



PRA COWNIA PROJEKTOWA

ZAMOJSKA DYREKCJA INWESTYCJI "ZDI"

22-400 Zamość, ul. Jana Kiepury 6

Sp. z o.o.

Centrala (0-84) 639-20-53 ; 639-20-55 ; 638-10-58 ; 638-10-59 ; fax (084) 639-80-87

Pracownia Projektowa 639-20-55; e-mail: sekretariat@zdizam.pl, www.zdizam.pl

REGON - 950188927 Rejestr Handlowy Nr KRS 00000 49181 Sąd Rejonowy w Lublinie XI WG KRS

NIP - 922-10-02-143, Wysokość kapitału zakładowego wynosi 568.500,00 zł

Konto PKO BP O/Zamość 21 10205356 0000 1502 0005 2530



Stadium: **Projekt budowlano - wykonawczy**

Branża : architektoniczna

Inwestor Bezp.: Miasto Zamość ul. Rynek Wielki 13 22-400 Zamość

Nazwa: **Technologia akustyki wnętrz**

Obiekt : Europejska Przystań Kultur – rozbudowa Zamojskiego Domu Kultury dla potrzeb Orkiestry Symfonicznej im. K. Namysłowskiego i Zamojskiego Domu Kultury przy ul. Partyzantów 13 w Zamościu

Adres : 22-400 Zamość ul. Partyzantów 13

PROJEKTOWAŁA I OPRACOWAŁA

PROJEKTOWAŁA: *Serjula-Lon*
MGR INŻ. EWA WIĘCKOWSKA – KOSMAŁA

mgr inż. Ewa Więckowska-Kosmała

Projektant Akustyki Wnętrz,
Ochrony przed Hałasem i Wibracjami
Rzecznik Polskiego Centrum
Międzynarodowej Organizacji Scenografów
Techników i Architektów Teatru OISTAT

OPRACOWAŁA:
TECHN. ARCH. MAGDALENA CZECHOWSKA
Machowska

**ROZBUDOWA ZAMOJSKIEGO DOMU KULTURY
W ZAMOŚCIU PRZY ULICY PARTYZANTÓW 13
TECHNOLOGIA AKUSTYKI WNĘTRZ
PROJEKT BUDOWLANO - WYKONAWCZY**

I. PODSTAWA

- podkłady robocze projektu architektonicznego z wprowadzonymi elementami technologicznymi sceny przebudowywanej Sali Widowiskowej z kabinami,
- projekty instalacji wentylacyjnej i c.o.
- uzgodnienia międzybranżowe (technologia sceniczna, klimatyzacja, oświetlenie , konstrukcja),
- zalecenia krajowe i międzynarodowe oraz literatura fachowa z dziedziny akustyki wewnątrz sal wielofunkcyjnych.

II. ZAKRES

- ukształtowanie sali widowiskowej na podstawie analizy rozkładów pola akustycznego przeprowadzonej na architektonicznych rysunkach rzutów i przekrojów,
- ustalenie optymalnych parametrów dźwiękowych w sali, kabinie dźwięku i światła,
- schematy technologiczne rozwiązania sali widowiskowej, kabiny dźwięku i światła z punktu widzenia akustyki, z rozmieszczeniem przyjętych materiałów i ustrojów akustycznych, stanowiące podstawę do projektu architektonicznego wystroju wewnątrz,
- rysunki technologiczne konstrukcji ustrojów akustycznych zastosowanych w sali widowiskowej oraz w kabinach dźwięku i światła.

Projekt poniższy nie obejmuje kosztorysów i specyfikacji technicznej gdyż stanowi technologiczną bazę do wykonania projektu architektury wewnątrz.

