

PROJEKT WYKONAWCZY

Nazwa inwestycji: **"Remont i przebudowa auli, holu głównego z komunikacją oraz zaplecza szatni i stołówki w budynku Collegium Chemicum Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza przy ul. Grunwaldzkiej 6 w Poznaniu"**

Inwestor: **Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
ul. Wieniawskiego 1, 61-712 Poznań**

Adres inwestycji: **Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Collegium Chemicum ul. Grunwaldzka 6, 60-780 Poznań
działka nr 34/9, ark.8, obręb Łazarz**

Faza opracowania: **PROJEKT BUDOWLANY**

Branża: **ADAPTACJA AKUSTYCZNA**

Projektant: **mgr inż. Dariusz Borowiecki**

Sprawdzający: **mgr inż. Adam Borowiecki**

Poznań, czerwiec 2017

Spis treści

1. PRZEDMIOT I ZAKRES RZECZOWY DOKUMENTACJI.....	3
2. WSTĘP TEORETYCZNY	3
3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE	4
4. OPIS PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA.....	5
4.1 ZMNIEJSZENIE WPŁYWU HAŁASU Z ZEWNĄTRZ POMIESZCZENIA.....	5
4.2. ZAPEWNIENIE POPRAWNYCH WARUNKÓW WEWNĄTRZ POMIESZCZENIA	7
3. SYMULACJA	9
4. WYNIKI SYMULACJI.....	10
6. PODSUMOWANIE SYMULACJI	12

1. Przedmiot i zakres rzeczowy dokumentacji

Przedmiotem dokumentacji jest adaptacja akustyczna auli w Collegium Chemicum Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Zakres niniejszego opracowania obejmuje dobór i rozmieszczenie materiałów dźwiękochłonnych dla otrzymania jak najlepszych warunków akustycznych.

2. Wstęp teoretyczny

Celem adaptacji akustycznej pomieszczenia jest zapewnienie odpowiednich warunków dla komfortowego użytkowania sali. Zjawiska towarzyszące rozchodzeniu się dźwięku w pomieszczeniu są odmienne niż w przypadku przestrzeni otwartej. Ściany odbijają falę dźwiękową pochłaniając jej energię przy każdym odbiciu. Źródło dźwięku promieniującego w pomieszczeniu ze stałą mocą pokrywa straty energii i po pewnym czasie następuje stan ustalony, w którym energia wyemitowana przez źródło jest równa energii pochłoniętej przez powierzchnie pomieszczenia. W momencie, gdy źródło zostanie wyłączone energia dźwięku stopniowo zanika. Zjawisko to nazywa się pogłosem. Obrazuje to fig.1. Czas, w którym natężenie dźwięku zmniejsza się o 60 dB nazywany jest czasem pogłosu. Wielkość ta zależy od liczby odbić fal akustycznych w ciągu 1 s, a więc od średniej długości swobodnej drogi fali między dwoma kolejnymi odbiciami i od ilości energii pochłanianej w ciągu jednego odbicia. Wielkość tą można wyliczyć wykorzystując wzór Eyringa:

$$T = -\frac{0,161V}{S \ln(1-a)}$$

gdzie: T – czas pogłosu, V – całkowita objętość pomieszczenia, S – całkowita powierzchnia ścian, a – średni pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku.

Innym parametrem opisującym jakość warunków akustycznych w pomieszczeniu jest STI (Speech Transmission Index), który opisuje jakość transmisji mowy od źródła do uszu słuchacza. Przyjmuje on wartość w zakresie od 0 (najgorsza zrozumiałość) do 1 (zrozumiałość idealna), przy czym dla powyżej wartość 0,6 przyjmuje się bardzo dobrą zrozumiałość mowy.

