



THEATERBAU Sp. z o.o.
03-511 Warszawa, ul. Pratuńska 10/57
Tel.: (22) 857 03 02 ; 602-417-100 ; office@theaterbau.pl
NIP 524 275 56 38

OBIEKT: NARODOWA GALERIA SZTUKI - ZACHĘTA
ADRES: Pl. Małachowskiego 3, 00-916 Warszawa

INWESTOR: NARODOWA GALERIA SZTUKI - ZACHĘTA
ADRES: Pl. Małachowskiego 3, 00-916 Warszawa

PROJEKTANT: THEATERBAU Sp. z o.o.
ADRES: Ul. Pratuńska 10 lok. 57, 03-511 Warszawa

PROJEKT WYKONAWCZY

***Modernizacja sali wielofunkcyjnej o pow. 173 m² znajdującej się w
Zachęcie - Narodowej Galerii Sztuki w Warszawie (00-916)
przy pl. Małachowskiego 3, dz. ew. 6/1; 6/2 obr. 50307 Warszawa
Śródmieście***

Kategoria Obiektu Budowlanego: IX

PROJEKT ARANŻACJI AKUSTYCZNEJ

podpis

PROJEKTANT

mgr inż. Joachim Migda

.....

GRUDZIEŃ 2017

Spis treści

1. Wstęp	3
1.1 Przedmiot opracowania	3
1.2 Podstawa opracowania	3
1.3 Zakres opracowania.....	4
2. Wymagania akustyczne	4
2.1 Wymagane parametry akustyki wewnątrz	4
2.2 Dopuszczalny poziom tła akustycznego	4
2.3 Izolacyjność akustyczna przegród i elementów przegród budowlanych	5
3. Projekt akustyki	5
3.1 Charakterystyka pomieszczenia	5
3.2 Aranżacja akustyczna.....	6
4. Podsumowanie	12

1. Wstęp

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest sala multimedialna w budynku Narodowej Galerii Sztuki „Zachęta” przy ul. Małachowskiego 3 w Warszawie. Sala ta przede wszystkim będzie pełniła funkcję sali kinowej. Niemniej jednak często będą się w niej odbywały także prezentacje, warsztaty, a nawet bankiety. Zatem ze względu na jej wielofunkcyjność, należy odpowiednio dobrać wymagania akustyczne tak by zapewniały one komfort akustyczny odbiorcom w każdej sytuacji.

1.2 Podstawa opracowania

- *Zlecenie wykonania otrzymane od firmy Theaterbau Sp. z o.o.*
- *Podkłady architektoniczne otrzymane od Zleceniodawcy.*
- *Everest F. Alton, „Podręcznik Akustyki”, Wydawnictwo Sonia Draga, Warszawa 2009.*
- *Kulowski A., „Akustyka Sal”, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011.*
- *Sadowski J., „Akustyka Architektoniczna”, PWN, Warszawa 1976.*
- *Sadowski J., „Akustyka w Urbanistyce, Architekturze i Budownictwie”, Warszawa 1971.*
- *PN-87-B-02151/02: Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.*
- *PN-B-02151-03: Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach – Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.*
- *PN-EN ISO 3382-1:2009: Akustyka. Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń. Część 1: Pomieszczenia specjalne*
- *PN-EN12354-1:2002: Akustyka budowlana. Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami.*
- *PN-EN 12354-2: Akustyka budowlana. Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 2 – Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami*
- *PN-EN12354-6:2005: Akustyka budowlana. Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Pochłanianie dźwięku w pomieszczeniach.*
- *Long M., „Architectural Acoustics”, Elsevier Inc., Londyn 2006.*
- *Ahnert W., Schmidt W., „Acoustics In Cultural Buildings”, Institut fur Kulturbauten, Berlin 1980.*
- *Katalogi zastosowanych materiałów.*

1.3 Zakres opracowania

- Określenie wymagań akustycznych dotyczące projektowanego pomieszczenia.
- Projekt aranżacji akustycznej – dobór i rozmieszczenie materiałów dźwiękochłonnych oraz określenie ich ilości.
- Obliczenia czasu pogłosu, wskaźników zrozumiałości, wyrazistości i przejrzystości mowy.

2. Wymagania akustyczne

2.1 Wymagane parametry akustyki wewnątrz

- Czas pogłosu ok. 0,7 sekundy dla częstotliwości 125 Hz oraz ok. 0,5 sekundy dla pozostałego zakresu 250 – 4000 Hz.
- Bardzo dobra zrozumiałość mowy, wskaźnik STI > 0,75.
- Bardzo dobra wyrazistość mowy, wskaźnik $D_{50} > 70\%$.
- Bardzo dobra przejrzystość mowy, wskaźnik $C_{50} > 6$ dB.

