

Adaptacja akustyczna

OBIEKT: Sala koncertowa
Szkoła Muzyczna I stopnia
Przasnysz

BRANŻA: Akustyka wnętrza

FIRMA: **AVprojekt**
biuro: ul. Rogowska 127
54-440 Wrocław
tel./fax (71) 71 79 000 43
avprojekt@avprojekt.com

OPRACOWAŁ: mgr inż. Roman Marczak



SPRAWDZAJĄCY: mgr inż. Paweł Barczyński



lipiec 2016 r.

SPIS TREŚCI

1	WYKAZ NORM, LITERATURY	3
2	PRZEDMIOT OPRACOWANIA	4
3	PODSTAWOWE POJĘCIA AKUSTYCZNE	5
4	WYTYCZNE W ZAKRESIE OCHRONY PRZED HAŁASEM	7
	4.1 Wytyczne dla instalacji wentylacyjnej	7
5	ADAPTACJA AKUSTYCZNA	9
	5.1 Założenia	9
	5.2 Model akustyczny	9
	5.3 Adaptacja akustyczna	10
	5.3.1 Czas pogłosu	11
	5.3.2 Wskaźnik przejrzystości muzyki C80	11
	5.3.3 Wskaźnik przejrzystości mowy C50	13
	5.3.4 Wskaźnik zrozumiałości mowy STI	14
6	WYKAZ RYSUNKÓW	15

1 WYKAZ NORM, LITERATURY

- [1]. PN-B-02151-4 Akustyka budowlana Ochrona przed hałasem w budynkach – Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach
- [2]. Polska Norma PN-B-02151-03/99 „Akustyka budowlana: Ochrona przed hałasem w budynkach - Izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania”
- [3]. Jerzy Sadowski „Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie” Wyd. Arkady, Wydanie 1, Warszawa 1971
- [4]. Jerzy Sadowski „Akustyka architektoniczna” PWN, Wydanie 1, Poznań 1976
- [5]. Glen Ballou, Editor „Handbook for Sound Engineers – the New Audio Cyclopedia” Howard W. Sams & Co, Second edition, Carmel Indiana USA 1991.
- [6]. Cox, D’Antonio, Acoustic Absorbers and Diffusers, Taylor & Francis 2009
- [7]. A. Kulowski, Akustyka Sal, Gdańsk 2007

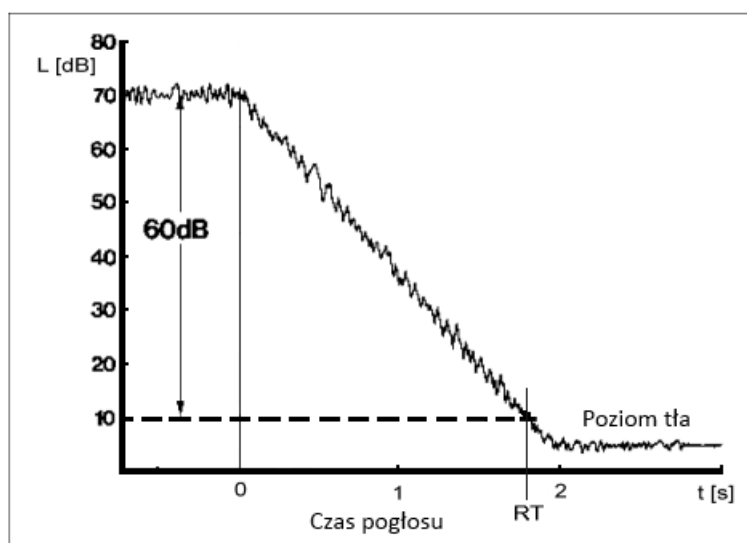
2 PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest analiza akustyki sali koncertowej należącej do Szkoły Muzycznej I stopnia w Przasnyszu. Opracowanie zawiera wytyczne związane z adaptacją akustyczną – dobór i rozmieszczenie materiałów dźwiękochłonnych, oparty na podstawie symulacji komputerowej w programie EASE (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers) firmy Renkus-Heinz.