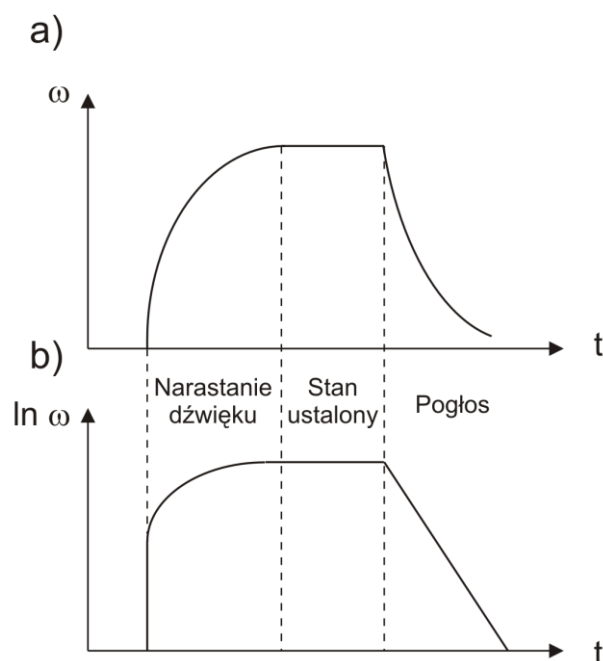


Fig.1 Narastanie, stan ustalony i zanikanie dźwięku (pogłos): a) w skali liniowej; b) w skali logarytmicznej.

3. Założenia projektowe

Podstawowe dane pomieszczenia:

Objętość : ok. 1 960 m³

Całkowita powierzchnia płaszczyzn ograniczająca pomieszczenie: ok. 1 040 m²

Szerokość : ok. 16,6 m

Długość : ok. 15,8 m

Wysokość: 7,47 m

Zalecane wartości parametrów akustycznych wg normy PN-B-02151-4 „Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.” dla sal i pracowni szkolnych, sal audytoryjnych, wykładowych w szkołach podstawowych, średnich i wyższych i innych pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu o objętości w zakresie od 500 m³ do 2 000 m³:

- Wskaźnik zrozumiałości mowy $\geq 0,6$,
- Czas pogłosu dla 500 Hz $\leq 1,0$ s (dla pasma oktawowego 125 Hz dopuszczalne jest 30% odchylenie od tej wartości). Wykres czasu pogłosu w funkcji częstotliwości przedstawiony jest na fig.2.

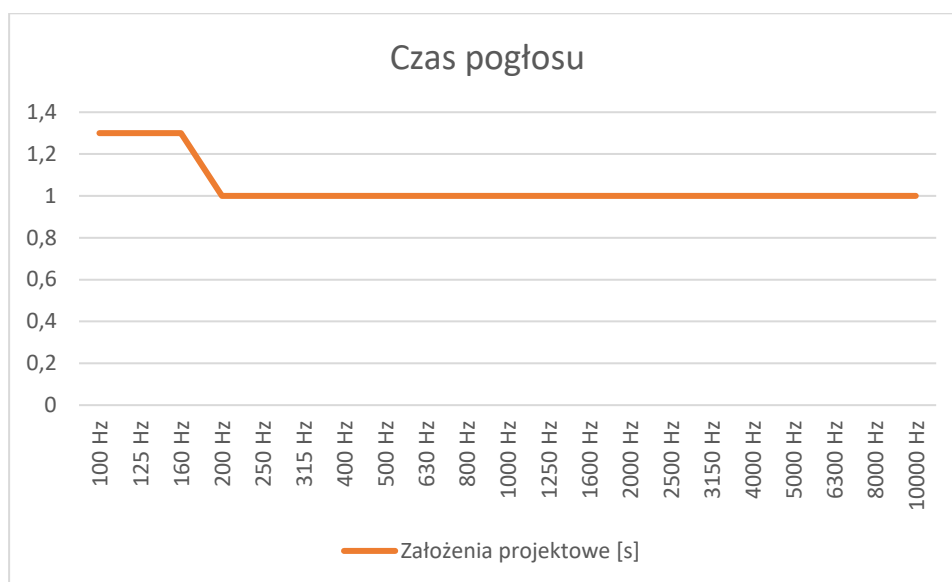


Fig.2 Wykres przedstawiający dopuszczalne w normie wartości czasu pogłosu dla auli.