2.2 Dopuszczalny poziom tła akustycznego

Dla pomieszczeń takich jak sale multimedialne, dopuszczalny poziom tła akustycznego określa się za pomocą tzw. krzywych hałasowych NR. Zalecany poziom tła dla sali multimedialnej w Narodowej Galerii Sztuki „Zachęta” w Warszawie nie powinien przekroczyć wartości określonych krzywą NR25 co odpowiada równoważnemu poziomowi dźwięku A tła akustycznego $L_{A\text{ eq}} = 35$ dB. Wartości krzywej NR25 przedstawiono poniżej w tabeli – Tab.1.

f [Hz]	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	$L_{A\text{ eq}}$
NR25 [dB]	72,4	55,2	43,7	35,2	29,3	25,0	21,9	19,5	17,7	35

Tab.1 Wartości krzywej hałasowej NR25.

2.3 Izolacyjność akustyczna przegród i elementów przegród budowlanych

Zgodnie z punktem 2.2 niniejszego opracowania projektowaną salę multimedialną należy chronić przed hałasem zewnętrznym i wewnętrznym tak by dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A tła akustycznego panujący w ich wnętrzu nie przekraczał 35 dB. W tym celu przegrody budowlane i ich elementy powinny spełniać minimalne wymagania co do izolacyjności akustycznej. Jest ona wyrażona poprzez wskaźnik ważony przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_w – dla dźwięków powietrznych oraz wskaźnik ważony przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$ – dla dźwięków uderzeniowych, ich wartości dla projektowanych pomieszczeń to:

- Ściany sali multimedialnej – $R'_w \geq 56$ dB
- Strop sali multimedialnej – $R'_w \geq 56$ dB, $L'_{n,w} \leq 57$ dB
- Drzwi wejściowe – $R'_w \geq 42$ dB

3. Projekt akustyki

3.1 Charakterystyka pomieszczenia

Sala multimedialna w budynku Narodowej Galerii Sztuki „Zachęta” w Warszawie ma kształt prostopadłościenny. Na czas projekcji filmowych rozkładana będzie trybuna z fotelami tapicerowanymi, która stanowić będzie widownię. Na sali zamontowane będą trzy pary drzwi. Sala będzie liczyła 63 miejsca siedzące.

Wymiary:

