

Opis przedmiotu zamówienia dla potrzeb realizacji inwestycji pn.: „System nagłośnienia dużej Sali widowiskowej Teatru Wielkiego w Łodzi”

Raport z pomiarów akustycznych

JEDNOSTKA PROJEKTOWA:

Manufaktura Technologiczna sp. z o. o.
ul. Puławska 38
05-500 Piaseczno

OBIEKT:

Teatr Wielki w Łodzi
pl. Dąbrowskiego
90-249 Łódź

BRANŻA**AKUSTYKA****ZESPÓŁ PROJEKTOWY:**

Wojciech Kostrzewa
mgr inż. Małgorzata Srebrzyńska

SPRAWDZIŁ:

mgr inż. Jakub Szot
mgr inż. Agnieszka Wójtowicz

Piaseczno
Marzec 2021

Spis treści

1. Cel i zakres opracowania.....	3
2. Podstawa opracowania	3
3. Charakterystyka obiektu	3
4. Pomiary akustyczne	5
5. Pomiary czasu pogłosu T20	5
6. Zalecenia dotyczące akustyki	9

1. Cel i zakres opracowania

W dniu 15 marca 2021r. przeprowadzono pomiary akustyczne w dużej Sali widowiskowej Teatru Wielkiego w Łodzi. Pomiary miały na celu uzyskanie danych akustycznych do wykonaniu modelu w akustycznym programie predykcyjnym.

2. Podstawa opracowania

- [1] PN-B-02151-4:2015-06 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące czasu pogłosu;
- [2] PN-EN ISO 3382-1:2009 Akustyka - Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń, Część 1: Pomieszczenia Specjalne.
- [3] PN-EN ISO 60268-16:2011. Urządzenia systemów elektroakustycznych -- Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy;

3. Charakterystyka obiektu

Badana duża Sala widowiskowa zlokalizowana jest w Teatrze Wielkim w Łodzi, przy placu Generała Henryka Dąbrowskiego w Łodzi. W Sali widowiskowej odbywają się przedstawienia teatralne teatru muzycznego, klasycznych oraz współczesnych dzieł operowych, operetkowych i musicalowych. W tej sali również przeprowadzane są koncerty muzyki rozrywkowej różnych gatunków muzycznych. Wszystkie wyżej wymienione wykorzystują system nagłośnienia.

W Sali widowiskowej o łącznej kubaturze około 28 000m³, znajdują się następujące przestrzenie:

- Widownia o przybliżonej kubaturze 8500m³. Widownia podzielona jest na parter, amfiteatr oraz balkon. Łączna liczba widzów wynosi 1074. Wskaźnik kubaturowy wynosi około 7,9m³/ osobę;
- Scena w raz z kieszeniami: tylną, lewą i prawą. Przestrzeń sceny ma przybliżoną kubaturę około 18 150m³. Kubatura prawej kieszeni sceny wynosi około 3 300m³. Kubatura lewej kieszeni sceny wynosi około 3 620m³. Kubatura tylnej kieszeni sceny wynosi około 3400m³. Dodatkowo w Sali widowiskowej, w obszarze proscenium występuje fosa orkiestrowa dla około od 50 do 70 muzyków.

Sala widowiskowa jest zaadaptowana akustycznie. Ściany boczne widowni wykonane są z płyt wiórowych, za którymi zlokalizowane są warstwy wełny mineralnej (czasem

płyta wełny drzewnej) oraz pustka powietrzna. Ściany tylne wykonane są z płyt wiórowych, za którymi znajduje się wełna mineralna i pustka powietrzna. Ściana balkonu jest murowana. Sufit wykonany jest z płyt z wełną mineralną i pustką powietrzną. Fotele widowni wykonane z gąbki tapicerskiej przykrytą tkaniną. Spodnia i tylna część foteli posiada sklejkę. Pomiędzy fotelami jest cienka wykładzina dywanowa. Ciągi komunikacyjne mają parkiet.

