



**Koperek
Solutions**

Ul. Bytomska 13, 62-300 Września

508 056696

NIP 7891599567

e-mail: akustyka@kopereksolutions.pl
www.kopereksolutions.pl

Niniejszy projekt został przygotowany przez firmę Koperek Solutions wyłącznie na potrzeby Inwestora i jest chroniony prawnie (ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych, Dz.Ustaw RP Nr 24 z 23 lutego 1994 r., w szczególności art.3. i art.16.)

Inwestor: **Publiczna Szkoła Podstawowa w Dobrej
Ul. Poziomkowa 5, 72-003 Dobra**

Zlecający: **Publiczna Szkoła Podstawowa w Dobrej
Ul. Poziomkowa 5, 72-003 Dobra**

Temat opracowania: **Adaptacja Akustyczna w Szkole**

Branża: **Akustyka**

nr umowy:

Stadium: **Projekt Wykonawczy**

nr tomu:

nr
upr.

data

podpis

Projektował: **mgr inż. Dariusz Borowiecki**

Sprawdził:

Zawartość opracowania:

1.PRZEDMIOT I ZAKRES RZECZOWY DOKUMENTACJI	2
2. WSTĘP TEORETYCZNY	2
3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE.....	3
3.1 SALA GIMNASTYCZNA	3
3.1 SALA JĘZYKOWA.....	4
3.3 SALE WIELOFUNKCYJNE.....	5
3.1 HOL.....	7
4. OPIS PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA	8
4.1 SALA GIMNASTYCZNA	8
4.2 SALA JĘZYKOWA	9
4.2 SALE WIELOFUNKCYJNE.....	11
4.2 HOL.....	11
3. SYMULACJA	12
4. WYNIKI SYMULACJI	16
4.1 SALA GIMNASTYCZNA	16
4.2 SALA JĘZYKOWA	19
4.2 SALA WIELOFUNKCYJNA	23
4.1 HOL.....	27
6. PODSUMOWANIE SYMULACJI	30

1. Przedmiot i zakres rzeczowy dokumentacji

Przedmiotem dokumentacji jest adaptacja akustyczna w Publicznej Szkole Podstawowej w Dobrej. 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.

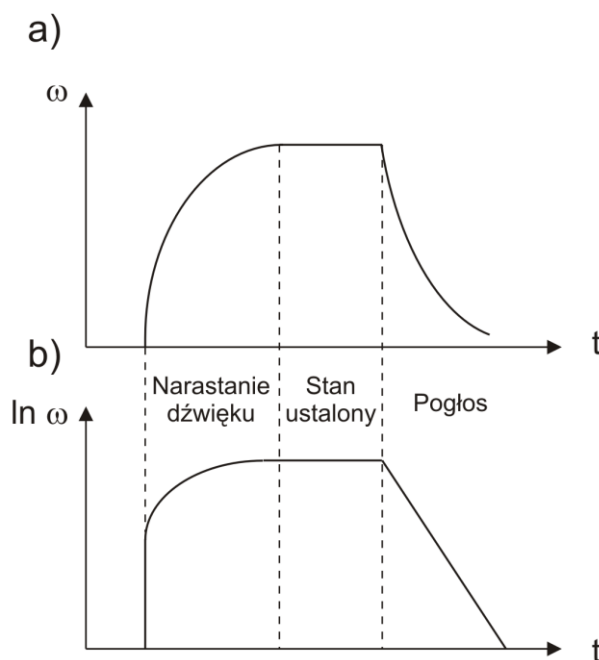


Fig.1 Narastanie, stan ustalony i zanikanie dźwięku (pogłos): a) w skali liniowej; b) w skali logarytmicznej.

3. Założenia projektowe

3.1 Sala gimnastyczna

Podstawowe dane pomieszczenia:

Objętość : ok. 5 400 m³

Całkowita powierzchnia płaszczyzn ograniczająca halę sportową: ok. 2 500 m²

Szerokość : ok. 16,8 m

Długość : ok. 30 m

Wysokość: ok. 9,8 m

Zalecany 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 gimnastycznych, hali sportowych i innych pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu o objętości powyżej 5 000 m³:

- Czas pogłosu dla 500 Hz $\geq 1,8$ s (dla pasma oktawowego dopuszczalne jest 30% odchylenie od tej wartości), wykres w funkcji częstotliwości przedstawiony jest na fig.1.



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

3.1 Sala Językowa

Podstawowe dane pomieszczenia:

Objętość : ok. 148 m³

Całkowita powierzchnia płaszczyzn ograniczająca salę językową: ok. 180 m²

Szerokość : ok. 8,3 m

Długość: : ok. 6,14 m

Wysokość: ok. 3 m

Zalecany 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 służących do nauczania języków o objętości od 120 m³ do 250 m³ :

- Czas pogłosu dla 500 Hz $\geq 0,5$ s (dla pasma oktawowego dopuszczalne jest 30% odchylenie od tej wartości), wykres w funkcji częstotliwości przedstawiony jest na fig.3,

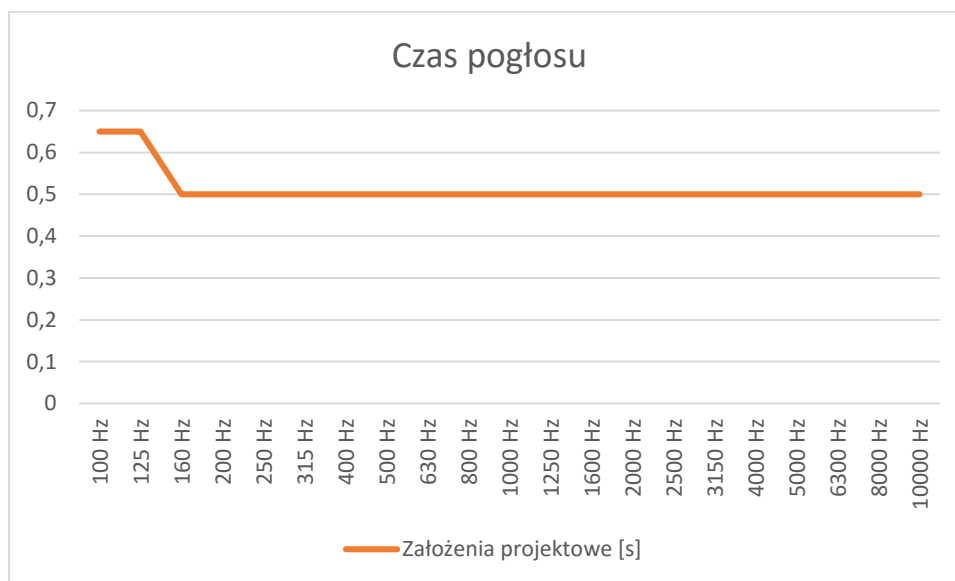


Fig.3 Wykres przedstawiający dopuszczalne w normie wartości czasu pogłosu dla sali językowej.

- Wskaźnik transmisji mowy bez wykorzystanie systemu elektroakustycznego $\geq 0,60$.

3.3 Sale wielofunkcyjne

W celu unifikacji rozwiązania zbadano jedno z pomieszczeń, ale rozwiązanie przeznaczone jest dla wszystkich pomieszczeń tego typu.

Podstawowe dane pomieszczenia:

Objętość : ok. 138 m³

Całkowita powierzchnia płaszczyzn ograniczająca salę wielofunkcyjną:
ok. 175 m²

Szerokość : ok. 6,1 m

Długość : ok. 7,8 m

Wysokość: ok. 3 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 od 120 m³ do 250 m³ :

- Czas pogłosu dla 500 Hz $\geq 0,6$ s (dla pasma oktawowego dopuszczalne jest 30% odchylenie od tej wartości), wykres w funkcji częstotliwości przedstawiony jest na fig.4,

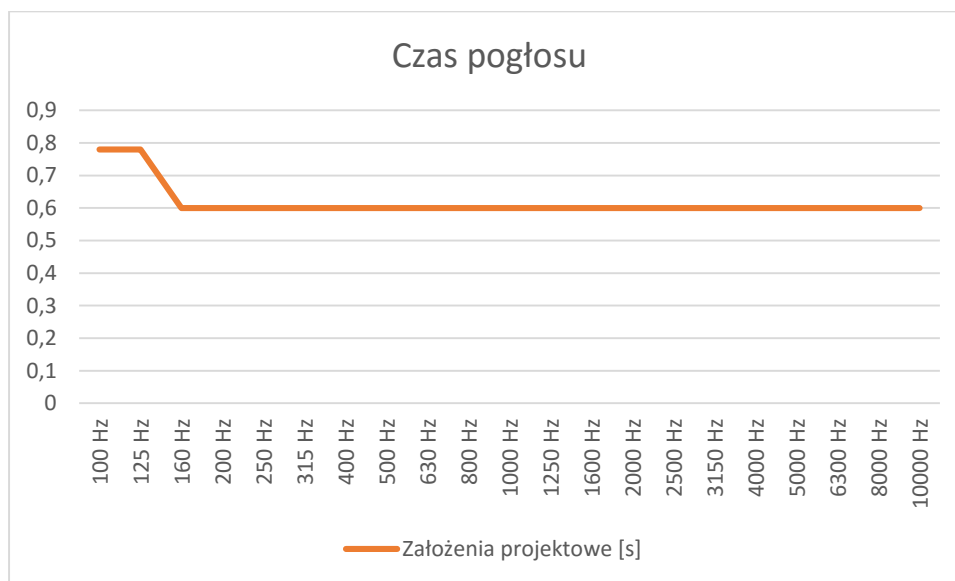


Fig.4 Wykres przedstawiający dopuszczalne w normie wartości czasu pogłosu dla sali wielofunkcyjnej.

- Wskaźnik transmisji mowy bez wykorzystanie systemu elektroakustycznego $\geq 0,60$.

3.1 Hol

W celu unifikacji rozwiązania zbadano jeden z holi, ale rozwiązanie przeznaczone jest dla wszystkich pomieszczeń tego typu.

Podstawowe dane pomieszczenia:

Objętość : ok. 400 m³

Całkowita powierzchnia płaszczyzn ograniczająca hol: ok. 460 m²

Szerokość : ok. 5 m

Długość : ok. 26 m

Wysokość: ok. 3,5 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 atriów, holi, foyer i innych pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu, wielokondygnacyjne strefy komunikacji ogólnej w centrach handlowych o wysokości poniżej 4 m:

- Czas pogłosu dla 500 Hz $\geq 1,2$ s (dla pasma oktawowego dopuszczalne jest 30% odchylenie od tej wartości), wykres w funkcji częstotliwości przedstawiony jest na fig.5.

