

ANALIZA AKUSTYCZNA **pomieszczeń**

OBIEKT: Szkoła podstawowa w Smolcu

BRANŻA: Systemy Audiowizualne

STADIUM: Projekt wykonawczy

FIRMA: **AVprojekt**
biuro: ul. Rogowska 127
54-440 Wrocław
GSM 600 91 57 61, 605 252 139
tel./fax (71) 71 79 000 43
avprojekt@avprojekt.com

PROJEKTANT: mgr inż. Roman Marczak

SPRAWDZAJĄCY: mgr inż. Paweł Barczyński

lipiec 2013 r.

SPIS TREŚCI

1	INFORMACJE PORZĄDKOWE	4
2	AKUSTYKA WNĘTRZ	5
2.1	Wstęp.	5
2.2	Podstawa prawna	6
2.3	Podstawy teoretyczne	6
2.4	Sale lekcyjne o powierzchni 71m ² .	7
2.4.1	Zalecany czas pogłosu.	7
2.4.2	Przyjęte materiały wykończeniowe.	7
2.4.3	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sal bez adaptacji akustycznej.	7
2.4.4	Przyjęte materiały dźwiękochłonne.	8
2.4.5	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sal z adaptacją akustyczną.	8
2.5	Sala lekcyjna o powierzchni 82m ² .	9
2.5.1	Zalecany czas pogłosu.	9
2.5.2	Przyjęte materiały wykończeniowe.	9
2.5.3	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sali bez adaptacji akustycznej.	9
2.5.4	Przyjęte materiały dźwiękochłonne.	10
2.5.5	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sal z adaptacją akustyczną.	10
2.6	Świetlica.	10
2.6.1	Zalecany czas pogłosu.	10
2.6.2	Przyjęte materiały wykończeniowe.	11
2.6.3	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla świetlicy bez adaptacji akustycznej.	11
2.6.4	Przyjęte materiały dźwiękochłonne.	11
2.6.5	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla świetlicy z adaptacją akustyczną.	11
2.7	Pomieszczenie terapeuty.	12
2.7.1	Zalecany czas pogłosu.	12
2.7.2	Przyjęte materiały wykończeniowe.	12
2.7.3	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeuty bez adaptacji akustycznej.	12
2.7.4	Przyjęte materiały dźwiękochłonne.	13
2.7.5	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeuty z adaptacją akustyczną.	13
2.8	Biblioteka.	14
2.8.1	Zalecany czas pogłosu.	14
2.8.2	Przyjęte materiały wykończeniowe.	14
2.8.3	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla biblioteki bez adaptacji akustycznej.	14
2.8.4	Przyjęte materiały dźwiękochłonne.	14
2.8.5	Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeuty z adaptacją akustyczną.	14
2.9	Sala wielofunkcyjna	15
2.9.1	Optymalny czas pogłosu dla sali wielofunkcyjnej	15
2.9.2	Przyjęte materiały wykończeniowe.	15

2.9.3	Obliczenia – symulacja komputerowa EASEver4.3	16
2.9.4	Czas pogłosu sali wielofunkcyjnej bez adaptacji akustycznej.	16
2.9.5	Adaptacja akustyczna	17
2.9.6	Czas pogłosu sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej.	19
2.10	Wytyczne dla pozostałych pomieszczeń	20
3	WNIOSKI, ZALECENIA.	21
4	LITERATURA	22

1 INFORMACJE PORZĄDKOWE

Przedmiotem opracowania jest analiza akustyki wewnątrz pomieszczeń należących do Szkoły Podstawowej w Smolcu. Ze względu na powtarzalność niektórych pomieszczeń analizowano 6 typów pomieszczeń: sale lekcyjne o powierzchni około 71m², salę lekcyjną o powierzchni 82m², pomieszczenie terapeutyczne, bibliotekę, świetlicę. Dla sali wielofunkcyjnej analizę akustyczną pomieszczenia dokonano programem EASE 4.3. W opracowaniu dokonano sprawdzenia i korekty czasu pogłosu niezbędnego do prawidłowego użytkowania danych pomieszczeń oraz zawarto wytyczne związane z adaptacją akustyczną – dobór i rozmieszczenie materiałów dźwiękochłonnych, oparte na podstawie obliczeń teoretycznych.

2 AKUSTYKA WNĘTRZ

2.1 Wstęp.

W pomieszczeniach, w których przebywa, dyskutuje czy pracuje wiele osób równocześnie, tworzy się szum. W pomieszczeniach słabo wytlumionych, gdzie przeważają płaskie, gładkie, twarde powierzchnie, generowane fale dźwiękowe odbijają się i nakładają na siebie wzajemnie, tworząc pogłos, a nawet trudny do wytrzymania hałas. Szkodliwe działanie hałasu na organizm człowieka objawia się zmęczeniem, gorszą wydajnością nauki, trudnościami w skupieniu uwagi, zaburzeniami orientacji, drażliwością, podwyższonym ciśnieniem krwi, bólem i zawrotami głowy, szumami usznymi, a sytuacjach ekstremalnych nawet czasowym bądź trwałym uszkodzeniem słuchu. U małych dzieci hałas budzi niepokój, niepewność, zagubienie, powoduje płacz. Jak wynika z badań aż 30 proc uczniów w szkołach podstawowych ma zaburzenia słuchu wynikające właśnie z hałasu.

W ocenie nauczycieli hałas stanowi podstawowe źródło utrudnień i dokuczliwości w ich pracy zawodowej. Warunki akustyczne powodują utrudnienia w prowadzeniu lekcji a co za tym idzie występuje gorsza przyswajalność wiedzy przez uczniów. Wielu nauczycieli uważa, że muszą zwiększać wysiłek głosowy celem utrzymania natężenia mowy na poziomie możliwie wysokim w stosunku do zakłóceń. Najczęściej nauczyciele skarżą się na bóle gardła, zmęczenie i wyczerpanie, bóle mięśni i stawów, kaszel, zawroty głowy.

Poziom hałasu wewnątrz sal lekcyjnych (dopuszczalny poziom dźwięków zakłócających) według norm powinien wynosić dla sal lekcyjnych 40dB. Aby spełnić takie wymagania należy nie tylko zadbać o odpowiednią izolacyjność akustyczną pomieszczeń lekcyjnych od innych źródeł hałasu, ale także o ich odpowiednie wytlumienie. Wytlumienie pomieszczenia wpływa na poziom dźwięku wewnątrz tego pomieszczenia - zmniejsza hałas, ale także poprawia zrozumiałość mowy. Odpowiedni klimat akustyczny w pomieszczeniu sprzyja koncentracji, sprawia, że uczniom będzie łatwiej zrozumieć nauczyciela, a jednocześnie nie będzie prowadzić do jego stresu ani powodować jego zmęczenia.

Parametrem, który określa wytlumienie pomieszczenia jest czas pogłosu. Dla sal lekcyjnych powinien on wynosić od około 0.4 s do 0.8 s. Zbyt duże wytlumienie pomieszczenia (czas pogłosu niższy od 0.3 s) może doprowadzić do sytuacji, gdy uczniowie siedzący z przodu sali lekcyjnej będą dobrze słyszeli nauczyciela, podczas gdy ci, którzy siedzą z tyłu mogą mieć problemy, aby go usłyszeć bądź zrozumieć.

Jednym ze sposobów obniżenia czasu pogłosu w pomieszczeniach jest zastosowanie specjalnych akustycznych sufitów podwieszanych. Ich rola polega na pochłanianiu energii akustycznej i zapewnieniu odpowiedniego klimatu akustycznego.

Ważne jest, iż w placówkach szkolnych należy zadbać o odpowiednie wytlumienie nie tylko sal lekcyjnych, ale także korytarzy, sal sportowych – pomieszczeń, gdzie przebywają dzieci i nauczyciele.