Opracowanie zawiera także wytyczne odnośnie izolacyjności przegród budowlanych oraz wymagania normatywne dotyczące dopuszczalnych poziomów dźwięku od źródeł hałasu.

3 PODSTAWOWE POJĘCIA AKUSTYCZNE

Czas pogłosu T – Jest to podstawowy parametr określający właściwości akustyczne pomieszczenia. Jest to czas wyrażony w sekundach, który byłby potrzebny do zmniejszenia poziomu ciśnienia akustycznego o 60 dB, po wyłączeniu źródła dźwięku. Definicja T dla spadku poziomu ciśnienia akustycznego może być spełniona dla liniowej ekstrapolacji krótszych zakresów oceny takich jak T_{30} (jest to czas określany od momentu, w którym krzywa zaniku osiągnie po raz pierwszy spadek 5dB poniżej poziomu początkowego do momentu spadku o 35dB) albo T_{20} (czas spadku od 5dB do 25dB).



Rys. 1: Wykres ilustrujący sposób wyznaczania czasu pogłosu pomieszczenia.

Wskaźnik przejrzystości – jest to stosunek energii docierającej do miejsca odsłuchu w ciągu czasu t po dźwięku bezpośrednim do energii pozostałej części odpowiedzi impulsowej. Można to opisać za pomocą wzoru:

$$C_t = 10 \log \frac{\int_0^t p^2(t) dt}{\int_t^\infty p^2(t) dt} [dB]$$

Parametr ten odpowiada subiektywnemu parametrowi przejrzystości, określającego możliwość rozróżnienia poszczególnych dźwięków i ich źródeł. Badania psychoakustyczne uzasadniły wprowadzenie stałych czasowych 80ms dla muzyki oraz 50ms dla mowy.

Wskaźnik przejrzystości mowy C_{50} – stosunek energii docierającej do miejsca odsłuchu w ciągu 50ms do energii pozostałej.

$$C_{50} = 10 \log \frac{\int_0^{50ms} p^2(t) dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t) dt} [dB]$$

Wskaźnik przejrzystości muzyki C_{80} - stosunek energii docierającej do miejsca odsłuchu w ciągu 80ms do energii pozostałej.

$$C_{80} = 10 \log \frac{\int_0^{80ms} p^2(t) dt}{\int_{80ms}^{\infty} p^2(t) dt} [dB]$$

4 WYTYCZNE W ZAKRESIE OCHRONY PRZED HAŁASEM

Sala koncertowa należy do pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej. W związku z tym stawiane są warunki odnośnie:

- dopuszczalnego poziomu hałasu w pomieszczeniu
- dopuszczalnego poziomu hałasu od instalacji wewnętrznych budynku (np. instalacji wentylacyjnej)

Dopuszczalny poziom tła akustycznego w pomieszczeniu nie powinien przekraczać wartości określonych krzywą **NR25** (odpowiada to poziomowi dźwięku **30dBA**). Natomiast hałas od urządzeń instalacyjnych nie powinien przekraczać wartości określonych krzywą **NR20** (odpowiada to poziomowi dźwięku **25dBA**). Poniżej w tabeli przedstawiono dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla wymienionych krzywych hałasowych.

f[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR25[dB]	55.2	43.7	35.2	29.3	25.0	21.9	19.5	17.7
NR20[dB]	51.3	39.4	30.6	24.3	20.0	16.8	14.4	12.6

Tabela 1: Wartości poziomu ciśnienia akustycznego dla krzywych NR20 i NR25.

Wymagana izolacyjność drzwi w pomieszczeniu musi spełniać następujące wymagania:

Pomieszczenie	Sala widowiskowa Wymagana izolacyjność akustyczna
Klatka schodowa	Rw >= 42dB
Pom. zakulisowe	Rw >=37dB

Tabela 2: Wymagana izolacyjność drzwi w sali

4.1 Wytyczne dla instalacji wentylacyjnej

Dopuszczalny poziom hałasu od urządzeń wentylacyjnych w sali nie może przekraczać wartości dopuszczalnych (opisanych w rozdziale głównym).