długość – 15,8m

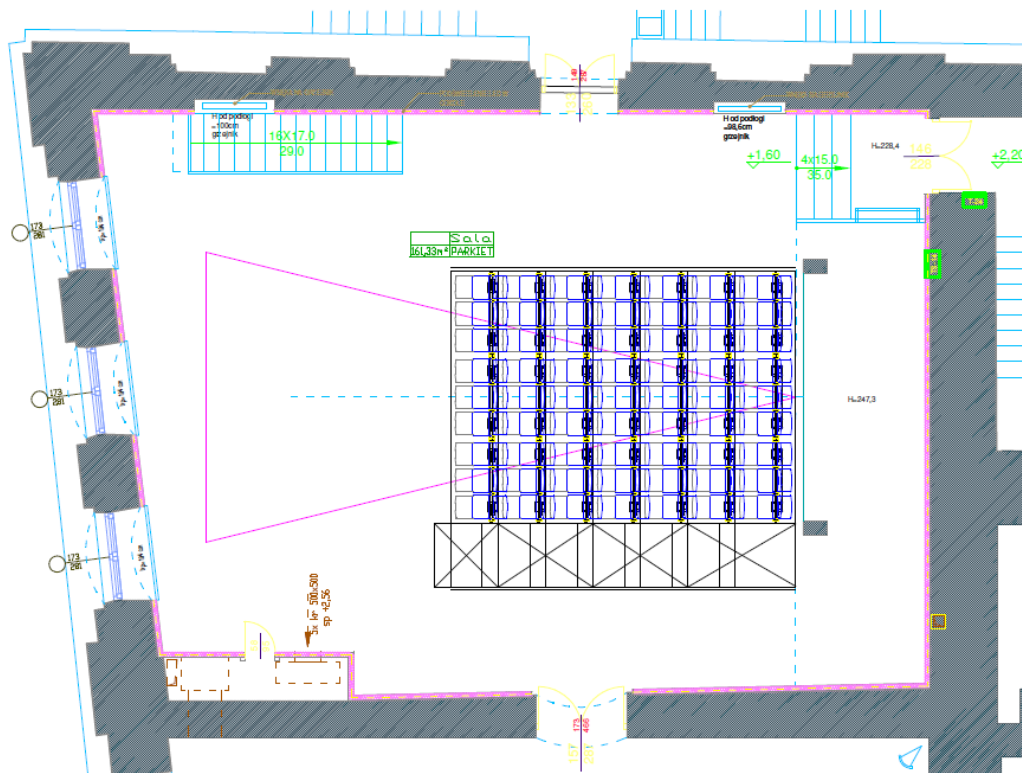
szerokość – 11m

wysokość (zakres) – 2,5 ÷ 5,7m

Kubatura: $V = 822,6 \text{ m}^3$

Suma Powierzchni Aktywnych Akustycznie: $S = 593,6 \text{ m}^2$

Rzut pomieszczenia widoczny jest na rysunku – Rys.1



Rys.1. Rzut pomieszczenia.

3.2 Aranżacja akustyczna

➤ Sufit

Sufit nad widownią i pod projektorownią stanowią będą płyty perforowane płyty gipsowe o grubości 12,5 mm i stopniu perforacji 13,9% (średnica otworu – 12mm) z wełną mineralną o grubości 60 mm i $\alpha_w = 0,9$. Wysokość podwieszenia płyt perforowanych – 100 mm. Dookoła widowni sufit stanowią będą płyty gipsowe gładkie (bez perforacji) o grubości 12,5 mm bez wełny mineralnej. Wysokość podwieszenia płyt gładkich – 100mm.

➤ Podłoga

Podłoga pokryta będzie parkietem drewnianym. Widownia składać się będzie z foteli w pełni tapicerowanych. Do obliczeń jako referencyjne przyjęto współczynniki pochłaniania dźwięku foteli tapicerowanych przy wypełnieniu widowni 50%. Na widowni przewidziano 63 fotele.

➤ Ściana tylna

3m² – drzwi drewniane (1 szt.)

39,8m² – ustrój akustyczny tkaninowy: tkanina transparentna akustycznie + płyty z wełny mineralnej akustycznej o grubości 50mm i $\alpha_w = 1,00$

14,9m² – panele MDF nacinane 28/4, za panelami przestrzeń wypełniona wełną mineralną akustyczną o grubości 50mm i $\alpha_w = 0,9$

2,2m² – okna

➤ Ściana przednia

26,7m² – ustrój akustyczny tkaninowy: tkanina transparentna akustycznie + płyty z wełny mineralnej akustycznej o grubości 50mm i $\alpha_w = 1,00$

16,8m² – panele MDF nacinane 28/4, za panelami przestrzeń wypełniona wełną mineralną akustyczną o grubości 50mm i $\alpha_w = 0,9$

16,6m² – okna

➤ Ściana lewa

25m² – ustrój akustyczny tkaninowy: tkanina transparentna akustycznie + płyty z wełny mineralnej akustycznej o grubości 50mm i $\alpha_w = 1,00$

20,3m² – ustrój akustyczny tkaninowy z płytą GK: tkanina transparentna akustycznie + płyta GK 12,5 mm + płyty z wełny mineralnej akustycznej o grubości 50mm i $\alpha_w = 1,00$

1,8m² – kratki wentylacyjne

20,9m² – panele MDF nacinane 28/4, za panelami przestrzeń wypełniona wełną mineralną akustyczną o grubości 50mm i $\alpha_w = 0,9$

8,8m² – drzwi drewniane (1 szt.)

➤ Ściana prawa

28,5m² – ustrój akustyczny tkaninowy: tkanina transparentna akustycznie + płyty z wełny mineralnej akustycznej o grubości 50mm i $\alpha_w = 1,00$

24m² – ustrój akustyczny tkaninowy z płytą GK: tkanina transparentna akustycznie + płyta GK 12,5 mm + płyty z wełny mineralnej akustycznej o grubości 50mm i $\alpha_w = 1,00$

22,7m² – panele MDF nacinane 28/4, za panelami przestrzeń wypełniona wełną mineralną akustyczną o grubości 50mm i $\alpha_w = 0,9$

8,8m² – drzwi drewniane (1 szt.)

Dokładne rozmieszczenie ustrojów akustycznych na ścianach jest widoczne na rysunkach architektonicznych ścian.

Zestawienie współczynników pochłaniania dźwięku dla zastosowanych w aranżacji akustycznej materiałów znajduje się w tabeli – Tab.2.