2.2 Podstawa prawna

Na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r wraz z poprawką z dnia 12.03.2009r w sprawie warunków technicznych, jakie powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (§ 323):

„2. Pomieszczenia w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy chronić przed hałasem:

zewnętrznym przenikającym do pomieszczenia spoza budynku,

pochodzącym od instalacji i urządzeń stanowiących techniczne wyposażenie budynku,

powietrznym i uderzeniowym, wytwarzanym przez użytkowników innych mieszkań, lokali użytkowych lub pomieszczeń o różnych wymaganiach użytkowych,

pogłosowym, powstającym w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających dane pomieszczenie.”

Na podstawie prac ITB zajmującego się opracowywaniem arkusza 4 „Wymagania dotyczące czasu pogłosu” normy PN-02151 „Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach.” obliczono optymalny czas pogłosu dla analizowanych pomieszczeń.

2.3 Podstawy teoretyczne

Kształtowanie optymalnych warunków akustycznych w pomieszczeniu polega na:

- dążeniu do zapewnienia optymalnego czasu pogłosu przez zastosowanie materiałów dźwiękochłonnych,
- zapobieganiu powstawania niekorzystnych zjawisk akustycznych takich jak echo trzepoczące, źle ukierunkowane odbicia, rezonanse - dzięki odpowiedniemu kształtowaniu układu powierzchni w pomieszczeniu, rozłożeniu materiałów dźwiękochłonnych,

Do obliczeń czasu pogłosu w pomieszczeniu przyjęto formułę Eyringa [1, 4].:

$$RT = \frac{0,163 \times V}{4mV - S \times \ln(1 - \alpha)}$$
$$m = \frac{170}{\psi\%} \left(\frac{f}{kHz} \right)^2 \times 10^{-4}$$

gdzie:

RT – czas pogłosu w sekundach

ψ – wilgotność powietrza %

f – częstotliwość [Hz]

V – objętość pomieszczenia [m^3]

S, α – powierzchnia [m^2] i współczynnik chłonności danego materiału

2.4 Sale lekcyjne o powierzchni 71m².

Są to sale lekcyjne 120, 122, 123, 124, 215, 217, 219, 220, 221 znajdujące się na parterze i pierwszym piętrze. Objętość tych pomieszczeń to około 250m³.

2.4.1 Zalecany czas pogłosu.

Dla klas szkolnych o objętości 250m³ optymalny czas pogłosu wynosi 0.6s.

2.4.2 Przyjęte materiały wykończeniowe.

W projekcie, do obliczeń czasu pogłosu dla sal lekcyjnych przyjęto materiały o następujących parametrach akustycznych:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
Podłoga - wykładzina PCV						
α	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Ściany – tynk gipsowy						
α	0,013	0,015	0,02	0,025	0,035	0,04
Okna						
α	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Drzwi						
α	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07

2.4.3 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sal bez adaptacji akustycznej.

W wyniku obliczeń, dla sali lekcyjnej bez uczniów, bez adaptacji akustycznej, otrzymano następującą charakterystykę czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	6,4	7,4	5,4	4,2	2,9	2,2

Na podstawie wyników widać, że czas pogłosu jest za wysoki w całym paśmie częstotliwości – znacznie przekracza wartości optymalne. Wynika to z zastosowania w sali twardych, płaskich, niepochłaniających powierzchni. Sala wymaga silnego wytłumienia zwłaszcza w zakresie niskich i średnich częstotliwości.

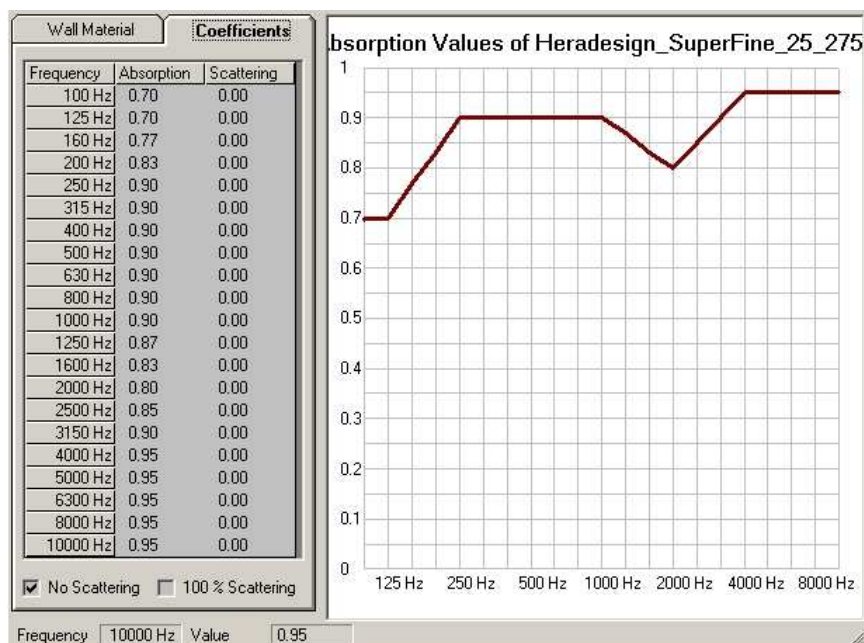
2.4.4 Przyjęte materiały dźwiękochłonne.

Aby zmniejszyć czas pogłosu w salach należy wprowadzić materiały dźwiękochłonne.

Adaptacja akustyczna sali będzie polegać na:

- Całkowitym pokryciu sufitu (**ok. 71 m²**) płytami akustycznymi: np. Heradesign SuperFine o grubości całkowitej 25mm na stelażu metalowym lub drewnianym o wysokości 275mm. Na płytach zostanie ułożona wełna mineralna o grubości 40mm i gęstości 50kg/m³).

Charakterystyka współczynnika pochłaniania takiego sufitu przedstawia się następująco:



Rys. 1: Charakterystyka współczynnika pochłaniania sufitu wykonanego z płyt Heradesign SuperFine o grubości 25 mm, wysokość konstrukcji 275mm, wypełnienie wełną mineralną 40mm, 40kg/m³.