W celu ograniczenia hałasu przenoszonego przez elementy nośne budynku (drgania przenoszone przez konstrukcje – tzw. hałas materiałowy) należy zastosować dla central wentylacyjnych i innych urządzeń wentylacyjnych zabezpieczenia wibroizolacyjne. W przypadku urządzeń wolnostojących zaleca

się stosowanie wibroizolatorów punktowych podpierających konstrukcję urządzeń (np. miseczkowe lub płytowe). Wibroizolatory należy dobrać indywidualnie pod każde urządzenie biorąc pod uwagę jego masę oraz częstotliwość pobudzającą do drgań itp. Należy pamiętać także o kompensatorach elastycznych na rurociągach.

W przypadku pomieszczeń technicznych, w których hałas emitowany od urządzeń w danym pomieszczeniu przekracza wartości 70dB/A/ sugeruje się zainstalować na urządzeniach osłony dźwiękochłonne-izolacyjne. Osłony należy wykonać w postaci segmentów dźwiękochłonne – izolacyjnych instalowanych do konstrukcji wsporczej.

Przepusty przez ściany, stropy kanałów wentylacyjnych, instalacji wodnokanalizacyjnych należy wykonać stosując elementy elastyczne, wibroizolacyjne (wyeliminowanie sztywnych połączeń z przegrodą). Należy stosować wyłącznie elastyczne mocowania przewodów i kanałów (podwieszenia, podparcia). Przepusty przez ściany muszą być uszczelnione, zapewniające zachowanie izolacyjności akustycznej przegrody akustycznej.

Dla zapewnienia odpowiedniego poziomu hałasu przepływającego powietrza zaleca się stosowanie kanałów wentylacyjnych o odpowiednio dużych przekrojach wyłożonych od wewnątrz materiałem dźwiękochłonnym.

5 ADAPTACJA AKUSTYCZNA

Objętość analizowanej sali widowiskowej wynosi około 1740m³. Widownię tworzy 160 miejsc siedzących. W pomieszczeniu będą organizowane głównie koncerty muzyczne akustyczne ale także z wykorzystaniem sprzętu elektroakustycznego oraz prezentacje multimedialne.

5.1 Założenia

- Optymalny czas pogłosu powinien wynieść dla projektowanej sali $T = 1.4s$ (przy pustej widowni oraz scenie). Czas pogłosu powinien mieć liniową charakterystykę w funkcji częstotliwości w zakresie 125Hz – 4kHz, z dopuszczalną odchyłką wynoszącą +/- 20%.

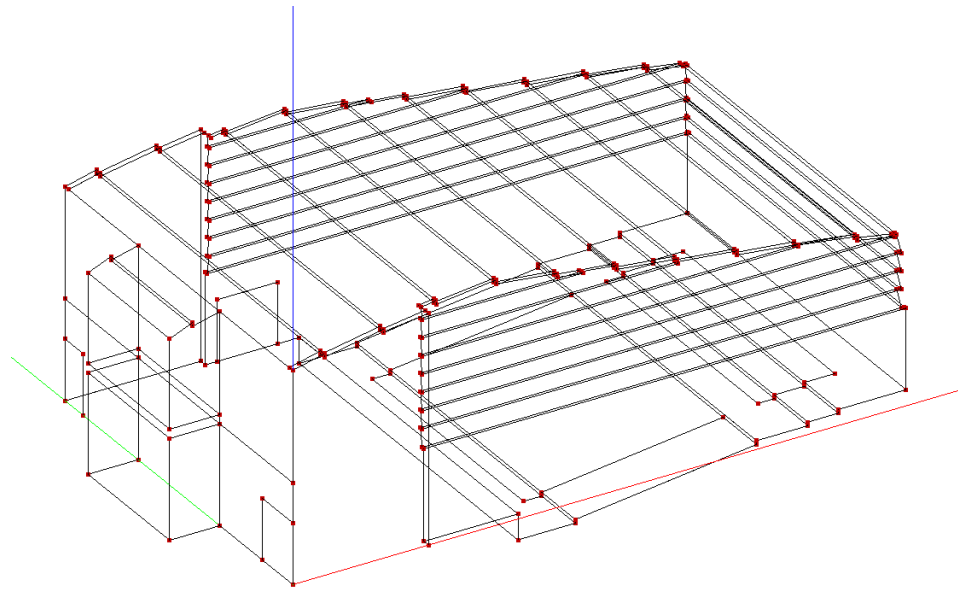
5.2 Model akustyczny

Na potrzeby adaptacji akustycznej został wykonany model analizowanej sali widowiskowej w programie Ease. Program pozwala na analizę parametrów akustycznych z wykorzystaniem metody statystycznej oraz geometrycznej.

