



# SONITUS

akustyka wnętrz • ochrona przeciwdźwiękowa

Sonitus Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. k.  
ul. Strachocińska 124  
51-511 Wrocław  
NIP: 8952076658

tel. 71 718 34 34  
fax 71 718 37 34  
sonitus@sonitus.pl  
www.sonitus.pl

---

**ZLECENIODAWCA:** Urząd Gminy Stara Biała  
ul. Jana Kazimierza 1  
09-411 Biała

**OBIEKT:** Realizowana sala widowiskowo-sportowa Zespołu Szkół w Maszewie Dużym gm. Stara Biała

**TEMAT:** Wytyczne adaptacji akustycznej sali widowiskowo-sportowej Zespołu Szkół w Maszewie Dużym gm. Stara Biała.

**OPRACOWAŁ:** mgr inż. Marcin Biegaj

**Sonitus Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. k.**  
ul. Strachocińska 124, 51-511 Wrocław  
tel. 71 718 34 34, fax 71 718 37 34  
www.sonitus.pl  
NIP: 8952076658, Regon: 364069082

Wrocław, marzec 2018 r.

Spis treści

1	Cel i zakres opracowania .....	3
2	Materiały wyjściowe.....	3
3	Sprawozdanie z pomiarów czasu pogłosu.....	3
3.1	Data i miejsce wykonania pomiarów.....	3
3.2	Metodyka pomiarów .....	3
3.3	Zastosowana aparatura pomiarowa.....	3
3.4	Opis pomieszczenia z uwzględnieniem elementów wpływających na akustykę wnętrza .....	4
3.5	Lokalizacja punktów pomiarowych .....	4
3.6	Metoda wykonania pomiarów .....	5
3.7	Wyniki pomiarów czasu pogłosu .....	5
4	Wymagania czasu pogłosu .....	7
5	Model komputerowy.....	8
6	Wytyczne adaptacji akustycznej.....	9
7	Analiza czasu pogłosu $T_{20}$ .....	13
8	Wnioski.....	14
9	Zalecenia.....	14



## 1 CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem wytycznych adaptacji akustycznej jest przedstawienie rozwiązań technicznych mających na celu zapewnienie prawidłowych warunków akustycznych projektowanej Sali widowiskowo-sportowej przy Zespole Szkół w Maszewie Dużym gm. Stara Biała.

Zakres pracy:

- wykonanie przestrzennego modelu pomieszczenia w programie służącym do modelowania akustyki wewnątrz na podstawie rysunków dostarczonych przez zleceniodawcę,
- określenie wymagań akustycznych dla pomieszczenia,
- opracowanie wytycznych adaptacji akustycznej sali,
- obliczenie parametru czasu pogłosu  $T_{20}$  po uwzględnieniu proponowanego rozwiązania

## 2 MATERIAŁY WYJŚCIOWE

1. Rysunki rzutu i przekroje sali,
2. Norma PN-B-02151-4 Akustyka budowlana Ochrona przed hałasem w budynkach - Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach,
3. Ustawa z dnia 07.07.1994 r. prawo budowlane (tekst jednolity Dz.U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 z późn. zm.),
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. nr 75 poz. 690 z późn. zm.).

## 3 SPRAWOZDANIE Z POMIARÓW CZASU POGŁOSU

### 3.1 Data i miejsce wykonania pomiarów

Pomiary czasu pogłosu sali widowiskowo-sportowej znajdującej się przy budynku Zespołu Szkół w Maszewie Dużym gm. Stara Biała wykonano w dniu 28.12.2017r. w godzinach 16.00 - 18.00.

### 3.2 Metodyka pomiarów

Pomiary czasu pogłosu pomieszczenia zrealizowano w oparciu o normy PN-EN ISO 3382-1:2009 [6] i PN-EN ISO 3382-2:2010 [7].

