

Modernizacja reżyserni dźwiękowej Studia S5 Regionalnej Rozgłośni Polskiego Radia w Krakowie

Projekt wykonawczy akustyki
Opis techniczny

Zlecniodawca:

Polskie Radio Regionalna Rozgłośnia w Krakowie
– Radio Kraków Spółka Akcyjna w likwidacji
Al. Słowackiego 22
30-007 Kraków

Umowa nr 27/02/2026/5/2

Główny projektant, akustyka:

mgr inż. Marcin Czapiewski

Marcin Czapiewski

ADU Marcin Czapiewski
ul. Raławicka 91/7
53-149 Wrocław

Wentylacja i klimatyzacja:

mgr inż. Adrian Bil
Pracownia Projektowa Adrian Bil
ul. Zamenhofs 6/20
58-105 Świdnica

Oświetlenie:

mgr inż. Alina Faliszewska
FELEKTRA Michał Faliszewski
ul. Parkowa 13
55-095 Mirków

Wrocław, maj 2026

Spis treści

1.	Informacje wstępne	7
1.1.	Opis obiektu	7
1.2.	Zakres i cel opracowania	7
2.	Prace modernizacyjne	9
2.1.	Zakres prac modernizacyjnych	9
2.2.	Obmiary i korekta rozwiązań dokumentacji projektowej oraz pośrednie pomiary akustyczne ..	9
3.	Ochrona przeciwdźwiękowa	11
3.1.	Dopuszczalny poziom tła akustycznego w pomieszczeniach	11
3.2.	Izolacyjność akustyczna pomiędzy pomieszczeniami	11
3.3.	Tło akustyczne wytwarzane przez system klimatyzacji	11
3.4.	Wytyczne ogólne dla systemu wentylacji:	12
4.	Akustyka wewnątrz	13
4.1.	Reżysernia dźwiękowa S5	13
4.1.1.	Założenia projektowe	13
4.1.2.	Proporcje i kształt pomieszczenia	13
4.1.3.	Symulacje komputerowe charakterystyk przenoszenia zestawów głośnikowych	15
4.1.4.	Analiza statystyczna	16
5.	Pozostałe zagadnienia technologiczne	19
5.1.	Umeblowanie studyjne	19
5.2.	Trasy kablowe	19
5.3.	Mocowanie zestawów głośnikowych	20
5.3.1.	Górne zestawy głośnikowe	20
5.3.1.	Dolne boczne zestawy głośnikowe	20
5.4.	Modernizacja pomieszczeń towarzyszących	20
6.	Wizualizacje komputerowe wnętrza	21
7.	Specyfikacje materiałowe	25
7.1.	Drzwi wewnętrzne D1 do 3.3 Reżyserni Studia S5	25
7.2.	Drzwi wewnętrzne D2 do 3.3a Pomieszczenie gospodarcze oraz D3 do Magazynku	25
7.3.	Sufit dźwiękoizolacyjny w 3.3 Reżyserni Studia S5	25
7.4.	Sufit kasetonowy w 3.3a Pomieszczeniu technicznym oraz 3.3b PrzedSIONKU	26
7.5.	Wykładzina dywanowa	26
7.6.	Kotara dźwiękochłonna – element prefabrykowany	26
7.7.	Ustrój akustyczny: 3.3 BIN-1	27
7.8.	Ustrój akustyczny: 3.3 BIN-2-S	27

7.9.	Ustrój akustyczny: 3.3 PRF-1-PD	28
7.10.	Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-2A, 3.3 PRF-2B, 3.3 PRF-3	29
7.11.	Ustrój akustyczny: 3.3 PRF-4-HF	30
7.12.	Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-5A-HF, 3.3 PRF-5B-HF	31
7.13.	Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-6A, 3.3 PRF-6B	32
7.14.	Ustrój akustyczny: 3.3 PRF-7A, 3.3 PRF-7B	33
7.15.	Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-8A, 3.3 PRF-8B	33
7.16.	Ustroje akustyczne: PRF-9A-HF, PRF-9B-HF	34
7.17.	Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-10-W	35
7.18.	Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-11-S	36
7.19.	Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-12-S	37
7.20.	Ustroje akustyczne: 3.3 WB-50, 3.3 W-50, 3.3 W-50-S, W-50-KM	37
7.21.	Ustroje akustyczne: 3.3 W-100A, 3.3 W-100B	38
7.22.	Ustroje akustyczne: 3.3 W-150	39
7.23.	Ustroje akustyczne: 3.3 W-200	40
7.24.	Ustroje akustyczne: 3.3 W-400-PS	40
8.	Podsumowanie	43
9.	Literatura	43

Spis tabel

Tab. 1	Wartości krzywych hałasowych NR w pasmach oktaowych w dB	11
Tab. 2	Wymagane minimalne wartości izolacyjności akustycznej drzwi D1	25
Tab. 3	Wymagane minimalne wartości izolacyjności akustycznej drzwi D2 i D3	25
Tab. 4	Wymagane współczynniki pochłaniania dla wykładziny dywanowej	26
Tab. 5	Wymagane współczynniki pochłaniania dla kotar dźwiękochłonnych (marszczenie 25%, odległość od ściany 10 cm)	27
Tab. 6	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 BIN-1	27
Tab. 7	Wymagane minimalne współczynniki rozpraszania dla ustroju: 3.3 BIN-1	27
Tab. 8	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 BIN-2-S	28
Tab. 9	Wymagane minimalne współczynniki rozpraszania dla ustroju: 3.3 BIN-2-S	28
Tab. 10	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-1-PD (pokryty wykładziną)	29
Tab. 11	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-2A, 3.3 PRF-2B, 3.3 PRF-3	30
Tab. 12	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-4-HF	31
Tab. 13	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-5A-HF, 3.3 PRF-5B-HF	31
Tab. 14	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-6A, 3.3 PRF-6B	32
Tab. 15	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-7A, 3.3 PRF-7B	33
Tab. 16	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-8A, 3.3 PRF-8B	34
Tab. 17	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-9A-HF, PRF-9B-HF	35
Tab. 18	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-10-W	36
Tab. 19	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-11-S	37
Tab. 20	Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-12-S	37

Tab. 21 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 WB-50, 3.3 W-50, 3.3 W-50-S	38
Tab. 22 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 W-100A, 3.3 W-100B.....	39
Tab. 23 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 W-150.....	40
Tab. 24 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 W-200.....	40
Tab. 25 Wymagane współczynniki pochłaniania dla wełny o grubości 100 mm w ustroju: 3.3 W-400-PS	41

Spis rysunków

Rys. 1 Poziom tła akustycznego w reżyserni pochodzący od systemu klimatyzacji	12
Rys. 2 Zalecany zakres czasu pogłosu dla Reżyserni S5	13
Rys. 3 Proporcje Reżyserni RS5 na tle zalecanych proporcji (proporcje zaznaczono czerwoną kropką)	14
Rys. 4 Rozkład częstotliwości rezonansowych własnych Reżyserni S5 na podstawie wymiarów uśrednionych.....	15
Rys. 5 Widok aksonometryczny modelu komputerowego analizowanego pomieszczenia	15
Rys. 6 Charakterystyki przenoszenia na stanowisku realizatora dla głównych zestawów głośnikowych i subwooferów w pomieszczeniu z adaptacją akustyczną, uśrednianie 1/12 oktawy	16
Rys. 7 Obliczona charakterystyka czasu pogłosu w Reżyserni S5 na tle dopuszczalnych granic	17
Rys. 8 Wizualizacje wnętrza – widok 1	21
Rys. 9 Wizualizacje wnętrza – widok 2	22
Rys. 10 Wizualizacje wnętrza – widok 3	22
Rys. 11 Wizualizacje wnętrza – widok 4	23
Rys. 12 Wizualizacje wnętrza – widok 5	23

Spis rysunków wielkoformatowych

Cyfra po kropce oznacza edycję rysunku.

- AB01.1_RKS5 PRACE MODERNIZACYJNE
- AW01.1_RKS5 3.3_REŻYSERNA S5
- AW02.1_RKS5 3.3_REŻYSERNA S5 ARANŻACJA
- AU01.1_RKS5 3.3_BIN-1
- AU02.1_RKS5 3.3_BIN-2-S
- AU03.1_RKS5 3.3_PRF-1-PD
- AU04.1_RKS5 3.3_PRF-2A, PRF-2B, PRF-3
- AU05.1_RKS5 3.3_PRF-4-HF
- AU06.1_RKS5 3.3_PRF-5A-HF, PRF-5B-HF
- AU07.1_RKS5 3.3_PRF-6A, PRF-6B
- AU08.1_RKS5 3.3_PRF-7A, PRF-7B
- AU09.1_RKS5 3.3_PRF-8A, PRF-8B
- AU10.1_RKS5 3.3_PRF-9A-HF, PRF-9B-HF
- AU11.1_RKS5 3.3_PRF-10-W
- AU12.1_RKS5 3.3_PRF-11-S
- AU13.1_RKS5 3.3_PRF-12-S
- AU14.1_RKS5 3.3_W-50-WB, W-50, W-50-S
- AU15.1_RKS5 3.3_W-100A, W-100B
- AU16.1_RKS5 3.3_W-150
- AU17.1_RKS5 3.3_W-200
- AU18.1_RKS5 3.3_W-400-PS

- AU19.1_RKS5 3.3_KORYTA
- AM01.1_RKS5 3.3_MEBLE TECHNOLOGICZNE

Pozostałe załączniki

- Projekt wykonawczy układu wentylacji i chłodzenia
- Projekt wykonawczy oświetlenia
- Wizualizacje komputerowe wnętrz

1. Informacje wstępne

1.1. Opis obiektu

Przedmiotem projektu jest Reżysernia dźwiękowa Studia S5 w Regionalnej Rozgłośni Radiowej Polskiego Radia – Radio Kraków mającego swoją siedzibę przy al. Słowackiego 22 w Krakowie. Aktualnie pomieszczenie służy do obsługi nagrań odbywających się w studiu koncertowym S5 sąsiadującym bezpośrednio z reżysernią oraz do edycji i miksowania materiału dźwiękowego w systemie stereofonicznym.

W stanie istniejącym reżysernia posiada adaptację pod postacią ściennych paneli pochłaniających na bazie wełny mineralnej, pochłaniający podwieszany sufit kasetonowy oraz elementy rozpraszające.

1.2. Zakres i cel opracowania

Zadanie polega na gruntownym przeprojektowaniu akustyki wewnątrz reżyserni dźwiękowej celem znacznej poprawy właściwości brzmieniowych pomieszczenia i przystosowania go do odsłuchu wielokanałowego w systemie Atmos 7.1.4. Pracami towarzyszącymi są przebudowa systemu wentylacji i chłodzenia w obrębie pomieszczenia, przebudowa oświetlenia oraz wymiana stolarki drzwiowej. Dodatkowo odświeżeniu będą podlegać pomieszczenie towarzyszące tj. Pomieszczenie techniczne oraz Przedsiónek, który pomocniczo służy jako dodatkowe pomieszczenie nagraniowe.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie rozwiązań technologicznych realizujących opisane zadanie, uzyskanych wyników obliczeń i symulacji akustycznych oraz specyfikacji materiałowych.

