

1. Sala wielofunkcyjna 0.01

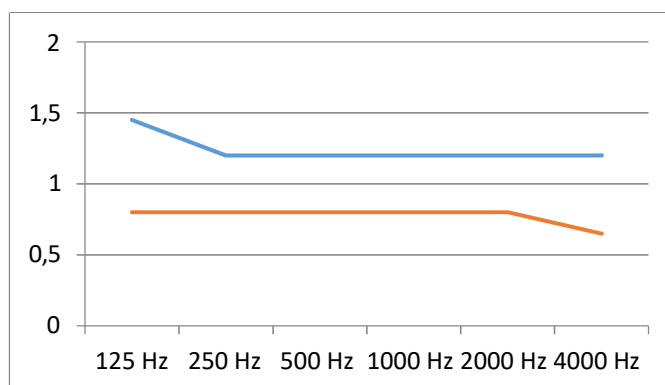
Wymagania

Literatura tematu zaleca wyliczać optymalną wartość czasu pogłosu dla tego typu pomieszczeń wg wzorów:

Pomieszczenia do muzyki kameralnej: $0,20\log V + 0,31 = 0,20\log 2050 + 0,31 = 0,97$

Sale teatralne i konferencyjne bez nagłośnienia: $0,075(V)^{1/3} = 0,075(2050)^{1/3} = 0,95$

Przyjęto jako optymalny czas pogłosu $T_{opt} = 0,95$ s. Zakres możliwych odchyłek od tej wartości pokazuje poniższy wykres.



Rozwiązania

Sufit nad sceną, widownią i balkonem oraz pod balkonem.

Na całej powierzchni sufitu, ok. 200 mm poniżej lica stropu, zainstalowany system składający się z wolno wiszących paneli akustycznych z wełny szklanej o wymiarach i kształtach zgodnych z rysunkiem sufitów wiszących poziomo, o wadze 6,5 – 14,5 kg/szt. Obie strony panelu są pokryte powłoką akustyczną w kolorze białym, malowaną farbą na bazie wody. Krawędzie są pomalowane. Powierzchnia sufitu ma współczynnik odbicia światła 85%. Wymagana chłonność akustyczna paneli mierzona zgodnie z normą EN ISO 354 lub równoważną.

	Grubość	c.w.k.	Równoważna chłonność akustyczna (Aeq, m² na panel)					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
2400x1200	40	200	1,30	2,80	3,50	4,10	4,10	3,90
2400x1200	40	400	1,20	2,40	3,30	4,70	4,90	4,70
2400x1200	40	1000	1,10	2,20	3,70	5,50	5,60	5,30
1800x1200	40	200	0,60	2,00	2,90	3,40	3,30	3,10
1800x1200	40	400	0,80	1,90	2,60	3,70	3,70	3,60
1800x1200	40	1000	0,80	1,70	2,90	4,30	4,20	4,30

Panele są demontowane, a bezpieczne połączenie mocowania kotwiącego z wieszakiem zapobiega przypadkowemu odłączeniu.

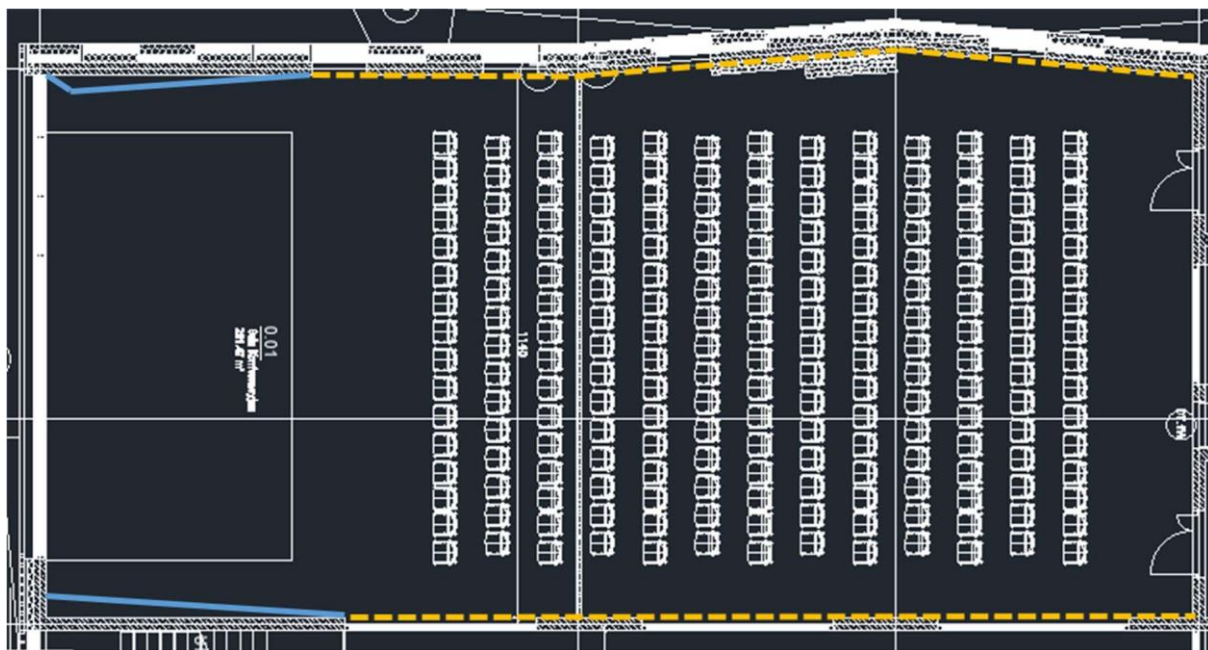
Panele mają klasę A2-s1, d0 zgodnie z EN 13501-1-lub równoważne,; konstrukcja jest w klasie A1 . Rdzeń z wełny szklanej przebadany i sklasyfikowany jako niepalny zgodnie z EN ISO 1182 lub równoważny