### 3.3 Zastosowana aparatura pomiarowa

- a) miernik poziomu dźwięku/analizator widma 1 klasy dokładności firmy Soundbook model MK2\_4L E o numerze seryjnym #07229 z zainstalowanym oprogramowaniem SAMURAI wersja 2.6.2 oraz SAMBA - opcja akustyka budowlana, posiadający świadectwa wzorcowania nr 2245/2017 oraz 2245/1/2017 z dnia 14.09.2017,
- b) kalibrator akustyczny 1 klasy dokładności BRUEL&KJAER 4230 (nr fabryczny 1745557) posiadający świadectwo wzorcowania nr 146/01/2017 z dnia 6.03.2017
- c) wszechkierunkowe źródło dźwięku z generatorem, wzmacniaczem i korektorem DL203, nr seryjny D1.14075, firmy Sinus Messtechnik GmbH.



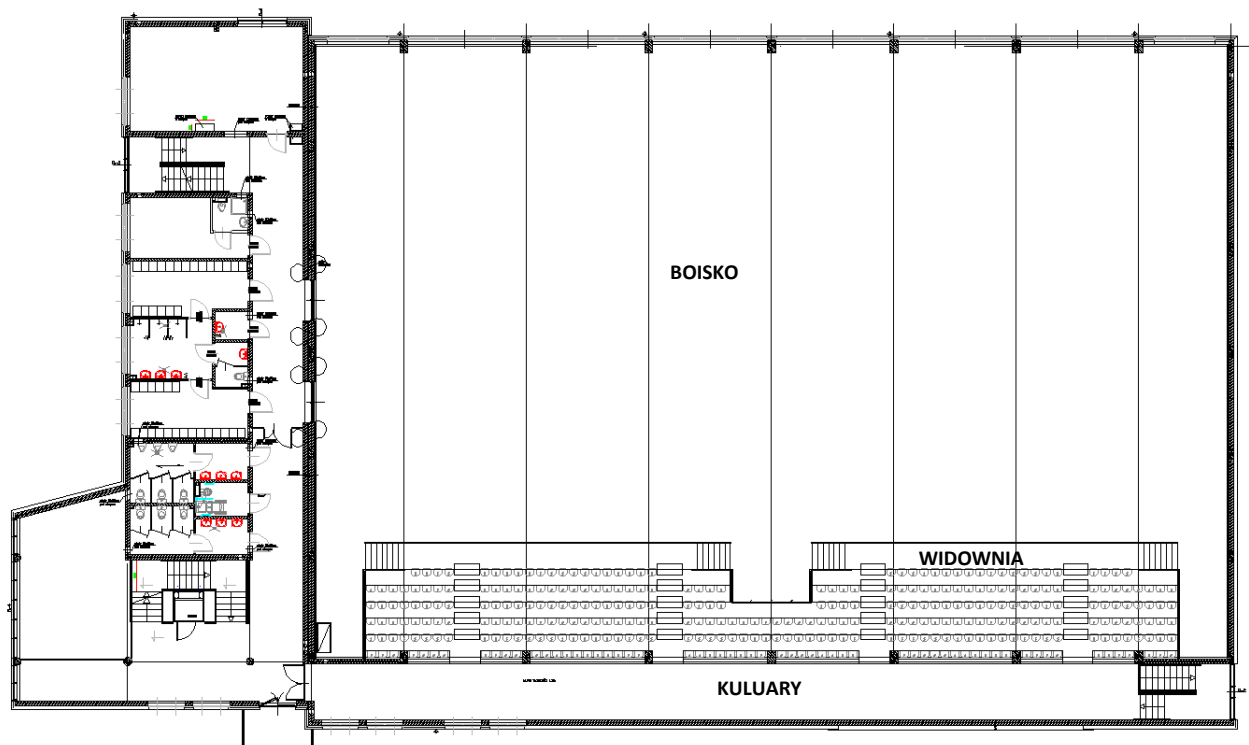
### 3.4 Opis pomieszczenia z uwzględnieniem elementów wpływających na akustykę wnętrza

Pomieszczenie znajduje się w budynku Zespołu Szkół w Maszewie Dużym gm. Stara Biała. Badana sala wielofunkcyjna przeznaczona jest do organizacji różnego rodzaju wydarzeń sportowych.