Poniżej przedstawiono fotografię Sali widowiskowej:



4. Pomiary akustyczne

W dniu 15 marca 2021r. przeprowadzono pomiary akustyczne. Ich celem było określenie czasu pogłosu T_{20} w celu uzyskania danych do kalibracji modelu akustycznego w programie predykcyjnym.

Zestaw pomiarowy składał się z następujących urządzeń:

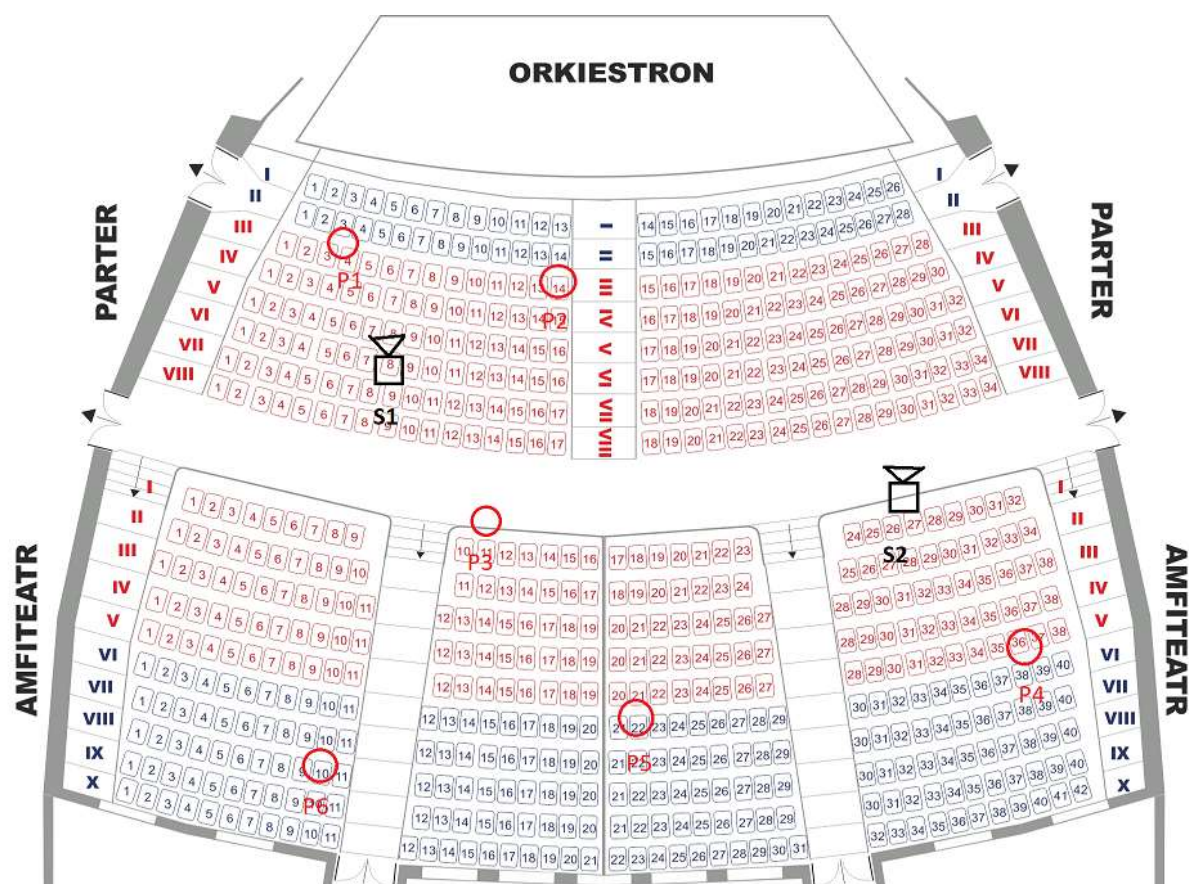
- miernik poziomu dźwięku I klasy dokładności NTi XL2, nr A2A-07315-E0 z aktualnym świadectwem wzorcowania,
- mikrofon pomiarowy I klasy dokładności NTi Audio M2230, nr 3095 z aktualnym świadectwem wzorcowania,
- kalibrator akustyczny NTi Larson Davis CAL200 S/N 16104 I klasy dokładności z aktualnym świadectwem wzorcowania,
- generator sygnałów pomiarowych Miniator MR-PRO nr G2P-YCYAK-F1,
- głośnik wszechkierunkowy,
- dwa pomocnicze zestawy głośnikowe,
- wzmacniacz mocy,
- statywy i okablowanie.