Panele są w 100% stabilne w środowiskach osiagających do 95% wilgotności względnej i przy temperaturze 30°C.

Kształt uzyskano z paneli o wymiarach 2400/600 mm (uzyskane z przecięcia na pół standardowych paneli o wymiarach 2400/1200 mm). Panele łączone parami w szewrony o proporcjach pokazanych na poniższej wizualizacji. W całej sali instalowanych powinno być 107 paneli 2400/600. Dzięki temu uzyska się 12 pasów instalowanych w odstępach rzędu 320 mm (pokrycie ~70%).

Ściany boczne sceny

Na całej wysokości ścian instalowane przedścianki GK z poszyciem 3x12,5 mm. Przedścianki odchylone o ok. 5° od ściany (tak jak to pokazano niebieskimi liniami na poniższym szkicu). Przestrzeń między poszyciem przedścianki a ścianą wypełniona wełną mineralną.



W miejscach oznaczonych kreskowanymi żółtymi liniami, tuż pod stropem, instalowane pasy paneli ściennych absorbujących. Absorber ścienny składający się z paneli ściennych z wełny szklanej, ze ściętymi krawędziami zakończonymi niewielką fazą oraz dodatkowym absorberem niskich częstotliwości, tworząc dyskretne połączenie paneli. Format 2700x600x40 mm montowany z systemową konstrukcją. Waga systemu (łącznie z konstrukcją) wynosi około 7 kg/m². Widoczna powierzchnia panelu ściennego jest wykończona powłoką tkaną na bazie włókna szklanego.

Akustyka: Panel ścienny posiada klasę pochłaniania dźwięku A, ważony współczynnik pochłaniania dźwięku α_w równy 1,00 oraz praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku (całkowita głębokość systemu 50 mm):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0.65	1,00	0,95	1.00	1.00	1.00

Wartości mierzone zgodnie z EN ISO 354 lub równoważnej i klasyfikowane zgodnie z EN ISO 11654 lub równoważnej. Panele instalowane na dodatkowej warstwie 50 mm wełny szklanej o gęstości ok. 30 kg/m³. Pasy o wysokości 675 mm złożone z paneli o wymiarach 675/600 mm.



Ściana tylna widowni (oś D)

Pas paneli ściennych absorbujących instalowany od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem posadzki aż do sufitu podwieszanego. Panele docięte przy suficie, oknie i drzwiach i montowane na dodatkowej warstwie 50 mm wełny szklanej o gęstości ok. 30 kg/m³. Absorber ścienny składający się z paneli ściennych z wełny szklanej, ze ściętymi krawędziami zakończonymi niewielką fazą oraz dodatkowym absorberem niskich częstotliwości, tworząc dyskretne połączenie paneli. Format 2700x600x40 mm montowany z systemową konstrukcją. Waga systemu (łącznie z konstrukcją) wynosi około 7 kg/m². Widoczna powierzchnia panelu ściennego jest wykończona powłoką tkaną na bazie włókna szklanego.

Akustyka: Panel ścienny posiada klasę pochłaniania dźwięku A, ważony współczynnik pochłaniania dźwięku α_w równy 1,00 oraz praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku (całkowita głębokość systemu 50 mm):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0.65	1,00	0,95	1.00	1.00	1.00

Wartości mierzone zgodnie z EN ISO 354 lub równoważnej i klasyfikowane zgodnie z EN ISO 11654 lub równoważnej. Panele instalowane na dodatkowej warstwie 50 mm wełny szklanej o gęstości ok. 30 kg/m³. Pasy o wysokości 675 mm złożone z paneli o wymiarach 675/600 mm.