2. Prace modernizacyjne

2.1. Zakres prac modernizacyjnych

W ramach modernizacji Reżyserni dźwiękowej Studia S5 i pomieszczeń towarzyszących przewidziano wykonanie następujących prac:

- Likwidacja istniejącej adaptacji akustycznej, układu wentylacji i klimatyzacji, wykładzin, stolarki drzwiowej i wyposażenia stałego.
- Przebudowa kanałów wentylacyjnych w obrębie reżyserni.
- Wykonanie sufitu podwieszanego dźwiękoizolacyjnego w reżyserni.
- Wykonanie nowego układu chłodzenia dla reżyserni w oparciu o istniejącą instalację freonową firmy Lennox.
- Wybudowanie dodatkowych ścian lekkich w reżyserni symetryzujących pomieszczenie i tworzących przestrzeń magazynową w miejscu obecnego wejścia do pomieszczenia.
- Jednoczesny montaż w nowotworzonych ścianach lekkich, uchwytów dla bocznych głośników efektowych (dostawa poza zakresem).
- Wycięcie nowego otworu drzwiowego pomiędzy pomieszczeniami 3.3 Reżysernia S5, a 3.3b Przedsiónek.
- Wymiana stolarki drzwiowej wewnętrznej w reżyserni, pomieszczeniu technicznym i przestrzeni magazynowej.
- Pomalowanie powierzchni ścian niezastłoniętych przez adaptację akustyczną.
- Wymiana wykładziny podłogowej w reżyserni i pomieszczeniach towarzyszących.
- Wykonanie nowej adaptacji akustycznej w reżyserni wraz z trasami kablowymi.
- Wykonanie prac odświeżających pomieszczenie techniczne przedsiónek, tj. pokrycie ścian materiałami dźwiękochłonnymi i wykonanie dźwiękochłonnych sufitów kasetonowych.
- Wykonanie nowej instalacji oświetlenia w reżyserni i pomieszczeniach towarzyszących (przyległych).
- Projekt, dostawa i instalacja ramy montażowej do podwieszenia górnych zestawów głośnikowych systemu Atmos.
- Dostawa i montaż meblowania studyjnego do reżyserni.

Poza wymienionymi pracami zostaną wykonane prace związane z modernizacją infrastruktury elektroakustycznej, wideo, LAN, itp. Zakres ten nie jest objęty niniejszym opracowaniem.

2.2. Obmiary i korekta rozwiązań dokumentacji projektowej oraz pośrednie pomiary akustyczne

1. Niezwłocznie po zakończeniu przez Wykonawcę prac demontażowych istniejącej adaptacji akustycznej, Wykonawca zgłosi Zamawiającemu gotowość pomieszczeń do przeprowadzenia obmiarów przez przedstawiciela Zamawiającego.
2. Przedstawiciel Zamawiającego – Projektant, w ramach nadzoru autorskiego, dokona szczegółowych obmiarów pomieszczenia w terminie do 3 dni roboczych od dnia otrzymania prawidłowego zgłoszenia, o którym mowa w ust. 1. Z czynności obmiarowych Strony sporządzą protokół.
3. W przypadku stwierdzenia rozbieżności pomiędzy rzeczywistymi wymiarami pomieszczenia po demontażu, a dokumentacją projektową, Projektant dokona niezbędnej korekty rozwiązań

wykonawczych lub technologiczno-akustycznych i przekaże je Wykonawcy w formie pisemnej lub elektronicznej w terminie do 5 dni roboczych od dnia sporządzenia protokołu obmiarów.

4. Wykonawca zobowiązany jest do bezwzględnego realizowania prac zgodnie ze skorygowanymi rozwiązaniami przekazanymi przez Projektanta. Skorygowane rozwiązania nie mogą powodować pogorszenia parametrów akustycznych i technologicznych określonych w niniejszej Dokumentacji.
5. Wprowadzenie korekt rozwiązań wykonawczych przez Projektanta w ramach nadzoru autorskiego, na zasadach określonych w niniejszym paragrafie, wynikających z niemożliwych do przewidzenia przed demontażem różnic w wymiarach pomieszczenia, stanowi techniczną zmianę sposobu wykonania Umowy i nie wymaga formy aneksu do Umowy.
6. Okres od dnia prawidłowego zgłoszenia gotowości do obmiarów (ust. 1) do dnia przekazania Wykonawcy skorygowanych rozwiązań (ust. 3) – o ile korekta była konieczna – nie stanowi opóźnienia z winy Wykonawcy i może stanowić podstawę do odpowiedniego wydłużenia terminu realizacji umowy o czas trwania tej procedury, pod warunkiem, że w tym okresie Wykonawca nie miał możliwości prowadzenia innych prac przewidzianych umową.
7. Strony ustalają, że w toku realizacji Przedmiotu umowy zostaną przeprowadzone pomiary akustyczne pośrednie (między-etapowe), mające na celu weryfikację poprawności parametrów akustycznych przed zamknięciem kluczowych faz robót.
8. Pomiary pośrednie zostaną wykonane przez Projektanta w ramach nadzoru autorskiego, w terminie do 3 dni roboczych od dnia zgłoszenia przez Wykonawcę zakończenia następującego etapu robót (a przed rozpoczęciem dalszych):
 - po przebudowie układu wentylacji i wykonaniu układu chłodzenia,
 - po wykonaniu lekkich ścian działowych i sufitu dźwiękoizolacyjnego,
 - po wymianie drzwi do pomieszczeń 3.3 i 3.3a,
 - po wykonaniu ustrojów akustycznych:
 - BIN-2-S,
 - PRF-2A, PRF-2B, PRF-3, PRF-4-HF, PRF-7A, PRF-7B, PRF-10-W, PRF-11-S,
 - W-100A, W-150, W-200, W-400-PS.

Wykonawca zobowiązany jest wstrzymać dalsze prace, które uniemożliwiłyby przeprowadzenie tych pomiarów lub korektę robót.

9. Na podstawie wyników pomiarów pośrednich, Zamawiający jest uprawniony do podjęcia decyzji o konieczności wprowadzenia korekt rozwiązań akustycznych w pomieszczeniach reżyserni. W przypadku, gdy konieczność korekty wynika z przyczyn leżących po stronie Wykonawcy (np. nienależytego wykonania robót lub zastosowania materiałów o innych parametrach niż projektowane), Wykonawca dokona niezbędnych korekt i poprawek w ramach wynagrodzenia ryczałtowego określonego w Umowie. W przypadku, gdy potrzeba korekty wynika z decyzji Zamawiającego i modyfikacji pierwotnego projektu (mimo prawidłowego działania Wykonawcy), zmiana ta zostanie zrealizowana jako roboty zamienne lub uzupełniające.

3. Ochrona przeciwdźwiękowa

3.1. Dopuszczalny poziom tła akustycznego w pomieszczeniach

Preferowany poziom tła akustycznego w pomieszczeniach pochodzący z zewnątrz i od wyposażenia technicznego nie powinien przekraczać wartości określonych krzywymi hałasowymi:

- Poziom całkowity: preferowany: NR10; maksymalny NR15
- Poziom od wyposażenia technicznego: preferowany: NR5, maksymalny NR10

Wartości krzywych hałasowych NR w pasmach oktaowych przedstawiono poniżej.

Tab. 1 Wartości krzywych hałasowych NR w pasmach oktaowych w dB

NR	f [Hz]							
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
NR5 [dB]	39,4	26,3	16,6	9,7	5,0	1,6	-1,0	-2,8
NR10 [dB]	43,4	30,7	21,3	14,5	10,0	6,6	4,2	2,3
NR15 [dB]	47,3	35,0	25,9	19,4	15,0	11,7	9,3	7,4

3.2. Izolacyjność akustyczna pomiędzy pomieszczeniami

W projekcie przewidziano utworzenie sufitu dźwiękoizolacyjnego w reżyserni, w celu redukcji hałasu materiałowego dochodzącego z pomieszczenia znajdującego się powyżej. Sufit ten pełni jednocześnie rolę przegrody definiującej nowy kształt pomieszczenia.

Pomiędzy reżysernią, a przedsionkiem przewidziano montaż drzwi z przeszkleniem o izolacyjności akustycznej min. 45 dB. Przewidziano również drzwi o podwyższonych parametrach izolacyjności akustycznej do pomieszczenia technicznego i schowka.

3.3. Tło akustyczne wytwarzane przez system klimatyzacji

Montaż jednostki klimatyzacyjnej przewidziano pod sufitem w Pomieszczeniu technicznym 3.3a. Metalowe kanały wentylacyjne w otulinie kauczukowej zostaną wprowadzone do reżyserni przez ścianę murowaną bezpośrednio pod sufitem dźwiękoizolacyjnym i zostaną ukryte w adaptacji akustycznej.

Projektowany system klimatyzacji wyposażono w 4 tłumiki kulisowe, po 2 na części nawiewnej i wywiewnej. Dodatkowo kanały wentylacyjne za tłumikami zaprojektowano jako samonośne na bazie wełny mineralnej.

Uzyskano tło wynoszące 20,0 dB A z niewielkim przekroczeniem krzywej NR10 dla oktawy 63 Hz (1,7 dB), bez przekroczenia krzywej NR15. Dla pozostałych pasm, wartości hałasu leżą poniżej krzywej NR10.

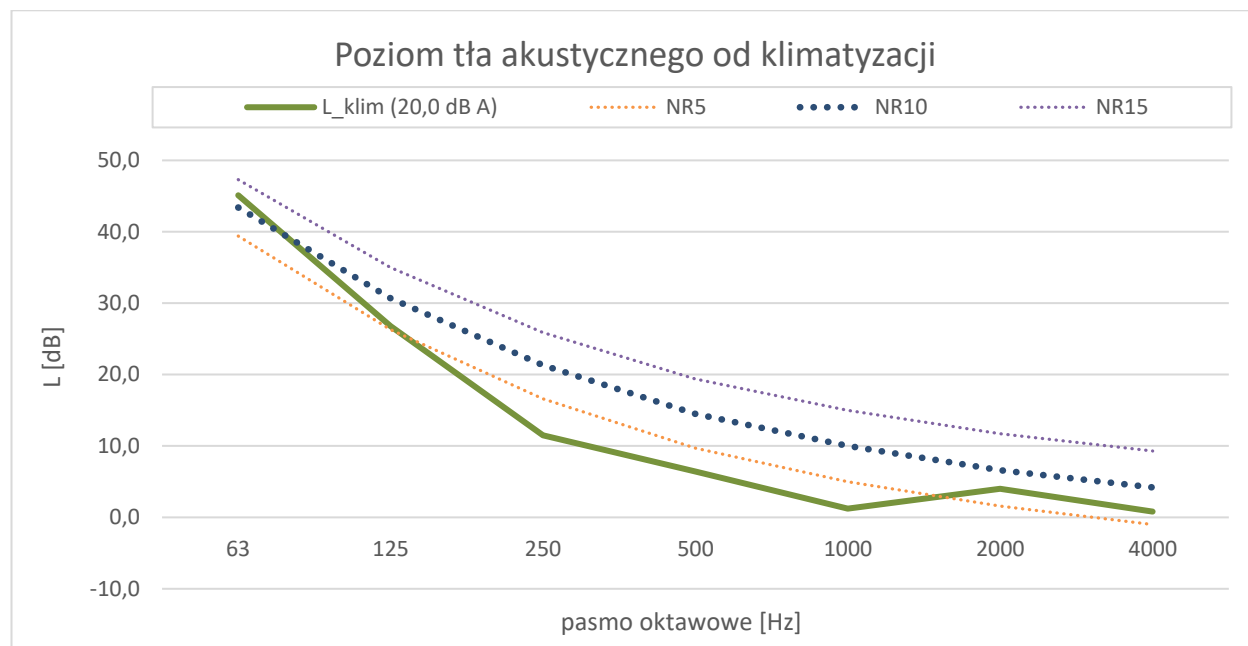
Komentarz: Ze względu na brak pełnych danych akustycznych dotyczących elementów systemu wytwarzających hałas, dane te zostały oszacowane i aproksymowane na bazie dostępnych informacji.

Producent jednostki kanałowej klimatyzacji podaje informacje o poziomie dźwięku w pasmach oktaowych w warunkach bezechowych, mierzonych w pewnej odległości, zbiorczo dla całego urządzenia z dołączonymi odcinkami kanałów do części ssącej i tłocznej. Dane te zostały przeliczone na moc akustyczną części ssącej i tłocznej uwzględniając odległość od punktu pomiarowego do końca kanału wentylacyjnego oraz przyjmując, że część tłoczna wytwarza poziom dźwięku o 2 dB wyższy niż część ssąca.

Producenci kratek wentylacyjnych nie określają dokładnie poziomu szumu wytwarzanego przez przepływ powietrza o bardzo małych wartościach, określając jedynie wartość maksymalną (≤ 15 dB). Poziom mocy akustycznej kratek wentylacyjnych w pasmach oktaowych został aproksymowany na bazie danych

dostarczonych przez producentów dla przepływów o większej wartości, dla których przedstawiono konkretne wartości, a nie poziom maksymalny.