Materiał	S [m ²]	Współczynnik pochłaniania dźwięku α					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Ustrój akustyczny tkaninowy	120	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00
Ustrój akustyczny tkaninowy z płytą GK	44,3	0,30	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05
Panele MDF nacinane 28/4 z wełną mineralną o grubości 50mm i $\alpha_w = 0,9$	75,3	0,25	0,11	0,08	0,06	0,06	0,05

Parkiet	129,5	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08
Fotele tapicerowane, 50% zapętnienia widowni	31,8	0,30	0,50	0,65	0,65	0,65	0,58
Drzwi drewniane	20,6	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08
Sufit podwieszany z perforowanych płyt gipsowych, stopień perforacji 13,9% z wełną mineralną o grubości 60mm i $\alpha_w = 0,9$	98	0,70	0,85	0,70	0,65	0,50	0,50
Sufit podwieszany z gładkich płyt gipsowych	53,5	0,30	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05

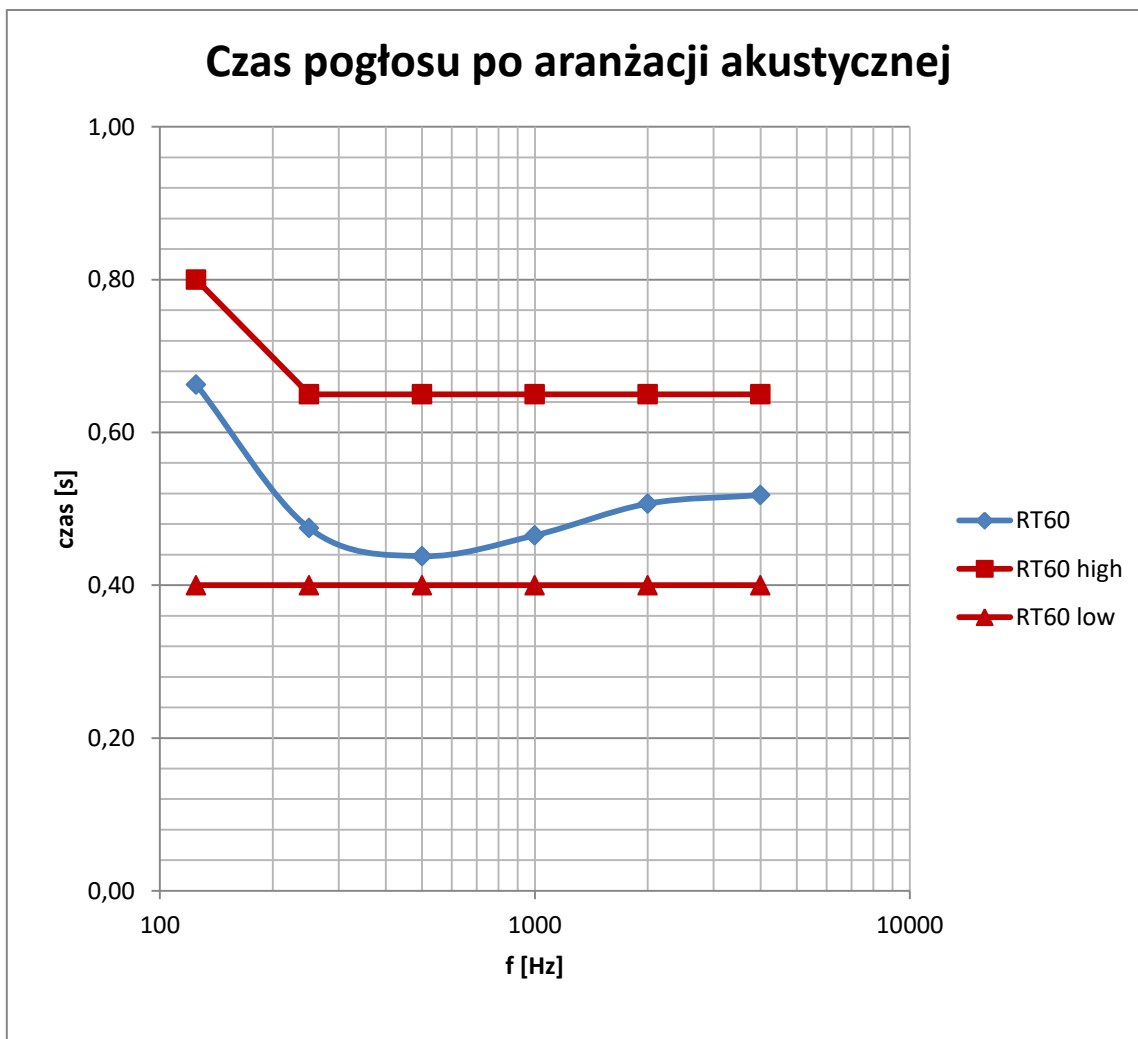
Okna - szkło	18,8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Kratka wentylacyjna	1,8	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Suma powierzchni	1292,2						

Tab.2. Zestawienie współczynników pochłaniania dźwięku materiałów zastosowanych w aranżacji akustycznej.

