hz Wymiary: około 1000 mm x 1380 mm Średnica otworów: 12 mm Grubość płyty przedniej: 5 mm Liczba otworów: 45 Ustrój nr 7 – strojony na 60 Hz Wymiary: około 1000 mm x 1480 mm Średnica otworów: 5 mm Grubość płyty przedniej: 5 mm Liczba otworów: 38 Ustrój nr 8 – strojony na 125 Hz Wymiary: około 100 mm x 156 mm Średnica otworów: 12 mm Grubość płyty przedniej: 5 mm Liczba otworów: 48 Ustrój nr 9 – strojony na 60 Hz Wymiary: około 1000 mm x 1650 mm Średnica otworów: 5 mm Grubość płyty przedniej: 5 mm Liczba otworów: 45
4.2	Ściana antresoli nad widownią	Dyfuzory Schroedera 2 D ze sztywnego materiału EPS, o wymiarach 600 mm x 600 mm, np. Vicoustic Multifuser DC2 lub rozwiązanie równoważne. Powierzchnia pokrycia ok. 15 m^2.
5		**Komin sceniczny**
5.1	Panele ścienne pochłaniające np. Ecophon Akusto Wall C Texona, mocowane na fabrycznych systemach	Klasa akustyczna: A Wskaźnik pochłaniania dźwięku: a_w = 1 Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku a_p dla wysokości konstrukcji 43 mm: - 125Hz – 0,20 - 250Hz – 0,75

	lub rozwiązanie równoważne Ściany kieszeni scenicznych lewej i prawej	- 500Hz – 1,0 - 1kHz – 1,0 - 2kHz – 1,0 - 4kHz – 1,0 Uwaga! Dopuszcza się 10% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktawowych. Klasyfikacja reakcji na ogień , zgodnie z PN-EN 13501-1 nie gorsza niż: A2
5.2	Płyta akustyczna z wełny drzewnej, np. Heradesign Plano 25 mm z warstwą 30 mm wełny mineralnej o gęstości 40-60 kg m3, wysokość konstrukcyjna min. 55 mm lub rozwiązanie równoważne Sufit bocznych kieszeni scenicznych	Klasa akustyczna: E Wskaźnik pochłaniania dźwięku: a_w = 0,30 (L) Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku a_p dla wysokości konstrukcji 55 mm: - 125Hz – 0,40 - 250Hz – 0,40 - 500Hz – 0,35 - 1kHz – 0,25 - 2kHz – 0,25 - 4kHz – 0,25 Uwaga! Dopuszcza się 10% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktawowych. Klasyfikacja reakcji na ogień , zgodnie z PN-EN 13501-1 nie gorsza niż: B-s1
5.3	Płyta akustyczna z wełny drzewnej, np. Heradesign Superfine 35 mm z warstwą 50 mm wełny mineralnej o gęstości 40-60 kg m3, wysokość konstrukcyjna min. 85 mm lub rozwiązanie równoważne Sufit bocznych kieszeni scenicznych	Klasa akustyczna: A Wskaźnik pochłaniania dźwięku: a_w = 0,9 Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku a_p dla wysokości konstrukcji 85 mm: - 125Hz – 0,35 - 250Hz – 0,90 - 500Hz – 0,95 - 1kHz – 0,85 - 2kHz – 0,90 - 4kHz – 0,90 Uwaga! Dopuszcza się 10% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktawowych. Klasyfikacja reakcji na ogień , zgodnie z PN-EN 13501-1 nie gorsza niż: B-s1
6		Foyer

6.1	Panele akustyczne z wełny szklanej, wysokość konstrukcyjna 200 mm, montowane na fabrycznej konstrukcji, np. Ecophon Master A lub rozwiązanie równoważne Sufit	Klasa akustyczna: A Wskaźnik pochłaniania dźwięku: a_w = 1 Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku a_p dla wysokości konstrukcji 200 mm: - 125Hz – 0,60 - 250Hz – 0,95 - 500Hz – 1 - 1kHz – 1 - 2kHz – 1 - 4kHz – 1 Uwaga! Dopuszcza się 10% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktawowych. Klasyfikacja reakcji na ogień , zgodnie z PN-EN 13501-1 nie gorsza niż: A2
6.2	Panele ścienne pochłaniające np. Ecophon Akusto Wall C Texona, mocowane na fabrycznych systemach lub rozwiązanie równoważne Ściany	Klasa akustyczna: A Wskaźnik pochłaniania dźwięku: a_w = 1 Praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku a_p dla wysokości konstrukcji 43 mm: - 125Hz – 0,20 - 250Hz – 0,75 - 500Hz – 1,0 - 1kHz – 1,0 - 2kHz – 1,0 - 4kHz – 1,0 Uwaga! Dopuszcza się 10% tolerancję współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktawowych. Klasyfikacja reakcji na ogień , zgodnie z PN-EN 13501-1 nie gorsza niż: A2

10. Załączniki