W związku z powyższym należy mieć na uwadze, że obliczenia poziomu tła akustycznego wytwarzanego przez systemy wentylacji i klimatyzacji są obarczone niepewnością i końcowy wynik może się różnić.



Rys. 1 Poziom tła akustycznego w reżyserni pochodzący od systemu klimatyzacji

3.4. Wytyczne ogólne dla systemu wentylacji:

- W systemach rekuperacji i klimatyzacji kanałowej należy przewidzieć tłumiki akustyczne na gałęziach nawiewnej i wywiewnej tuż przy urządzeniach nawiewno-wywiewnych, służące do tłumienia hałasu pochodzącego od tego urządzenia wentylacyjnego.
- Należy stosować blaszane kanały wentylacyjne. Ze względu na izolacyjność akustyczną nie należy stosować kanałów lekkich na bazie wełny mineralnych lub podobnych.
- Dodatkowymi elementami tłumiącymi mogą być kanały blaszane wyłożone materiałem tłumiącym.
- Hałas pochodzący od systemu wentylacji i klimatyzacji nie może być wyższy od dopuszczalnych wartości określonych w akapicie 3.1.
- Wszystkie przejścia kanałów wentylacyjnych i przewodów przez przegrody (ściany i stropy) muszą być wykonane z użyciem przepustów zapewniających szczelność i zachowanie izolacyjności akustycznej przegrody oraz zapewniających elastyczne połączenie z przegrodą.
- Wszystkie połączenia kanałów wentylacyjnych i przewodów z urządzeniami generującymi drgania należy wykonać z wykorzystaniem łączników elastycznych, które nie dopuszczają do przenoszenia się drgań na sieć kanałów i przewodów.
- Wszystkie urządzenia będące źródłem drgań należy wibroizolować od podłoża lub mocować.
- Aby uniknąć wytworzenia się hałasu turbulentnego wszelkie zmiany kierunku i przekroju kanałów powinny być w miarę możliwości łagodne.
- Nie należy stosować przepustnic lub należy stosować jak najmniejszą ilość przepustnic, ze względu na generowany przez nie dodatkowy hałas. Dodatkowo pomiędzy przepustnicami, kryzami lub innymi elementami i przewężeniami kanału, a kratką nawiewną lub wywiewną należy stosować tłumik akustyczny lub wytłumienie akustyczne kanału.
- Należy zadbać, aby w przypadku kanałów blaszanych ich przekroje były zbliżone do kwadratu lub okrągłe.

4. Akustyka wnętrz

W reżyserni dźwiękowej zastosowano perforowane ustroje rezonansowe nastrojone na wybrane częstotliwości. Część z nich posiada dodatkowo listwy na płycie licowej rozpraszające dźwięk. Oprócz tego zastosowano szerokopasmowe ustroje pochłaniające oraz hybrydowe pochłaniająco-rozpraszające. Dzięki tym ostatnim, mimo krótkich wartości czasu pogłosu, pomieszczenie nie będzie sprawiało wrażenia przetłumionego, a brzmienie pozostanie naturalne. We wszystkich miejscach wczesnych odbić dźwięku zastosowano elementy pochłaniające lub rozpraszające. Zastosowano również wykładzinę dywanową antystatyczną, a w miejscu pracy realizatorów zastosowano wykładziny PVC.

4.1. Reżysernia dźwiękowa S5

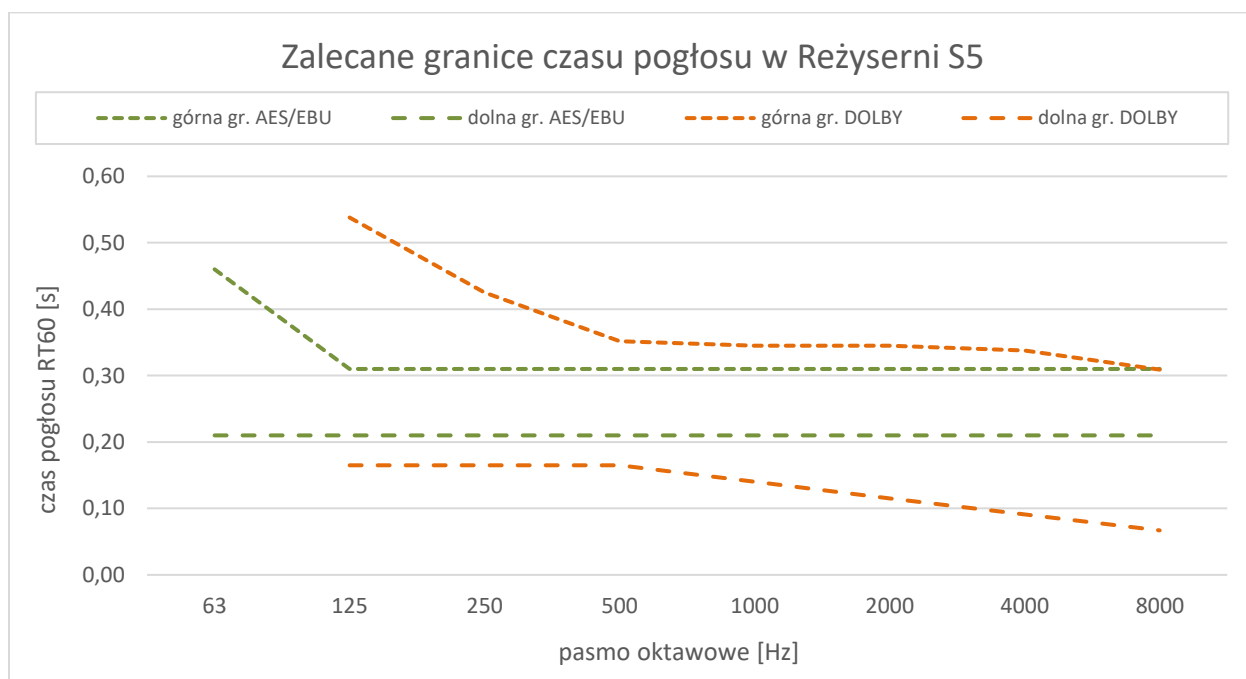
4.1.1. Założenia projektowe

Założenia projektowe oparto na zaleceniach AES/EBU [3], [4] oraz DOLBY [5] dotyczących odstuchu stereofonicznego i wielokanałowego.

Zalecana wartość czasu pogłosu dla projektowanej reżyserni dźwiękowej wynosi $RT60 = 0,26$ s.

Zalecane granice dopuszczalnych wartości czasu pogłosu dla wartości projektowej pokazane są na Rys. 2.

Dodatkowo zakłada się, że wszelkie odbicia dźwięku dochodzące do stanowiska realizatora w przeciągu pierwszych 15 ms po dotarciu dźwięku bezpośredniego będą stłumione w stosunku do niego o min. 10 dB.



Rys. 2 Zalecany zakres czasu pogłosu dla Reżyserni S5

4.1.2. Proporcje i kształt pomieszczenia

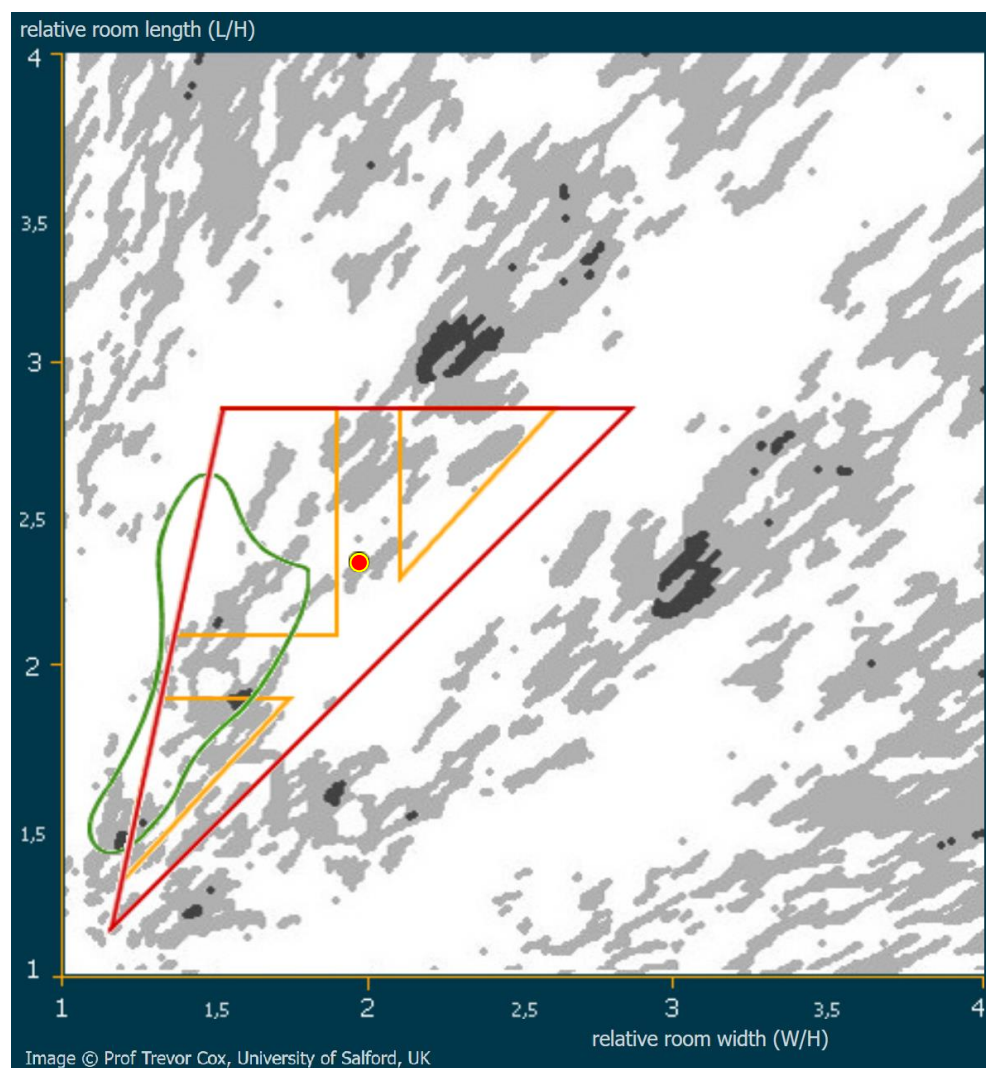
Celem wyznaczenia proporcji akustycznych pomieszczenia, przyjęto uśrednione wartości długości, szerokości i wysokości pomieszczenia przy zachowaniu jego kubatury, uwzględniając wszystkie istotne wnęki.