Wyniki projektu aranżacji akustycznej znajdują się w tabeli – Tab.3 – wartości parametrów akustycznych oraz na wykresie – Wyk.1 – przebieg czasu pogłosu w funkcji częstotliwości.

Parametr	Symbol	Częstotliwość [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
Czas pogłosu	RT₆₀ [s]	0,66	0,47	0,45	0,47	0,51	0,52
Limit górny czasu pogłosu	RT _{high} [s]	0,80	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Limit dolny czasu pogłosu	RT _{low} [s]	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Wskaźnik zrozumiałości mowy	STI	0,77	0,83	0,84	0,83	0,82	0,81
Wskaźnik wyrazistości mowy	D ₅₀ [%]	72	83	85	83	81	80
Wskaźnik przejrzystości mowy	C ₅₀ [dB]	4,06	6,80	7,54	6,98	6,23	6,04
Wagi wskaźnika przejrzystości mowy				0,15	0,25	0,35	0,25
Ważony wskaźnik przejrzystości mowy	C _{50w} [dB]	6,57					

Tab.3. Wartości parametrów obiektywnych akustyki wewnątrz wraz z zalecanymi limitami dla pasma częstotliwości 125-4000Hz.



Wyk.1. Przebieg uzyskanego w wyniku aranżacji akustycznej czasu pogłosu wraz z zalecanymi limitami w funkcji częstotliwości.

Uzyskany przebieg czasu pogłosu w wyniku aranżacji akustycznej sali multimedialnej Narodowej Galerii Sztuki „Zachęta” w Warszawie jest zgodny z założeniami i zawiera się w limitach wyznaczonych dla pomieszczeń o funkcji sali kinowej i zbliżonej kubaturze.

Dla tego typu pomieszczeń ważnymi parametrami są współczynnik STI, wskaźniki D_{50} i C_{50} . Współczynnik STI dla opracowanej sali wynosi 0,83 co oznacza bardzo dobrą zrozumiałość mowy. Wskaźnik wyrazistości mowy D_{50} w całym paśmie częstotliwości ma wartości większe niż 70% co jest wynikiem bardzo dobrym. Wskaźnik przejrzystości mowy C_{50} wynosi 6,57 i jest to również wynik bardzo dobry dla tego pomieszczenia.

4. Podsumowanie

Salę multimedialną w budynku Narodowej Galerii Sztuki „Zachęta” w Warszawie będącą przedmiotem opracowania ma pełnić funkcję sali wielofunkcyjnej gdzie głównie będą odbywały się projekcje filmowe. Często jednak będzie służyła także bankietom, warsztatom czy innym prezentacjom słownym. Taki rodzaj wnętrza wymaga bardzo dobrej akustyki, która jest określana przy pomocy odpowiednich wartości wskaźników zrozumiałości, wyrazistości i przejrzystości mowy oraz niskiego czasu pogłosu.

Zaprojektowana aranżacja akustyczna spełnia wszystkie postawione wymagania co do wartości powyższych parametrów akustycznych dla. Dodatkowo przebieg czasu pogłosu w funkcji częstotliwości mieści się w zalecanych limitach dla tego typu pomieszczeń o zbliżonej kubaturze. Zapewni to poprawną akustykę projektowanej sali.

Wszystkie przyjęte w aranżacji akustycznej do obliczeń materiały wykończeniowe oraz fotele zastosowano jako referencyjne dla uzyskania określonych wartości parametrów akustycznych wnętrza. W przypadku zastosowania przez wykonawcę materiałów i wyposażenia zamiennego konieczne będzie wykonanie projektu zamiennego aranżacji akustycznej wraz z obliczeniami potwierdzającymi osiągnięcie założonych wartości parametrów akustycznych.

Oświadczenie

Zgodnie z Art. 20 ust 4 ustawy Prawo Budowlane(Dz.U. 156 poz.1118 z 2006 r. tekst jednolity)

oświadczam, że:

PROJEKT ARANŻACJI AKUSTYCZNEJ SALI MULTIMEDIALNEJ W BUDYNKU NARODOWEJ GALERII SZTUKI „ZACHĘTA” W WARSZAWIE

został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa oraz zasadami wiedzy technicznej:

Sporządził: mgr inż. Joachim Migda