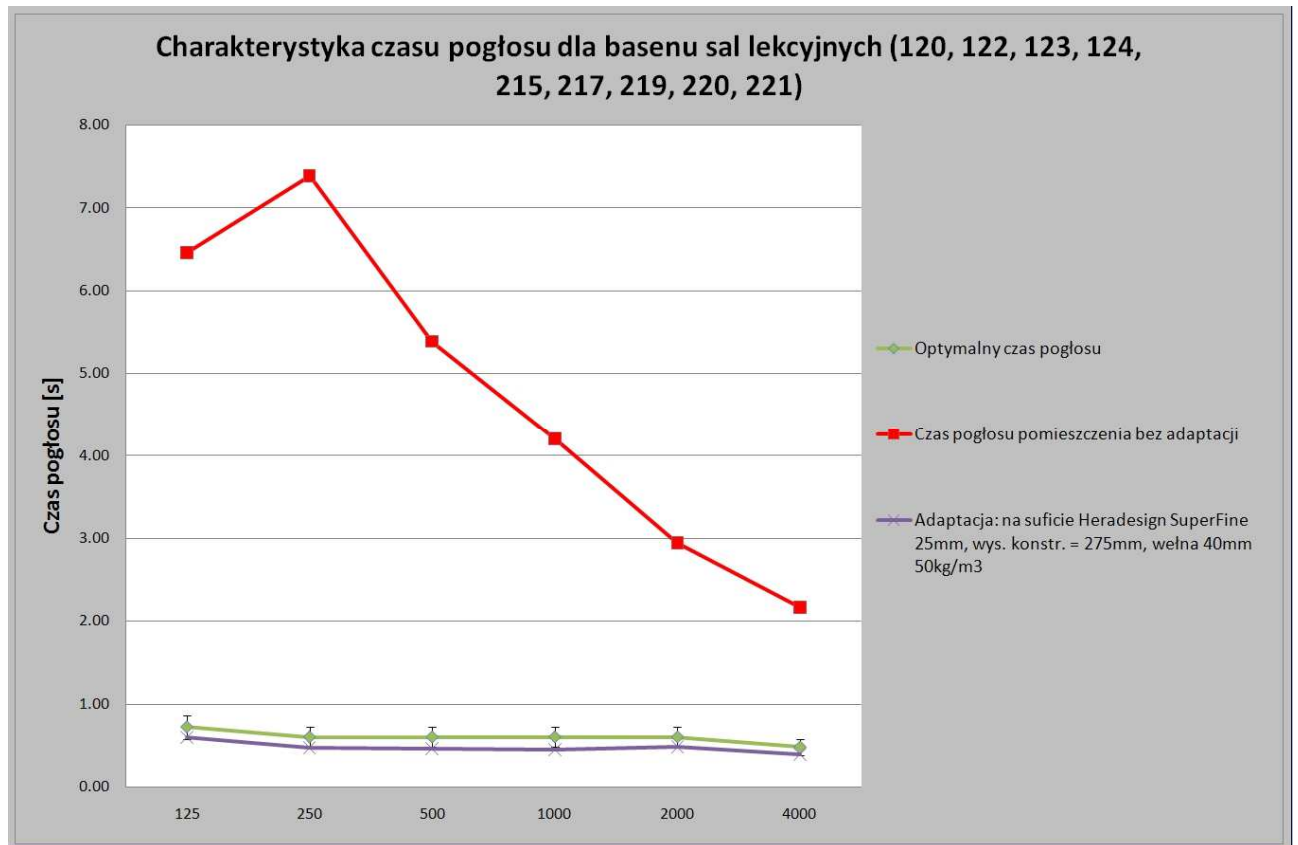
2.4.5 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sal z adaptacją akustyczną.

W wyniku adaptacji akustycznej otrzymano następujące wyniki czasu pogłosu (dla sali bez uczniów):

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4

Szczegółowe wyniki obliczeń zamieszczono w załączniku.

Na rysunku poniżej przedstawiono wykresy czasu pogłosu dla sali przed i po adaptacji akustycznej.



Rys. 2: Charakterystyka czasu pogłosu sal lekcyjnych 120, 122, 123, 124, 215, 217, 219, 220, 221 przed i po adaptacji akustycznej.

2.5 Sala lekcyjna o powierzchni 82m².

Sala lekcyjna 212 znajduje się na 1 kondygnacji. Objętość tego pomieszczenia to około 292m³.

2.5.1 Zalecany czas pogłosu.

Dla tej sali optymalny czas pogłosu także powinien wynieść **0.6s**.

2.5.2 Przyjęte materiały wykończeniowe.

Przyjęto takie same materiały wykończeniowe jak dla poprzednich sal lekcyjnych.

2.5.3 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sali bez adaptacji akustycznej.

W wyniku obliczeń, dla sali lekcyjnej 212, bez adaptacji akustycznej, otrzymano następującą charakterystykę czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	6,4	7,5	5,5	4,3	3,0	2,2

Czas pogłosu jest za wysoki – sala wymaga adaptacji akustycznej.

2.5.4 Przyjęte materiały dźwiękochłonne.

Do adaptacji akustycznej wykorzystano taki sam ustrój akustyczny jak dla poprzednich sal lekcyjnych – Heradesign SuperFine o grubości 25mm na stelażu metalowym lub drewnianym o wysokości 275mm. Na płytach zostanie ułożona wełna mineralna o grubości 40mm i gęstości 50kg/m³).

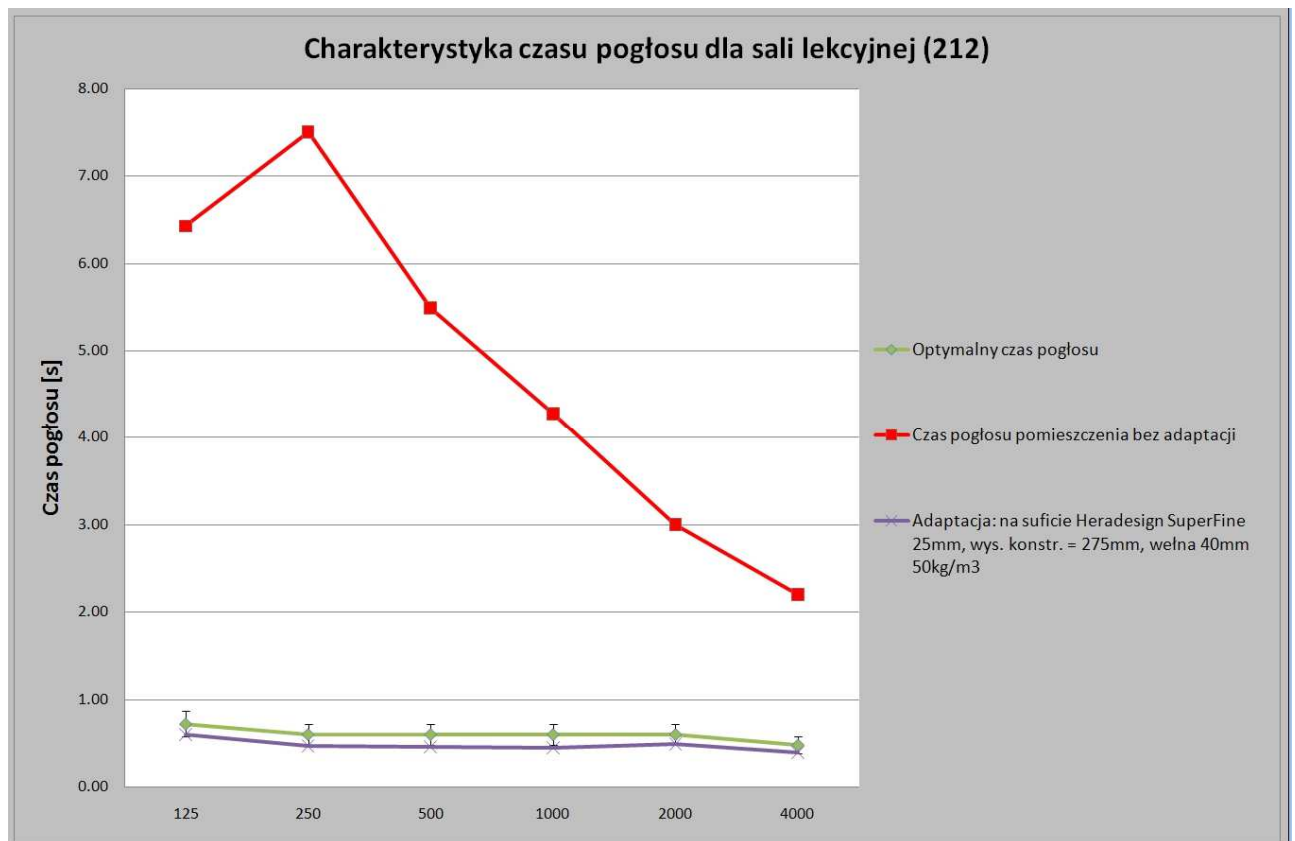
2.5.5 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sal z adaptacją akustyczną.

W wyniku adaptacji akustycznej otrzymano następujące wyniki czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4

Szczegółowe wyniki obliczeń zamieszczono w załączniku.

Na rysunku poniżej przedstawiono wykresy czasu pogłosu dla sali przed i po adaptacji akustycznej.



Rys. 3: Charakterystyka czasu pogłosu sali lekcyjnej 212 przed i po adaptacji akustycznej.

2.6 Świetlica.