- Wymiary uśrednione ($D \times S \times W$): $7,10 \times 5,94 \times 3,03$ m
- Objętość: $127,8$ m³
- Proporcje: $1 : 1,96 : 2,34$
- Częstotliwość Schrödera: 92 Hz

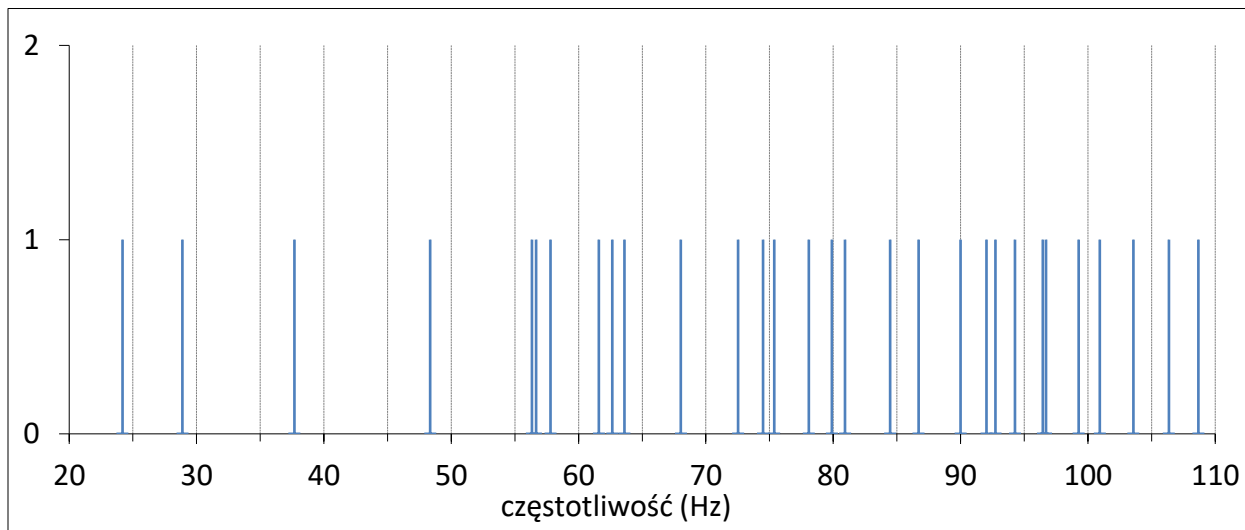
Proporcje spełniają zalecenia IEC oraz znajdują się na granicy zaleceń Coxa dla pomieszczeń o kubaturze 100 m³. Zalecenia AES/EBU oraz Bolta nie są spełnione. Proporcje pomieszczenia na tle zaleceń pokazane są na Rys. 3.

Niemniej jednak proporcje akustyczne nie skalują się wraz z kubaturą pomieszczeń, a ostatecznie najistotniejszy jest rozkład częstotliwości własnych pomieszczenia w paśmie do częstotliwości Schroedera, który został pokazany na Rys. 4. Kryteria dotyczące samych proporcji pomieszczenia bez bardziej wnikliwej analizy należy traktować pomocniczo, a nie jako główny wyznacznik jakości pomieszczenia w zakresie małych częstotliwości. W przypadku pomieszczeń odsłuchowych za wiodące kryterium jakościowe należy uznać charakterystyki przenoszenia zestawów głośnikowych w miejscu odsłuchu, a rozkład częstotliwości własnych pomieszczenia traktować pomocniczo.

Przedstawiony na Rys. 4. rozkład częstotliwości własnych generalnie jest równomierny i nie wykazuje rezonansów, których częstotliwości bezpośrednio się pokrywają. Występuje bliskie sąsiedztwo rezonansu osiowego i stycznego dla częstotliwości 56 Hz. Dla tego pasma przewidziano dodatkowe ustroje rezonansowe charakteryzujące się dużym tłumieniem. Natomiast częstotliwość 96 Hz znajduje się powyżej częstotliwości Schrödera i jest tłumiona w różnym stopniu przez większość ustrojów znajdujących się w pomieszczeniu.



Rys. 3 Proporcje Reżyserni RS5 na tle zalecanych proporcji (proporcje zaznaczono czerwoną kropką)



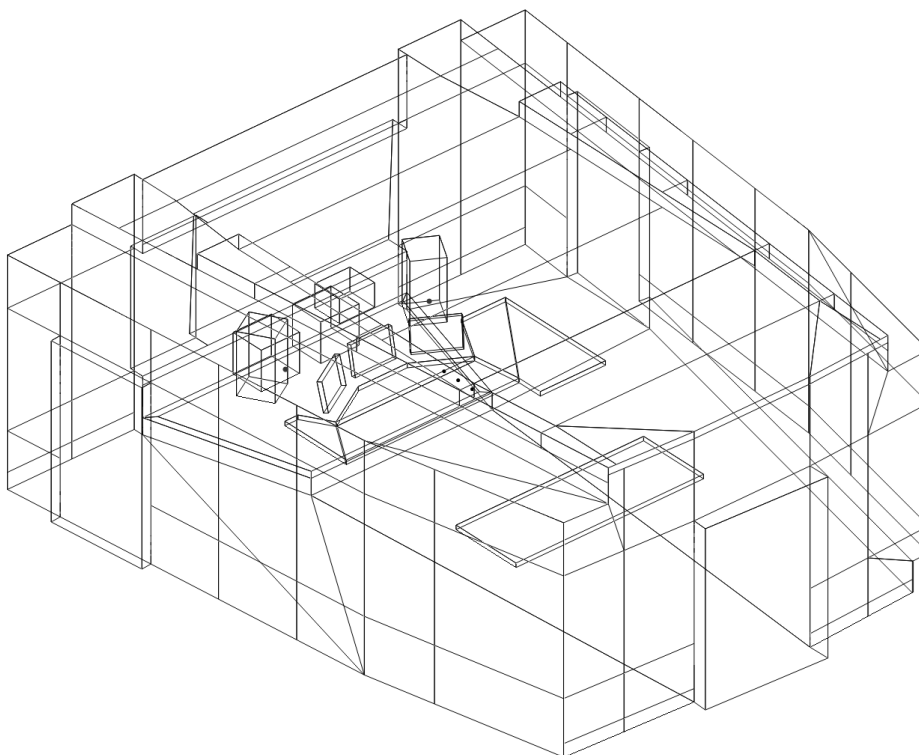
Rys. 4 Rozkład częstotliwości rezonansowych własnych Reżyserni S5 na podstawie wymiarów uśrednionych

4.1.3. Symulacje komputerowe charakterystyk przenoszenia zestawów głośnikowych

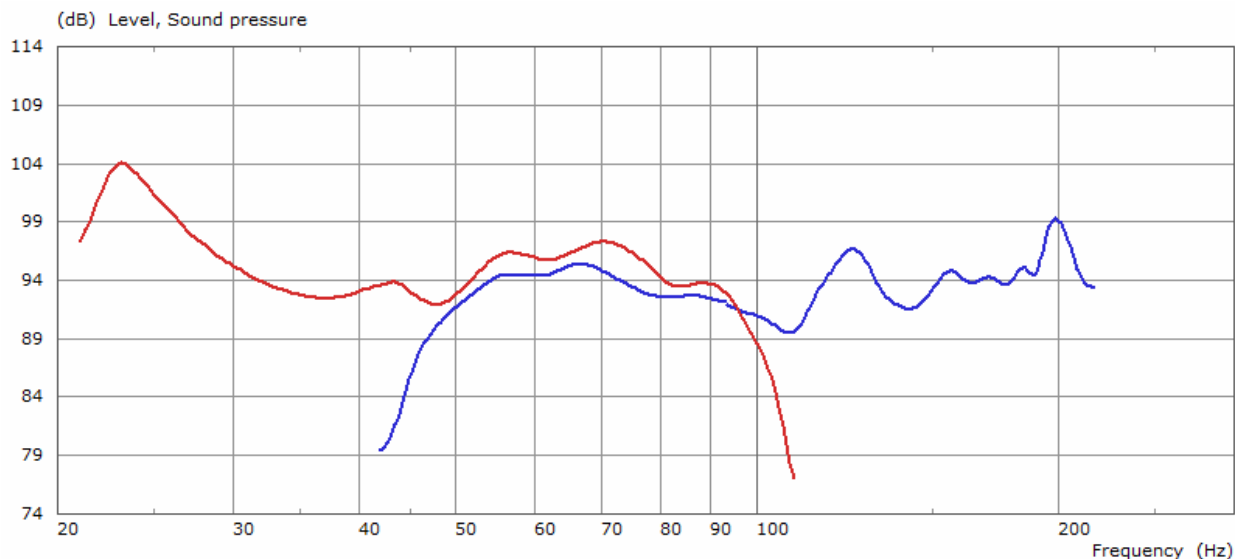
W ramach projektu akustyki wykonano analizę BEM pola akustycznego w pomieszczeniu dla małych częstotliwości przy pobudzeniu głównymi zestawami głośnikowymi oraz subwooferami.

Na Rys. 5 pokazany jest widok aksonometryczny modelu komputerowego pomieszczenia, który posłużył do analizy charakterystyk amplitudowo–częstotliwościowych na stanowisku realizatora oraz rozkładu ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu. Podczas projektowania przeanalizowano rozkłady poziomów ciśnień akustycznych dla każdej problematycznej częstotliwości i zoptymalizowano rozwiązania akustyczne.

Na Rys. 6 przedstawione są charakterystyki amplitudowo–częstotliwościowe na stanowisku realizatora dla pomieszczenia z zaprojektowaną adaptacją akustyczną dla głównych zestawów głośnikowych (lewego i prawego) pracujących jednocześnie – krzywa niebieska, oraz dla obu subwooferów pracujących jednocześnie – krzywa czerwona. Zastosowano uśrednianie pasmowe 1/12 oktawowo.



Rys. 5 Widok aksonometryczny modelu komputerowego analizowanego pomieszczenia



Rys. 6 Charakterystyki przenoszenia na stanowisku realizatora dla głównych zestawów głośnikowych i subwooferów w pomieszczeniu z adaptacją akustyczną, uśrednianie 1/12 oktawy

Ze względu na nietypową geometrię pomieszczenia w odniesieniu do jego funkcji (pomieszczenie szersze z przodu, a węższe z tyłu) oraz ograniczoną możliwość adaptacji ściany tylnej i ścian bocznych, związaną z szerokościami przejść i lokalizacją stolarki drzwiowej, nie jest możliwe pełne zoptymalizowanie charakterystyk przenoszenia za pomocą adaptacji akustycznej. Niemniej jednak charakterystyki głównych zestawów głośnikowych i subwooferów uzupełniają się i zestrojone ze sobą pozwalają uzyskać szerokopasmowe odtwarzanie dźwięku.

Charakterystyka przenoszenia głównych zestawów głośnikowych wykazuje wyraźny spadek poziomu dla częstotliwości poniżej 50 Hz i ten zakres częstotliwości powinien zostać uzupełniony pracą subwooferów. Główne zestawy głośnikowe najprawdopodobniej będą wymagały korekcji charakterystyki: podbicia poziomu w okolicy 105 Hz oraz redukcji poziomu w okolicach 125 i 200 Hz.

Subwoofery wykazują równomierne przetwarzanie w paśmie ok. 30 – 90 Hz, z wyraźnym spadkiem poziomu powyżej tego pasma i pewną dominacją okolic 70 Hz. Wyraźne podbicie poziomu dla 23 Hz w praktyce będzie najprawdopodobniej mniejsze, ze względu na ograniczoną skuteczność przetwarzania samych subwooferów w tym zakresie.

Ze względu na ograniczoną dokładność symulacji, w rzeczywistych warunkach należy spodziewać odchylenia od zaprezentowanych charakterystyk. Ograniczenia te wynikają z:

- *ograniczeń samej metody symulacji oraz mocy obliczeniowej komputera,*
- *uproszczeń modelu geometrycznego pomieszczenia,*
- *pominięcia nieznanych elementów wyposażenia oraz elementów, które można uznać za niemal przeziernie akustycznie dla analizowanego zakresu częstotliwości (np. perforowane szafki rack),*
- *braku danych dotyczących impedancji akustycznej części materiałów,*
- *różnic pomiędzy obliczonymi parametrami ustrojów rezonansowych i materiałów dźwiękochłonnych, a parametrami faktycznymi.*

4.1.4. Analiza statystyczna

W ramach projektu wykonano obliczenia statystyczne czasu pogłosu w pomieszczeniu uwzględniając zaprojektowaną adaptację akustyczną, wyposażenie pomieszczenia, obecność ludzi oraz pochłanianie dźwięku przez powietrze.

Dla materiałów i ustrojów akustycznych, dla których wyniki badań nie zawierały informacji o pochłanianiu dla oktafów 63 i 8 000 Hz, dane te zostały aproksymowane. Charakterystyki pochłaniania ustrojów rezonansowych wyznaczono metodą obliczeniową.

Na Rys. 7 pokazano obliczoną charakterystykę czasu pogłosu na tle przyjętych granic.