Ściana tylna balkonu (oś D)

Pas paneli ściennych instalowany od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem posadzki aż do stropu. Panele docięte przy suficie i drzwiach i montowane na dodatkowej warstwie 50 mm wełny szklanej o gęstości ok. 30 kg/m³. Absorber ścienny składający się z paneli ściennych z wełny szklanej, ze ściętymi krawędziami zakończonymi niewielką fazą oraz dodatkowym absorberem niskich częstotliwości, tworząc dyskretne połączenie paneli. Format 2700x600x40 mm montowany z systemową konstrukcją. Waga systemu (łącznie z konstrukcją) wynosi około 7 kg/m². Widoczna powierzchnia panelu ściennego jest wykończona powłoką tkaną na bazie włókna szklanego.

Akustyka: Panel ścienny posiada klasę pochłaniania dźwięku A, ważony współczynnik pochłaniania dźwięku α_w równy 1,00 oraz praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku (całkowita głębokość systemu 50 mm):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0.65	1,00	0,95	1.00	1.00	1.00

Wartości mierzone zgodnie z EN ISO 354 lub równoważnej i klasyfikowane zgodnie z EN ISO 11654 lub równoważnej. Panele instalowane na dodatkowej warstwie 50 mm wełny szklanej o gęstości ok. 30 kg/m³. Pasy o wysokości 675 mm złożone z paneli o wymiarach 675/600 mm.

Wyniki

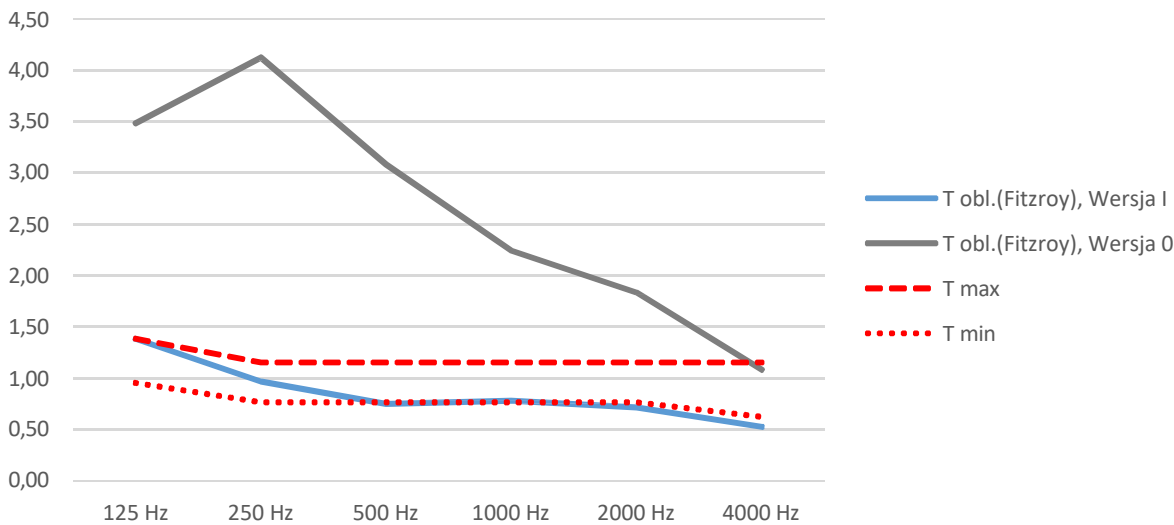
W tabeli poniżej przedstawiono wartości czasu pogłosu w sali wielofunkcyjnej obliczone z wykorzystaniem wzoru Fitzroya, który dobrze się sprawdza w pomieszczeniach prostokątnych (nie zakłada się tu poprawki na niedokładność obliczeń jak w przypadku wzoru Knudsen). W obliczeniach uwzględniono umeblowanie pokazane na aranżacji meblowej.