W skład sali wielofunkcyjnej wchodzi obszar widowni z przedsionkami wejściowymi oraz scena z kieszenią sceniczną. Wewnętrzne wymiary boiska to ok. 44,8 x 24,3x 9,1÷13,3,m (dł. x szer. x wys. od poziomu posadzki), przy czym szerokość i wysokość widowni jest zmienna ze względu na pochylanie sufitu. Wymiary widowni i kuluarów to ok. 39,8m x 8,7m. Przybliżona objętość całego pomieszczenia, obliczona na podstawie rysunków przedstawiających rzut i przekrój sali, wynosi ok. 15 587 m<sup>3</sup>.

Pomiary czasu pogłosu sali zostały przeprowadzone w stanie istniejącym podczas budowy obiektu. Badane pomieszczenie nie było całkowicie zamknięte. Pomieszczenie nie posiadało wykończenia ścian oraz podłóg ponadto w pomieszczeniu nie występowała stolarka drzwiowa.

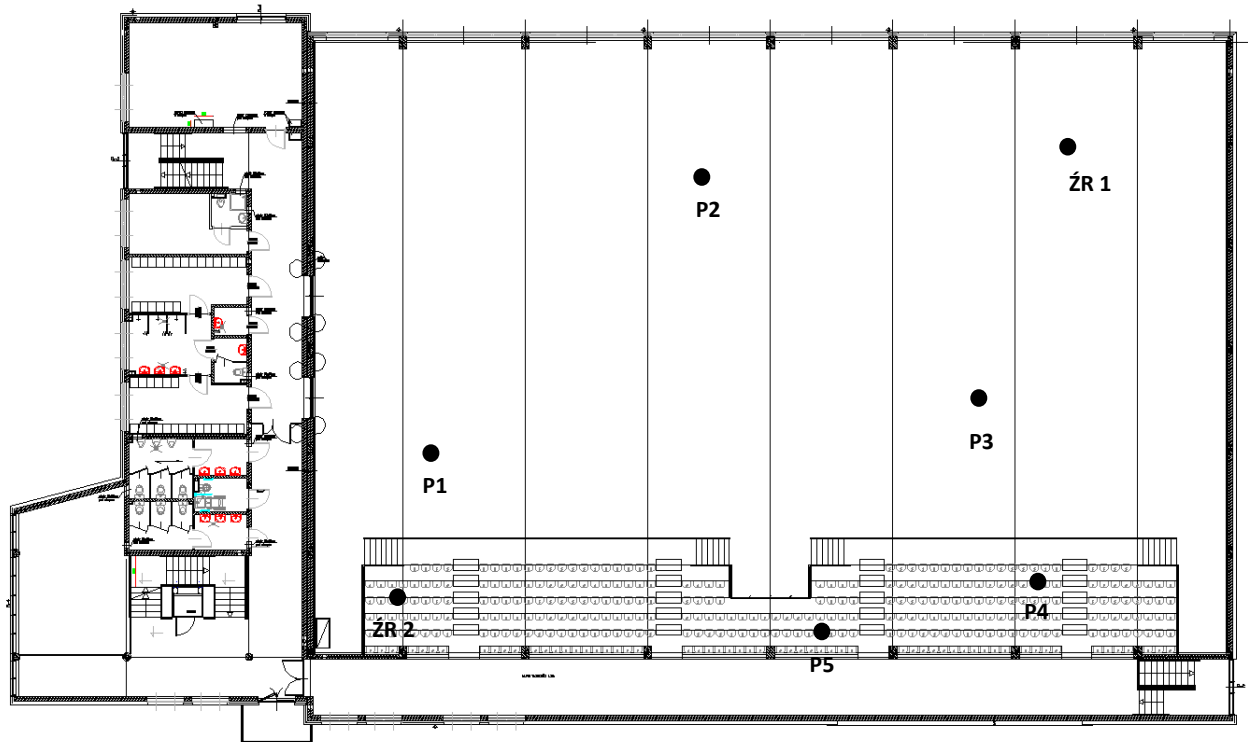
Rzuty sali wielofunkcyjnej, z zaznaczeniem niektórych elementów opisanych powyżej, przedstawiono na Rys. 3.1.