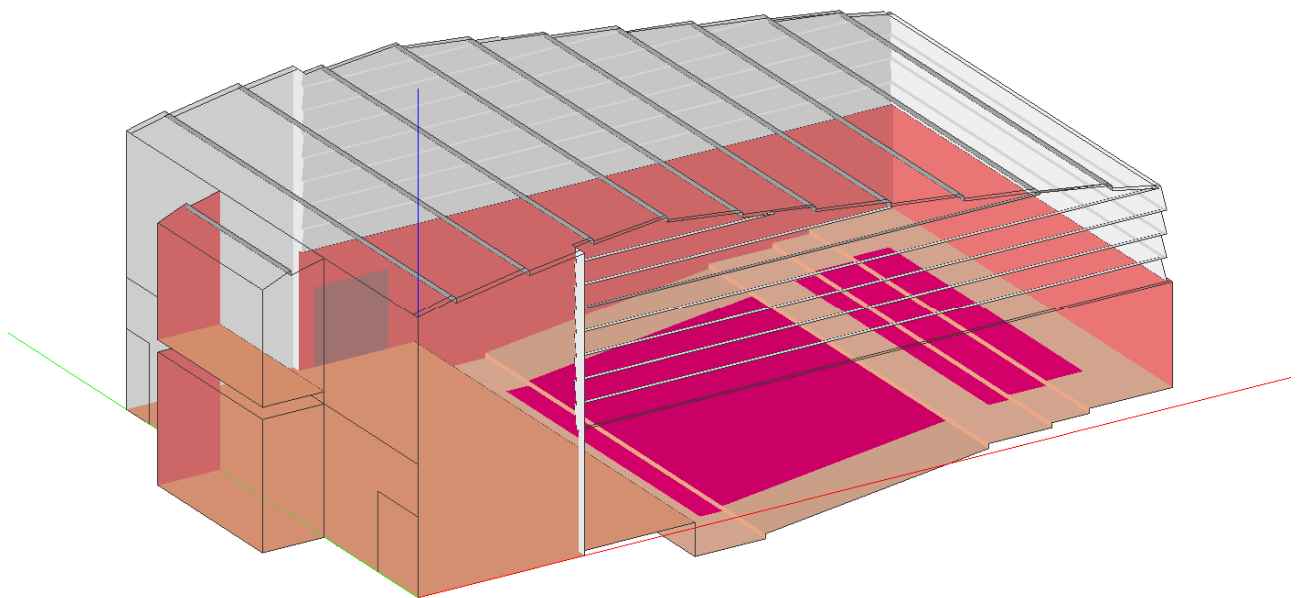
Przy tworzeniu modelu pomieszczenia uwzględniono parametry akustyczne wykorzystanych materiałów.

<i>f</i> [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
Podłoga, widownia – parkiet na betonie						
α	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Podłoga, scena – parkiet na legarach						
α	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Ściany, sufit – tynk wapienny						
α	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Otwory, pustka powietrzna						
α	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Fotel Megan Millenium lub podobny, bez publiczności						
α	0,25	0,41	0,45	0,52	0,50	0,50
Drzwi						
α	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10

Tabela 3: Współczynniki pochłaniania użytych materiałów.



Rys. 2: Model akustyczny sali widowiskowej.



Rys. 3: Model akustyczny sali widowiskowej – wizualizacja.

5.3 Adaptacja akustyczna

Dla uzyskania wymaganych parametrów akustycznych w pomieszczeniu zaprojektowano ustroje pochłaniające, oraz ustroje rozpraszające – dyfuzory.