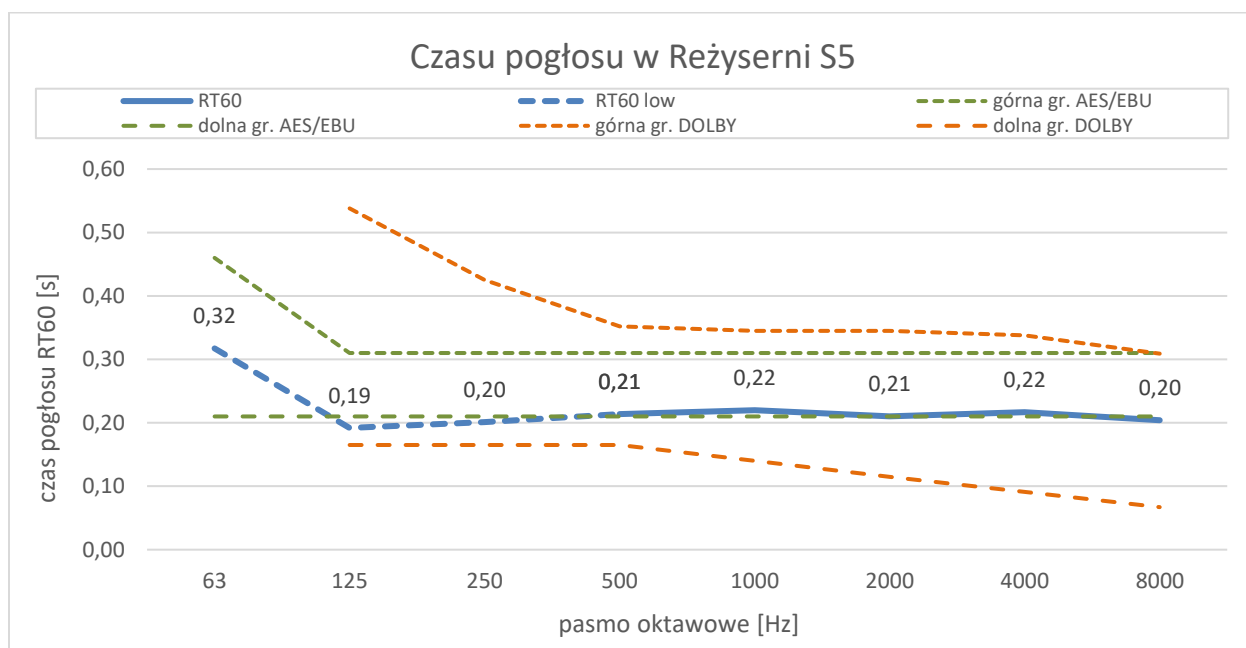
Średnia wartość czasu pogłosu wynosi $T_m = 0,22$ s i jest to wartość nieco niższa niż zalecana i jednocześnie mieszcząca się w zalecanych granicach dla częstotliwości średnich i dużych. Pomimo krótszego czasu pogłosu, jego wartości dla dużych częstotliwości są zbliżone do wartości dla częstotliwości średnich. To oraz silne rozproszenie dźwięku dla dużych częstotliwości spowoduje, że pomieszczenie będzie brzmiało naturalnie bez wrażenia suchości brzmienia.

Występuje pewne przetłumienie dla oktafów 125 i 250 Hz co związane jest z użyciem większej ilości ustrojów rezonansowych pracujących w zakresie 100 – 200 Hz celem wygładzenia charakterystyk przenoszenia zestawów głośnikowych. Dłuższe wybrzmienie dźwięku dla oktawy 63 Hz jest akceptowalne i mieści się w dopuszczalnych granicach.

Analiza akustyki małych pomieszczeń (do których zalicza się projektowana reżysernia), w tym obliczenia czasu pogłosu, obarczone są niepewnością wynikającą z:

- różnic pomiędzy parametrami deklarowanymi przez producentów, a parametrami faktycznymi,
- innego stopnia rozproszenia pola akustycznego w pomieszczeniu w stosunku do komór pogłosowych, z których pochodzą dane pomiarowe materiałów dźwiękochłonnych,
- zjawisk dyfrakcyjnych, niemożliwych do uwzględnienia za pomocą obliczeń matematycznych,
- oszacowania współczynników pochłaniania dźwięku dla elementów, dla których nie są dostępne dane pomiarowe,
- właściwości dźwiękochłonnych elementów wyposażenia pomieszczenia, których nie można precyzyjnie oszacować.

Ze względu na ograniczoną dokładność obliczeń w zakresie małych częstotliwości, wynikających z metody obliczeniowej, obliczony czas pogłosu dla oktafów 63, 125 i 250 Hz należy uznać za orientacyjny (krzywa „RT60 low”). Oktawa 63 Hz leży poza zakresem teorii statystycznej, natomiast w przypadku oktafów 125 i 250 Hz pole akustyczne jest zdominowane przez zjawiska dyfrakcyjne i częściowo rezonansowe, a pole akustyczne nie jest wystarczająco rozproszone.



Rys. 7 Obliczona charakterystyka czasu pogłosu w Reżyserni S5 na tle dopuszczalnych granic

5. Pozostałe zagadnienia technologiczne

5.1. Umeblowanie studyjne

Budowa mebli technologicznych pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AM01.1.

Zaprojektowano następujące umeblowanie studyjne w reżyserni dźwiękowej:

- Główne biurko studyjne o wymiarach zewnętrznych 295 × 140 × 75 cm, posiadające wcięcia na monitory wizyjne 27" oraz uchwyt na okablowanie umieszczony pod blatem wraz z przelotami kablowymi w blacie. Błat biurka z jednej strony posadowiony jest na dwóch szafkach rack i pokryty jest z góry wykładziną typu flotex.
- Drugie biurko studyjne o wymiarach zewnętrznych 268 × 80 × 75 cm posiadające uchwyt na okablowanie umieszczony pod blatem wraz z przelotami kablowymi w blacie. Błat biurka z jednej strony posadowiony jest na jednej szafce rack i pokryty jest z góry wykładziną typu flotex.
- Dwie szafki rack o pojemności 14 U każda znajdujące się po prawej stronie biurka głównego i pełniące jednocześnie rolę podparcia blatu, posiadające perforowane boczne ścianki, tylną ściankę otwieraną z prześwitami od góry i od dołu, wyposażone w szyny rackowe z przodu i z tyłu oraz listwy zasilające i oświetlenie wnętrza.
- Jedna szafka rack o pojemności 13 U znajdująca się po prawej stronie drugiego biurka i pełni jednocześnie rolę podparcia blatu, posiadająca perforowane boczne ścianki, tylną ściankę otwieraną z prześwitami od góry i od dołu, wyposażona w szyny rackowe z przodu i z tyłu oraz listwy zasilające i oświetlenie wnętrza.

5.2. Trasy kablowe

Poglądowa budowa koryt kablowych pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU19.1.

Rozmieszczenie koryt kablowych w pomieszczeniu pokazane jest na rysunku wielkoformatowym: AW01.1.

Zaprojektowano następujące obudowy tras kablowych w reżyserni dźwiękowej:

- Główną trasę kablową biegnącą w obudowie drewnianej po prawej ścianie nad cokołem wentylacyjnym, prowadzącą od Pomieszczenia technicznego 3.3a do studia S5. Od głównej trasy przewidziane są odejścia do pozostałych tras.
- Odejście prowadzące do głównego biurka studyjnego i szaf rack prowadzone na podłodze w obudowie drewnianej.
- Odejście prowadzące do drugiego biurka studyjnego prowadzone na podłodze w obudowie drewnianej.
- Odejście prowadzące do Przedsonka 3.3b poprowadzone na przedniej ścianie reżyserni przy podłodze w obudowie drewnianej.
- Dodatkowe trasy kablowe przewidziane są na trzech bocznych ściankach podestu, za podestem w narożu podłogi i ściany oraz po obwodzie okna.
- Okablowanie do dolnych bocznych głośników efektowych zostanie poprowadzone na ścianach bocznych w obudowie drewnianej (ściana lewa) i korycie kablowym (ściana prawa) poniżej linii adaptacji akustycznej.
- Okablowanie do dolnych tylnych głośników efektowych zostanie doprowadzone do przyłączy w drugi biurku studyjnym.
- Doprowadzenie przewodów zasilających i sygnałowych do górnych głośników efektowych zostanie poprowadzone w korycie kablowym biegnącym pod sufitem wzdłuż całego pomieszczenia od Pomieszczenia technicznego 3.3a.

5.3. Mocowanie zestawów głośnikowych

Frontowe główne zestawy głośnikowe oraz dolne tylne zestawy głośnikowe efektowe zainstalowane są na statywach wolnostojących. Zestawy stoją bezpośrednio na podeście. Dla pozostałych zestawów głośnikowych należy uwzględnić poniższe wytyczne.

5.3.1. Górne zestawy głośnikowe

Przewidziano mocowanie górnych zestawów głośnikowych do ramy montażowej wykonanej z konstrukcyjnych profili aluminiowych. Rama zostanie zamocowana poprzez wibroizolatory do stropu właściwego pomieszczenia za pomocą prętów stalowych (szpilek) przepuszczonych przez sufit dźwiękoizolacyjny, nie obciążając go.

Wykonawca zobowiązany jest do zaprojektowania ramy montażowej sufitowych głośników efektowych, uwzględniając rozmieszczenie zestawów głośników sufitowych, ich ciężar, wibroizolację, rozmieszczenie oświetlenia głównego reżyserni oraz możliwość regulacji rozstawu urządzeń głośnikowych.

Wibroizolatory należy dobrać tak, aby częstotliwość rezonansowa całego układu nie przekraczała 10 Hz.

Rama powinna umożliwiać zmianę rozstawu urządzeń głośnikowych w obu osiach poziomych o min. 50 cm.

Należy uwzględnić sposób mocowania uchwytów głośnikowych. Dostawa uchwytów głośnikowych jest poza zakresem robót.

5.3.1. Dolne boczne zestawy głośnikowe

Dolne boczne zestawy głośników efektowych należy zainstalować na ramionach zamocowanych do ścianach bocznych reżyserni.

Ramiona powinny być obrotowe w osi pionowej tuż przy adaptacji akustycznej i umożliwiać złożenie wraz z zestawami głośnikowymi wzdłuż ścian bocznych reżyserni (wzdłuż adaptacji akustycznej).

Ramiona powinny umożliwić regulację odległości zestawów głośnikowych od punktu odsłuchu o ± 20 cm. Projektowa odległość wynosi 180 cm.

5.4. Modernizacja pomieszczeń towarzyszących

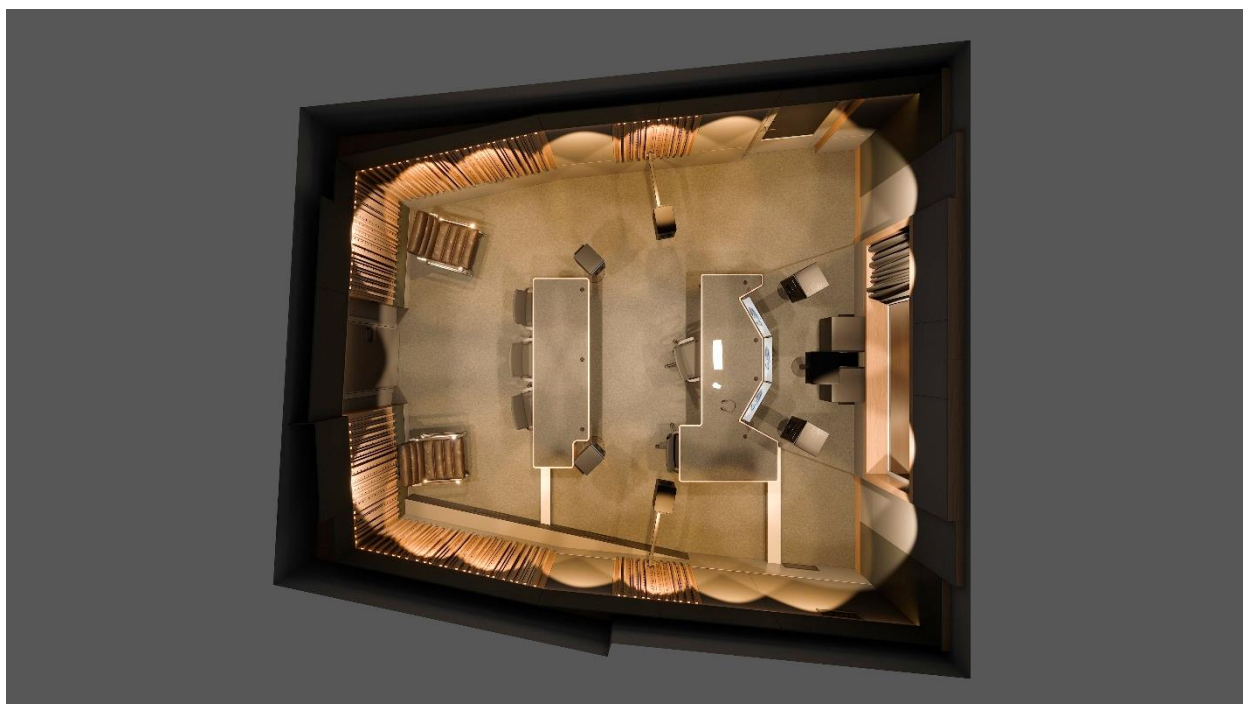
W Pomieszczeniu technicznym 3.3a oraz Przedśionku 3.3b przewidziano wymianę wykładziny podłogowej, ściennych okładzin dźwiękochłonnych, sufitu podwieszanego kasetonowego oraz oświetlenia. Na ścianach przewidziano listwy ochronne przy podłodze oraz na wysokości ok. 70 cm.