5. Pomiary czasu pogłosu T_{20}

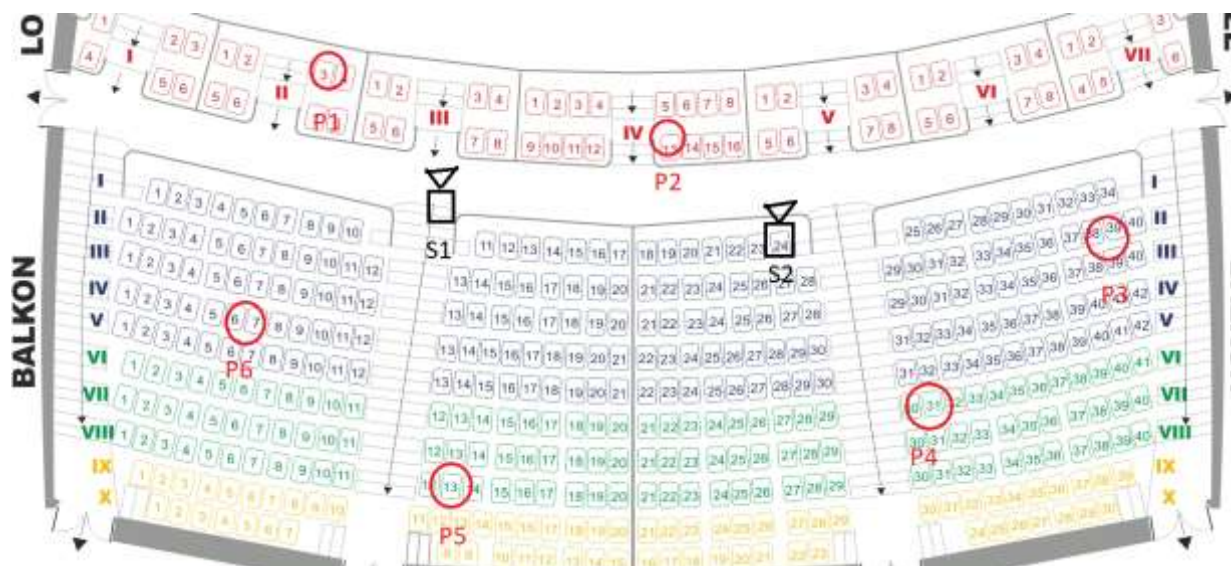
Pomiar czasu pogłosu wykonano w sposób przybliżony zgodnie z normą PN-EN ISO 3382-2:2010, metodą szumu przerywanego dla kombinacji dwóch pozycji źródeł dźwięku oraz 6 punktów pomiarowych dla widowni na parterze 6 na balkonie i 3 na scenie. Podczas pomiarów we wnętrzu przebywały dwie osoby obsługujące urządzenia pomiarowe. W czasie pomiarów czasu pogłosu nie działał system wentylacji. W trakcie pomiarów boczne kieszenie sceniczne zostały zamknięte, natomiast orkiestron był otwarty.

Pomiary zostały przeprowadzone w pomieszczeniu o temperaturze 21°C i wilgotności 37% RH.