Poniżej znajduje się tabela zawierająca współczynniki pochłaniania zastosowanych ustrojów akustycznych.

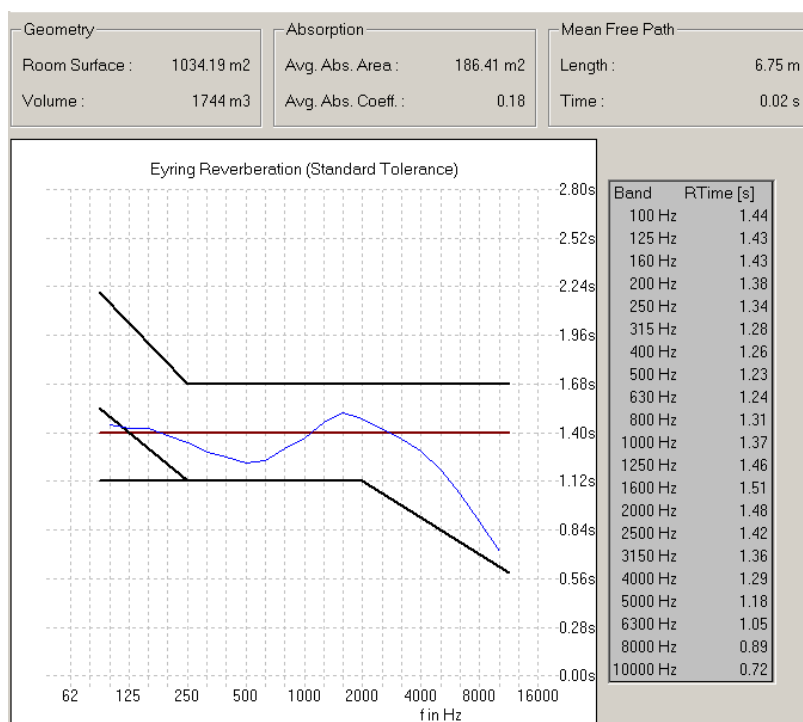
f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
Ustrój akustyczny UA1						
α	0,35	0,35	0,30	0,30	0,25	0,25
Ustrój akustyczny UA2						
α	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Ustrój akustyczny D1, dyfuzor akustyczny						
α	0,23	0,24	0,35	0,23	0,20	0,20

Tabela 4: Współczynniki pochłaniania ustrojów akustycznych

Rozmieszczenie ustrojów akustycznych oraz ich konstrukcje przedstawiają rysunki 1 – 6 w załączniku.

5.3.1 Czas pogłosu

Czas pogłosu w pomieszczeniu badany był metodą statystyczną.



Rys. 4: Czas pogłosu sali widowiskowej po adaptacji akustycznej.

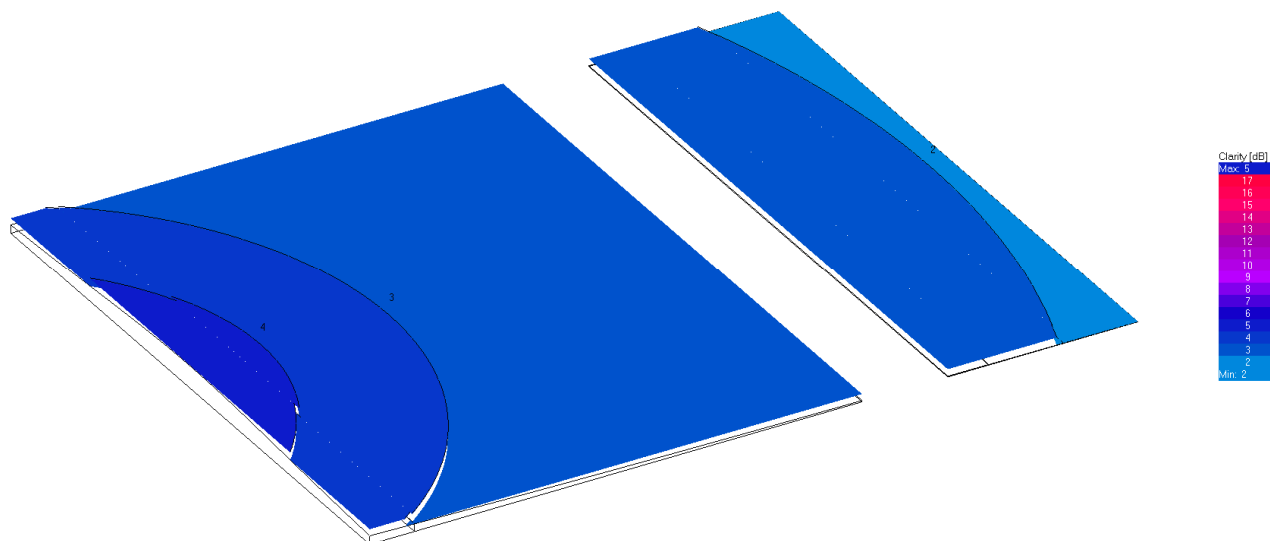
5.3.2 Wskaźnik przejrzystości muzyki C80