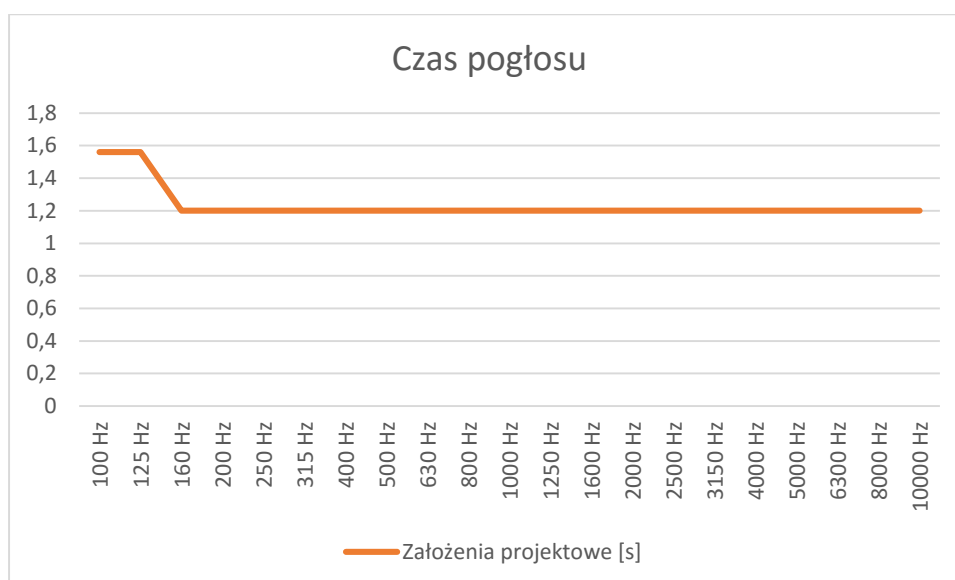


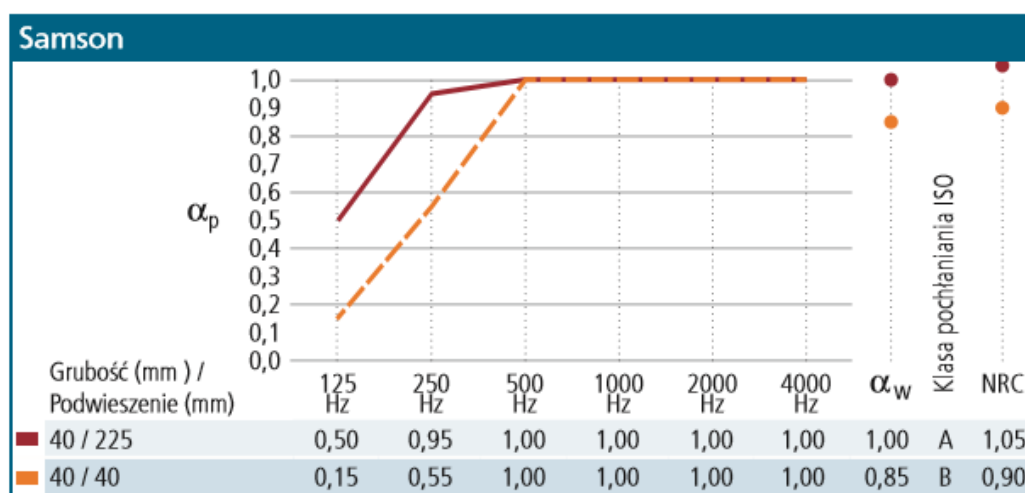
Fig.5 Wykres przedstawiający dopuszczalne w normie wartości czasu pogłosu dla holu.

4. Opis proponowanego rozwiązania

4.1 Sala gimnastyczna

W celu uzyskania zakładanych parametrów akustycznych proponuje się:

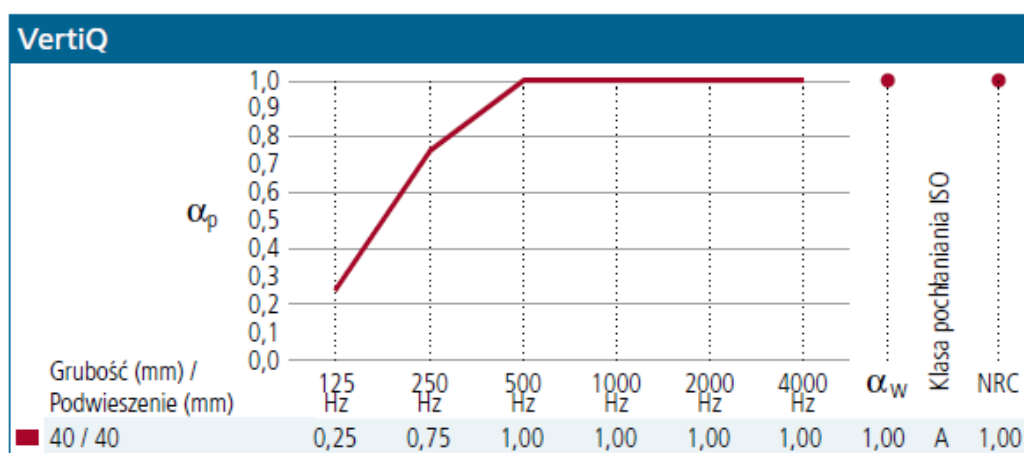
- sufit pomiędzy dźwigarami oraz sufit nad widownią pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi z wełny mineralnej odpornej na uderzenia np. Rockfon Samson o grubości 40 mm przy montażu bezpośrednio do powierzchni stropu. Wymagane parametry zastosowanego materiału:



Pozostałe parametry oraz informacje znaleźć można na stronie:

www.rockfon.pl.

- boczne ściany widowni oraz ścianę naprzeciw widowni z drabinkami treningowymi od poziomu posadzki do wysokości 3,7 m pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi z wełny mineralnej odpornej na uderzenia np. Rockfon Vertiq o grubości 40 mm i montowanymi bezpośrednio do powierzchni. Wymagane parametry zastosowanego materiału:



Pozostałe parametry oraz informacje znaleźć można na stronie:

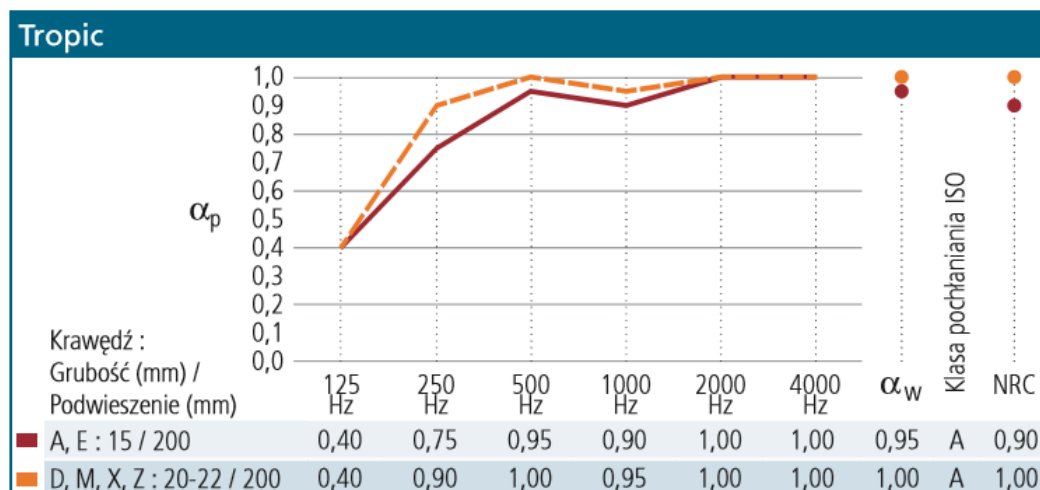
www.rockfon.pl.

- pozostałe powierzchnie ścian pokryć tynkiem gipsowym lub cementowo-wapiennym i wymalować,
- podłogę na widowni pokryć płytkami,
- podłogę na boisku pokryć parkietem na legarach.

4.2 Sala językowa

W celu uzyskania zakładanych parametrów akustycznych proponuje się:

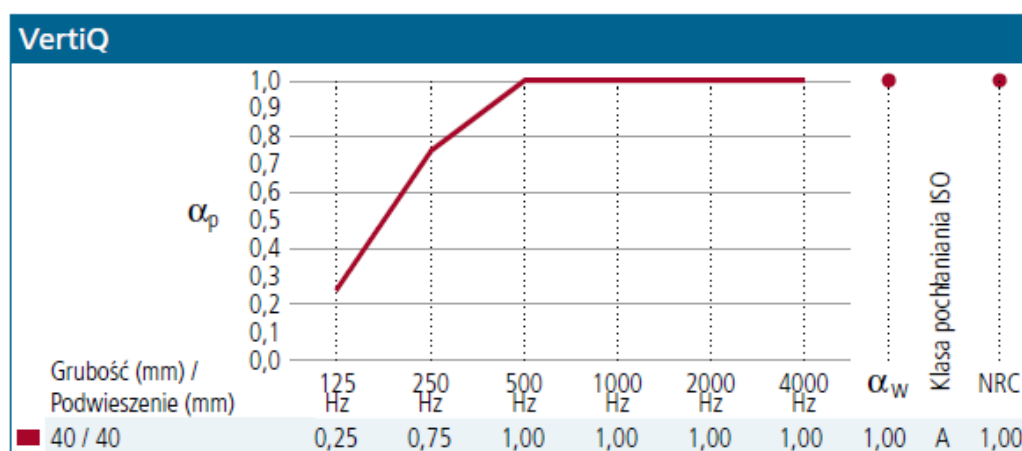
- sufit pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi z wełny mineralnej np. Rockfon Tropic E o grubości 15 mm przy podwieszeniu min 200 mm. Wymagane parametry zastosowanego materiału:



Pozostałe parametry oraz informacje znaleźć można na stronie:

www.rockfon.pl.

- ścianę tylną pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi z wełny mineralnej odpornej na uderzenia np. Rockfon VertiQ o grubości 40 mm i montowanymi bezpośrednio do powierzchni. Wymagane parametry zastosowanego materiału:



Pozostałe parametry oraz informacje znaleźć można na stronie:

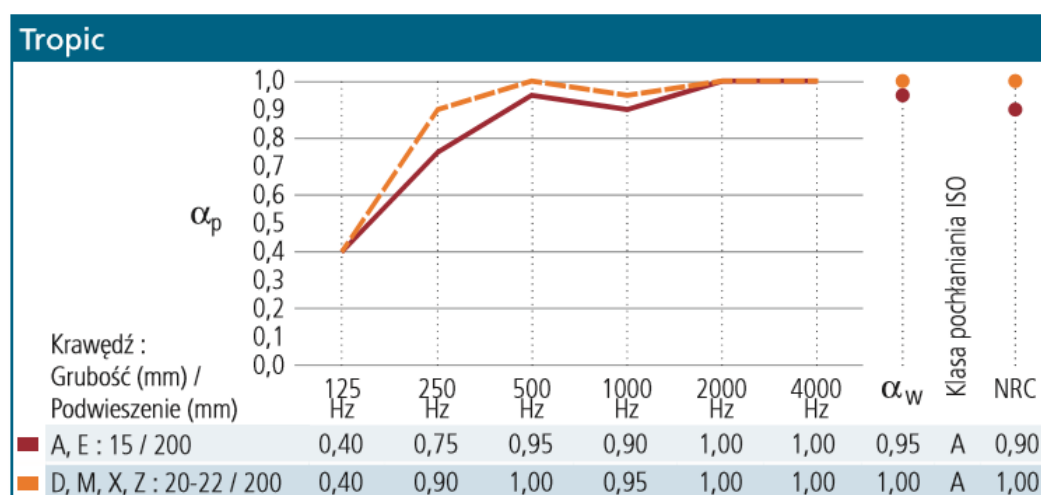
www.rockfon.pl.