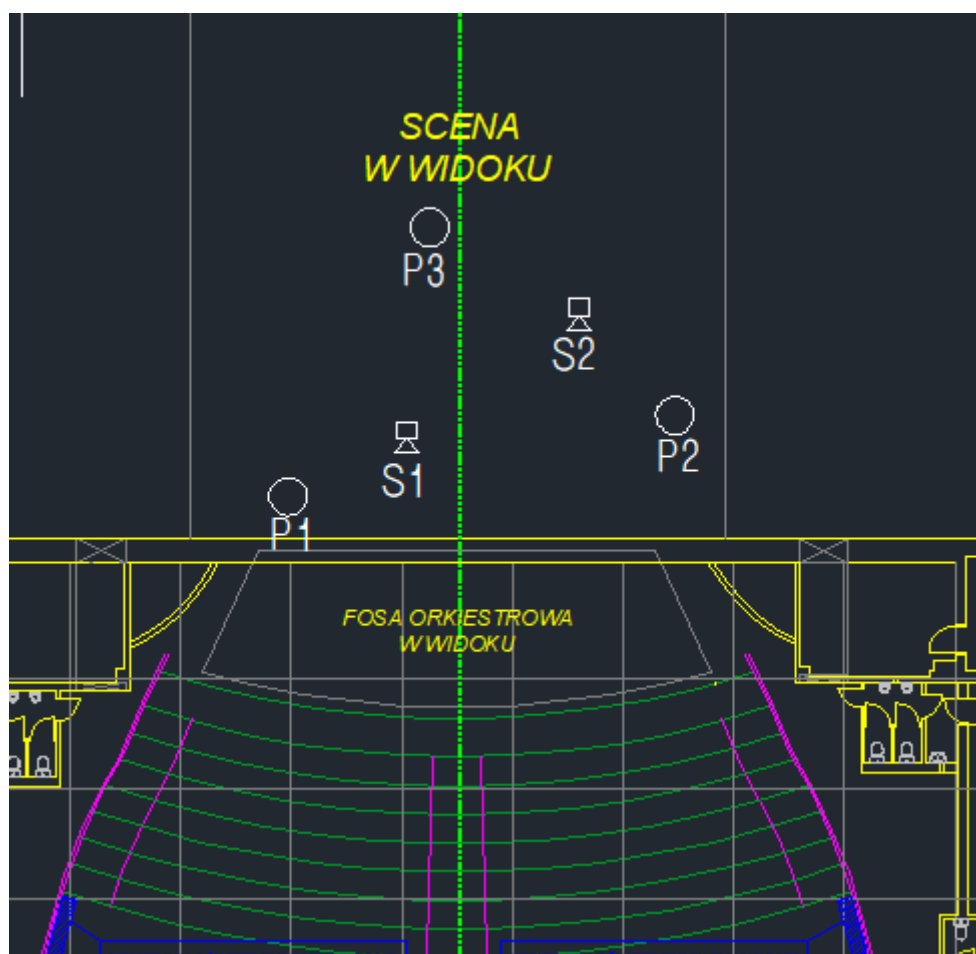
Poniżej przedstawiono lokalizację źródeł sygnału i punktów pomiarowych dla sali widowiskowej, balkonu oraz sceny.



Rys. 1. Lokalizacja źródeł sygnału (kwadraty) i punktów pomiarowych podczas pomiarów czasu pogłosu na Widowni