Wersja 0: sala pozbawiona materiałów dźwiękochłonnych

Wersja I: sala wykończona według powyższych wskazówek

$$T = - \frac{0,161V}{S^2} \left[\frac{S_x^2}{S_x \ln(1-\alpha_x) + 4mV} + \frac{S_y^2}{S_y \ln(1-\alpha_y) + 4mV} + \frac{S_z^2}{S_z \ln(1-\alpha_z) + 4mV} \right]$$

Pasma oktawowe o częstotliwości f , [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Czas pogłosu T , [s], Wersja 0	3,48	4,12	3,08	2,24	1,83	1,08
Czas pogłosu T , [s], Wersja I	1,38	0,97	0,75	0,78	0,71	0,52



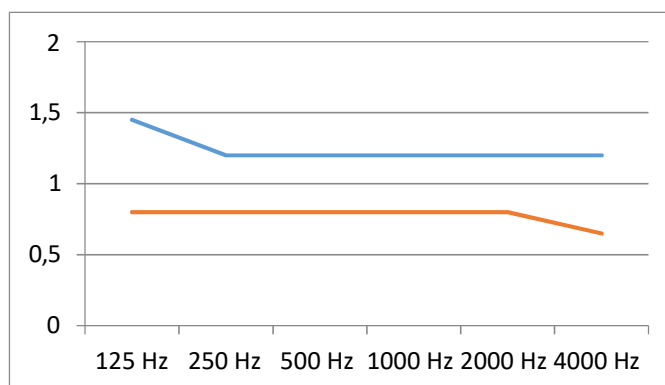
2. Sala taneczna 2.01

Wymagania normowe

Optymalny czas pogłosu obliczono wg zaleceń literaturowych:

Pomieszczenia do muzyki kameralnej: $0,20\log V + 0,31 = 0,20\log 639 + 0,31 = 0,87$

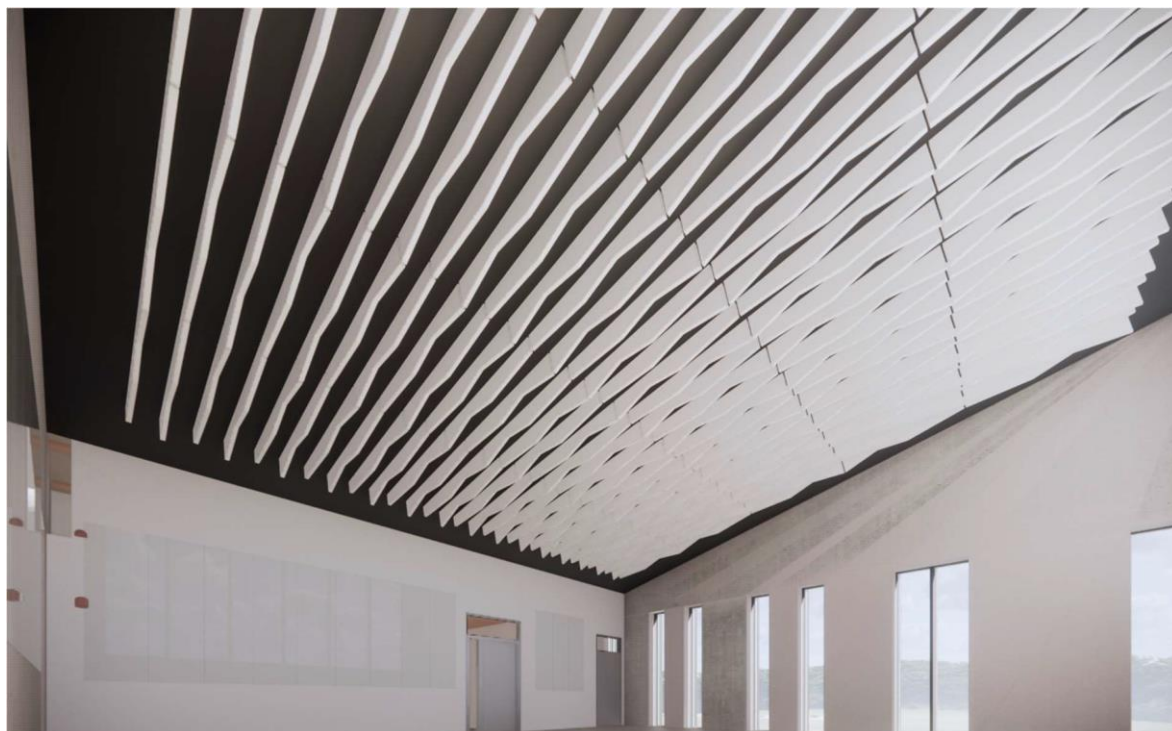
Zakres możliwych odchyłek od tej wartości pokazuje poniższy wykres.



Rozwiązania

Sufit.

Na całej powierzchni sufitu, poniżej drewnianych belek, instalowane wolnowiszące bafle dźwiękochłonne jak na wizualizacji poniżej. Panele o wymiarach 1800x300x40 mm instalowane w odstępach co 300 mm.