Objętość tego pomieszczenia wynosi 283m³. Znajduje się na parterze (pomieszczenie nr 105).

2.6.1 Zalecany czas pogłosu.

Założono, że czas pogłosu powinien być taki sam jak dla sal lekcyjnych i powinien wynieść **0.6s**.

2.6.2 Przyjęte materiały wykończeniowe.

W projekcie, do obliczeń czasu pogłosu dla świetlicy przyjęto takie same materiały jak dla sal lekcyjnych.

2.6.3 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla świetlicy bez adaptacji akustycznej.

W wyniku obliczeń, dla świetlicy, bez adaptacji akustycznej, otrzymano następującą charakterystykę czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	5,9	7,3	5,4	4,3	3,0	2,2

Czas pogłosu jest za wysoki – sala wymaga adaptacji akustycznej.

2.6.4 Przyjęte materiały dźwiękochłonne.

Do adaptacji akustycznej wykorzystano taki sam ustrój akustyczny jak dla sal lekcyjnych – Heradesign SuperFine o grubości 25mm na stelażu metalowym lub drewnianym o wysokości 275mm. Na płytach zostanie ułożona wełna mineralna o grubości 40mm i gęstości 50kg/m³).

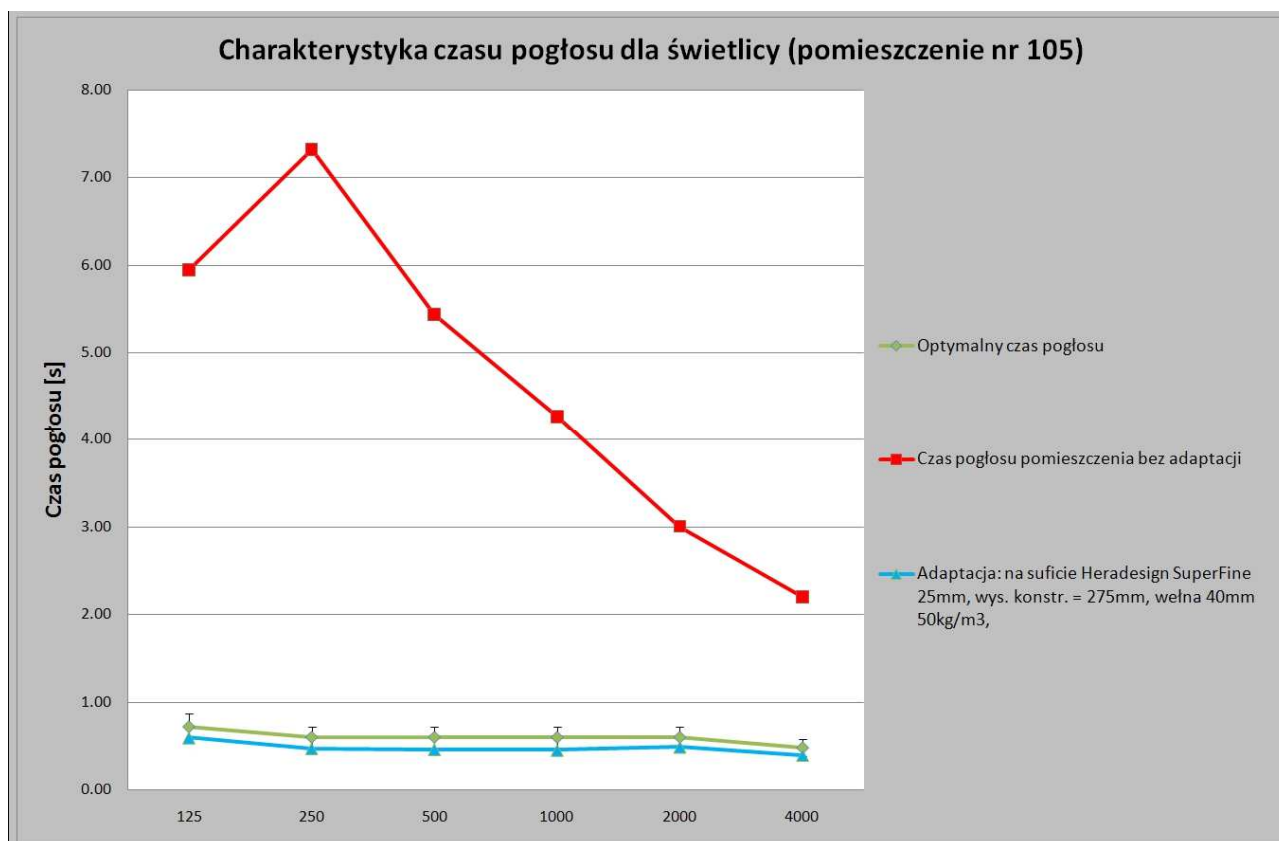
2.6.5 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla świetlicy z adaptacją akustyczną.

W wyniku adaptacji akustycznej otrzymano następujące wyniki czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4

Szczegółowe wyniki obliczeń zamieszczono w załączniku.

Na rysunku poniżej przedstawiono wykresy czasu pogłosu dla świetlicy przed i po adaptacji akustycznej.



Rys. 4: Charakterystyka czasu pogłosu dla świetlicy przed i po adaptacji akustycznej.

2.7 Pomieszczenie terapeutyczne.

Objętość tego pomieszczenia wynosi 89m³. Znajduje się na parterze (pomieszczenie nr 113).

2.7.1 Zalecany czas pogłosu.

Założono, że czas pogłosu powinien być taki sam jak dla poprzednich pomieszczeń i powinien wynieść **0.6s**.

2.7.2 Przyjęte materiały wykończeniowe.

W projekcie, do obliczeń czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeutycznego przyjęto takie same materiały jak dla poprzednich sal.

2.7.3 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeutycznego bez adaptacji akustycznej.

W wyniku obliczeń, dla pomieszczenia terapeutycznego, bez adaptacji akustycznej, otrzymano następującą charakterystykę czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	5,6	5,8	4,3	3,4	2,4	1,8

Czas pogłosu jest za wysoki – pomieszczenie wymaga adaptacji akustycznej.

2.7.4 Przyjęte materiały dźwiękochłonne.

Do adaptacji akustycznej wykorzystano taki sam ustrój akustyczny jak dla poprzednich sal – Heradesign SuperFine o grubości 25mm na stelażu metalowym lub drewnianym o wysokości 275mm. Na płytach zostanie ułożona wełna mineralna o grubości 40mm i gęstości 50kg/m³).