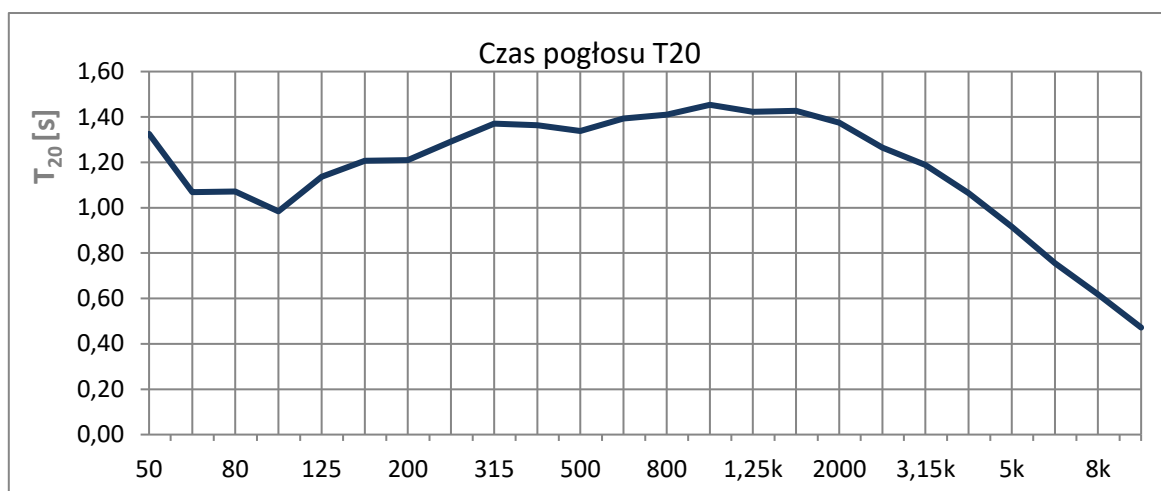


Rys. 2. Lokalizacja źródeł sygnału (kwadraty) i punktów pomiarowych podczas pomiarów czasu pogłosu na Balkonie

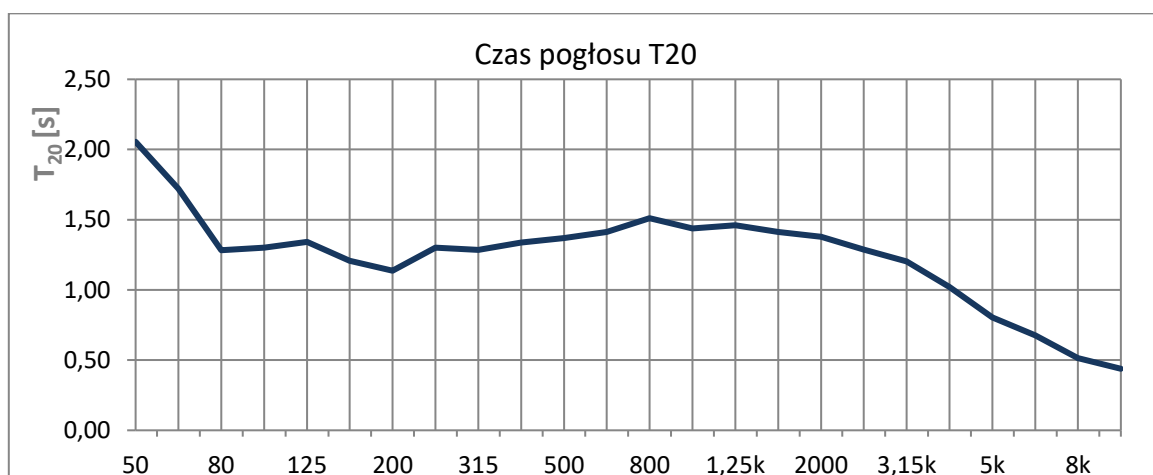


Rys. 3. Lokalizacja źródeł sygnału (kwadraty) i punktów pomiarowych podczas pomiarów czasu pogłosu na Scenie