Ściany

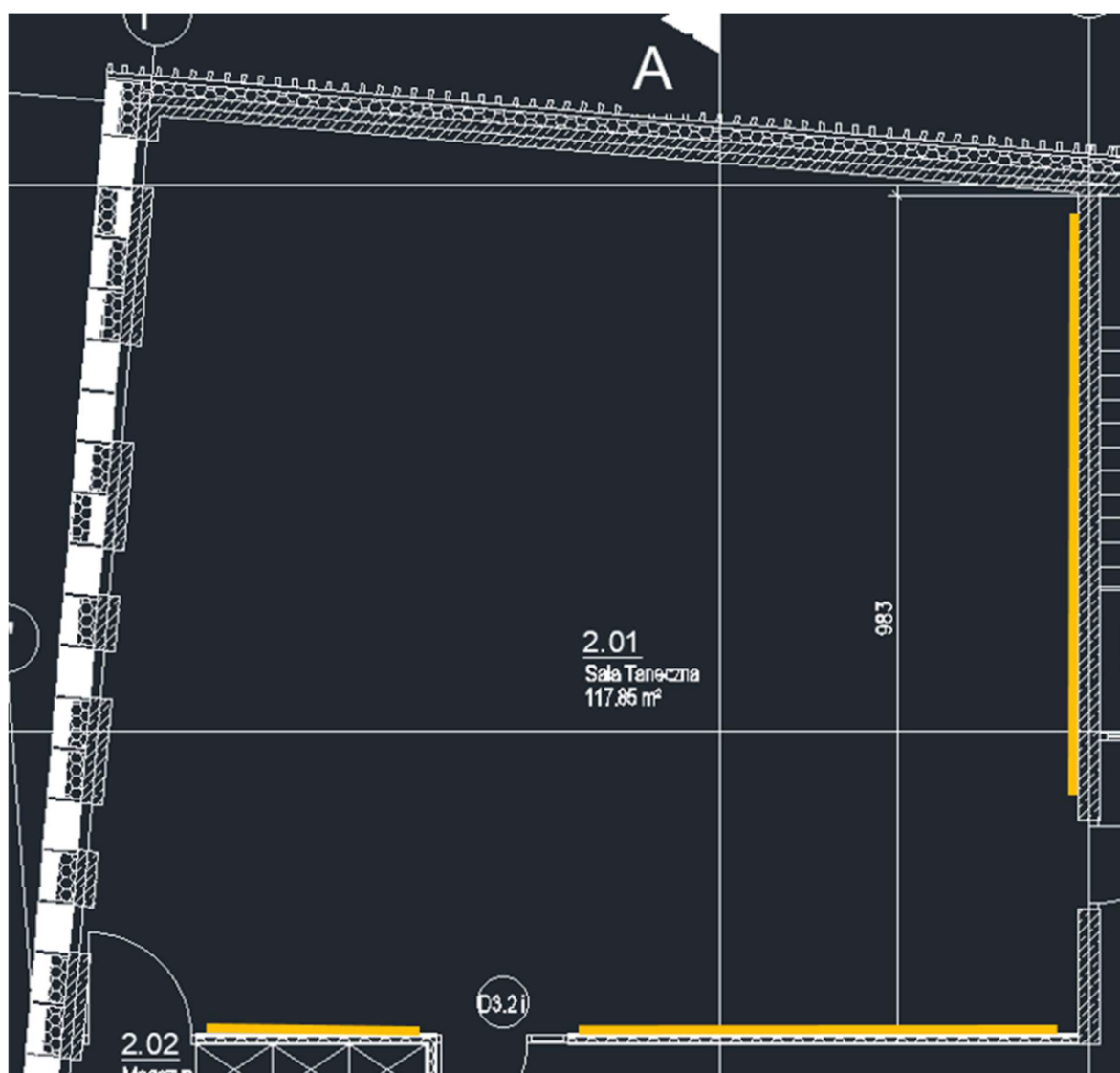
Na ścianach sali tanecznej instalowane panele ściennie absorbujące. Wymagania j.w. Panele montowane na dodatkowej warstwie 50 mm wełny szklanej o gęstości ok. 30 kg/m³.

Ściana w osi 2

Pas paneli ściennych o wymiarach 720 x 135 cm instalowany od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem posadzki do wysokości 235 cm. Pas ułożony z paneli o wymiarach 1350/600 mm (uzyskanych z przecięcia na pół standardowych paneli 2700/600 mm).

Ściana od strony zaplecza 2.02

Dwa pasy paneli ściennych absorbujących jw. O wymiarach 540 x 135 cm i 180 x 135 cm instalowane od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem posadzki do wysokości 235 cm. Pas ułożony z paneli o wymiarach 1350/600 mm (uzyskanych z przecięcia na pół standardowych paneli 2700/600 mm).