- pozostałe powierzchnie ścian pokryć tynkiem gipsowym lub cementowo-wapiennym i wymalować,
- podłogę pokryć wykładziną PCV.

4.2 Sale wielofunkcyjne

W celu uzyskania zakładanych parametrów akustycznych proponuje się:

- sufit pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi z wełny mineralnej np. Rockfon Tropic E o grubości 15 mm przy podwieszeniu min 200 mm. Wymagane parametry zastosowanego materiału:



Pozostałe parametry oraz informacje znaleźć można na stronie:

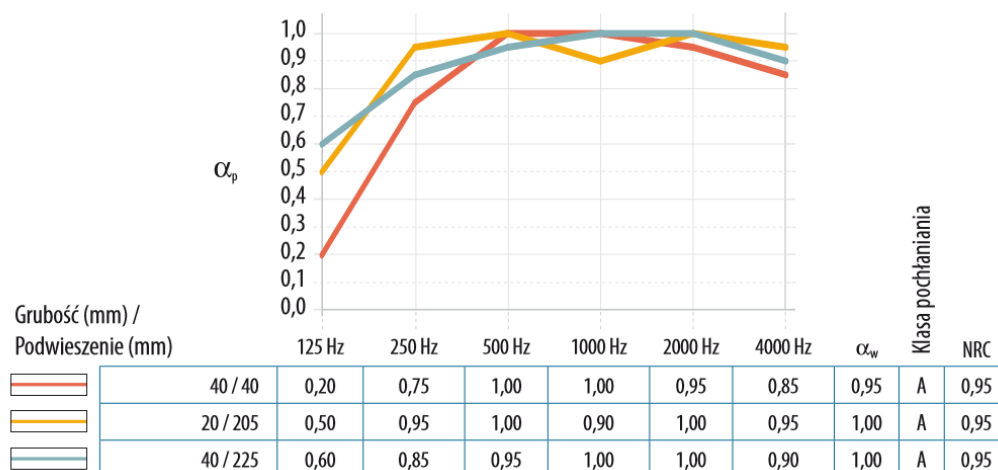
www.rockfon.pl.

- ściany pokryć tynkiem gipsowym lub cementowo-wapiennym i wymalować,
- podłogę pokryć wykładziną PCV.

4.2 Hol

W celu uzyskania zakładanych parametrów akustycznych proponuje się:

- sufit pokryć płytami dźwiękochłonnymi wykonanymi z wełny mineralnej np. Rockfon Boxer o grubości 40 mm przy podwieszeniu min 225 mm. Wymagane parametry zastosowanego materiału:



Pozostałe parametry oraz informacje znaleźć można na stronie:

www.rockfon.pl.

- ściany pokryć tynkiem gipsowym lub cementowo-wapiennym i wymalować,
- podłogę pokryć wykładziną PCV.

3. Symulacja

W celu weryfikacji zaproponowanego rozwiązania zostały przeprowadzone symulacje przy wykorzystaniu oprogramowania EASE 4.4.11 z modułem AURA. Komputerowe modele pomieszczeń przedstawione są na fig.6 - fig.13. Kolorem zielonym zaznaczono materiał tłumiący zamontowany na ścianach. Kolorem zielonym zaznaczono materiał tłumiący na suficie, kolorem czerwonym zaznaczono materiał tłumiący na ścianach.

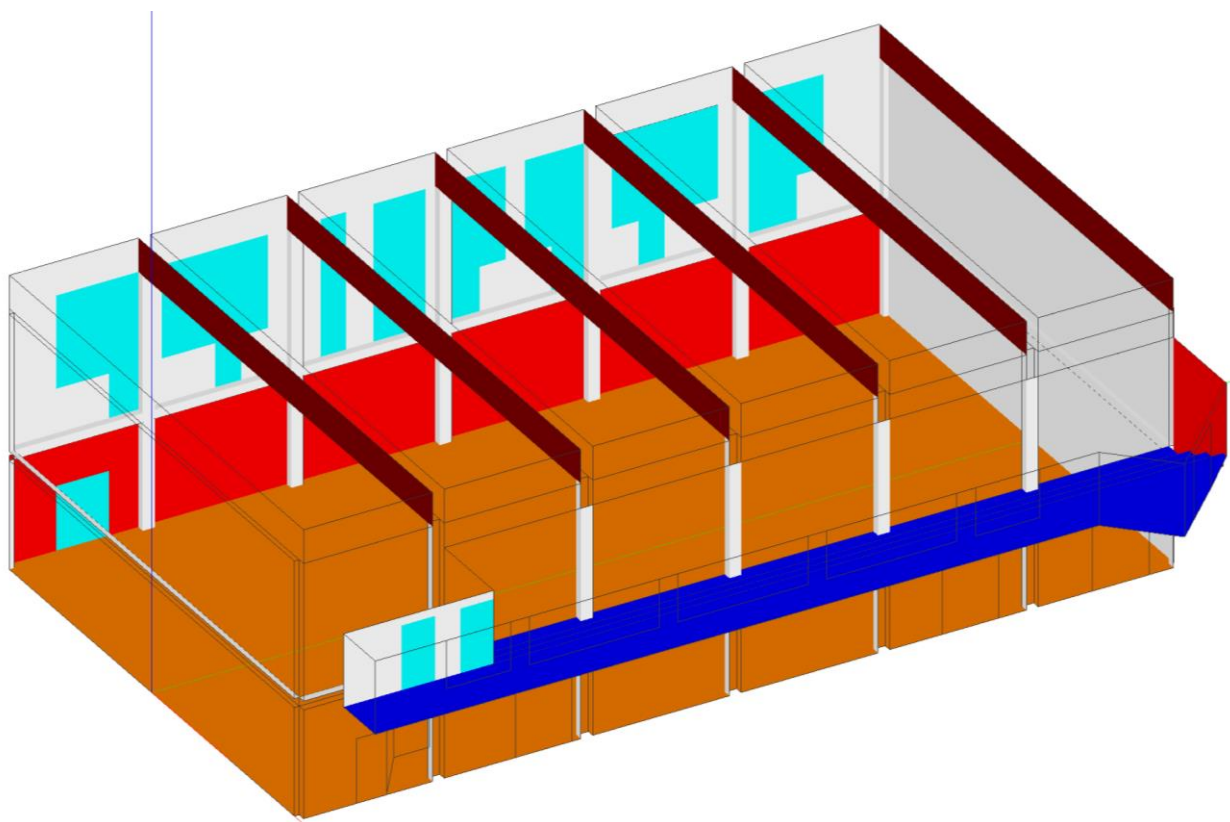


Fig.6 Komputerowy model sali sportowej.

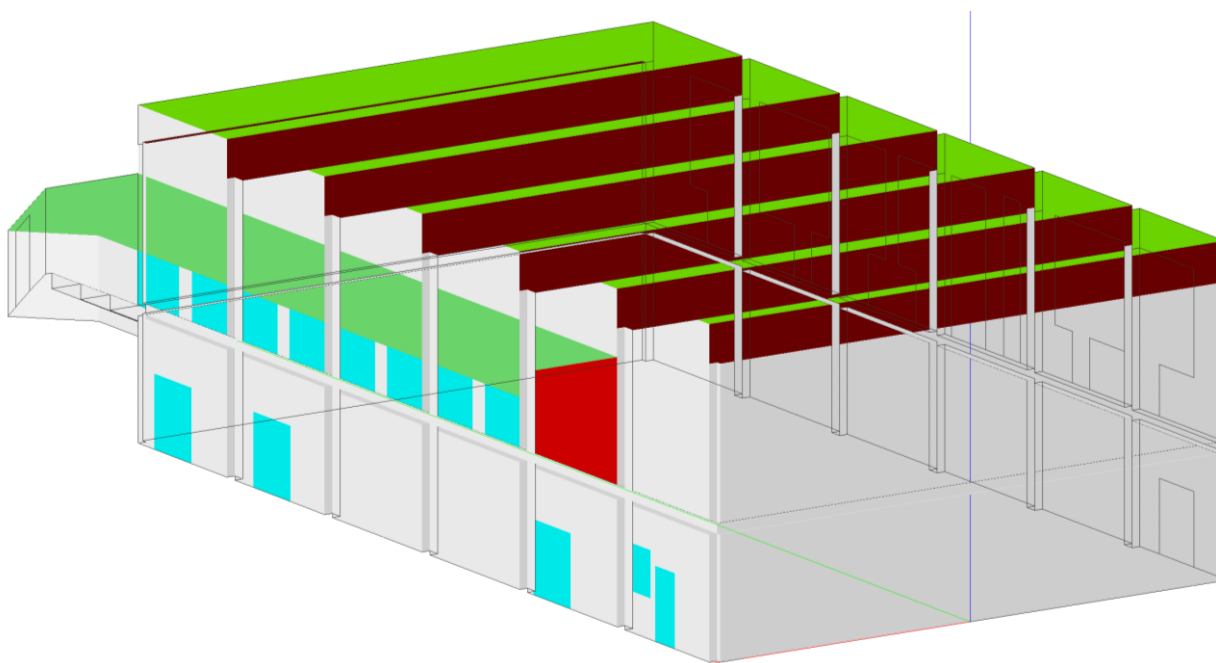


Fig.7 Komputerowy model sali sportowej.

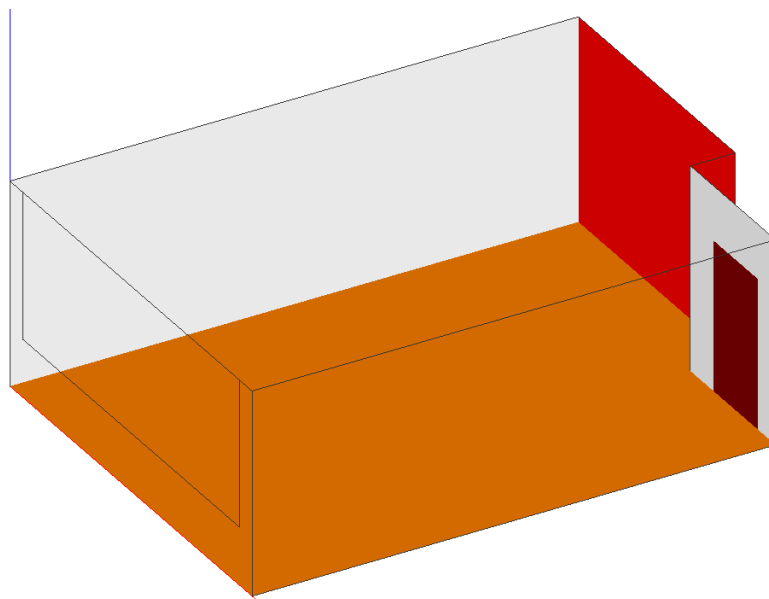


Fig.8 Komputerowy model sali językowej.