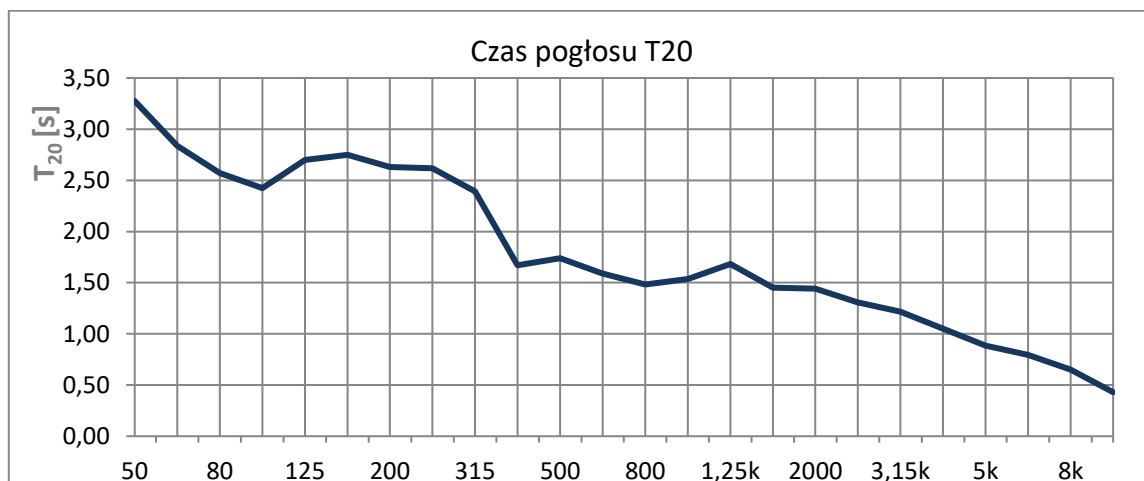
Wyniki pomiarów czasu pogłosu T_{20} na Widowni na parterze, na balkonie oraz na scenie przedstawiono na rys. 4, 5 i 6.