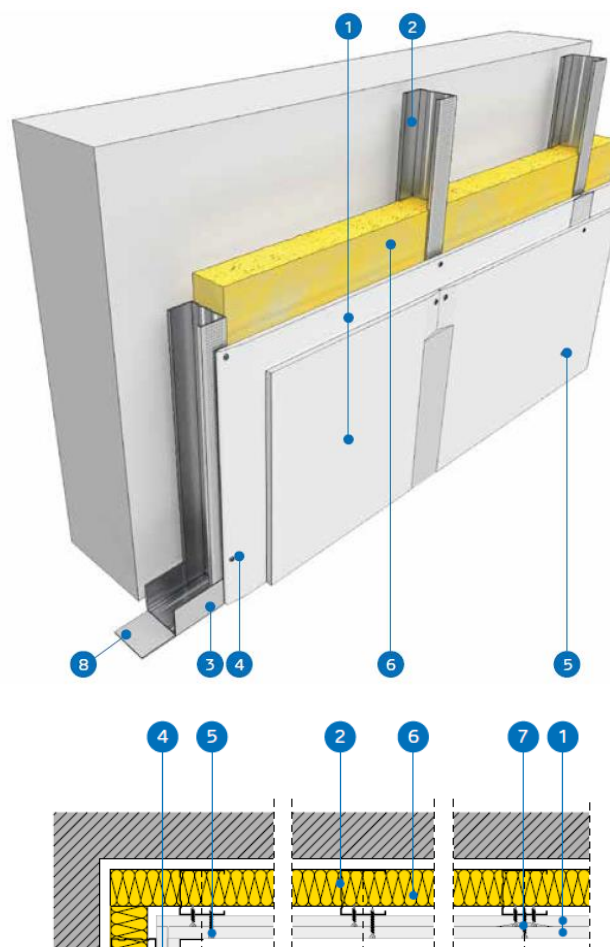
4. Opis proponowanego rozwiązania

4.1 Zmniejszenie wpływu hałasu z zewnątrz pomieszczenia

W celu zapewnienia odpowiedniej separacji od dźwięków pochodzących z korytarza należy:

- Zastosować drzwi o podwyższonej izolacyjności R_w min 46 dB, z podwójną uszczelką oraz listwą opadającą,
- Wewnątrz pomieszczenia ścianę pokryć zabudową z dwóch warstw płyt gipsowych o grubości nie mniejszej niż 15 mm. Przestrzeń pomiędzy okładziną a ścianą o grubości 50 mm należy wypełnić wełną mineralną o gęstości nie

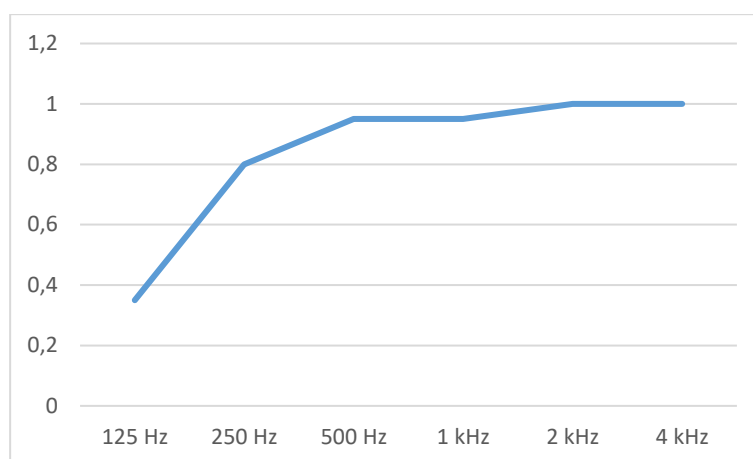
mniej niż 50 kg/m^3 . Szczegółowy schemat montażu okładziny został przedstawiony na fig.3.



1-Płyta gipsowo-kartonowa o grubości min 15 mm, 2-Profil C 50, 3-Profil U 50, 4-Błachowkręt 3,5 x 25 mm, 5-Błachowkręt 3,5 x 35 mm, 6-Wełna mineralna o grubości 50 mm i gęstości min. 50 kg/m^3 , 6-Spoina między płytami gipsowo-kartonowymi wykonana z masy gipsowej z taśmą zbrojącą, 8-Taśma uszczelniająca

Fig.3 Sposób montażu okładziny na ścianie przedniej.

- Na korytarzu sufit należy pokryć płytami wykonanymi ze sprasowanej wełny mineralnej okrytej welonem o grubości min. 40 mm, montowanymi bezpośrednio do powierzchni stropu z całkowicie bez spoinowym wykończeniem powierzchni. Wymagane minimalne wartości współczynnika pochłaniania materiału:

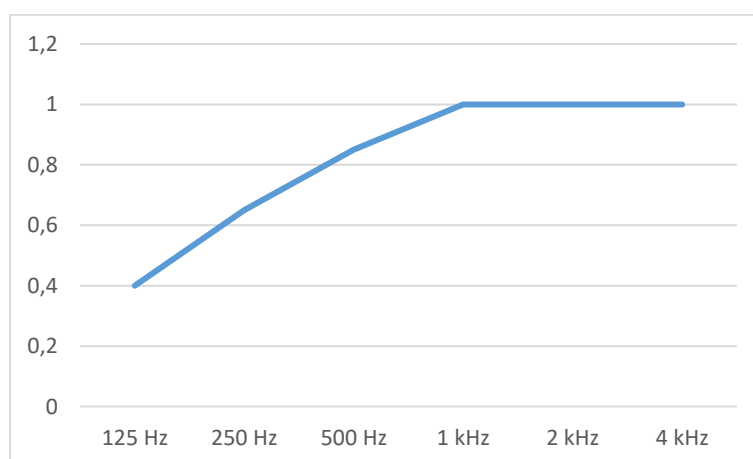


Częstotliwość	Współczynnik pochłaniania
125 Hz	0,35
250 Hz	0,8
500 Hz	0,95
1 kHz	0,95
2 kHz	1
4 kHz	1

4.2. Zapewnienie poprawnych warunków wewnątrz pomieszczenia

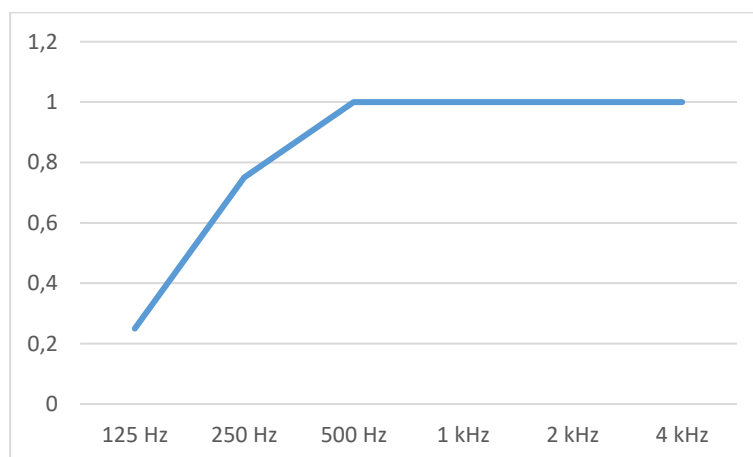
W celu uzyskania zakładanych parametrów akustycznych proponuje się:

- Sufit pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi ze sprasowanej wełny mineralnej okrytej welonem o grubości min 40 mm montowanymi przy podwieszeniu 220 mm z całkowicie bez spoinowym wykończeniem powierzchni. Wymagane minimalne wartości współczynnika pochłaniania materiału:



Częstotliwość	Współczynnik pochłaniania
125 Hz	0,4
250 Hz	0,65
500 Hz	0,85
1 kHz	1
2 kHz	1
4 kHz	1

- Ścianę tylną oraz boczne ściany podestu widowni pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi ze sprasowanej wełny mineralnej okrytej welonem o grubości min 40 mm odpornej na uderzenia w klasie 1A montowanymi bezpośrednio do powierzchni ściany. Wymagane minimalne wartości współczynnika pochłaniania materiału:



Częstotliwość	Współczynnik pochłaniania
125 Hz	0,25
250 Hz	0,75
500 Hz	1
1 kHz	1
2 kHz	1
4 kHz	1

- Ścianę przednią wykończyć wg zaleceń z pkt. 4.1,
- Ściany boczne pokryć tynkiem gipsowym i wymalować
- Podłogę pokryć wykładziną PCV o zmniejszonym hałasie uderzeniowym.

3. Symulacja

W celu weryfikacji zaproponowanego rozwiązania zostały przeprowadzone symulacje przy wykorzystaniu oprogramowania EASE 4.4.12 z modułem AURA. Komputerowe modele pomieszczeń przedstawione są na fig.4 i fig.5. Kolorem czerwonym zaznaczono materiał tłumiący na ścianie, a zielonym na suficie.