1. DANE OGÓLNE.

PRZYJĘTE AKUSTYCZNE ROZWIĄZANIA SALI WIDOWISKOWEJ

Zgodnie z ustaleniami z Inwestorem i Użytkownikiem projektowana Sala widowiskowa ma spełniać następujące funkcje:

- teatralne – występy małych grup teatralnych,
- spektakle muzyczne, przy wykorzystaniu fosy i muszli koncertowej,
- konferencyjno – szkoleniowe,

Rozwiązania architektoniczno - akustyczne przebudowywanej Sali obejmują następujące zagadnienia projektowe :

- uzyskanie dla koncertów muzycznych jak największej efektywnej kubatury akustycznej sali przez włączenie do niej części kubatury sceny z ukształtowaną muszlą koncertową,
- wprowadzenie w sali akustycznego sufitu dla równomiernego rozprzaskoczenia i rozproszenia dźwięku na całej powierzchni widowni parteru i balkonu ,
- podwieszenie w części przedniej sali, nad proscenium zawieszonego odbijającego ekranu akustycznego odpowiednio kierującego dźwięk ze sceny na widownię parteru i balkonu,
- zaprojektowanie drewnianej podłogi widowni i sceny,
- zaprojektowanie przyprosceniowych ścian, odpowiednio wyprofilowanych płaszczyzn – ekranów akustycznych odbijających dźwięk, równomiernie dogłaśniających widownię parteru i balkonu sali,
- zaprojektowanie na scenie mobilnych elementów ściennych i sufitowych tworzących quasi muszlę koncertową. Celem jest uzyskanie na scenie optymalnego wymieszania dźwięku i właściwej wzajemnej słyszalności między wykonawcami,
- zaprojektowanie na ścianach bocznych i tylnej sali kompozycji odpowiednio dobranych konstrukcji drewnianych ustrojów rezonansowych, odbijających i rozpraszających energię dźwiękową,
- zaprojektowanie w fosie orkiestrowej drewnianych ustrojów akustycznych
- dobór foteli widowni pod kątem wymagań akustycznych dla funkcji koncertowej sali,
- zaadaptowanie akustyczne kabiny dźwięku i światła obsługujących salę.

2. PARAMETRY AKUSTYCZNE PRZEBUDOWYWANEJ SALI WIDOWISKOWEJ

- kubatura akustyczna sali po wprowadzeniu elementów kształtujących wnętrze do portalu sceny (funkcja teatralna) – $V_{AK} = \text{ca } 1800\text{m}^3$
- kubatura akustyczna sali z muszlą koncertową (funkcja koncertowa) – $V_{AK} = \text{ca } 2000\text{ m}^3$
- słuchacze na widowni parteru i balkonu – 380osób (razem z miejscami dostawianymi 441osób)
- czas pogłosu dla funkcji koncertowej – $T_{opt} (500\text{Hz}-1000\text{Hz}) = 1.1 - 1.2\text{s}$ (funkcja koncertowa – widownia i scena puste)
- czas pogłosu dla funkcji teatralnej – $T_{opt} (500\text{Hz} - 1000\text{Hz}) = 1.0 - 1.1\text{s}$ (widownia pusta)
- wyrównana charakterystyka czasu pogłosu w funkcji częstotliwości w zakresie 125Hz – 4000Hz, z dopuszczalnym odchyleniem $\pm 25\%$ od charakterystyki prostoliniowej
- zakres wskaźnika czytelności dźwięku muzyki – $4 \leq C_{80} \leq +2$ (dla koncertów muzycznych)
- optymalny wskaźnik czytelności mowy – $C_{50} > 0$ (w przekazie bezpośrednim i ze wspomaganie elektroakustycznym)
- wskaźnik zrozumiałości mowy – $RASTI - \text{min. } 0.65$ (w przekazie bezpośrednim i ze wspomaganie elektroakustycznym)
- dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu w sali od wszystkich źródeł zakłóceń w budynku i poza nim (włącznie z hałasem pochodzącym od pracującej instalacji klimatyzacyjnej) – $L_{Adop} = 30\text{dB}$ (wg krzywej NC 25)

3. PRZYJĘTE ROZWIĄZANIA ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ WNĘTRZA SALI WIDOWISKOWEJ.

Dla spełnienia założonych parametrów akustycznych przewidziano w rozbudowywanej sali widowiskowej następujące rozwiązania projektowe:

3.1. PODWIESZONE SUFITOWE EKRANY AKUSTYCZNE WIDOWNI

Ekran akustyczny w części przedniej sali nad proscenium wykonany z drewnianych paneli Topakustik pełnych grub. 32mm, odpowiednio nachylony w stosunku do źródeł dźwięku na scenie, od którego odbite fale dźwiękowe nagłaśniają widownię sali.

Konstrukcja zawieszenia ekranów stabilna nie podlegająca drganiom, pozwalająca na ewentualną korektę kąta nachylenia.