6. Wizualizacje komputerowe wnętrza

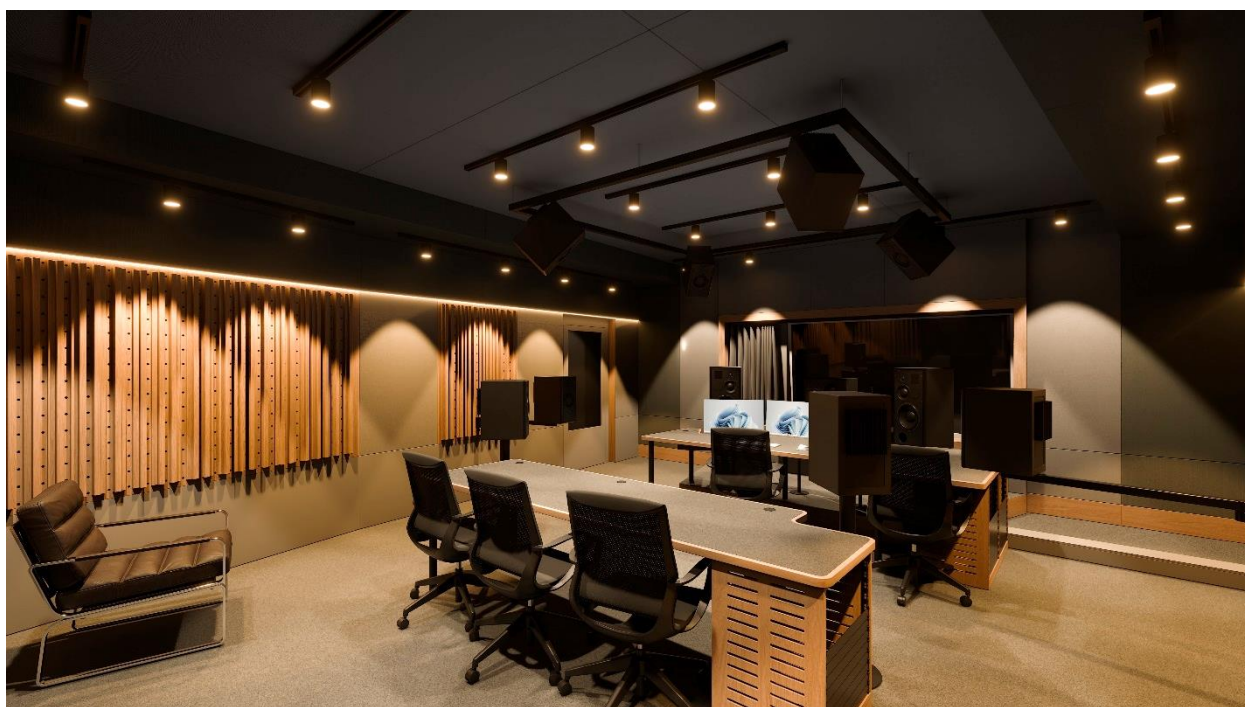
Wizualizacje wnętrza służą przedstawieniu elementów adaptacji akustycznej w pomieszczeniu. Poza wizualizacjami zamieszczonymi w niniejszym dokumencie, dołączone zostały pliki pokazujące więcej ujęć pomieszczenia w wysokiej rozdzielczości. Przedstawioną kolorystykę oraz wyposażenie dodatkowe pomieszczenia należy traktować jako przykładowe.

Przyjęte kolory przedstawione na wizualizacjach:

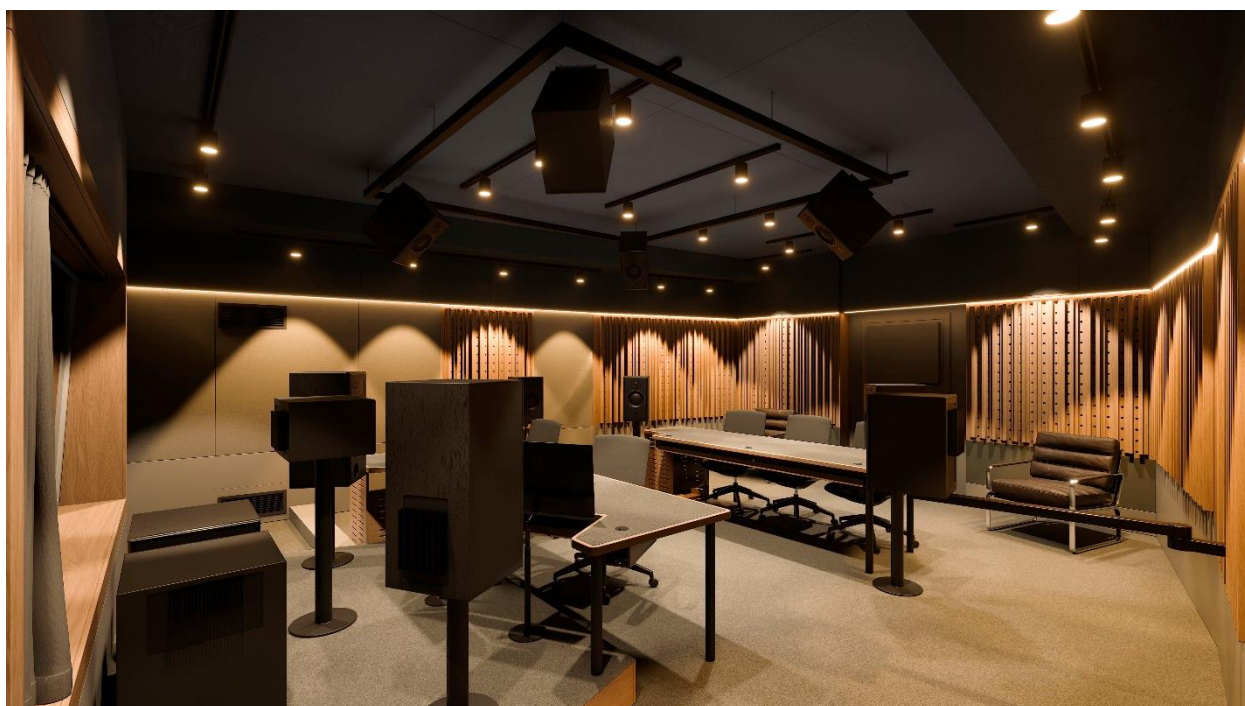
- Wykładzina dywanowa: szary,
- Widoczne ściany: szary,
- Boki ustrojów przy drzwiach: fornir dębowy,
- Ramy okna reżyserskiego: fornir dębowy,
- Koryta wokół okna reżyserskiego: fornir dębowy,
- Drzwi wewnętrzne: szary,
- Ustroje zakryte tkaniną nad linią LED: grafit,
- Ustroje zakryte tkaniną pod linią LED: szary,
- Widoczne ustroje drewniane: fornir dębowy,
- Przednia ściana środek: szary,
- Przednia ściana boki: grafit,
- Widoczne elementy drewniane: fornir dębowy,
- Sufit środek: szary,
- Sufit boki: grafit,
- Cokół: grafit,
- Meble: wykładzina: antracyt, drewno: fornir dębowy,
- Oświetlenie: 3000K.



Rys. 8 Wizualizacje wnętrza – widok 1



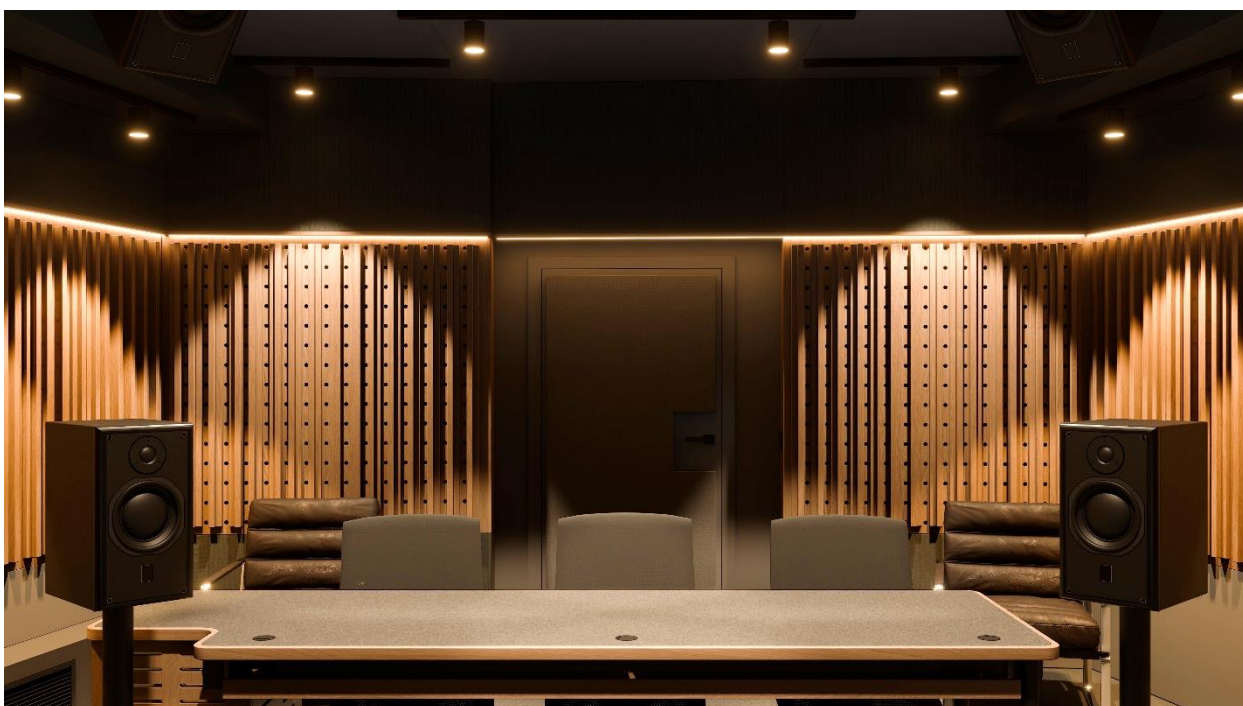
Rys. 9 Wizualizacje wnętrza – widok 2



Rys. 10 Wizualizacje wnętrza – widok 3



Rys. 11 Wizualizacje wnętrza – widok 4



Rys. 12 Wizualizacje wnętrza – widok 5

7. Specyfikacje materiałowe

7.1. Drzwi wewnętrzne D1 do 3.3 Reżyserni Studia S5

- Drzwi jednoskrzydłowe o szerokości przejścia 90 cm z ościeżnicą drewnianą lub metalową.
- Drzwi dźwiękoizolacyjne o wskaźniku izolacyjności $R_w (C, C_{tr}) \geq 45 (0, -3)$ dB.
- Drzwi wyposażone w okno o wymiarach 120 × 63 cm nieobniżające parametrów akustycznych drzwi.
- Zaleca się drzwi z min. dwiema uszczelkami obwodowymi oraz podwójną uszczelką opadającą lub progiem przejezdny.
- Montażu drzwi dokonać zgodnie ze specyfikacją producenta do drzwi dźwiękoizolacyjnych. Alternatywnie stosować montaż z wykorzystaniem sznurów lub taśm rozprężnych lub stosować wypełnienie szczelin z gęstej wełny mineralnej.
- Nie jest dopuszczalny montaż z wykorzystaniem pianki budowlanej, chyba że producent dopuszcza taki montaż.
- Wymagane minimalne wartości izolacyjności akustycznej dla drzwi D1 znajdują się w Tab. 2.