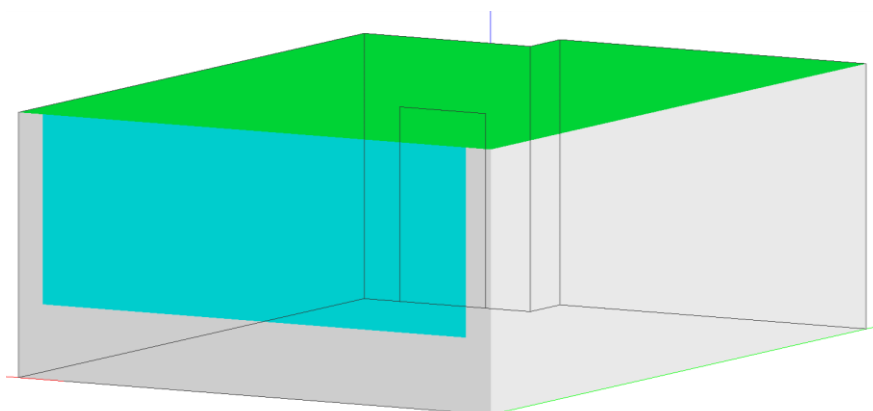


Fig.9 Komputerowy model sali językowej.

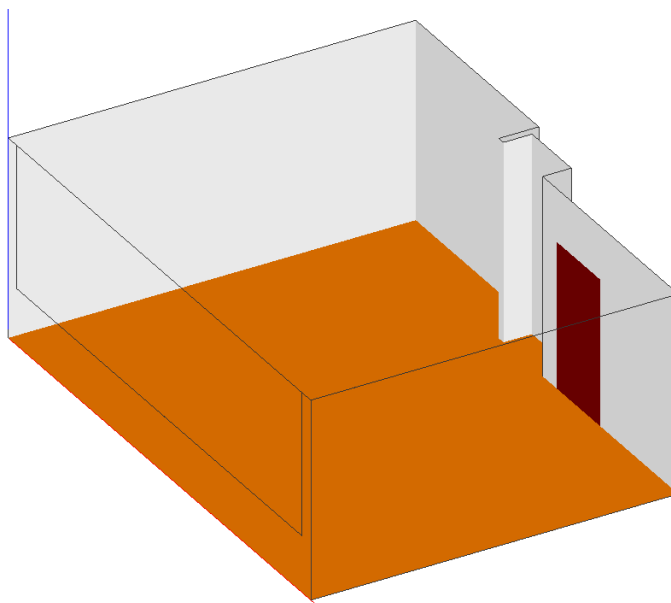


Fig.10 Komputerowy model sali wielofunkcyjnej.

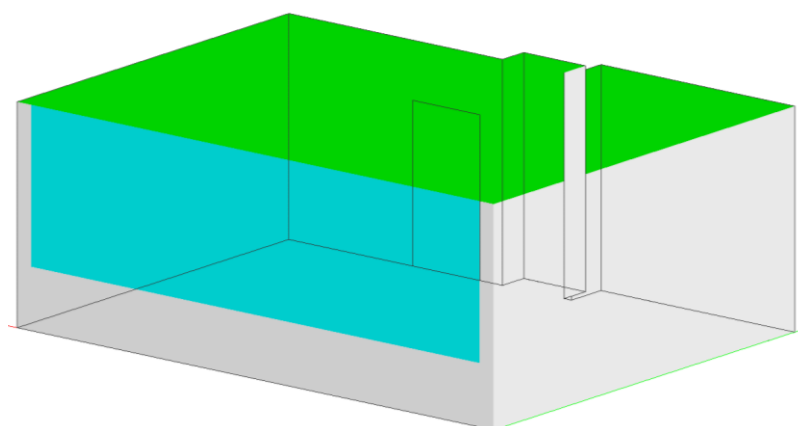


Fig.11 Komputerowy model sali wielofunkcyjnej.

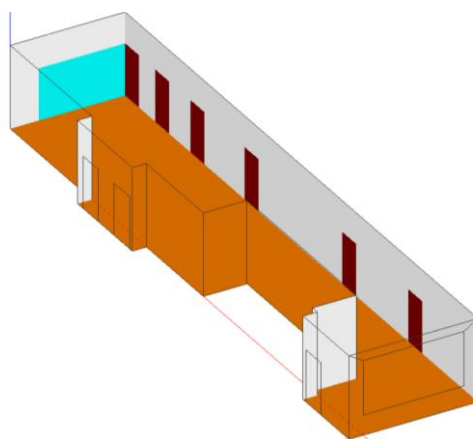


Fig.12 Komputerowy model holu.

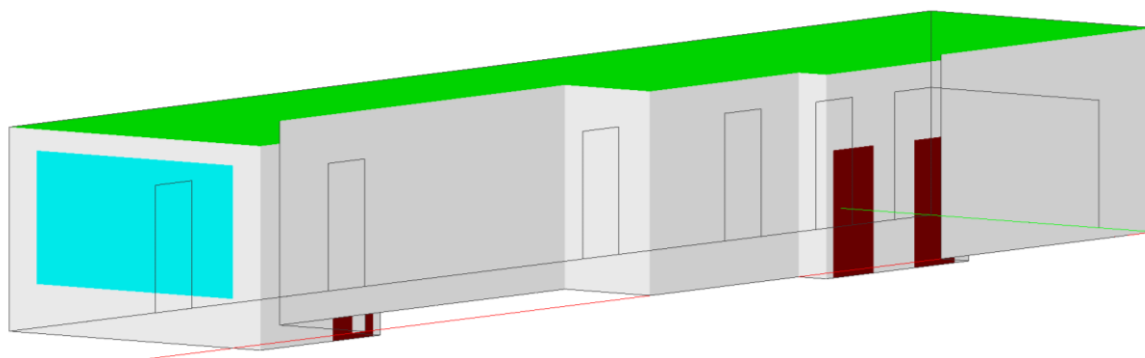
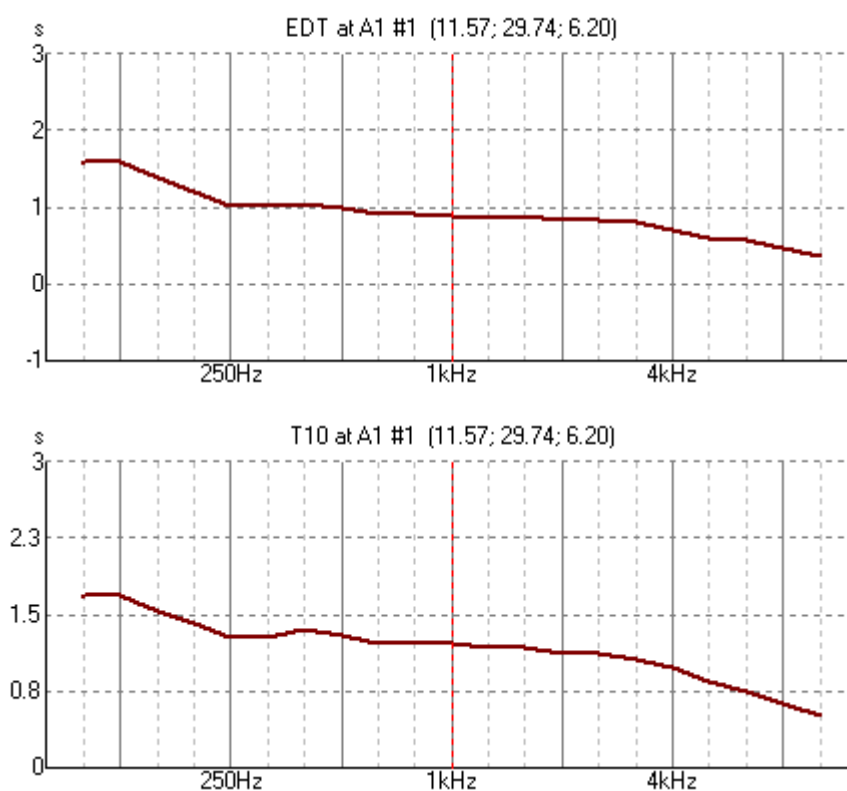


Fig.13 Komputerowy model Sali holu.

4. Wyniki symulacji

4.1 Sala gimnastyczna



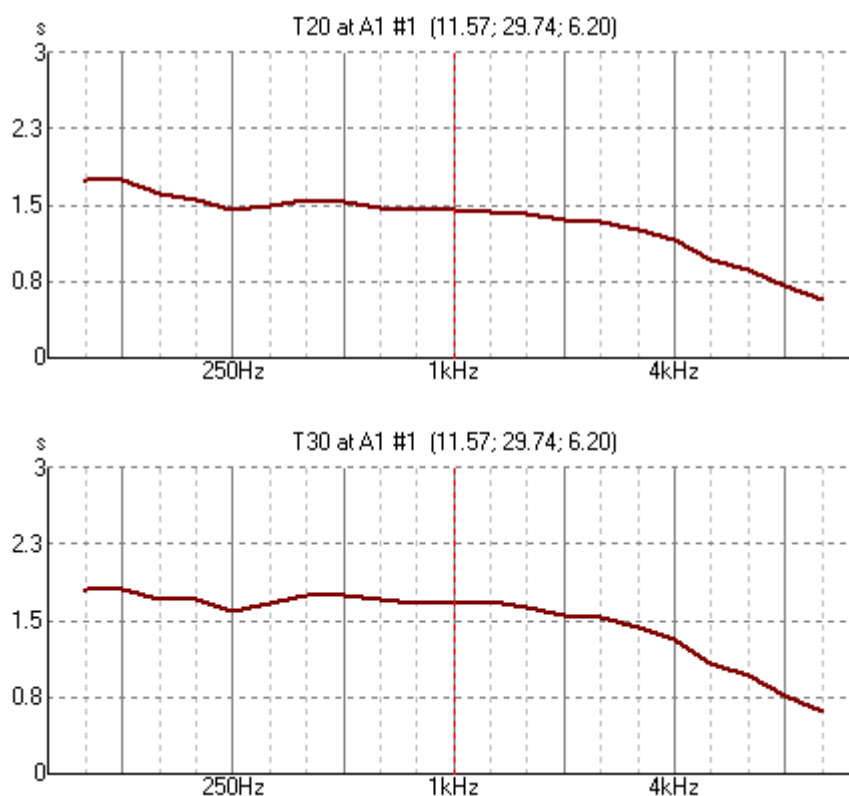


Fig. 14 Wykres czasu pogłosu w sali gimnastycznej przy różnych metodach pomiarowych.