Rys. 3.1 Rzuty sali wielofunkcyjnej

### 3.5 Lokalizacja punktów pomiarowych

Plan sali wielofunkcyjnej z zaznaczonymi pozycjami mikrofonu (1÷9) oraz wszechkierunkowego źródła dźwięku (źr1 i źr2) przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. 3.2 Lokalizacją punktów pomiarowych – stan projektowany

Na powierzchniach ograniczających pomieszczenie zaplanowano zastosować:

- ściany betonowe otynkowane,
- ściana boczna po przeciwnej stronie trybun betonowa otynkowana, częściowo oszklona (okna od wysokości 3,0m do 6,8m),
- posadzka wyłożona nawierzchnią DD Linodur Sport,
- trybuny betonowe z krzesłami,

### 3.6 Metoda wykonania pomiarów

Pomiary wykonano metodą inżynierską z zastosowaniem szumu przerywanego. Pomieszczenie pobudzano wszechkierunkowym źródłem dźwięku zasilanym sygnałem elektrycznym będącym szerokopasmowym szumem różowym w zakresie od 88 Hz do 5657 Hz. W badanym zakresie częstotliwości dla wszystkich punktów pomiarowych poziom sygnału był wyższy od poziomu tła o 35 dB.

W pomieszczeniu zlokalizowano 5 punktów pomiarowych dla każdej z dwóch pozycji źródła dźwięku. W każdym punkcie pomiarowym wykonano 3 pomiary czasu pogłosu  $T_{20}$ .

Mikrofon pomiarowy znajdował się na wysokości 1,2 m, co odpowiada przeciętnej wysokości uszu człowieka w pozycji siedzącej.

W czasie wykonywania pomiarów czasu pogłosu w sali przebywały 2 osoby.

### 3.7 Wyniki pomiarów czasu pogłosu

Poniżej znajduje się tabela zawierająca wyniki pomiarów w punktach pomiarowych 1÷5 uśrednione z dwóch położeń wszechkierunkowego źródła dźwięku – żr1 i żr2 oraz trzech pomiarów dla każdego punktu pomiarowego w

pasmach tercjowych (1/3 oktawowych) w zakresie od 100 Hz do 5000 Hz. Wartości czasu pogłosu odczytano przy użyciu programu komputerowego SAMURAI wersja 2.6.2

Lokalizacja punktów pomiarowych i położenia źródła jest zgodna ze szkicem przedstawionym w podpunkcie 3.5.

Tabela 3.1 Uśrednione wartości  $T_{20}$  [s] dla wszystkich położenia mikrofonu i źródła dźwięku

f [Hz]	Uśrednione wartości $T_{20}$ z 2 położenia źródła w punktach pomiarowych [s]					wartość średnia	odchylenie standardowe
	1	2	3	4	5	$T_{20\text{śr}} \text{ [s]}$	$\sigma \text{ [s]}$
100	4,21	2,75	3,25	3,81	2,98	3,40	0,14
125	4,38	2,59	3,77	2,59	2,59	3,18	0,12
160	3,1	2,57	2,55	2,51	2,42	2,63	0,10
200	2,66	2,26	2,91	2,3	2,73	2,57	0,08
250	4,01	3,09	3,44	3,24	3,43	3,44	0,09
315	4,28	3,9	4,11	3,84	3,78	3,98	0,08
400	4,9	4,37	4,69	4,49	4,48	4,59	0,08
500	4,6	4,83	4,6	4,68	4,44	4,63	0,07
630	4,96	4,83	5,06	4,94	4,96	4,95	0,07
800	5,69	5,18	5,44	5,19	4,83	5,27	0,06
1000	5,05	4,62	4,76	4,76	4,78	4,79	0,05
1250	4,62	4,72	4,73	4,53	4,52	4,62	0,05
1600	4,22	4,35	4,26	4,44	4,11	4,28	0,04
2000	3,81	3,66	3,99	3,79	3,89	3,83	0,03
2500	3,41	3,4	3,42	3,46	3,35	3,41	0,03
3150	2,89	2,91	3,01	2,96	2,99	2,95	0,02
4000	2,59	2,45	2,51	2,5	2,52	2,51	0,02
5000	1,94	2,05	1,98	1,98	1,89	1,97	0,01