Tab. 2 Wymagane minimalne wartości izolacyjności akustycznej drzwi D1

Oznaczenie drzwi	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
D1	R, dB (min.)	33,0	41,0	43,0	43,0	47,0	52,0

7.2. Drzwi wewnętrzne D2 do 3.3a Pomieszczenie gospodarcze oraz D3 do Magazynku

- Drzwi jednoskrzydłowe o szerokości przejścia, drzwi D2: 97 cm i drzwi D3: 90 cm, z ościeżnicą drewnianą lub metalową.
- Drzwi dźwiękoizolacyjne o wskaźniku izolacyjności $R_w (C, C_{tr}) \geq 35 (0, -2)$ dB.
- Zaleca się drzwi z min. dwiema uszczelkami obwodowymi oraz uszczelką opadającą lub progiem przejezdny.
- Montażu drzwi dokonać zgodnie ze specyfikacją producenta do drzwi dźwiękoizolacyjnych. Alternatywnie stosować montaż z wykorzystaniem sznurów lub taśm rozprężnych lub stosować wypełnienie szczelin z gęstej wełny mineralnej.
- Nie jest dopuszczalny montaż z wykorzystaniem pianki budowlanej, chyba że producent dopuszcza taki montaż.
- Wymagane minimalne wartości izolacyjności akustycznej dla drzwi D1 znajdują się w Tab. 3.

Tab. 3 Wymagane minimalne wartości izolacyjności akustycznej drzwi D2 i D3

Oznaczenie drzwi	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
D2, D3	R, dB (min.)	34,0	34,0	33,0	34,0	38,0	44,0

7.3. Sufit dźwiękoizolacyjny w 3.3 Reżyserni Studia S5

- Warstwy sufitu dźwiękoizolacyjnego (licząc od góry):
 - strop pomieszczenia istniejący,
 - pustka powietrzna > 65 cm,

- podkonstrukcja jednopoziomowa na profilach UD60 podwieszona do stropu za pomocą wibroizolatorów elastomerowych w siatce 60 × 60 cm lub zbliżonej, na podkonstrukcji wełna mineralna: grubość: 50 – 100 mm, gęstość: 20 – 50 kg/m³,
- 1 × 18 mm płyta OSB lub sklejka,
- 1 × 12,5 mm płyta GKB o gęstości 700 – 1 000 kg/m³.
- Częstotliwość rezonansowa wibroizolatorów: $f_{rez} \leq 12$ Hz, ugięcie: ok. 10 %.
- Stosować wibroizolację obwodową.
- Opłytywanie oraz system zawieszenia muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.

7.4. Sufit kasetonowy w 3.3a Pomieszczeniu technicznym oraz 3.3b Przedsionku

- Sufit kasetonowy w rastrze 60 × 60 cm.
- Kasetony dźwiękochłonne na bazie wełny mineralnej, grubość: 15 – 25 mm.
- Klasa pochłaniania dźwięku: A.
- Kolor: biały.
- Kasetony oraz system zawieszenia muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.

7.5. Wykładzina dywanowa

- Wykładzina dywanowa jest materiałem w niewielkim stopniu pochłaniającym zakres dużych częstotliwości.
- Grubość wykładziny: 4 – 6 mm.
- Stosować wykładzinę antystatyczną.
- Wykładzina, kleje oraz elementy wykończeniowe muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku dla wykładziny dywanowej znajdują się w Tab. 4.
- Przykładowy produkt spełniający specyfikację: Forbo Flotex.

Tab. 4 Wymagane współczynniki pochłaniania dla wykładziny dywanowej

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
Wykładzina dywanowa	α ($\pm 5\%$)	0,00	0,00	0,05	0,10	0,25	0,25

7.6. Kotara dźwiękochłonna – element prefabrykowany

- Kotary powinny być wykonane z materiału dźwiękochłonnego, np.: serża wełniana, molton sceniczny.
- Gramatura materiału: 400 – 650 g/m².
- Marszczenie kotar: 25 – 50 %.
- Zawieszenie kotar z prowadnicami manualnymi.
- Kotary oraz system zawieszenia muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku dla katar dźwiękochłonnych (marszczenie 25%, odległość od ściany 10 cm) znajdują się w Tab. 5.
- Przykładowy produkt spełniający specyfikację: Wave Acoustics CURTAIN.

Tab. 5 Wymagane współczynniki pochłaniania dla kotar dźwiękochłonnych (marszczenie 25%, odległość od ściany 10 cm)

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
Kotara dźwiękochłonna	α ($\pm 10\%$)	0,05	0,45	0,80	0,80	0,80	0,80

7.7. Ustrój akustyczny: 3.3 BIN-1

- Ustrój ten jest hybrydowym ustrojem perforowanym pochłaniającym szeroki zakres częstotliwości i rozpraszającym częstotliwości duże.
- Ustrój oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 6.
- Wymagane minimalne współczynniki rozpraszania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 7.
- Przykładowy produkt spełniający specyfikację: Wave Acoustics BOX BIN.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustroju pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU01.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 60 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 50 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 8 mm.
 - Perforacja wykonana zgodnie z formułą matematyczną zapewniającą rozpraszanie dźwięku w zakresie dużych częstotliwości, tzw. rozpraszająca matryca binarna.

Tab. 6 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 BIN-1

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 BIN-1	α ($\pm 10\%$)	0,65	1,00	1,00	0,90	0,65	0,45

Tab. 7 Wymagane minimalne współczynniki rozpraszania dla ustroju: 3.3 BIN-1

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]				
		1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
BIN-1	s (min)	-	0,15	0,20	0,35	0,40

7.8. Ustrój akustyczny: 3.3 BIN-2-S

- Ustrój ten jest hybrydowym ustrojem perforowanym pochłaniającym szeroki zakres częstotliwości i rozpraszającym częstotliwości duże.
- Ustrój oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 8.

- Wymagane minimalne współczynniki rozpraszania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 9.
- Przykładowy produkt spełniający specyfikację: Wave Acoustics BOX BIN.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustroju pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU02.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Sufit pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 162 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 150 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 8 mm.
 - Perforacja wykonana zgodnie z dołączonym plikiem DXF. Perforacja ta zaprojektowana jest zgodnie z formułą matematyczną zapewniającą rozpraszanie dźwięku w zakresie dużych częstotliwości, tzw. rozpraszająca matryca binarna.

Tab. 8 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 BIN-2-S

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 BIN-2-S	$\alpha (\pm 10\%)$	0,65	1,00	1,00	0,90	0,60	0,40

Tab. 9 Wymagane minimalne współczynniki rozpraszania dla ustroju: 3.3 BIN-2-S

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]				
		1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
3.3 BIN-2-S	s (min)	0,10	0,15	0,30	0,35	0,35

7.9. Ustrój akustyczny: 3.3 PRF-1-PD

- Ustrój ten jest indywidualnie zaprojektowanym i wykonanym ustrojem perforowanym pochłaniającym małe częstotliwości.
- Ustrój ma postać podestu przytwierdzonego do podłogi pomieszczenia.
- Ustrój oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju (pokrytego wykładziną) znajdują się w Tab. 10.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustroju pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU03.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Podłoże (plecy) komory ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 12 mm.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 18 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 176 mm.

- Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 150 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
- Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
- Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 24 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstaw otworów: $128 \times 128 \text{ mm}$.
 - Średnica otworów: 11 mm.
- Wykładzina dywanowa klasy biurowej, antystatyczna, bez podkładu, przepuszczająca powietrze lub alternatywnie wykładzina z podkładem i wybitymi otworami o średnicy 13 mm w miejscu występowania perforacji.

Tab. 10 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-1-PD (pokryty wykładziną)

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-01-PD	$\alpha (\pm 5\%)$	0,80	0,25	0,10	0,10	0,10	0,25	0,25

7.10. Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-2A, 3.3 PRF-2B, 3.3 PRF-3

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami perforowanymi pochłaniającymi małe częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 11.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustroju pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU04.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 157 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 150 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstawy otworów:
 - PRF-2A, PRF-2B: $128 \times 128 \text{ mm}$,
 - PRF-3: $128 \times 96 \text{ mm}$.
 - Średnica otworu: 5 mm.

- Maskownica:
 - Ramki maskownic wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 18 mm.
 - Mocowanie maskownic na gwoździe stolarskie.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 11 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-2A, 3.3 PRF-2B, 3.3 PRF-3

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-2A, 3.3 PRF-2B	α ($\pm 5\%$)	0,70	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
3.3 PRF-3	α ($\pm 5\%$)	0,75	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

7.11. Ustrój akustyczny: 3.3 PRF-4-HF

- Ustrój ten jest indywidualnie zaprojektowanym i wykonanym ustrojem perforowanym pochłaniającym małe częstotliwości i rozpraszającym pasmo średnio-wysokotonowe.
- Ustrój posiada na płycie licowej perforowanej listwy rozpraszające dźwięk.
- Ustrój oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 12.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunkach wielkoformatowych: AU05.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 110 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 100 mm i gęstości $15 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Aku Płyta (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać z MDF z fornirem dębowym o całkowitej grubości 13,2 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstaw otworów: $96 \times 96 \text{ mm}$.
 - Średnica otworów: 22 mm.
- Listwy rozpraszające wykonane z MDF z fornirem dębowym w rozmiarach $30 \times 40 \text{ mm}$ i $30 \times 18 \text{ mm}$.

Tab. 12 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-4-HF

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-4-HF	α ($\pm 5\%$)	0,15	0,55	0,70	0,25	0,10	0,15	0,15

7.12. Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-5A-HF, 3.3 PRF-5B-HF

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami perforowanymi pochłaniającymi małe częstotliwości i rozpraszającymi pasmo średnio-wysokotonowe.
- Ustroje posiadają na płycie licowej perforowaną listwę rozpraszającą dźwięk.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 13.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunkach wielkoformatowych: AU06.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi:
 - PRF-5A-HF: 110 – 365 mm.
 - PRF-5B-HF: 162 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną:
 - PRF-5A-HF: wielokrotność 50 mm (wyp. cała komora) i gęstość $15 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - PRF-5B-HF: o łącznej grubości 150 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: PRF-5A-HF: Isover Aku Płyta, PRF-5B-HF: Isover Supervent Plus, (lub równoważne).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać z MDF z fornirem dębowym o całkowitej grubości 13,2 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstaw otworów: $96 \times 96 \text{ mm}$.
 - Średnice otworów:
 - PRF-5A-HF: 19 mm.
 - PRF-5B-HF: 15 mm.
- Listwy rozpraszające wykonane z MDF z fornirem dębowym w rozmiarach $30 \times 40 \text{ mm}$ i $30 \times 18 \text{ mm}$.