Pasmo oktawowe	ETD [s]	T10 [s]	T20 [s]	T30 [s]	Średnia [s]	Założenia projektowe [s]
100 Hz	1,59	1,68	1,74	1,80	1,70	2,34
125 Hz	1,60	1,70	1,75	1,81	1,72	2,34
160 Hz	1,39	1,53	1,61	1,71	1,56	1,8
200 Hz	1,21	1,40	1,54	1,71	1,47	1,8
250 Hz	1,02	1,28	1,45	1,60	1,34	1,8
315 Hz	1,00	1,27	1,49	1,68	1,36	1,8
400 Hz	1,03	1,35	1,54	1,75	1,42	1,8
500 Hz	0,98	1,29	1,53	1,75	1,39	1,8
630 Hz	0,91	1,22	1,46	1,70	1,32	1,8
800 Hz	0,91	1,22	1,45	1,67	1,31	1,8
1000 Hz	0,87	1,20	1,46	1,66	1,30	1,8
1250 Hz	0,85	1,18	1,43	1,69	1,29	1,8
1600 Hz	0,87	1,18	1,41	1,62	1,27	1,8
2000 Hz	0,83	1,12	1,35	1,55	1,21	1,8
2500 Hz	0,82	1,12	1,33	1,54	1,20	1,8
3150 Hz	0,80	1,06	1,25	1,43	1,14	1,8
4000 Hz	0,70	0,98	1,15	1,31	1,04	1,8
5000 Hz	0,59	0,83	0,96	1,07	0,86	1,8
6300 Hz	0,56	0,74	0,86	0,95	0,78	1,8
8000 Hz	0,46	0,63	0,70	0,77	0,64	1,8
10000 Hz	0,36	0,50	0,56	0,60	0,51	1,8
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz					1,33	1,83

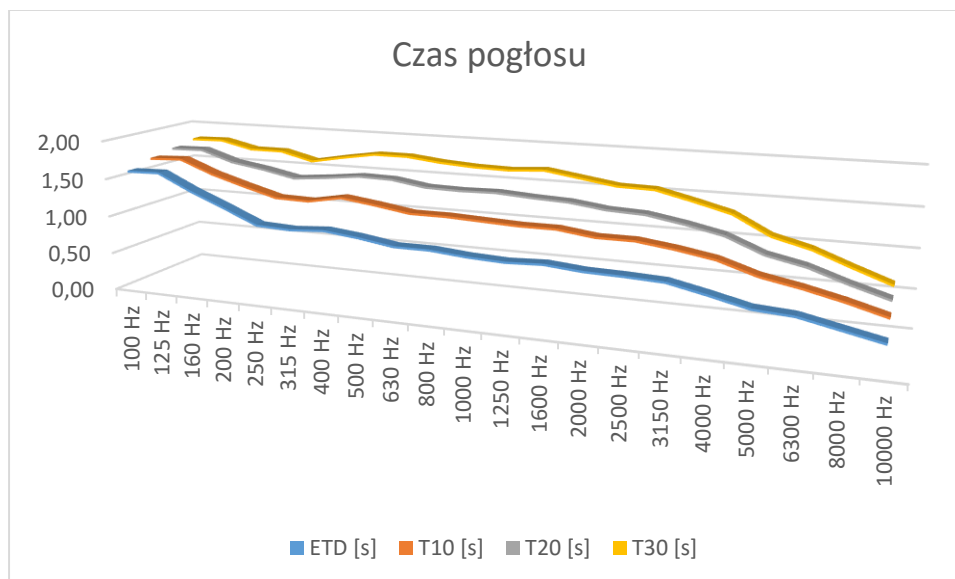


Fig. 15 Wykres czasu pogłosu w sali gimnastycznej przy różnych metodach pomiarowych.

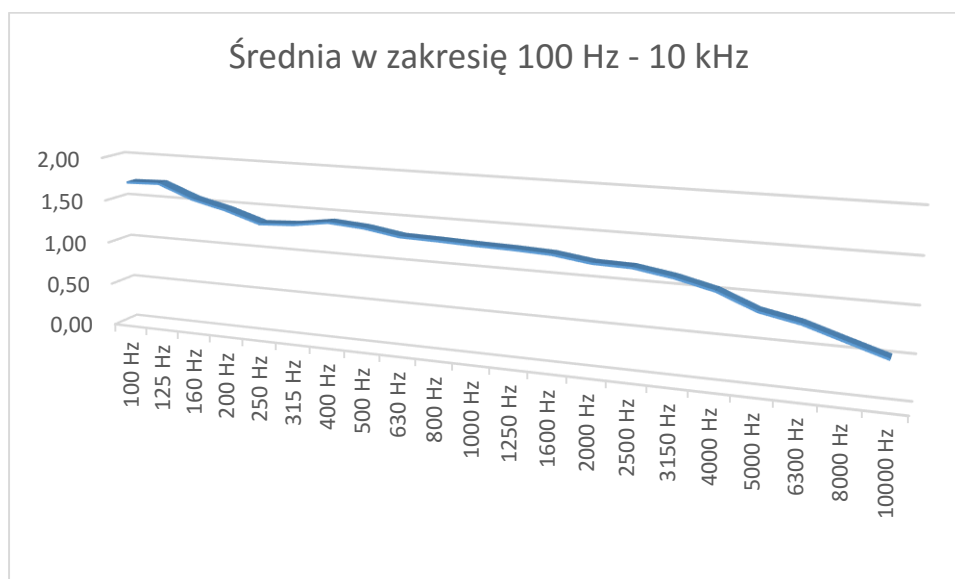


Fig. 16 Wykres wartości średniej czasu pogłosu sali gimnastycznej w paśmie 100 Hz – 10 kHz.

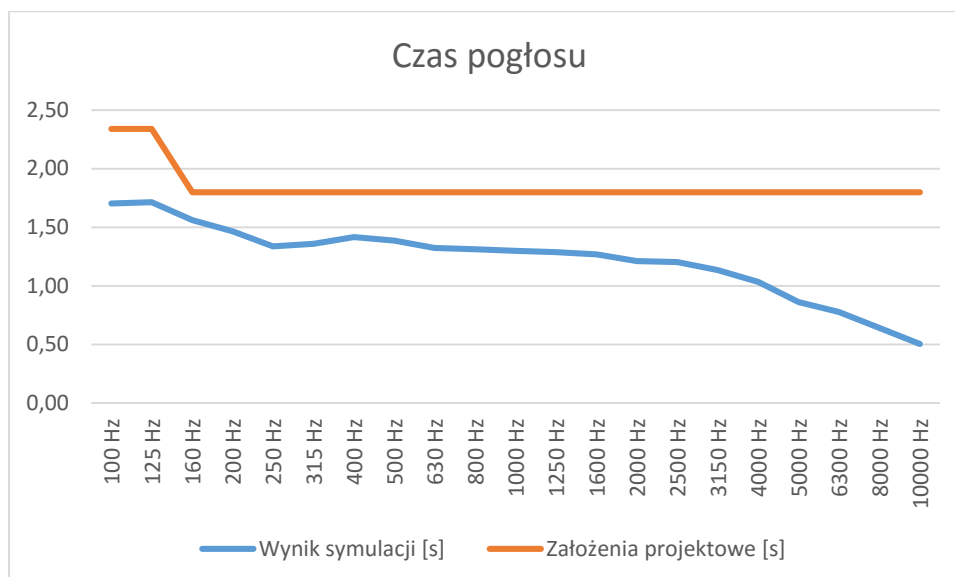
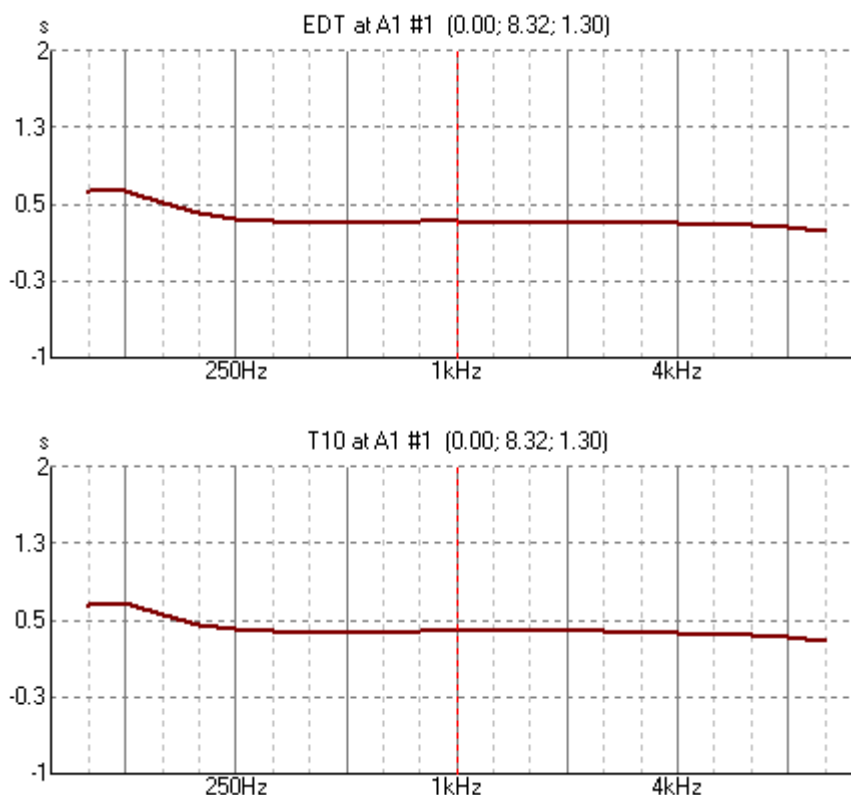


Fig. 17 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w sali gimnastycznej w paśmie 100 Hz – 10 kHz z uwzględnieniem założeń projektowych.

4.2 Sala językowa



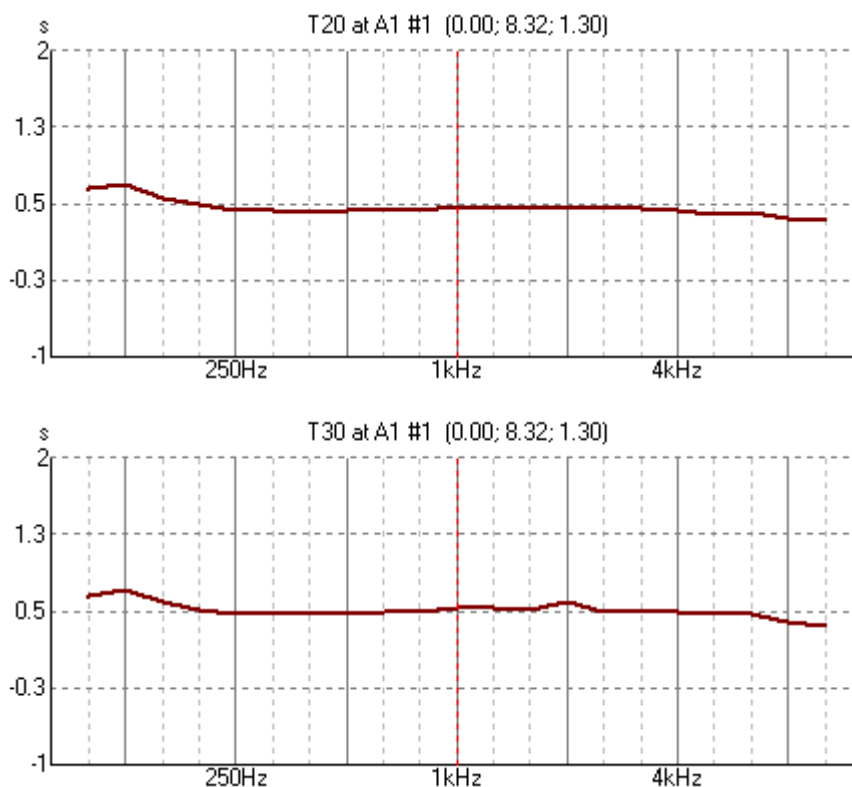


Fig. 18 Wykres czasu pogłosu w sali językowej przy różnych metodach pomiarowych.