3.2. PODWIESZONE POZOSTAŁE ELEMENTY SUFITU AKUSTYCZNEGO NAD WIDOWNIĄ

Wprowadzono:

- W części centralnej plafon akustyczny, odbijająco – rozpraszający dźwięk podwieszony na stabilnej konstrukcji, nie podlegającej drganiom, wykonany z płyt gipsowych GKF grub.2x15mm z detalem rozrzeźbienia w sztablaturze gipsowej (dla rozproszenia dźwięku), wykończenie gładkie. Na suficie położona wełna Isover Akupłyta grub.5cm.
- Na obrzeżu sali podwieszony na stabilnej konstrukcji, nie podlegającej drganiom sufit akustyczny dźwiękochłonno - rozpraszający dźwięk, wykonany z płyt Sto Silent Panel grub.15mm z natryskiem Sto Silent Super Fein. W pustce położona wełna Isover Akupłyta grub.5cm.
- Sufit akustyczny podbalkonowy podwieszony na stabilnej konstrukcji, nie podlegającej drganiom wykonany płyt Sto Silent Panel grub.15mm z natryskiem Sto Silent Super Fein. W pustce położona wełna Isover Akupłyta grub.5cm

3.3. MUSZLA KONCERTOWA SCENY

Zaprojektowano w obrębie sceny demontowalną muszlę koncertową utworzoną z elementów ściennych i sufitowych wykonanych ze sklejk grub. min 40mm, podwieszonych do sztankietów.

3.4. PODŁOGA SCENY I PROSCENIUM

Podłoga rezonansowa, w postaci desek okrętówek grub.min. 50mm położonych na drewnianych legarach na podkładkach neoprenowych lub z pianki polietylenowej. Przestrzeń między legarami wypełniona wełną mineralną Isover Ventilux grub. min 5cm.

3.5. PODŁOGA WIDOWNI

Parkiet dębowy grub.min. 32mm położony na podkładzie izolacyjnym np. typu Uzin RR188 grub.6mm.

3.6. ŚCIANY WIDOWNI BOCZNE I TYLNA

Zaprojektowano skośne ścianki przyprosceniowe dla właściwego wyprowadzenia energii dźwiękowej ze sceny, skonstruowane z paneli drewnianych Topakustik pełnych grub. 32mm.

Na ścianach bocznych i tylnej widowni parteru do wysokości balkonu zaprojektowano kompozycję zróżnicowanych ustrojów akustycznych grub 10cm, rezonansowych, reflektujących oraz rozpraszających dźwięk, skomponowanych z drewnianych paneli szczelinowych i szczelinowych bez perforacji grub.16mm: Topakustik typ 13/3M, 6% i Topakustik typ 5/3M (bez perforacji).

Powyżej zaprojektowano kompozycję ustrojów rezonansowych i dźwiękochłonnych grub.10cm wykonanych z płyt gipsowych grub.15mm i Sto Silent Panel grub.15mm. Wykończenie w natrysku dźwiękochłonnym Sto Silent Super Fein.

Front sceny – panele drewniane Topakustik pełne grub.16mm.

3.7. FOSA ORKIESTRY

Wprowadzono na ścianach drewniany ustrój akustyczny rezonansowy, płytowy grub. 7cm, skonstruowany z paneli Topakustik pełnych grub.16mm., mocowanych na konstrukcji z listew z drewna klejonego, z wypełnieniem pustki Isover Akupłyta grub.5cm.

Podłoga - klepka dębowa grub.2.6cm na podkładzie izolacyjnym np. typu Uzin RR188 grub.6mm.

3.8. DRZWI

Drzwi akustyczne do Sali o min. wskaźniku akustycznej izolacyjności właściwej $R_W = 43\text{dB}$.

3.9. OKNA REŻYSERSKIE

Okna reżyserskie kabin specjalistycznych Sali o min. wskaźniku akustycznej izolacyjności właściwej $R_W = 45\text{dB}$.

3.10. FOTELE

Fotele dobrane optymalnie (konstrukcja i wykończenie) z punktu widzenia wymagań akustycznych dla sal widowiskowych (drewniany tył oparcia i spodu siedziska).