Tab. 13 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-5A-HF, 3.3 PRF-5B-HF

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-5A-HF	α ($\pm 5\%$)	0,55	0,90	0,55	0,20	0,10	0,15	0,15
3.3 PRF-5B-HF		0,55	0,90	0,50	0,15	0,10	0,15	0,15

7.13. **Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-6A, 3.3 PRF-6B**

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami perforowanymi pochłaniającymi małe częstotliwości.
- Ustroje posiadają w maskownicy lub na płycie licowej perforowanej listwy rozpraszające dźwięk.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 14.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunkach wielkoformatowych: AU07.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi:
 - PRF-6A: 132 – 384 mm.
 - PRF-6B: 184 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną:
 - PRF-6A: wielokrotność 50 mm (wyp. cała komora) i gęstość 15 kg/m³ ± 5%.
 - PRF-6B: o łącznej grubości 150 mm i gęstości 30 kg/m³ ± 5%.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: PRF-6A: Isover Aku Płyta, PRF-6B: Isover Supervent Plus, (lub równoważne).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m².
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 18 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstaw otworów: 128 × 128 mm.
 - Średnice otworów:
 - PRF-6A: 16 mm.
 - PRF-6B: 12 mm.
- Maskownica:
 - Ramki maskownic wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 18 mm.
 - Mocowanie maskownic na gwoździe stolarskie.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 14 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-6A, 3.3 PRF-6B

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-6A	α (±5%)	0,85	0,70	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10
3.3 PRF-6B		0,75	0,65	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10

7.14. Ustrój akustyczny: 3.3 PRF-7A, 3.3 PRF-7B

- Ustrój ten jest indywidualnie zaprojektowanym i wykonanym ustrojem perforowanym pochłaniającym małe częstotliwości.
- Ustroje posiadają w maskownicy lub na płycie licowej perforowanej listwy rozpraszające dźwięk.
- Ustrój oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 15.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunkach wielkoformatowych: AU08.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 126 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 120 mm i gęstości $50 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Rockwool Rockton Premium (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 18 mm.
 - Perforacja w rastrze prostokątnym.
 - Rozstaw otworów: $160 \times 128 \text{ mm}$.
 - Średnica otworów: 5 mm.
- Maskownica:
 - Ramki maskownic wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 18 mm.
 - Mocowanie maskownic na gwoździe stolarskie.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 15 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-7A, 3.3 PRF-7B

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-7A	$\alpha (\pm 5\%)$	0,65	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
3.3 PRF-7B		0,70	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

7.15. Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-8A, 3.3 PRF-8B

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami perforowanymi pochłaniającymi małe częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.

- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 16.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunkach wielkoformatowych: AU09.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 158 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 150 mm i gęstości $15 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Aku Płyta (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 12 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstaw otworów: $96 \times 96 \text{ mm}$.
 - Średnice otworów: 13 mm.
- Maskownica:
 - Ramki maskownic wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 12 mm.
 - Mocowanie maskownic na gwoździe stolarskie.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 16 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-8A, 3.3 PRF-8B

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-8A, 3.3 PRF-8B	$\alpha (\pm 5\%)$	0,45	0,80	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10

7.16. Ustroje akustyczne: PRF-9A-HF, PRF-9B-HF

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami perforowanymi pochłaniającymi małe częstotliwości i rozpraszającymi pasmo średnio-wysokotonowe.
- Ustroje posiadają na płycie licowej perforowanej listwy rozpraszające dźwięk.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 17.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunkach wielkoformatowych: AU10.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.

- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 160 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 150 mm i gęstości $25 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supermata Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać z MDF z fornirem dębowym o całkowitej grubości 13,2 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstaw otworów: $96 \times 96 \text{ mm}$.
 - Średnica otworów: 14 mm.
- Listwy rozpraszające wykonane z MDF z fornirem dębowym w rozmiarach $30 \times 40 \text{ mm}$ i $30 \times 18 \text{ mm}$.

Tab. 17 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 PRF-9A-HF, PRF-9B-HF

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-9A-HF, 3.3 PRF-9B-HF	$\alpha (\pm 5\%)$	0,50	0,90	0,45	0,10	0,10	0,15	0,15

7.17. Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-10-W

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami perforowanymi pochłaniającymi małe częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 18.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustroju pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU11.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 138 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 120 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 12 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstawy otworów: $96 \times 96 \text{ mm}$
 - Średnica otworu: 12 mm.

- Rama ustroju:
 - Ramę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość ramy wynosi: 60 mm.
 - Rama powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 50 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Maskownica:
 - Ramki maskownic wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 12 mm.
 - Mocowanie maskownic na gwoździe stolarskie.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 18 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-10-W

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-10-W	$\alpha (\pm 5\%)$	0,50	0,80	0,65	0,95	1,00	0,95	0,90

7.18. Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-11-S

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami perforowanymi pochłaniającymi małe częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 19.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustroju pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU12.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 158 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 150 mm i gęstości $15 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Aku Płyta (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 12 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstawy otworów: $96 \times 96 \text{ mm}$
 - Średnica otworu: 11 mm.

Tab. 19 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-11-S

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-11-S	α ($\pm 5\%$)	0,50	0,75	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10

7.19. Ustroje akustyczne: 3.3 PRF-12-S

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami perforowanymi pochłaniającymi małe częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku ustroju znajdują się w Tab. 20.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustroju pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU13.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Komorę ustroju wykonać ze sklejk lub MDF o grubości: 15 mm.
 - Głębokość komory wynosi: 158 mm.
 - Komora powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 150 mm i gęstości $15 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Aku Płyta (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Płyta perforowana:
 - Płytę perforowaną wykonać ze sklejk lub MDF o grubości: 12 mm.
 - Perforacja w rastrze kwadratowym.
 - Rozstawy otworów: $64 \times 64 \text{ mm}$
 - Średnica otworu: 16 mm.

Tab. 20 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 PRF-12-S

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 PRF-12-S	α ($\pm 5\%$)	0,30	0,75	0,85	0,45	0,15	0,10	0,10

7.20. Ustroje akustyczne: 3.3 WB-50, 3.3 W-50, 3.3 W-50-S, W-50-KM

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami pochłaniającymi zakres średnich i dużych częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku dla ustrojów znajdują się w Tab. 21.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU14.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana lub sufit pomieszczenia lub drzwi wewnętrzne.

- Rama ustroju:
 - Ramę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 15 mm.
 - Głębokość ramy wynosi 60 mm.
 - Rama powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 50 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Maskownica:
 - Ramy ustrojów WB-50 i W-50-KM są w całości zaciągnięte tkaniną, bez osobnej ramki maskownicy.
 - Na wierzchu ustrojów W-50-KM przy podłodze i na wys. ok. 70 cm zamontowane są listwy ochronne.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownicy.

Tab. 21 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 WB-50, 3.3 W-50, 3.3 W-50-S

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 WB-50, 3.3 W-50, 3.3 W-50-S	$\alpha (\pm 5\%)$	0,20	0,75	0,95	1,00	0,95	0,90

7.21. Ustroje akustyczne: 3.3 W-100A, 3.3 W-100B

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami pochłaniającymi szeroki zakres częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku dla ustrojów znajdują się w Tab. 22.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU15.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Rama ustroju:
 - Ramę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 15 mm.
 - Głębokość ramy wynosi 110 mm.
 - Rama powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 100 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .

- Maskownica:
 - Ramki maskownic wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 12 mm.
 - Mocowanie maskownic na gwoździe stolarskie.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 22 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustrojów: 3.3 W-100A, 3.3 W-100B

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 W-100A, 3.3 W-100B	α ($\pm 5\%$)	0,80	0,90	1,00	1,00	0,90	1,00

7.22. Ustroje akustyczne: 3.3 W-150

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami pochłaniającymi szeroki zakres częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku dla ustrojów znajdują się w Tab. 23.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU16.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Rama ustroju:
 - Ramę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 15 mm.
 - Głębokość ramy wynosi 162 – 254 mm.
 - Rama powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 150 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Maskownica:
 - Ramki maskownic wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 12 mm.
 - Mocowanie maskownic na gwoździe stolarskie.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 23 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 W-150

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 W-150	α ($\pm 10\%$)	0,90	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00

7.23. Ustroje akustyczne: 3.3 W-200

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami pochłaniającymi szeroki zakres częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku dla ustrojów znajdują się w Tab. 24.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU17.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Ściana pomieszczenia.
- Rama ustroju:
 - Ramę ustroju wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 15 mm.
 - Głębokość ramy wynosi 210 mm.
 - Rama powinna być wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 200 mm i gęstości $30 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Supervent Plus (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Maskownica:
 - Ramki maskownic wykonać ze sklejki lub MDF o grubości: 12 mm.
 - Mocowanie maskownic na gwoździe stolarskie.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 24 Wymagane współczynniki pochłaniania dla ustroju: 3.3 W-200

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
3.3 W-200	α ($\pm 10\%$)	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00

7.24. Ustroje akustyczne: 3.3 W-400-PS

- Ustroje te są indywidualnie zaprojektowanymi i wykonanymi ustrojami pochłaniającymi szeroki zakres częstotliwości.
- Ustroje oraz system montażu muszą spełniać warunki określone przepisami przeciwpożarowymi.
- Wymagane współczynniki pochłaniania dźwięku dla ustrojów znajdują się w Tab. 25.
- Konstrukcja:

Szczegółowa konstrukcja ustrojów pokazana jest na rysunku wielkoformatowym: AU18.1.

Poniższe warstwy ustroju wypisane są w kolejności od podłoża do wierzchniej warstwy ustroju:

- Naroże sufit-ściana pomieszczenia.
- Komora ustroju:
 - Ściankę komory ustroju od centralnej strony pomieszczenia wykonać ze sklejki lub MDF o grubości 15 mm. Pozostałe ścianki utworzone są przez ściany pomieszczenia.
 - Głębokość komory wynosi 430 mm.
 - Komora powinna być w całości wypełniona jednorodną wełną mineralną szklaną o łącznej grubości 400 mm i gęstości $15 \text{ kg/m}^3 \pm 5\%$.
 - Przykładowa wełna spełniająca wymagania: Isover Aku Płyta (lub równoważna).
 - Wełnę mineralną należy przykryć flizeliną, geowłókniną lub agrowłókniną w kolorze czarnym o gramaturze nie większej niż 60 g/m^2 .
- Maskownica:
 - Rama ustroju W-400-PS jest w całości zaciągnięta tkaniną, bez osobnej ramki maskownicy.
 - Tkanina zakrywająca:
 - Tkanina musi być materiałem przeziernym akustycznie i przepuszczać powietrze z minimalnym oporem.
 - Tkanina musi być materiałem jednorodnym.
 - Przykładowa tkanina spełniająca wymagania: Camira Cara (lub równoważna).
 - Tkaninę zawinąć wokół brzegów maskownic.

Tab. 25 Wymagane współczynniki pochłaniania dla wełny o grubości 100 mm w ustroju: 3.3 W-400-PS

Rodzaj ustroju akustycznego	Parametr	f [Hz]					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
wełna gr. 100 mm w 3.3 W-400-PS	$\alpha (\pm 5\%)$	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

8. Podsumowanie

W ramach opracowania przedstawiono założenia projektowe akustyki wnętrz wraz z wynikami obliczeń i symulacji parametrów akustycznych pomieszczenia. Przedstawiono zakres prac modernizacyjnych, zaprojektowane rozwiązania technologiczne oraz specyfikacje materiałowe.

Zaprojektowane rozwiązania przedstawiono na rysunku wielkoformatowym oraz wizualizacjach komputerowych wnętrza.

9. Literatura

- [1] PN-B-02153 Akustyka budowlana. Terminologia, symbole literowe i jednostki.
- [2] PN-EN ISO 3382-1:2009 Akustyka. Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń. Część 1: Pomieszczenia specjalne
- [3] EBU Tech. 3276, Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two-channel stereophonic, European Broadcasting Union, Geneva, 1998.
- [4] Technical Document AESTD1001.0.01-5, Multichannel surround sound systems and operations, Audio Engineering Society, INC., New York.
- [5] Dolby Atmos Room Design Tool v6.4.0 HE + Music
- [6] Kuttruff H., Room Acoustics, Fourth Edition, Spon Press, 2000.
- [7] Cox J., D'Antonio P., Acoustic Absorbers and Diffusers, Theory, design and application, Spon Press, 2004.
- [8] Kleiner M., Tichy J., Acoustics of Small Rooms, CRC Press, 2014