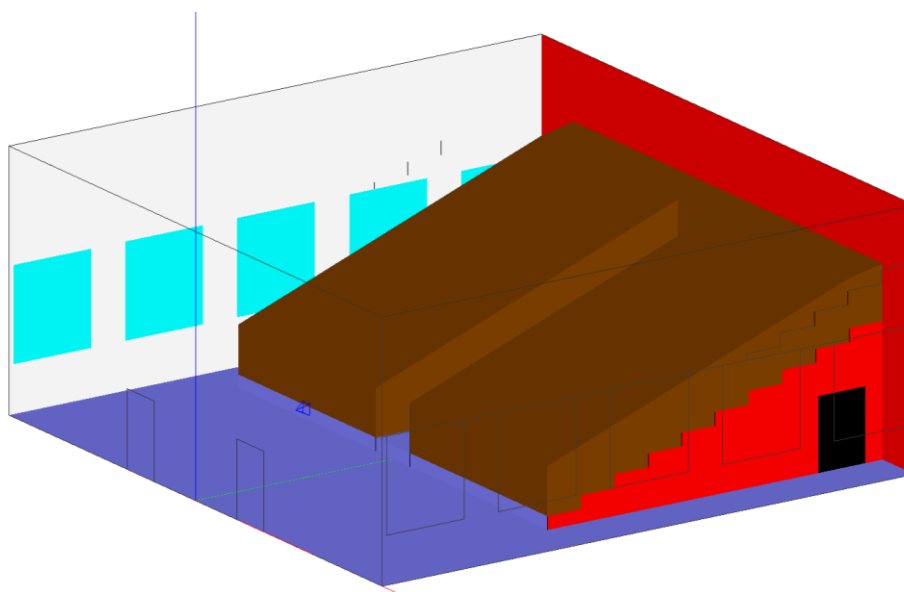


Fig.4 Komputerowy model sali lekcyjnej.

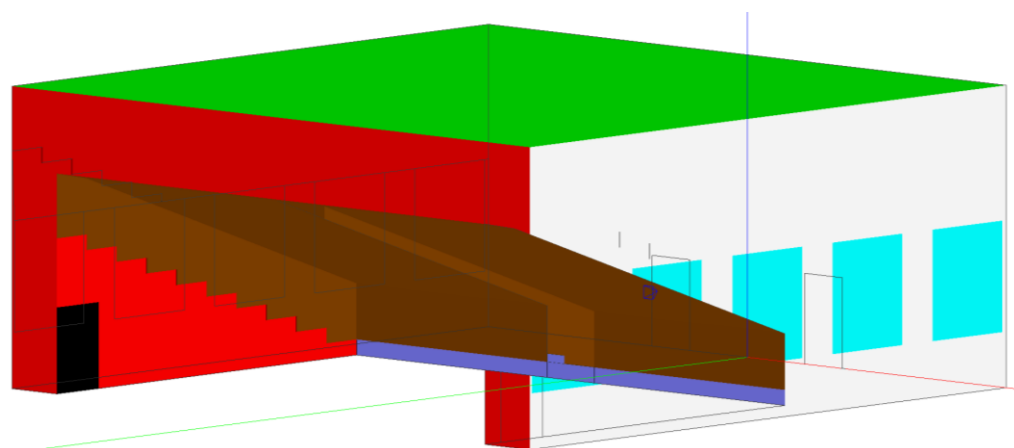


Fig.5 Komputerowy model sali lekcyjnej.

4. Wyniki symulacji

Pasmo oktawowe	ETD [s]	T10 [s]	T20 [s]	T30 [s]	Średnia [s]	Założenia projektowe [s]
100 Hz	1,18	1,22	1,24	1,28	1,23	0,78
125 Hz	1,18	1,21	1,22	1,23	1,21	0,78
160 Hz	0,98	1,04	1,07	1,10	1,05	0,78
200 Hz	0,83	0,90	0,93	1,00	0,92	0,6
250 Hz	0,72	0,80	0,87	0,95	0,84	0,6
315 Hz	0,64	0,74	0,84	0,93	0,79	0,6
400 Hz	0,58	0,66	0,79	0,97	0,75	0,6
500 Hz	0,55	0,62	0,79	0,93	0,72	0,6
630 Hz	0,52	0,57	0,72	0,88	0,67	0,6
800 Hz	0,50	0,55	0,69	0,83	0,64	0,6
1000 Hz	0,48	0,52	0,67	0,81	0,62	0,6
1250 Hz	0,48	0,52	0,65	0,82	0,62	0,6
1600 Hz	0,47	0,51	0,64	0,82	0,61	0,6
2000 Hz	0,47	0,51	0,64	0,77	0,60	0,6
2500 Hz	0,47	0,51	0,63	0,83	0,61	0,6
3150 Hz	0,47	0,49	0,60	0,77	0,58	0,6
4000 Hz	0,46	0,49	0,61	0,79	0,59	0,6
5000 Hz	0,45	0,46	0,55	0,64	0,53	0,6
6300 Hz	0,43	0,43	0,50	0,58	0,49	0,6
8000 Hz	0,41	0,39	0,44	0,49	0,43	0,6
10000 Hz	0,37	0,36	0,38	0,42	0,38	0,6
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz					0,74	0,62