Analizę wskaźnika przejrzystości muzyki, przejrzystości mowy oraz wskaźnika zrozumiałości mowy (STI) przeprowadzono wykorzystując źródło dźwięku umieszczone na proscenium.

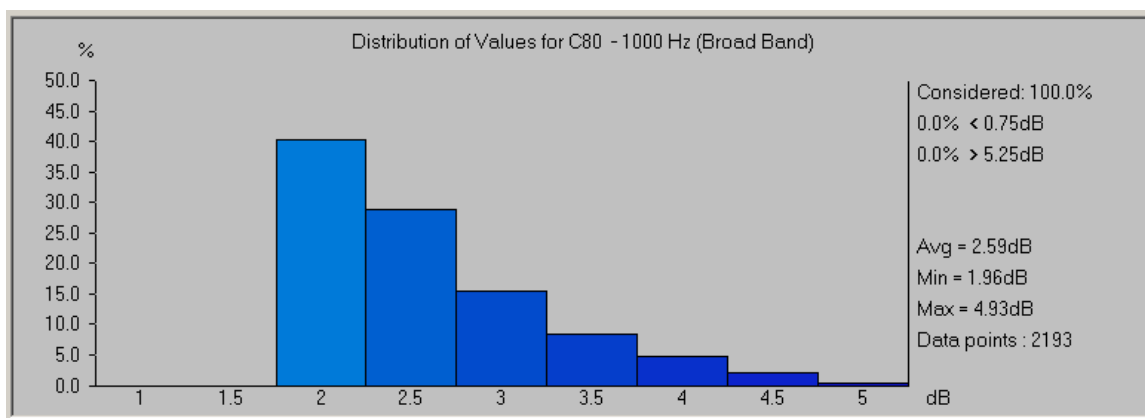
Warunki symulacji:

- Poziom dźwięku w odległości 1m: 97dB (w zakresie od 100Hz – 10kHz)

- Rozdzielczość analizy: 0.2m
- Opóźnienie dźwięku traktowanego jako użyteczny: 20ms