Pasmo oktauwowe	ETD [s]	T10 [s]	T20 [s]	T30 [s]	Średnia [s]	Założenia projektowe [s]
100 Hz	0,61	0,63	0,63	0,62	0,62	0,65
125 Hz	0,62	0,63	0,63	0,62	0,63	0,65
160 Hz	0,48	0,51	0,52	0,52	0,51	0,5
200 Hz	0,39	0,42	0,43	0,45	0,42	0,5
250 Hz	0,32	0,36	0,37	0,40	0,36	0,5
315 Hz	0,31	0,35	0,36	0,38	0,35	0,5
400 Hz	0,30	0,36	0,39	0,42	0,37	0,5
500 Hz	0,29	0,33	0,36	0,42	0,35	0,5
630 Hz	0,29	0,34	0,37	0,43	0,36	0,5
800 Hz	0,30	0,35	0,38	0,39	0,36	0,5
1000 Hz	0,30	0,34	0,36	0,38	0,35	0,5
1250 Hz	0,30	0,36	0,39	0,41	0,37	0,5
1600 Hz	0,30	0,34	0,36	0,40	0,35	0,5
2000 Hz	0,29	0,35	0,36	0,38	0,35	0,5
2500 Hz	0,28	0,33	0,36	0,39	0,34	0,5
3150 Hz	0,29	0,34	0,37	0,44	0,36	0,5
4000 Hz	0,28	0,33	0,36	0,39	0,34	0,5
5000 Hz	0,28	0,33	0,35	0,38	0,34	0,5
6300 Hz	0,26	0,31	0,34	0,36	0,32	0,5
8000 Hz	0,25	0,29	0,31	0,32	0,29	0,5
10000 Hz	0,23	0,27	0,28	0,30	0,27	0,5
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz					0,38	0,51

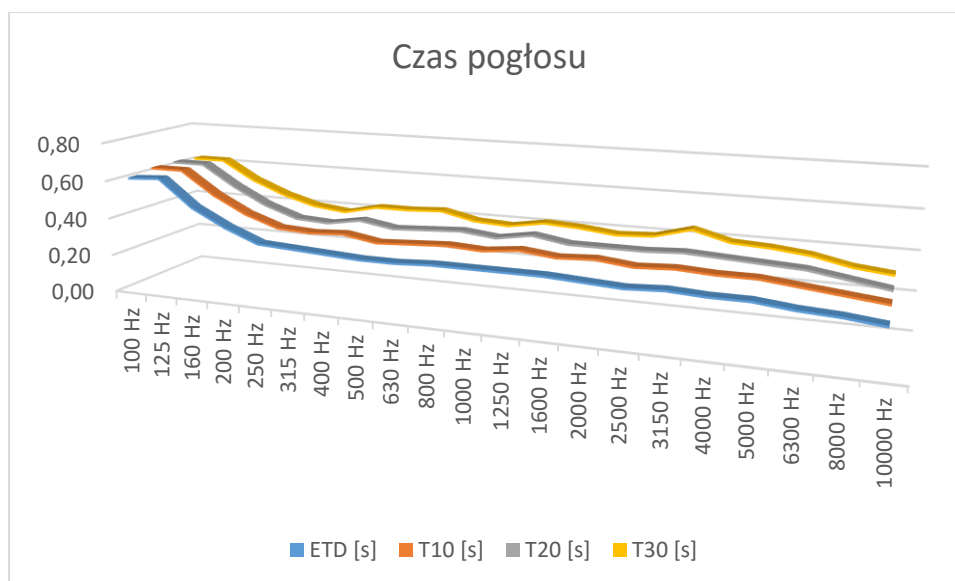


Fig. 19 Wykres czasu pogłosu w sali językowej przy różnych metodach pomiarowych.

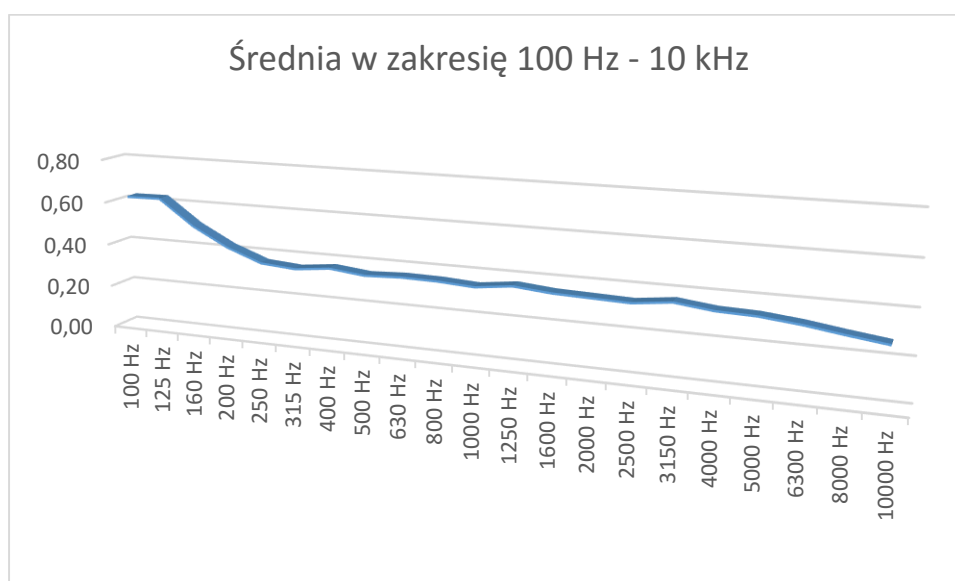


Fig. 20 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w sali językowej w paśmie 100 Hz – 10 kHz.

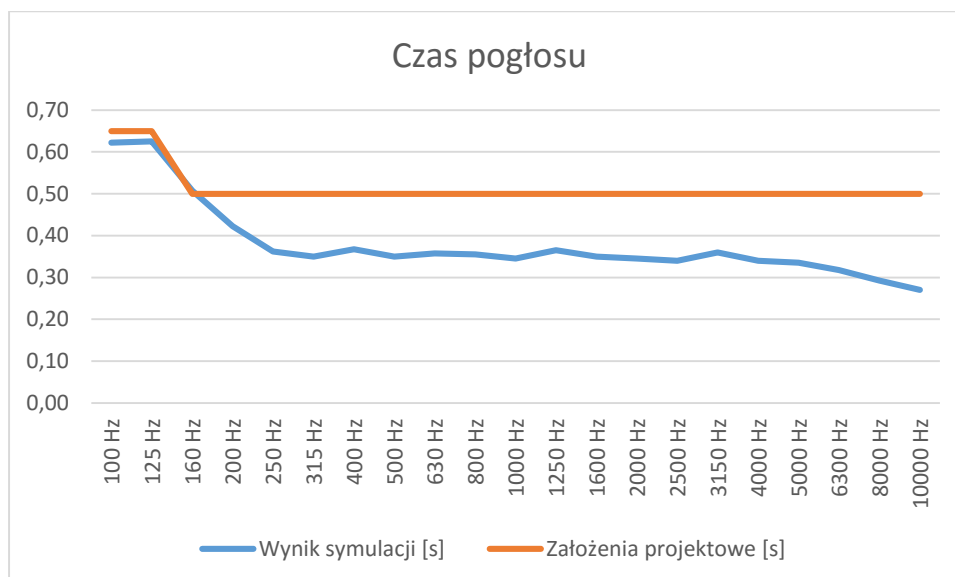


Fig. 21 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w sali językowej w paśmie 100 Hz – 10 kHz z uwzględnieniem założeń projektowych.

Pasmo oktauwowe	STI	Średnia STI	Założenia projektowe STI
100 Hz	0,74	0,74	0,60
125 Hz	0,74		
160 Hz	0,74		
200 Hz	0,74		
250 Hz	0,74		
315 Hz	0,74		
400 Hz	0,74		
500 Hz	0,74		
630 Hz	0,74		
800 Hz	0,74		
1000 Hz	0,74		
1250 Hz	0,74		
1600 Hz	0,74		
2000 Hz	0,74		
2500 Hz	0,74		
3150 Hz	0,74		
4000 Hz	0,74		
5000 Hz	0,74		
6300 Hz	0,74		
8000 Hz	0,74		
10000 Hz	0,74		

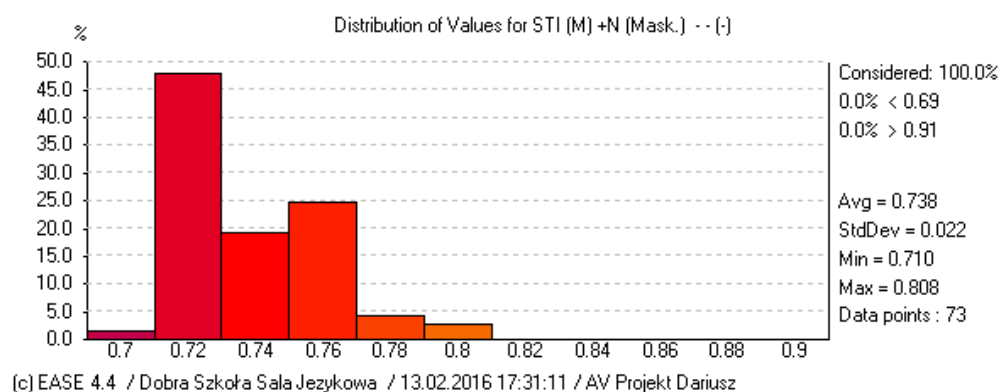
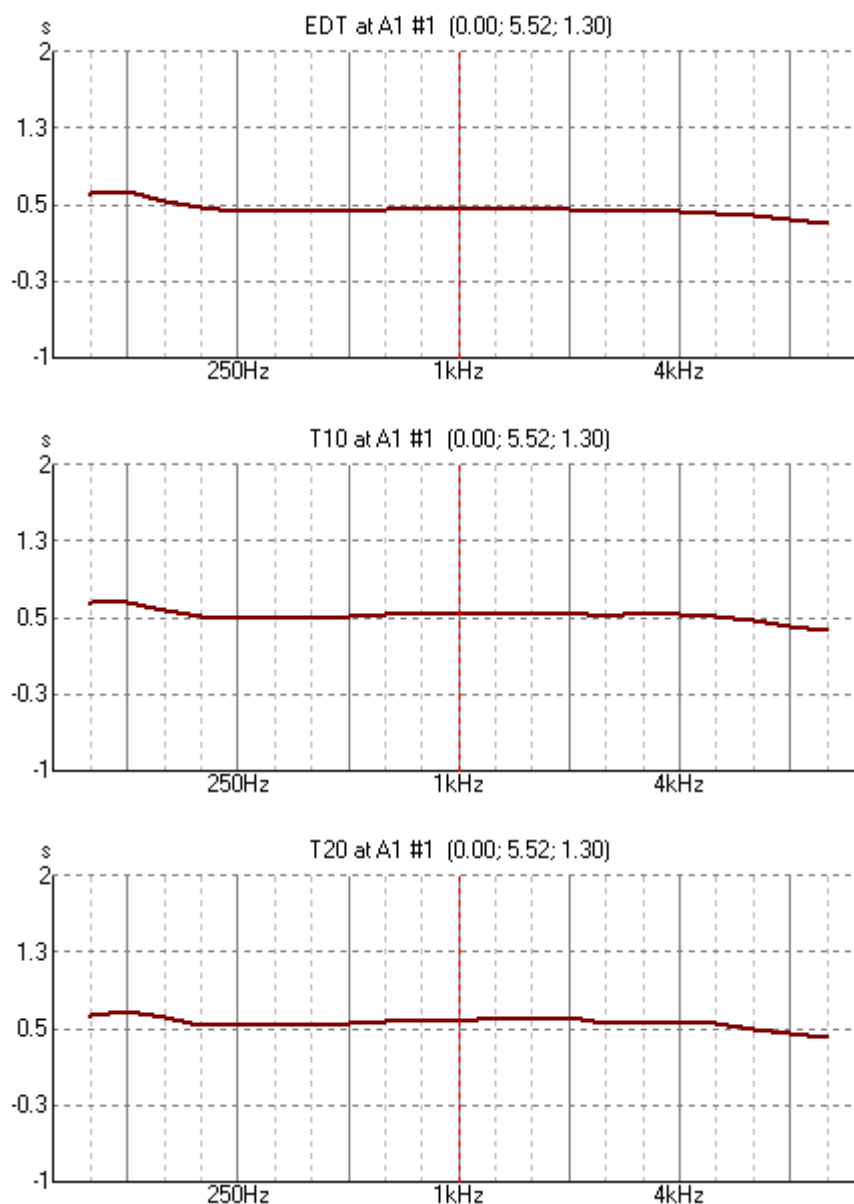