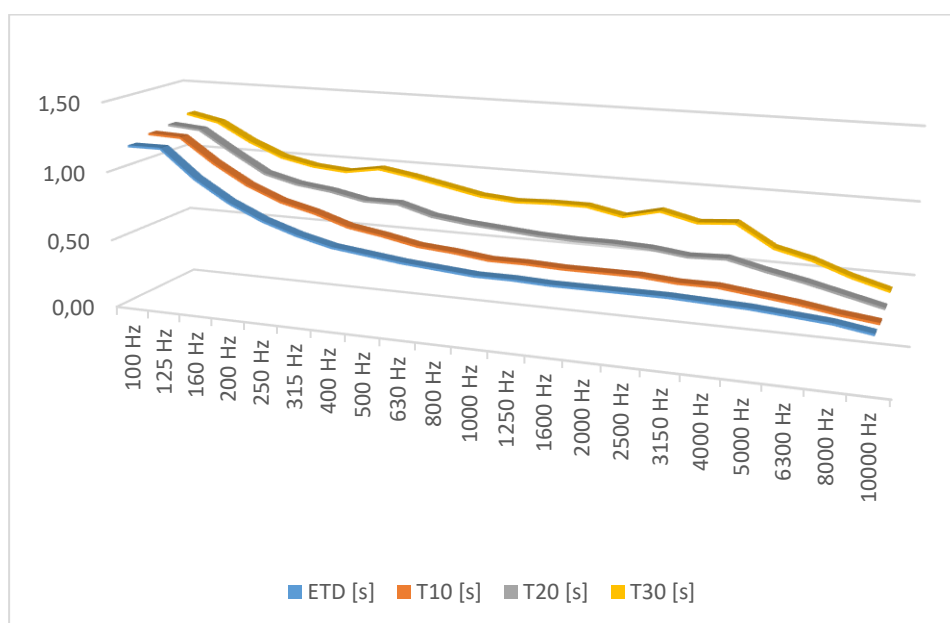


Fig. 6 Wykres czasu pogłosu w sali lekcyjnej przy różnych metodach pomiarowych.

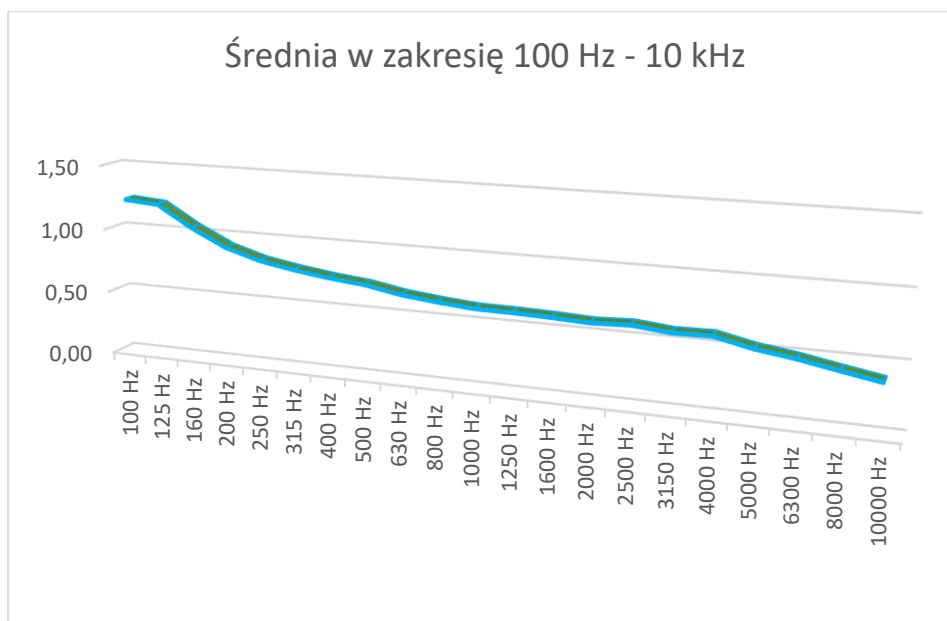


Fig. 7 Wykres wartości średniej czasu pogłosu sali lekcyjnej w paśmie 100 Hz - 10 kHz.