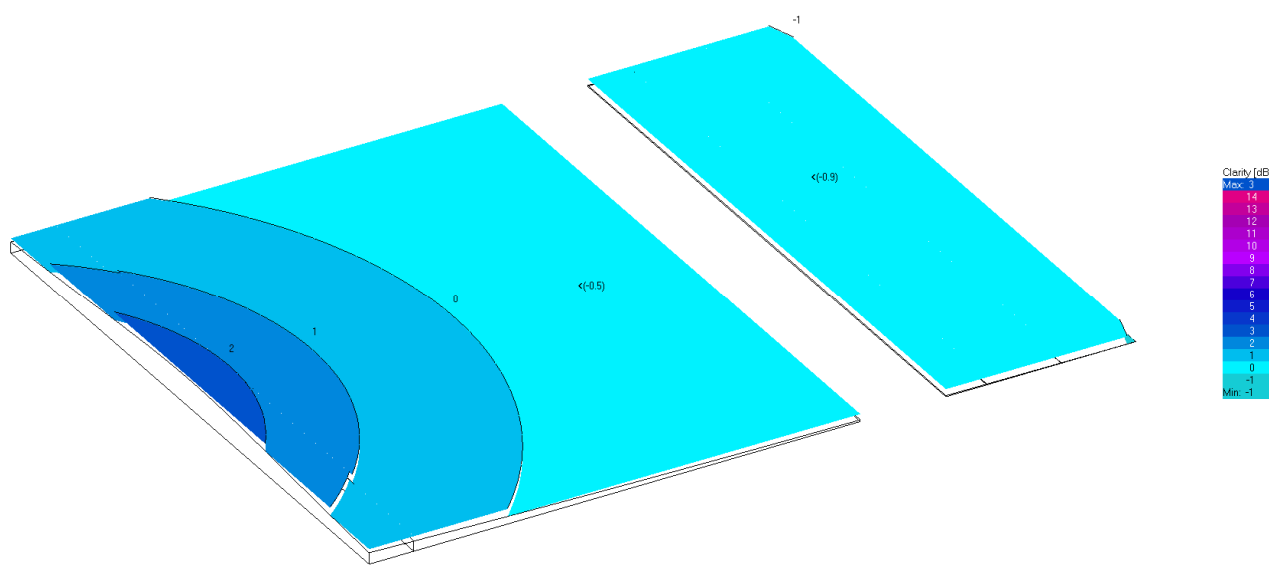


Rys. 5: Rozkład wskaźnika przejrzystości muzyki C80 na widowni.

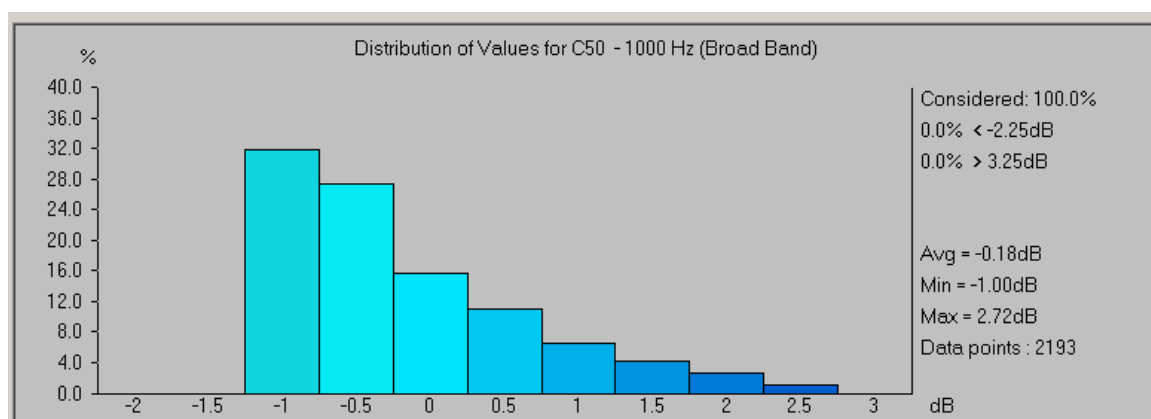


Rys. 6: Rozkład wskaźnika przejrzystości muzyki C80 na widowni, wartości statystyczne.