Wyniki

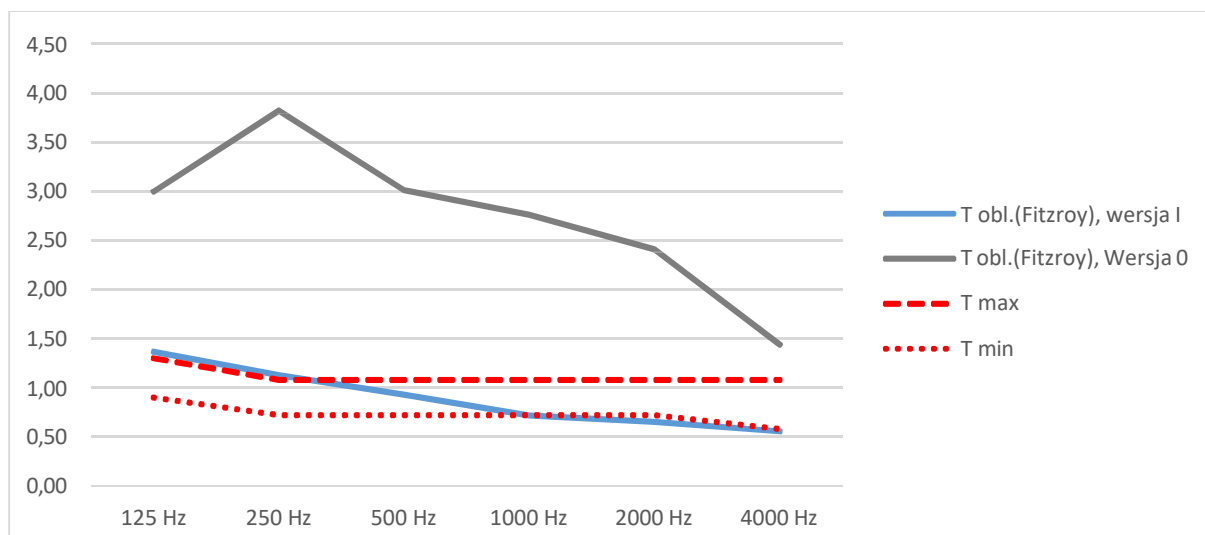
W tabeli poniżej przedstawiono wartości czasu pogłosu w sali tanecznej obliczone z wykorzystaniem wzoru Fitzroya.

Wersja 0: sala pozbawiona materiałów dźwiękochłonnych

Wersja I: sala wykończona według powyższych wskazówek

$$T = - \frac{0,161V}{S^2} \left[\frac{S_x^2}{S_x \ln(1-\alpha_x) + 4mV} + \frac{S_y^2}{S_y \ln(1-\alpha_y) + 4mV} + \frac{S_z^2}{S_z \ln(1-\alpha_z) + 4mV} \right]$$

Pasma oktauwowe o częstotliwości f , [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Czas pogłosu T , [s], Wersja 0	3,00	3,82	3,01	2,76	2,41	1,44
Czas pogłosu T , [s], Wersja I	1,37	1,13	0,93	0,72	0,65	0,56



3. Hall 0.12 (analogicznie pomieszczenia 1.04, 1.20 i 2.34).

Wymagania normowe

Dla tego typu pomieszczeń maksymalny dopuszczalny czas pogłosu przyjęto na poziomie 1,2 s (przy wysokości pomieszczeń do 4,0 m). Wymaganie to powinno być spełnione we wszystkich pasmach oktaowych z zakresu 250 – 4000 Hz.

Rozwiązania

Sufit

Na całej powierzchni pomieszczenia, instalowany sufit podwieszany, wypełniony płytami o wymiarach 600/600, 1200/600, 1200/1200 i 2400/600 mm.



Wyniki

W tabeli poniżej przedstawiono obliczeniowe wartości czasu pogłosu w hallu 0.12 wykończonym według powyższych wskazówek. Obliczenia wykonano wykorzystując wzór Knudsen.