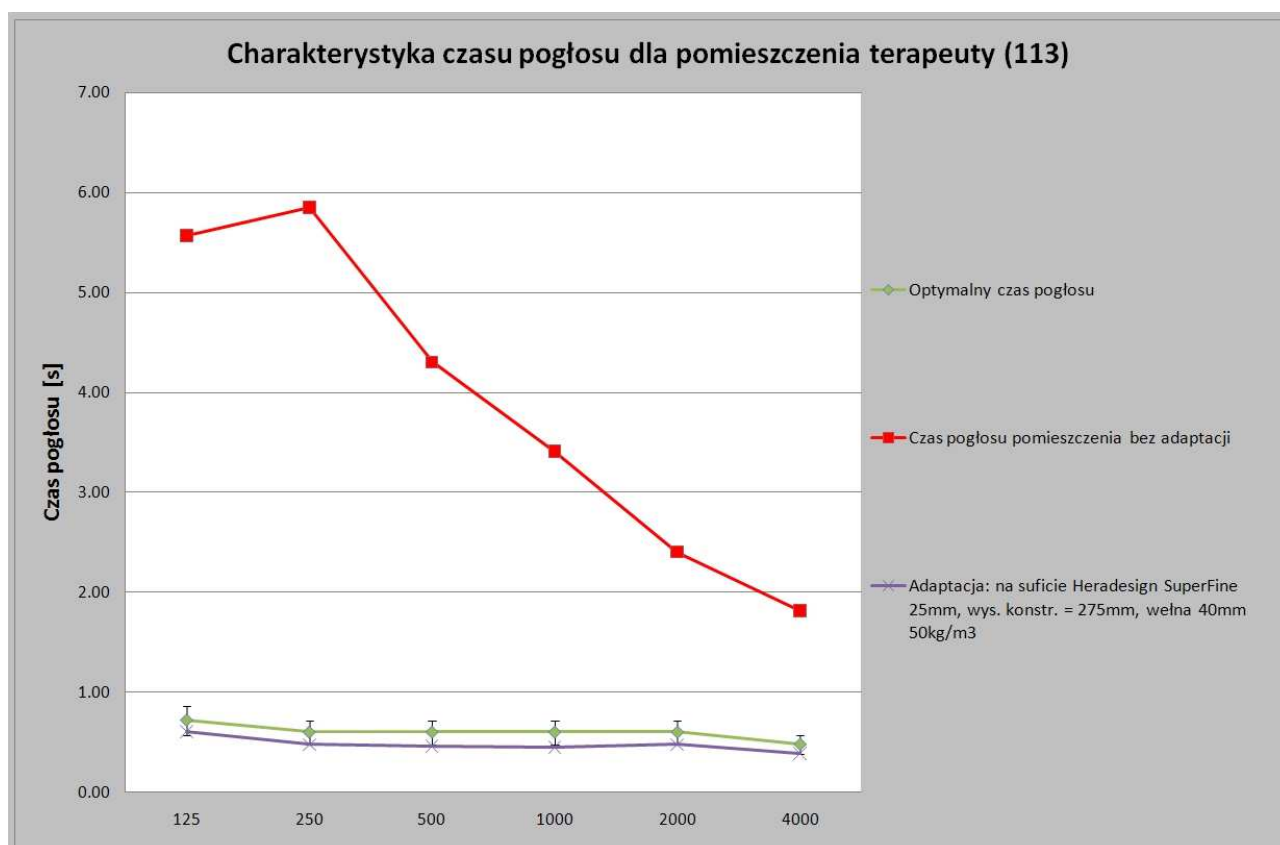
2.7.5 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeuty z adaptacją akustyczną.

W wyniku adaptacji akustycznej otrzymano następujące wyniki czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4

Szczegółowe wyniki obliczeń zamieszczono w załączniku.

Na rysunku poniżej przedstawiono wykresy czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeuty przed i po adaptacji akustycznej.



Rys. 5: Charakterystyka czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeuty przed i po adaptacji akustycznej.

2.8 Biblioteka.

Objętość tego pomieszczenia wynosi 278m³. Znajduje się na parterze (pomieszczenie nr 118).

2.8.1 Zalecany czas pogłosu.

Założono, że czas pogłosu powinien być taki sam jak dla poprzednich pomieszczeń i powinien wynieść **0.6s**.

2.8.2 Przyjęte materiały wykończeniowe.

W projekcie, do obliczeń czasu pogłosu dla biblioteki przyjęto takie same materiały jak dla poprzednich sal.

2.8.3 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla biblioteki bez adaptacji akustycznej.

W wyniku obliczeń, dla biblioteki, bez adaptacji akustycznej, otrzymano następującą charakterystykę czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	6,5	7,3	5,4	4,2	3,0	2,2

Czas pogłosu jest za wysoki – pomieszczenie wymaga adaptacji akustycznej.

2.8.4 Przyjęte materiały dźwiękochłonne.

Do adaptacji akustycznej wykorzystano taki sam ustrój akustyczny jak dla poprzednich sal – Heradesign SuperFine o grubości 25mm na stelażu metalowym lub drewnianym o wysokości 275mm. Na płytach zostanie ułożona wełna mineralna o grubości 40mm i gęstości 50kg/m³).

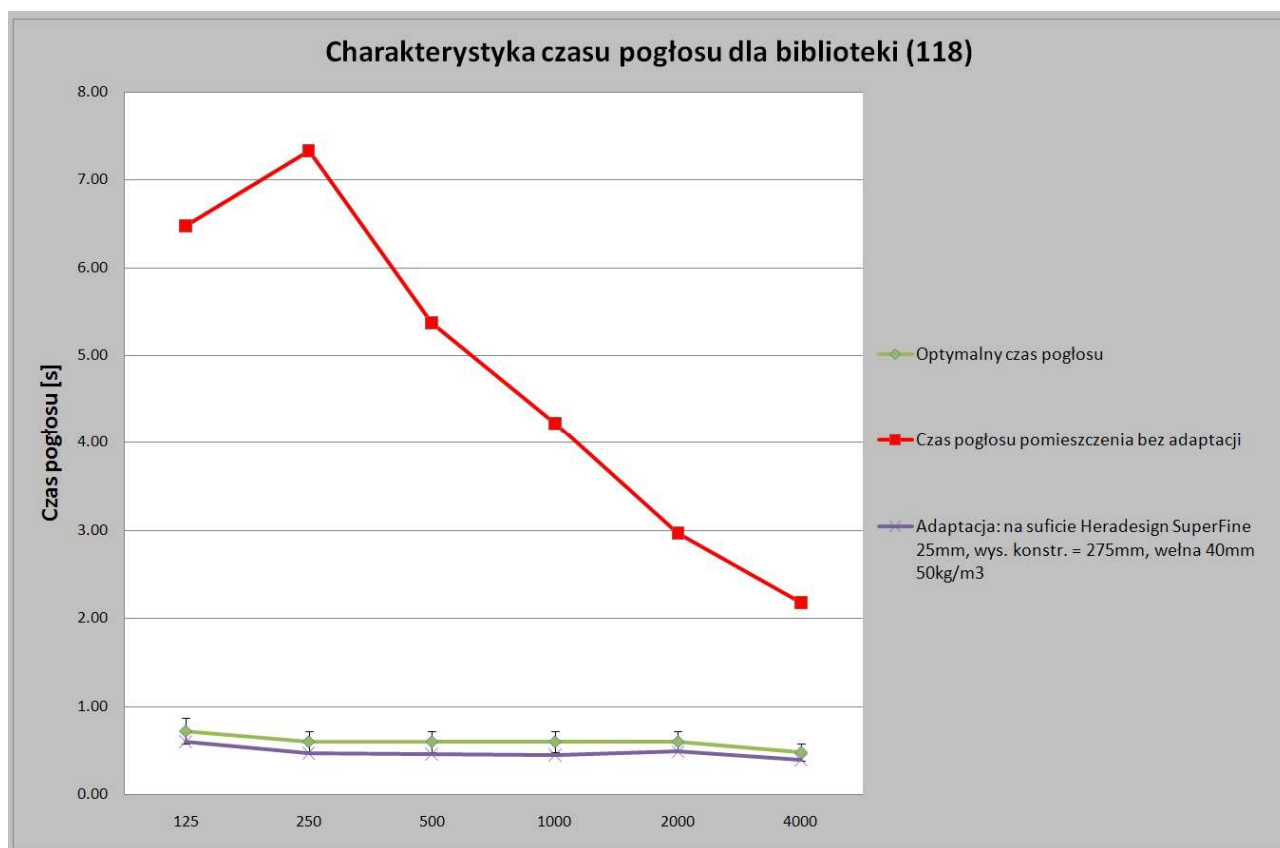
2.8.5 Wyniki obliczeń czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeuty z adaptacją akustyczną.

W wyniku adaptacji akustycznej otrzymano następujące wyniki czasu pogłosu:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4

Szczegółowe wyniki obliczeń zamieszczono w załączniku.

Na rysunku poniżej przedstawiono wykresy czasu pogłosu dla biblioteki przed i po adaptacji akustycznej.