5.3.3 Wskaźnik przejrzystości mowy C50

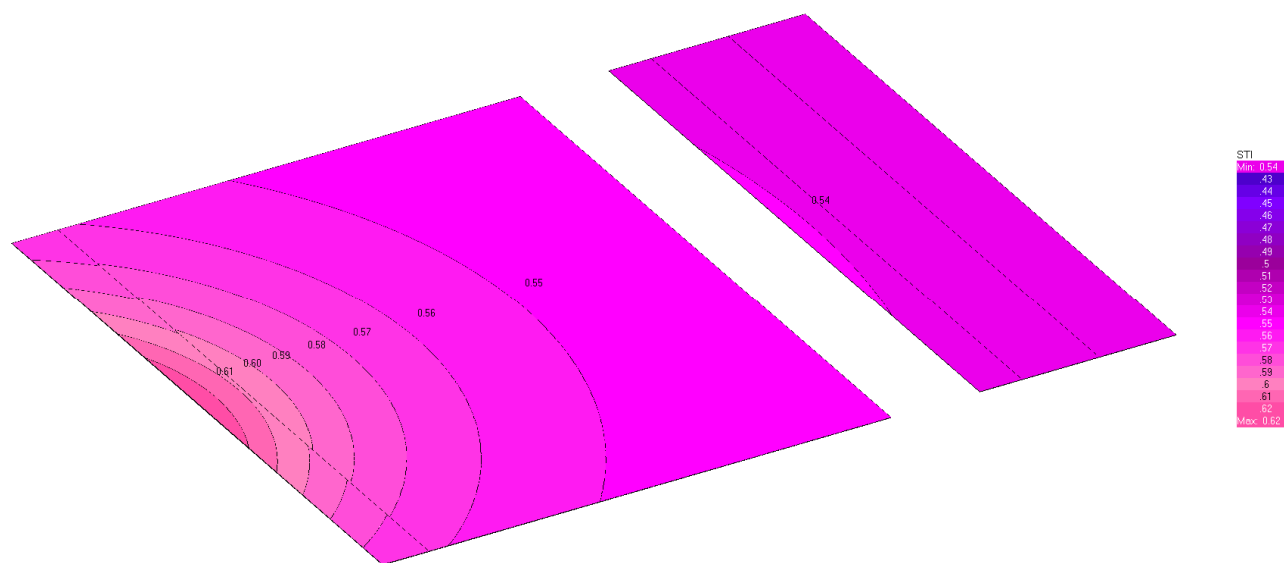


Rys. 7: Rozkład wskaźnika przejrzystości mowy C50 na widowni.

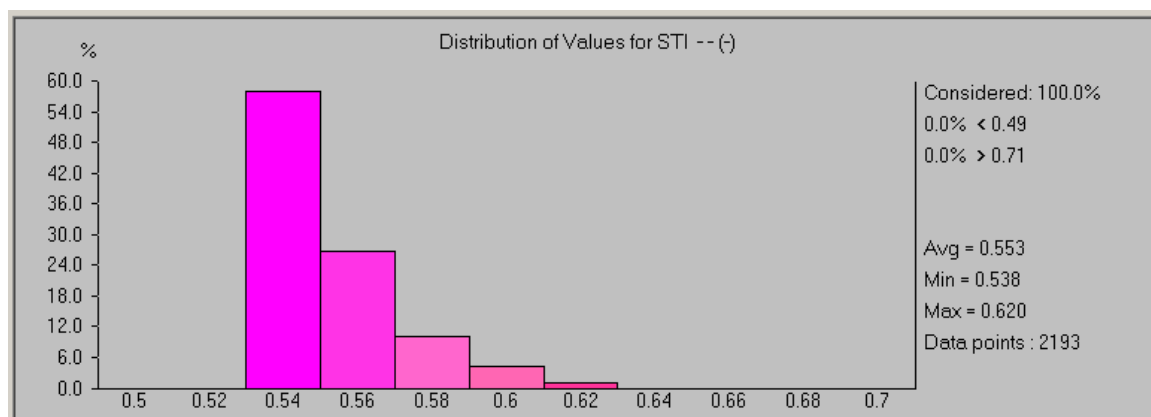


Rys. 8: Rozkład wskaźnika przejrzystości muzyki C50 na widowni, wartości statystyczne.

5.3.4 Wskaźnik zrozumiałości mowy STI



Rys. 9: Rozkład wskaźnika zrozumiałości mowy STI na widowni.



Rys. 10: Rozkład wskaźnika zrozumiałości mowy STI na widowni, wartości statystyczne.

6 WYKAZ RYSUNKÓW

Nr rys.	Nazwa rysunku
1	Ustrój akustyczny UA1
2	Ustrój akustyczny UA2
3	Ustrój akustyczny D1
4	Rozmieszczenie ustrojów akustycznych, przekrój
5	Rozmieszczenie ustrojów akustycznych, ściana tylna
6	Rozmieszczenie ustrojów akustycznych, ściana przednia