4. KONSTRUKCJE USTROJÓW AKUSTYCZNYCH

W Sali Widowiskowej zastosowano szereg typów konstrukcji ustrojów akustycznych, zróżnicowanych z punktu widzenia właściwości dźwiękowych.

Konstrukcję ich oparto na następujących elementach i materiałach:

- Panele drewniane pełne Topakustik grub. 16mm i 32mm mocowane poprzez przekładki izolacyjne do łat drewnianych,
- Panele drewniane perforowane Topperfo grub. 16mm typ 20/20/8, 13%
- Panele drewniane szczelinowe Topakustik grub. 16mm typ, 13/3M, 6%
- Panele drewniane szczelinowe bez perforacji Topakustik grub. 16mm typ, 13/3M i 5/3M
- płyty Sto Silent Panel grub. 15mm,
- płyty gipsowe GKF grub 15 mm, grub 2x15mm
- natrysk Sto Silent Super Fein,
- łaty z drewna klejonego przykręcone do ścian, tworzące odpowiednie komory rezonansowe,
- płyty Isover Akupłyta grubości 5cm, wypełniające zamknięte komory rezonansowe,

W części rysunkowej przedstawiono schematy technologiczne rozwiązania wnętrza Sali Widowiskowej z punktu widzenia akustyki wewnątrz, stanowiące podstawę do opracowań architektury.

Na schematach pokazano ukształtowanie sali na bazie przeprowadzonej analizy graficznej rozkładu pola dźwiękowego oraz rozmieszczenie w jej wnętrzu elementów i ustrojów akustycznych. Również w części rysunkowej przedstawiono technologiczne schematy wykonania przyjętych w sali ustrojów akustycznych jako bazę do wykonania projektu wystroju wnętrza.

5. KABINY SPECJALISTYCZNE PRZY SALI WIDOWISKOWEJ

Adaptacja akustyczna ma na celu stworzenie optymalnych warunków dźwiękowych dla odsłuchu głośnikowego oraz obniżenie poziomu dźwięku. Obejmuje właściwe zaadaptowanie wszystkich powierzchni ściennych, sufitu i podłogi.

5.1. ZAŁOŻENIA AKUSTYCZNE

- kubatura akustyczna – 24 - 32m³
- optymalny czas pogłosu - $T_{opt} = 0.3s$
- charakterystyka pogłosowa stała w funkcji częstotliwości w zakresie 125 – 4000Hz, z dopuszczalnym odchyleniem $\pm 20\%$
- dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu od wszystkich źródeł zakłóceń łącznie z funkcjonowaniem instalacji klimatyzacyjnej wynosi 30dB.

5.2. PRZYJĘTA ADAPTACJA AKUSTYCZNA

Dla uzyskania założonych parametrów dźwiękowych wprowadzono następujące materiały i ustroje akustyczne:

sufit kabin i korytarza przy kabinach – podwieszony ustrój akustyczny grub. 7cm z paneli perforowanych grub. 16mm Topperfo M typ 20/20/8, 13%.

Ściany – ustrój akustyczny grub. 7cm z paneli szczelinowych Topakustik typ 13/13M 6%, z pustką wypełnioną wełną Isover Akupłyta grub. 5cm (na trzech ścianach poza okienną, na której pozostawiamy tynk gładki)

podłoga – wykładzina dywanowa np. Huega 530.

drzwi – min wskaźnik akustycznej izolacyjności właściwej $R_W = 43\text{dB}$.

okna – min wskaźnik akustycznej izolacyjności właściwej $R_W = 45\text{dB}$.

Zasady wykonania ustrojów akustycznych w kabinie bazują na elementach i materiałach budowlanych omówionych w p.4.

6. KONTROLNE OBLICZENIA AKUSTYCZNE W PRZEBUDOWYWANEJ SALI WIDOWISKOWEJ.

Dla sprawdzenia prawidłowości przyjętej adaptacji akustycznej Sali Widowiskowej przeprowadzono kontrolne obliczenia bilansu pochłaniania i czasu pogłosu w funkcji częstotliwości w zakresie 125 - 4000Hz. Do analizy przyjęto współczynniki pochłaniania na podstawie danych pomiarowych Zakładu Akustyki ITB, danych katalogowych i pomiarów własnych. Uzyskano charakterystyki pogłosowe zgodne z założeniami.