Rys. 6: Charakterystyka czasu pogłosu dla pomieszczenia terapeuty przed i po adaptacji akustycznej.

2.9 Sala wielofunkcyjna

Sala wielofunkcyjna (pomieszczenie nr 101) została zaprojektowana z myślą o uroczystościach szkolnych, kameralnych imprezach teatralnych, tanecznych oraz o projekcjach filmowych. Objętość pomieszczenia wynosi ok. 4100m³.

2.9.1 Optymalny czas pogłosu dla sali wielofunkcyjnej

Założono, że czas pogłosu dla tego typu pomieszczenia powinien wynosić **1.2s**.

2.9.2 Przyjęte materiały wykończeniowe.

Do obliczeń czasu pogłosu dla sali wielofunkcyjnej przyjęto materiały o następujących parametrach akustycznych:

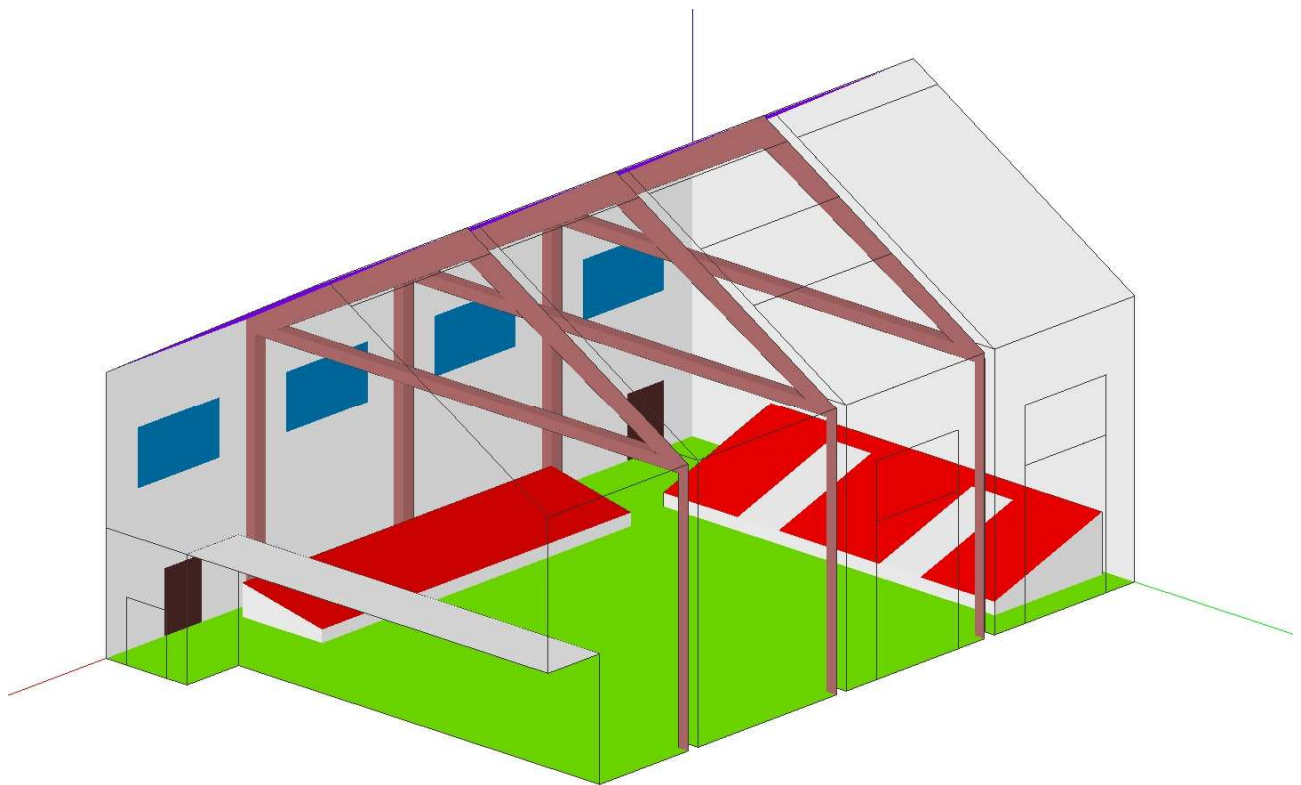
f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
Podłoga sportowa na legarach						
α	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Ściany, sufit – tynk wapienny						
α	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Krzesła z tworzywa						
α	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06

Okna						
α	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Dźwigary drewniane						
α	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Drzwi						
α	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07

Założono, że ludzie przebywający w pomieszczeniu wprowadzą dodatkową chłonność akustyczną:

f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
Osoby (na m ² rzędu podłogi) na twardym siedzeniu						
α	0,57	0,61	0,75	0,86	0,91	0,86

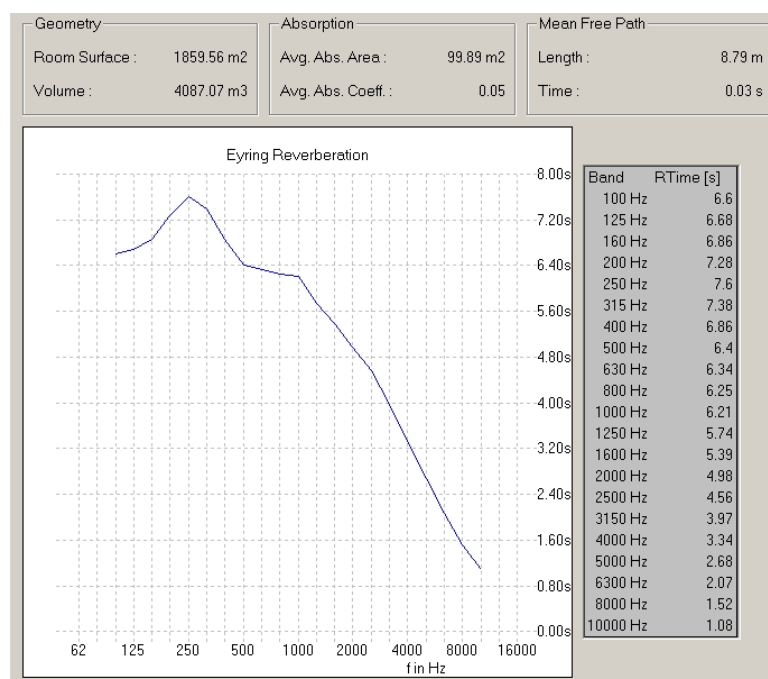
2.9.3 Obliczenia – symulacja komputerowa EASEver4.3



Rys. 7: Model komputerowy sali wielofunkcyjnej– rzut z góry.

2.9.4 Czas pogłosu sali wielofunkcyjnej bez adaptacji akustycznej.

Do obliczeń czasu pogłosu założono 50% wypełnienie krzeseł publicznością.



Rys. 8. Charakterystyka czasu pogłosu sali wielofunkcyjnej bez adaptacji akustycznej.

Na podstawie wykresu i tabeli widać, że czas pogłosu dla sali bez adaptacji akustycznej jest znacznie większy od optymalnego szczególnie w dolnym i średnim paśmie częstotliwości (dla 1kHz wynosi 6.2s). Wynika to z zastosowania wewnątrz sali twardych, odbijających dźwięk materiałów (sufit, ściany, podłoga). Sala wymaga silnego wytłumienia.