Fig. 22 Rozkład wskaźnika transmisji mowy STI w sali językowej.

4.2 Sala wielofunkcyjna



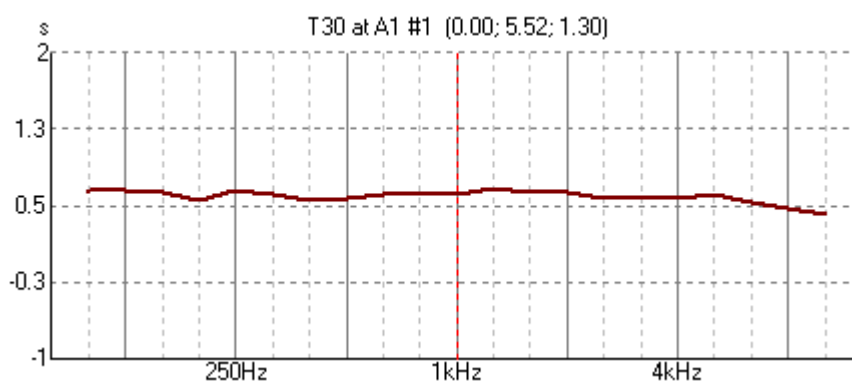


Fig. 23 Wykres czasu pogłosu w sali wielofunkcyjnej przy różnych metodach pomiarowych.

Pasmo oktawowe	ETD [s]	T10 [s]	T20 [s]	T30 [s]	Średnia [s]	Założenia projektowe [s]
100 Hz	0,62	0,64	0,63	0,65	0,64	0,78
125 Hz	0,63	0,66	0,66	0,66	0,65	0,78
160 Hz	0,54	0,57	0,60	0,63	0,59	0,6
200 Hz	0,47	0,51	0,53	0,54	0,51	0,6
250 Hz	0,42	0,49	0,53	0,65	0,52	0,6
315 Hz	0,43	0,51	0,53	0,60	0,52	0,6
400 Hz	0,43	0,50	0,52	0,55	0,50	0,6
500 Hz	0,43	0,52	0,55	0,57	0,52	0,6
630 Hz	0,45	0,53	0,56	0,62	0,54	0,6
800 Hz	0,45	0,54	0,58	0,62	0,55	0,6
1000 Hz	0,46	0,54	0,57	0,62	0,55	0,6
1250 Hz	0,45	0,55	0,60	0,67	0,57	0,6
1600 Hz	0,45	0,53	0,59	0,62	0,55	0,6
2000 Hz	0,45	0,55	0,61	0,62	0,56	0,6
2500 Hz	0,44	0,52	0,55	0,57	0,52	0,6
3150 Hz	0,45	0,54	0,56	0,56	0,53	0,6
4000 Hz	0,43	0,52	0,56	0,57	0,52	0,6
5000 Hz	0,41	0,50	0,55	0,61	0,52	0,6
6300 Hz	0,39	0,47	0,50	0,52	0,47	0,6
8000 Hz	0,35	0,42	0,45	0,46	0,42	0,6
10000 Hz	0,31	0,37	0,40	0,42	0,38	0,6
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz					0,54	0,61

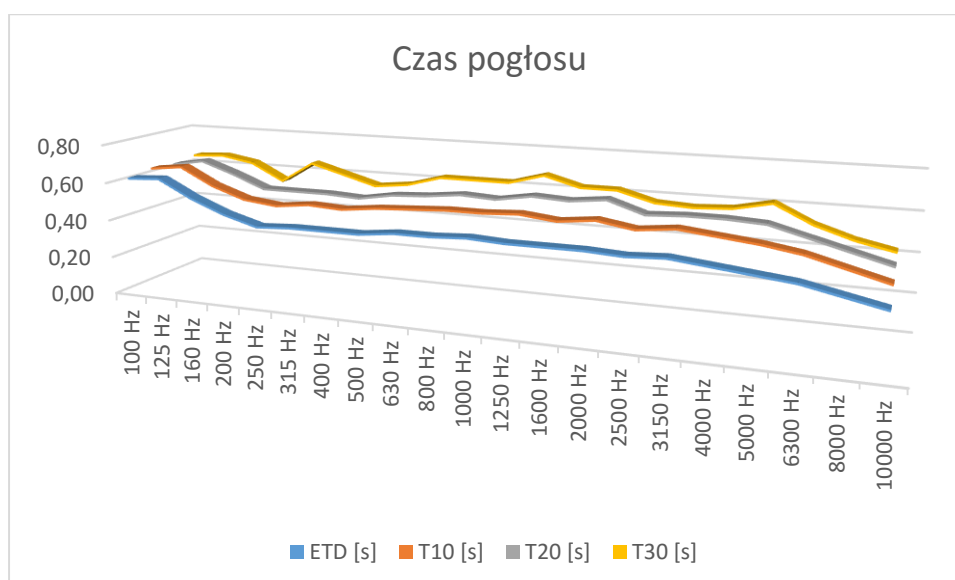


Fig. 24 Wykres czasu pogłosu w sali wielofunkcyjnej przy różnych metodach pomiarowych.

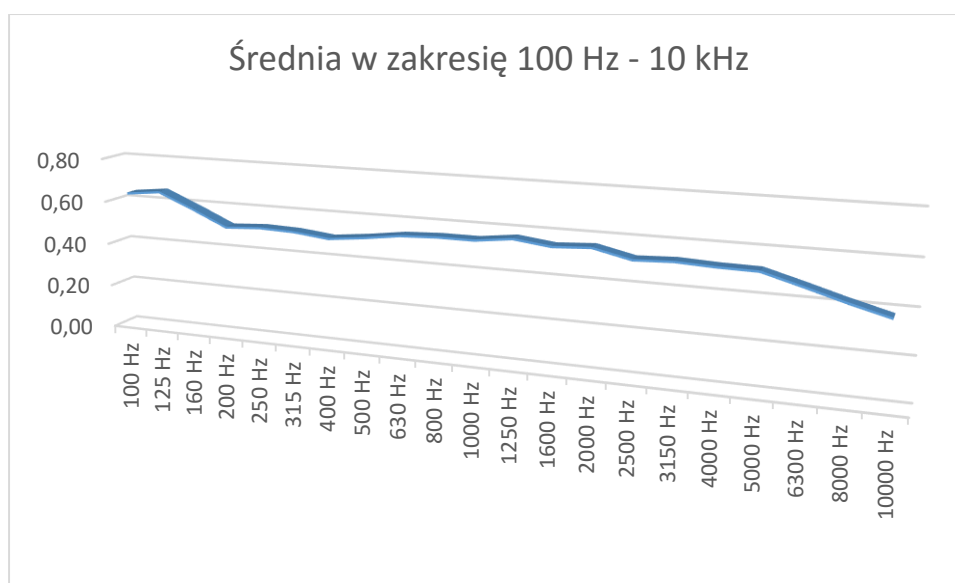


Fig. 25 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w sali wielofunkcyjnej w paśmie 100 Hz – 10 kHz.

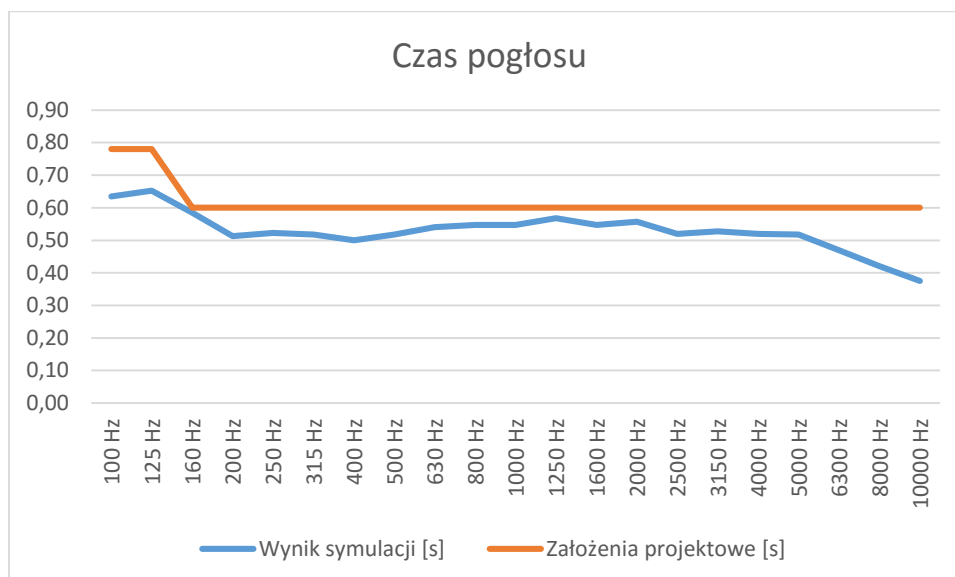


Fig. 26 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w sali wielofunkcyjnej w paśmie 100 Hz – 10 kHz z uwzględnieniem założeń projektowych.