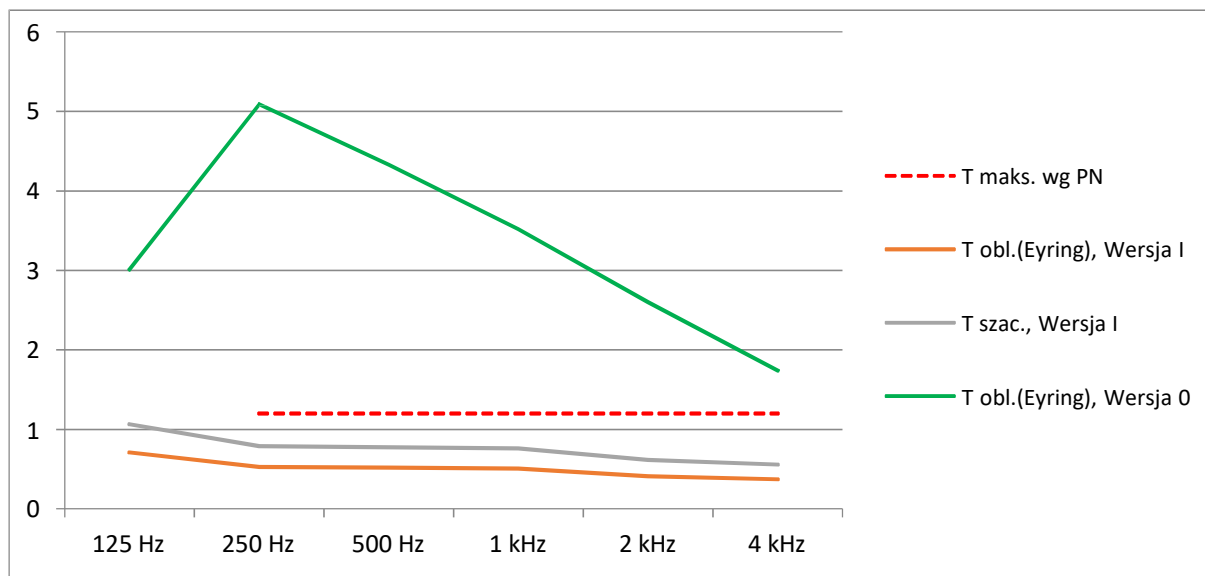
$$T = \frac{0,161V}{-S \ln(1-\alpha_{sr}) + A_0}$$

Wzór ten daje wiarygodne wyniki jeśli materiały dźwiękochłonne są w miarę równomiernie rozłożone na sufitach i ścianach. Ponieważ w analizowanym przypadku materiały dźwiękochłonne są zlokalizowane jedynie na suficie, wyniki obliczeń wykonanych wg wzoru Knudsen mogą być znacząco zaniżone. W związku z tym na poniższym wykresie podano zarówno wartości obliczeniowe jak i szacowane (powiększone o 50%).

Wersja 0: hall pozbawiony materiałów dźwiękochłonnych

Wersja I: hall wykończony według powyższych wskazówek

Pasma oktawowo o częstotliwości f , [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Czas pogłosu obliczeniowy T_{obl} , [s],	0,71	0,53	0,52	0,51	0,41	0,37
Czas pogłosu szacowany T_{obl} , [s],	1,06	0,79	0,78	0,76	0,62	0,56



4. Pomieszczenie ćwiczeń 1.17 (analogicznie pomieszczenie 1.07).

Dla tego typu pomieszczeń przyjęto maksymalny dopuszczalny czas pogłosu na poziomie 0,8 s. Wymaganie to powinno być spełnione we wszystkich pasmach oktaowych z zakresu 250 – 4000 Hz.

Rozwiązania

Sufit.

Na całej powierzchni pomieszczenia instalowany sufit podwieszany składający się z podwieszanych paneli sufitowych z wełny szklanej z ukrytymi krawędziami nośnymi płyt. Między płytami tworzy się 8 mm szczelina, nadając sufitowi charakterystyczny „pływający” wygląd. Format 600x600x20 mm, 1200x600x20 mm i 1200x1200x25 mm. Montaż z systemem konstrukcji profile główne podwieszone co 1200 mm za pomocą wieszaków regulowanych oraz profile poprzeczne o długości 600 mm i 1200 mm. Waga systemu (łącznie z konstrukcją) wynosi około 4 kg/m². Widoczna powierzchnia płyty sufitowej

jest w powłoce w kolorze białym, pokryta farbą na bazie wody. Krawędzie są malowane.



Ściany

Na ścianach pomieszczenia ćwiczeń instalowane panele ściennie. Panele montowane bezpośrednio na ścianach.

Ściana w osi D

Pas paneli ściennych o wymiarach 300 x 135 cm instalowany od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem posadzki do wysokości 235 cm. Pas ułożony z paneli o wymiarach 1350/600 mm (uzyskanych z przecięcia na pół standardowych paneli 2700/600 mm). Absorber ścienny składający się z paneli ściennych z wełny szklanej, ze ściętymi krawędziami zakończonymi niewielką fazą, tworząc dyskretne połączenie paneli. Waga systemu (łącznie z konstrukcją) wynosi około 5 kg/m². Widoczna powierzchnia panelu ściennego jest wykończona powłoką tkaną powierzchnia na bazie włókna szklanego. Panel ścienny posiada klasę pochłaniania dźwięku A, ważony współczynnik pochłaniania dźwięku α_w równy 1,00 oraz praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku (całkowita głębokość systemu 50 mm):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
0.20	0,75	1.00	1.00	1.00	1.00