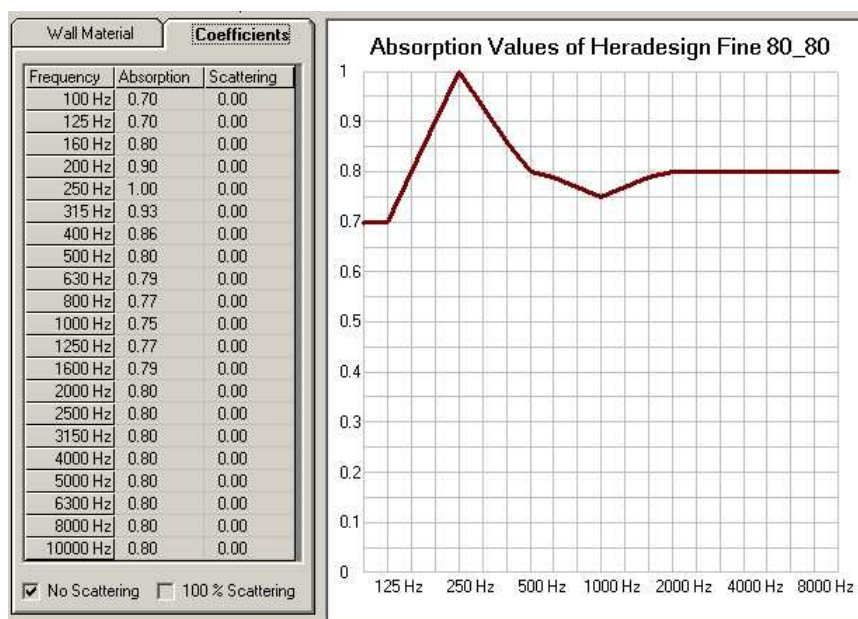
2.9.5 Adaptacja akustyczna

Aby zmniejszyć czas pogłosu w sali należy wprowadzić materiały dźwiękochłonne.

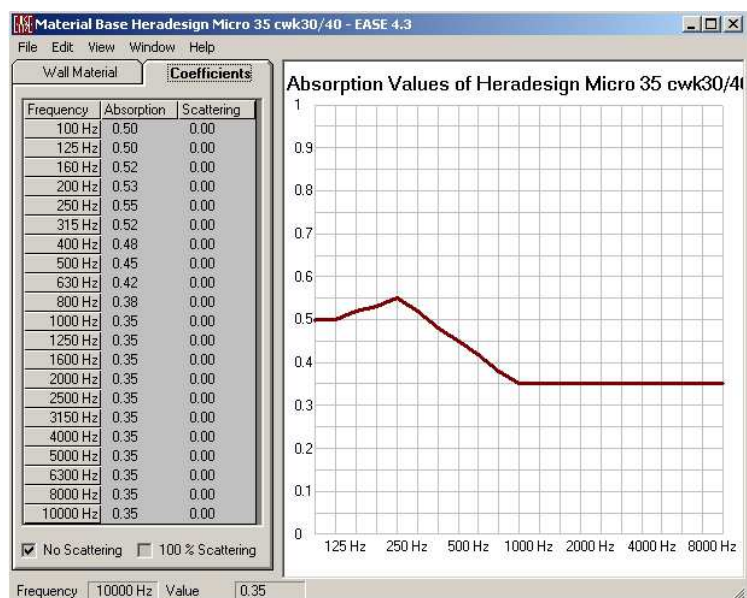
Adaptacja akustyczna sali będzie polegać na:

- Pokryciu całej dostępnej powierzchni sufitu (**375m²**) płytami akustycznymi Heradesign Fine 25mm podwieszone na wysokości 80mm od sufitu właściwego. Na płytach ułożona wełna mineralna o grubości 80mm i gęstości 40kg/m³. Na wizualizacjach płyty akustyczne Heradesign Fine zostały oznaczone kolorem niebieskim.
- Pokryciu części ścian bocznych (**ok. 240m²**) płytami **Heradesign Micro** o grubości 35mm montowanych do ścian na stelażu o głębokości 30mm. Przestrzeń między ścianą właściwą a płytami akustycznymi wypełniona będzie wełną mineralną o grubości 40mm i gęstości 40kg/m³. Płyty Heradesign Micro zostaną zamocowane na dwóch ścianach bocznych (ściany za trybunami) od poziomu podłogi do wysokości 4.65m (ściana dłuższa) oraz do wysokości 8.45 (ściana krótsza). Na wizualizacjach płyty akustyczne Heradesign Micro zostały oznaczone kolorem fioletowym.

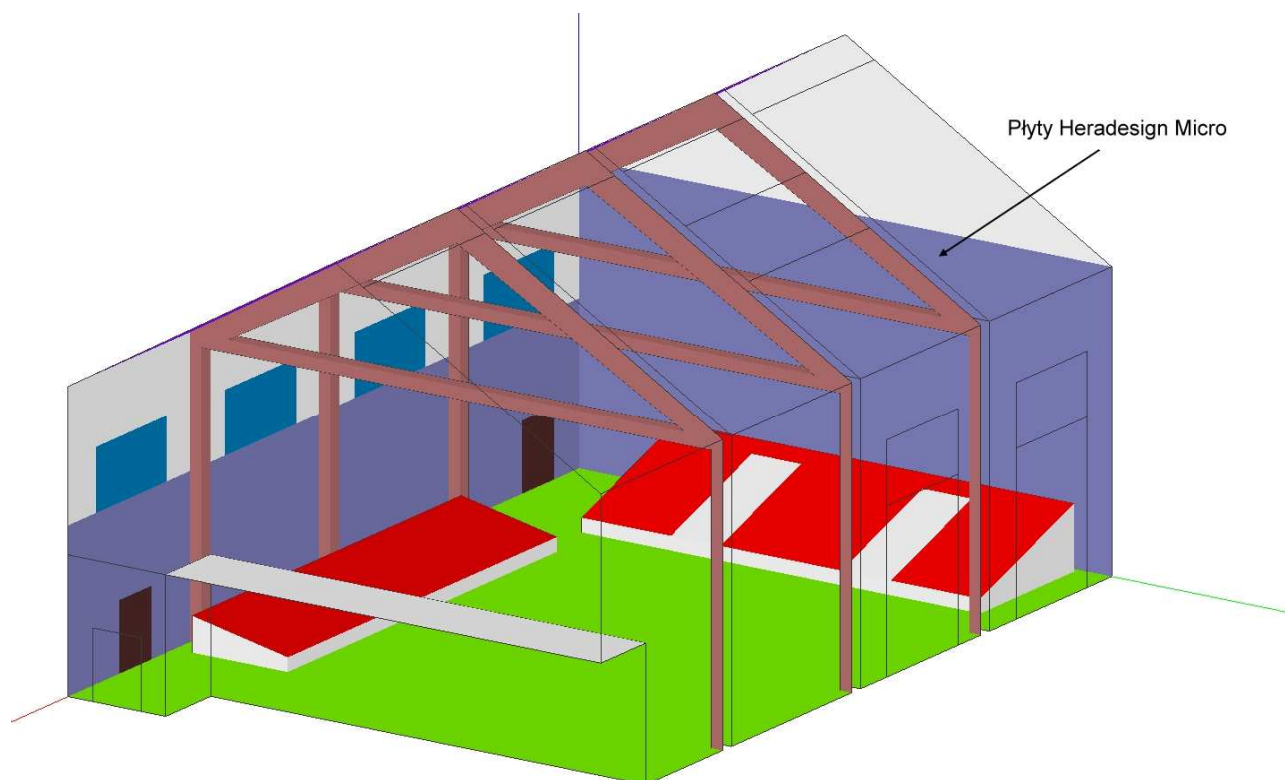
Na rysunkach poniżej przedstawiono ch-ki pochłania użytych ustrojów akustycznych.