Pasmo oktauwowe	STI	Średnia STI	Założenia projektowe STI
100 Hz	0,69	0,69	0,60
125 Hz	0,69		
160 Hz	0,69		
200 Hz	0,69		
250 Hz	0,69		
315 Hz	0,69		
400 Hz	0,69		
500 Hz	0,69		
630 Hz	0,69		
800 Hz	0,69		
1000 Hz	0,69		
1250 Hz	0,69		
1600 Hz	0,69		
2000 Hz	0,69		
2500 Hz	0,69		
3150 Hz	0,69		
4000 Hz	0,69		
5000 Hz	0,69		
6300 Hz	0,69		
8000 Hz	0,69		
10000 Hz	0,69		

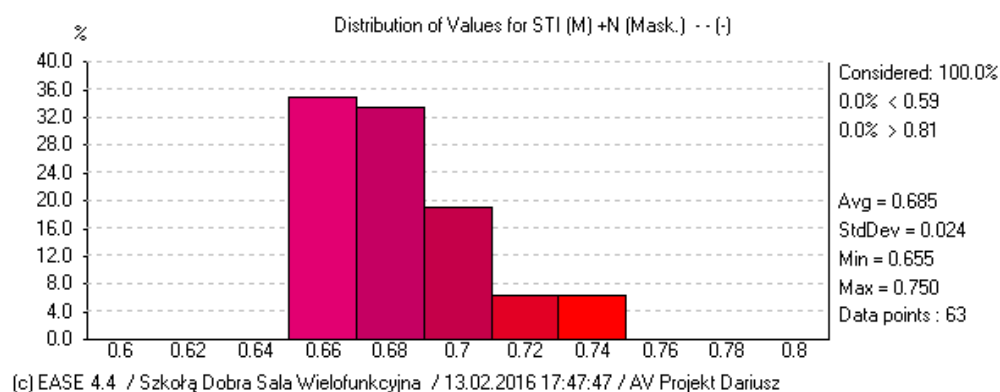


Fig. 27 Rozkład wskaźnika transmisji mowy STI w sali wielofunkcyjnej.

4.1 Hol

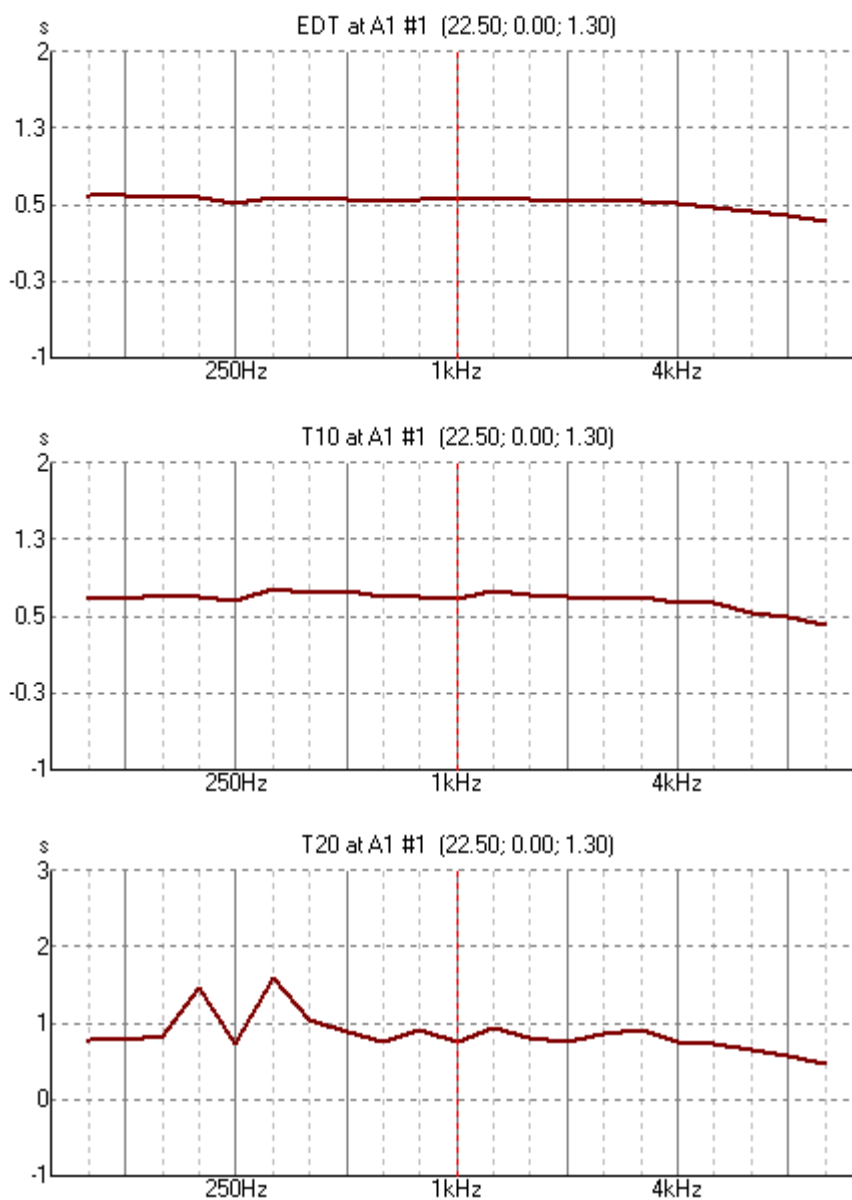




Fig. 28 Wykres czasu pogłosu w holu przy różnych metodach pomiarowych.

Pasmo oktauwowe	ETD [s]	T10 [s]	T20 [s]	T30 [s]	Średnia [s]	Założenia projektowe [s]
100 Hz	0,60	0,69	0,77	0,81	0,72	1,56
125 Hz	0,59	0,67	0,77	0,94	0,74	1,56
160 Hz	0,56	0,71	0,84	0,85	0,74	1,2
200 Hz	0,56	0,69	1,45	1,57	1,07	1,2
250 Hz	0,52	0,65	0,73	0,73	0,66	1,2
315 Hz	0,58	0,77	1,59	1,94	1,22	1,2
400 Hz	0,56	0,72	1,03	1,14	0,86	1,2
500 Hz	0,55	0,74	0,89	0,90	0,77	1,2
630 Hz	0,54	0,69	0,74	0,76	0,68	1,2
800 Hz	0,54	0,68	0,91	0,98	0,78	1,2
1000 Hz	0,54	0,67	0,76	0,78	0,69	1,2
1250 Hz	0,57	0,75	0,93	1,02	0,82	1,2
1600 Hz	0,56	0,70	0,81	0,82	0,72	1,2
2000 Hz	0,54	0,68	0,76	0,80	0,70	1,2
2500 Hz	0,55	0,67	0,85	0,97	0,76	1,2
3150 Hz	0,54	0,69	0,92	1,13	0,82	1,2
4000 Hz	0,51	0,62	0,74	0,83	0,68	1,2
5000 Hz	0,48	0,62	0,73	0,76	0,65	1,2
6300 Hz	0,43	0,54	0,65	0,73	0,59	1,2
8000 Hz	0,39	0,48	0,57	0,63	0,52	1,2
10000 Hz	0,34	0,41	0,45	0,47	0,42	1,2
Średnia w paśmie 125 Hz - 4 kHz					0,79	1,22

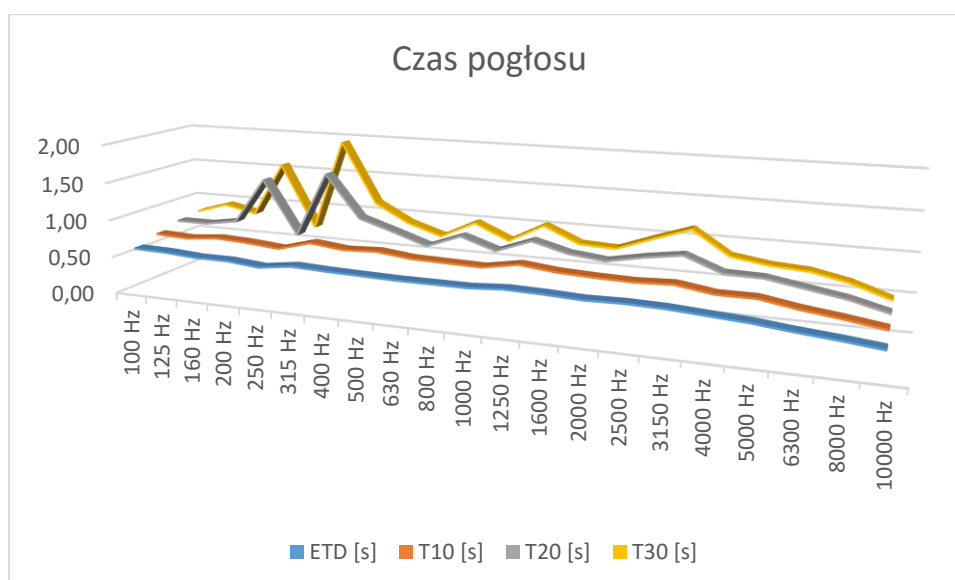


Fig. 29 Wykres czasu pogłosu w holu przy różnych metodach pomiarowych.

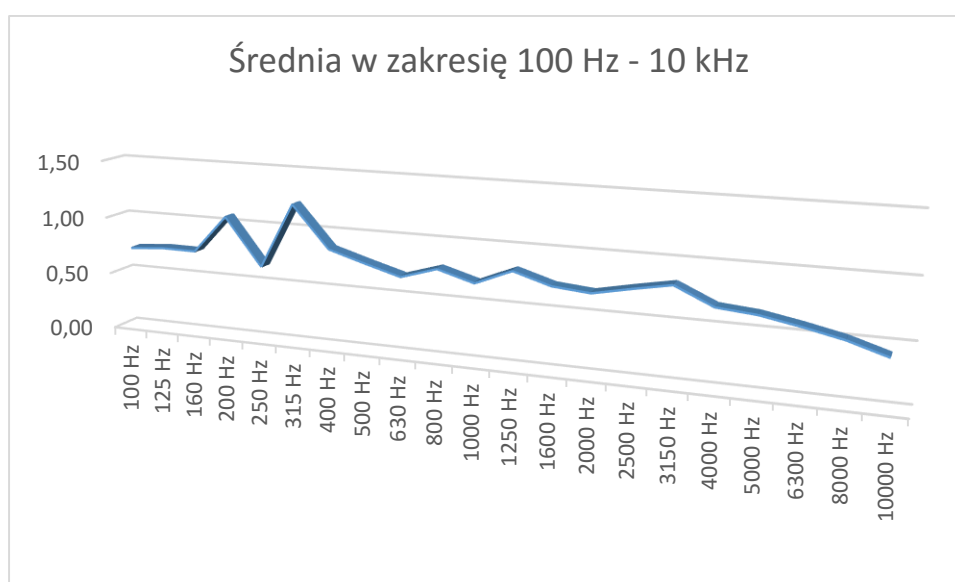


Fig. 30 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w holu w paśmie 100 Hz – 10 kHz.



Fig. 31 Wykres wartości średniej czasu pogłosu w holu w paśmie 100 Hz – 10 kHz z uwzględnieniem założeń projektowych przed adaptacją.

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.