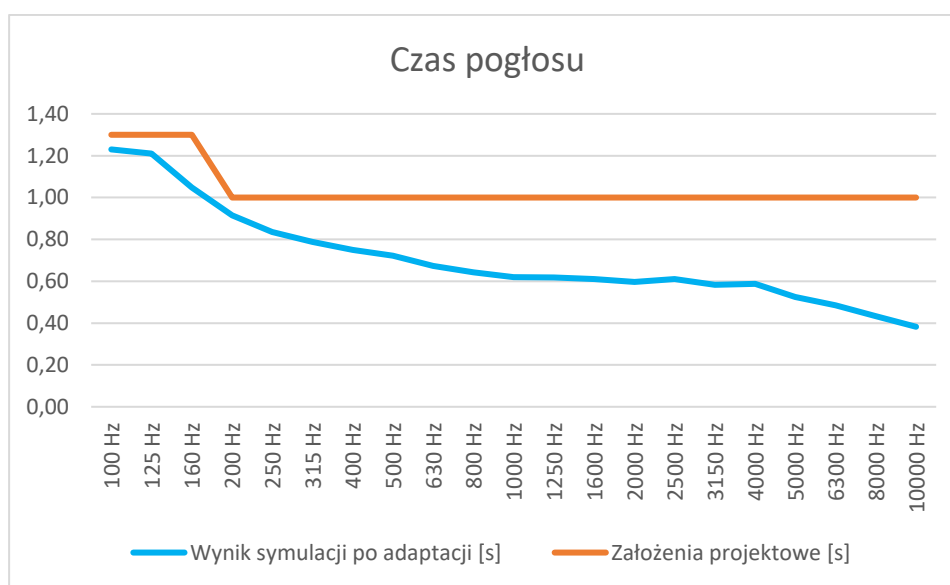


Fig. 8 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w sali lekcyjnej w paśmie 100 Hz - 10 kHz z uwzględnieniem założeń projektowych.

Pasma oktauwowe	STI	Założenia projektowe STI
100 Hz	0,69	> 0,6
125 Hz	0,69	> 0,6
160 Hz	0,69	> 0,6
200 Hz	0,69	> 0,6
250 Hz	0,69	> 0,6
315 Hz	0,69	> 0,6
400 Hz	0,69	> 0,6
500 Hz	0,69	> 0,6
630 Hz	0,69	> 0,6
800 Hz	0,69	> 0,6
1000 Hz	0,69	> 0,6
1250 Hz	0,69	> 0,6
1600 Hz	0,69	> 0,6
2000 Hz	0,69	> 0,6
2500 Hz	0,69	> 0,6
3150 Hz	0,69	> 0,6
4000 Hz	0,69	> 0,6
5000 Hz	0,69	> 0,6
6300 Hz	0,69	> 0,6
8000 Hz	0,69	> 0,6
10000 Hz	0,69	> 0,6
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz	0,69	> 0,6

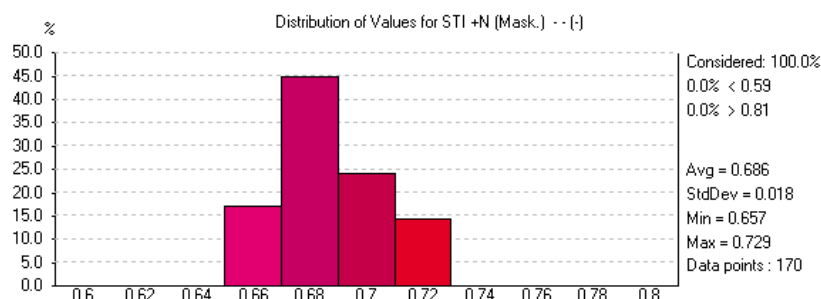


Fig.9 Rozkład wskaźnika zrozumiałości mowy STI w sali lekcyjnej.

6. Podsumowanie symulacji

Przeprowadzone symulacje dały bardzo zadowalające wyniki, uzyskane wartości zgadzają się z przyjętymi założeniami. Obliczenia pokazały również że adaptacja sali jest konieczna w celu spełnienia normy PN-B-02151-4.