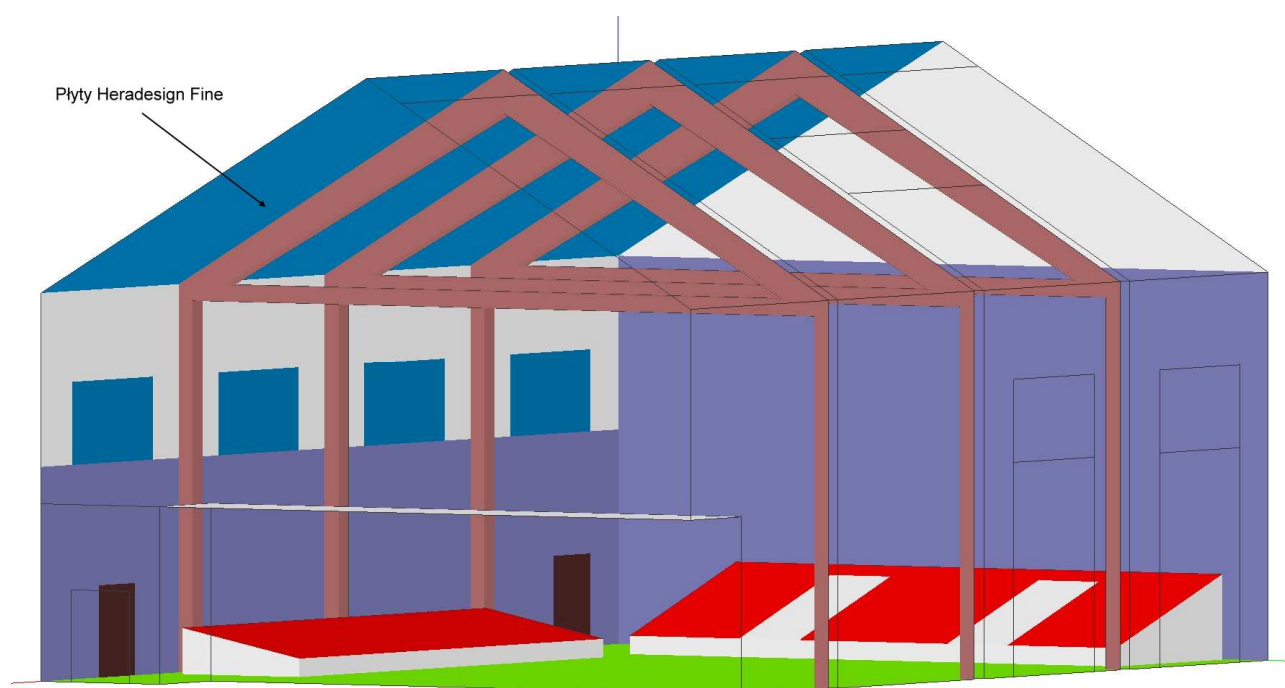
Rys. 9: Charakterystyka współczynnika pochłaniania sufitu wykonanego z płyt Heradesign Fine o grubości 25 mm, wysokość konstrukcji 80mm, wypełnienia wełną mineralną 80mm, 40kg/m³.



Rys. 10: Charakterystyka współczynnika pochłaniania ustroju wykonanego z płyt Heradesign Micro 35mm, wysokość konstrukcji 30mm, wypełnienie wełną mineralną 40mm, 40kg/m³



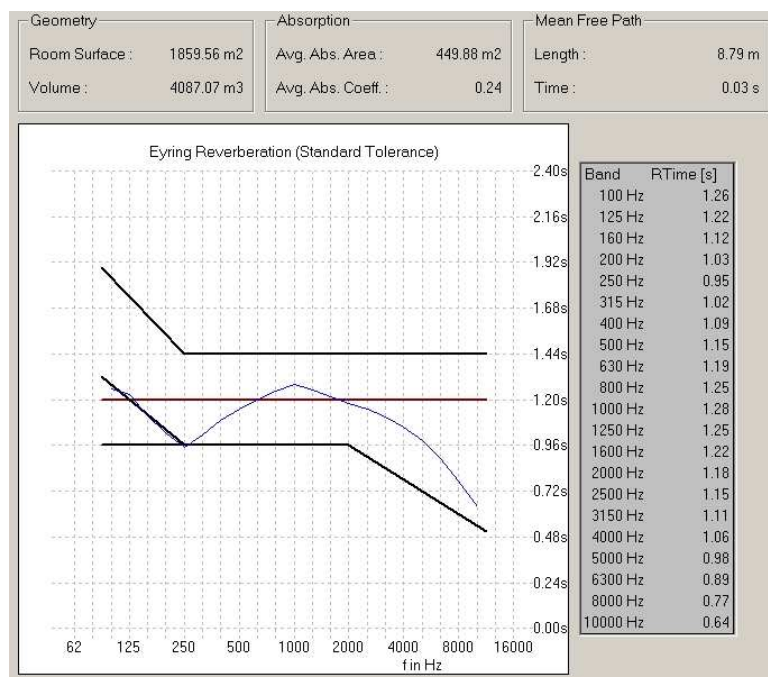
Rys. 11: Umieszczenie ustrojów akustycznych w pomieszczeniu – rzut z góry



Rys. 12: Umieszczenie ustrojów akustycznych w pomieszczeniu – rzut z boku

2.9.6 Czas pogłosu sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej.

Do obliczeń czasu pogłosu założono 50% wypełnienie krzeseł publicznością.



Rys. 13. Charakterystyka czasu pogłosu sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej.

Na podstawie otrzymanej charakterystyki widać, że wprowadzenie materiału pochłaniającego na suficie oraz ścianach bocznych spowodowało, iż czas pogłosu mieści się w optymalnym zakresie.

2.10 Wytyczne dla pozostałych pomieszczeń

Dla korytarzy (pomieszczenia nr 121, nr 218), pomieszczenia biurowego (203), pokoju nauczycielskiego (204) oraz pomieszczenia logopedy (205) zaleca się także wykonać adaptację akustyczną: na całej dostępnej powierzchni sufitu należy umieścić płyty akustyczne Heradesign Fine 25mm podwieszone na wysokości 200mm od sufitu właściwego, bez wypełnienia wełną mineralną.

3 WNIOSKI, ZALECENIA.

- charakterystyka czasu pogłosu wszystkich badanych pomieszczeń bez adaptacji akustycznej (bez dodatkowego wytłumienia) wymaga korekcji w całym paśmie akustycznym – wymagane jest dodatkowe wytłumienie pomieszczeń. Niewytłumione pomieszczenia będą wzmacniały generowany w nich hałas i utrudniały komunikację międzyludzką oraz koncentrację zarówno uczniów jak i nauczycieli.
- dla większości badanych pomieszczeń do osiągnięcia odpowiednich wyników czasu pogłosu wystarczy adaptacja całego sufitu. W tych pomieszczeniach należy zainstalować sufit podwieszany wykonany z płyt akustycznych zgodnie z opisem w projekcie. Jedynie dla sali wielofunkcyjnej (pomieszczenie nr 101) należy wytłumić także część ścian bocznych. Wytłumienie sufitu oraz ścian bocznych jest optymalne w kształtowaniu charakterystyki czasu pogłosu. Zapewnia nie tylko odpowiednie wyniki w teorii, ale mające także odbicie w rzeczywistości – rozwiązanie takie minimalizuje wpływ niekorzystnych odbić od równoległych, niewytłumionych powierzchni.
- W załączniku znajdują się dokładne obliczenia czasu pogłosu dla badanych pomieszczeń.

4 LITERATURA

- [1]. Jerzy Sadowski „Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie” Wyd. Arkady, Wydanie 1, Warszawa 1971
- [2]. Jerzy Sadoowski „Akustyka architektoniczna” PWN, Wydanie 1, Poznań 1976
- [3]. Glen Ballou, Editor „Handbook for Sound Engineers – the New Audio Cyclopedia” Howard W. Sams & Co, Second edition, Carmel Indiana USA 1991.
- [4]. Polska Norma PN-B- 02151-3:1999. Akustyka budowlana: Ochrona przed hałasem w budynkach – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych
- [5]. Polska Norma PN-87/B-02151/02. Akustyka budowlana: Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach - Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.