Rys. 4. Czas pogłosu funkcji częstotliwości tercjowych na Widowni



Rys. 5. Czas pogłosu funkcji częstotliwości tercjowych na Balkonie

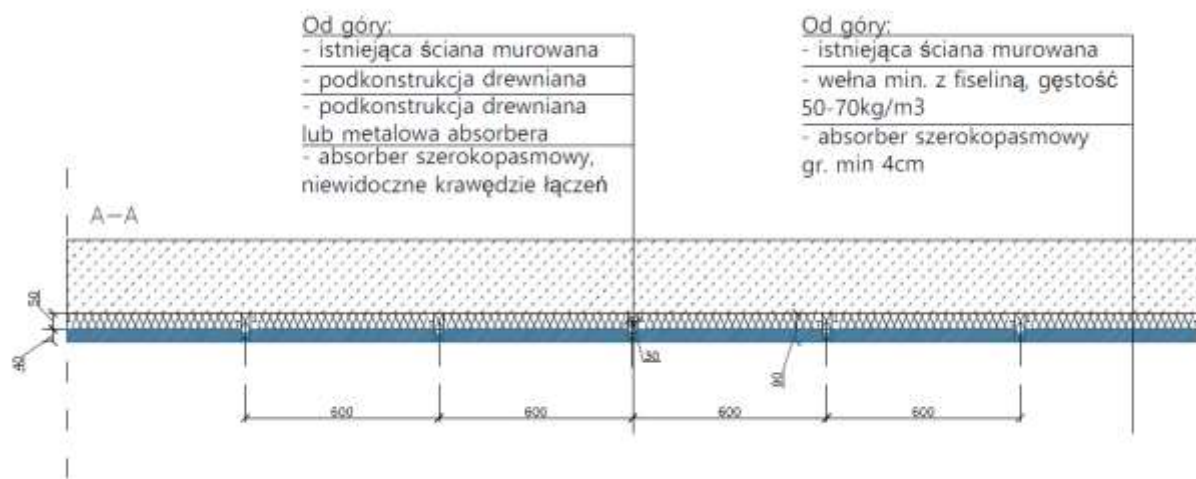


Rys. 6. Czas pogłosu funkcji częstotliwości tercjowych na Scenie

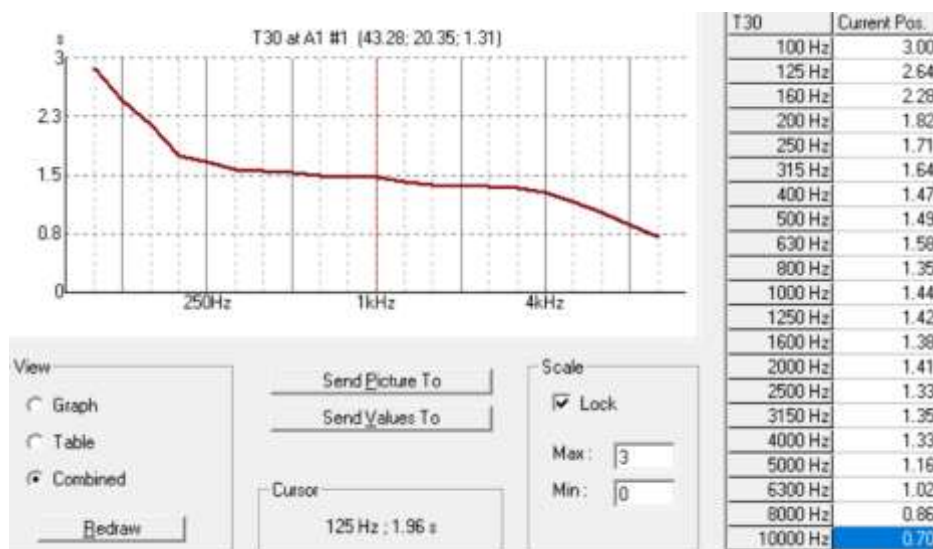
6. Zalecenia dotyczące akustyki

W trakcie pomiarów akustycznych, podczas rozmów z Użytkownikiem, zwrócono uwagę na odbicia z frontowej murowanej ściany balkonu. Odbicia te przede wszystkim powstają gdy dźwięk wygenerowany przez system nagłośnieniowy, padając na ścianę przednią balkonu, nie zostaje pochłonięty, rozproszony, ani odbity pod znacząco innym kątem, tylko zostaje odbity powodując nieprawidłowy odbiór na widowni oraz na scenie.

Zalecana jest adaptacja akustyczna poprzez zastosowanie ustroju akustycznego szerokopasmowego o całkowitej grubości minimum 7,5cm, zalecane 9-10cm. Ustrój szerokopasmowy powinien być wykonany z uwzględnieniem estetyki pomieszczenia. Wymaga się, aby estetycznie był niewidoczny. W tym celu zaleca się stosowanie ustrojów wykonanych z wełny skalnej lub szklanej o grubości minimum 4cm na systemowym ruszcie (stalowym, aluminiowym i drewnianym) oraz za tym ustrojem akustycznym wełny mineralnej o grubości 5cm i gęstości w zakresie 50-70kg/m³ na podkonstrukcji drewnianej. Poniżej przedstawiono przekrój (widok z góry) przykładowego ustroju akustycznego – absorbera szerokopasmowego.



Realizacja adaptacji akustycznej ściany przedniej balkonowej w sposób pomijalny wpłynie na parametry akustyczne, np. czas pogłosu. Poniżej przedstawiono symulowany czas pogłosu T30 po zastosowaniu adaptacji akustycznej:



Zakłada się że zastosowanie adaptacji akustycznej na ścianie przedniej balkonowej poprawi warunki odsłuchowe artystów na scenie. Obecnie odbicia od ściany przedniej, w zależności od usytuowania artysty na scenie, wynoszą około 90ms i więcej, co może przeszkadzać w poprawnym odbiorze i spójności brzmienia.

Dla przestrzeni artystycznych typu opery, operetki, sale koncertowe poprawa warunków akustycznych dla artystów na scenie jest dodatkowo realizowana przez powierzchnie znajdujące się znacznie bliżej artysty (np. ekrany akustyczne – podwieszane panele akustyczne).