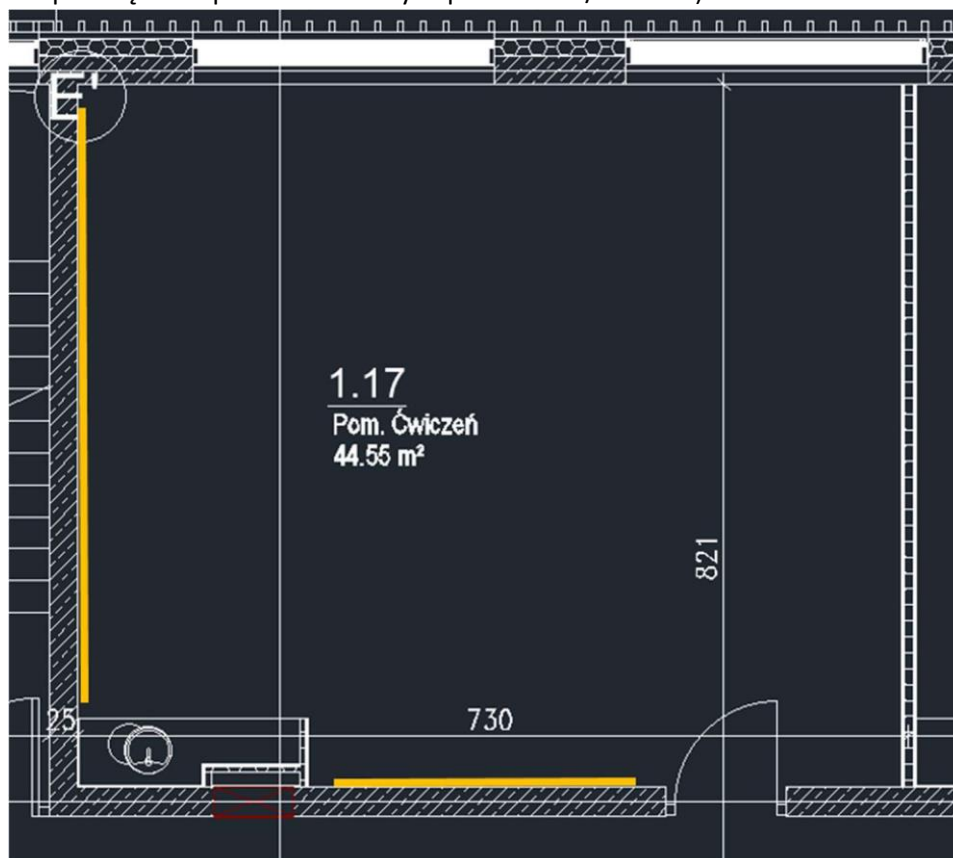
Wartości mierzone zgodnie z EN ISO 354 lub równoważne i klasyfikowane zgodnie z EN ISO 11654 lub równoważne.

Prywatność rozmów: Panel ścienny ma klasę artykulacji AC (1,5) = 240 zgodnie z ASTM E 1111 lub równoważne i E 1110 1111 lub równoważne.

Bezpieczeństwo przeciwpożarowe: Panele ścienne mają klasę A2-s1, d0 zgodnie z EN 13501-1 lub równoważne; konstrukcja jest w klasie A1. Rdzeń z wełny szklanej jest przebadany i sklasyfikowany jako niepalny zgodnie z EN ISO 1182 lub równoważne.

Ściana od strony klatki schodowej

Pas paneli ściennych jw. o wymiarach 480 x 135 cm i instalowany od wysokości ok. 100 cm ponad poziomem posadzki do wysokości 235 cm. Pas ułożony z paneli o wymiarach 1350/600 mm (uzyskanych z przecięcia na pół standardowych paneli 2700/600 mm).



Wyniki

W tabeli poniżej przedstawiono wartości czasu pogłosu w sali ćwiczeń obliczone z wykorzystaniem wzoru Fitzroya.

Wersja 0: sala pozbawiona materiałów dźwiękochłonnych

Wersja I: sala wykończona według powyższych wskazówek

$$T = - \frac{0,161V}{S^2} \left[\frac{S_x^2}{S_x \ln(1-\alpha_x) + 4mV} + \frac{S_y^2}{S_y \ln(1-\alpha_y) + 4mV} + \frac{S_z^2}{S_z \ln(1-\alpha_z) + 4mV} \right]$$

Pasma oktauwowe o częstotliwości f , [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Czas pogłosu T , [s], Wersja 0	3,98	4,16	2,73	1,95	1,79	1,08
Czas pogłosu T , [s], Wersja I	1,29	0,69	0,56	0,49	0,46	0,36