Obliczeń odchylenia standardowego serii pomiarów  $T_{20}$  dokonano zgodnie ze wzorem:

$$\sigma(T_{20}) = 0,88 \cdot T_{20} \sqrt{\frac{1 + (1,90/n)}{N \cdot B \cdot T_{20}}} \quad [\text{s}] \quad (3.1)$$

gdzie: B – szerokością pasma, w hercach

n – liczba zaników zmierzonych w każdym punkcie

N – liczba niezależnych punktów pomiarowych (kombinacje pozycji źródła i odbiornika),

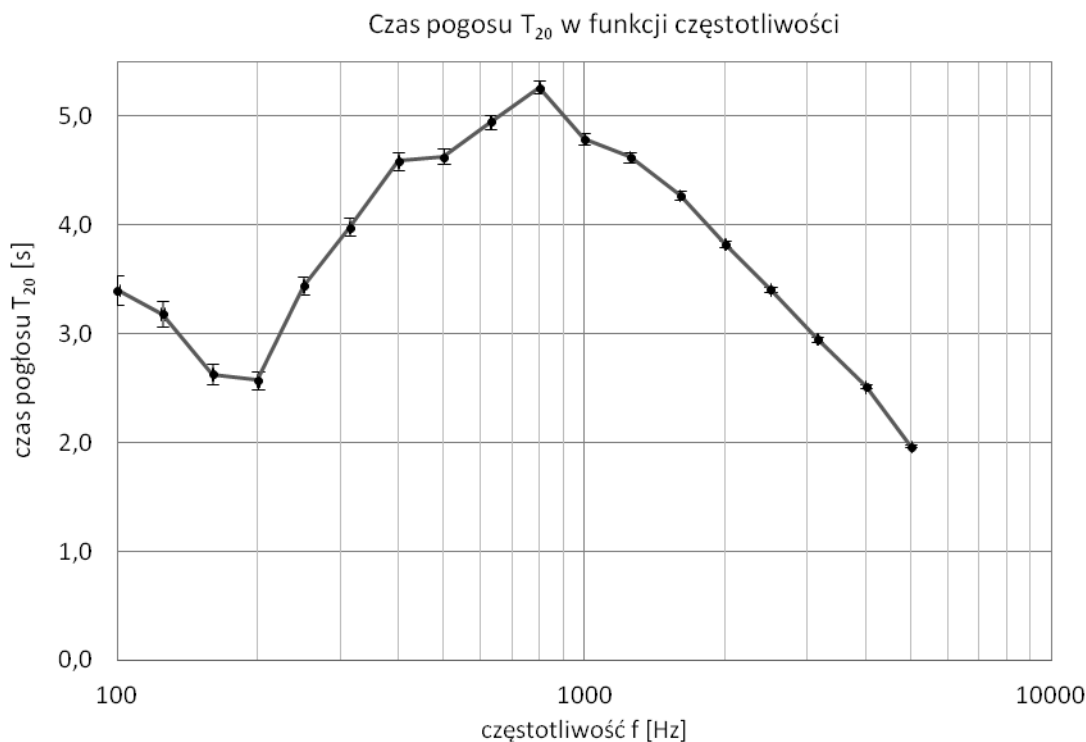
$T_{20}$  – czas pogłosu, w sekundach, odpowiadającym 20 dB zakresowi.

Średnią wartość czasu pogłosu wyrażoną jedną liczbą  $T_{20\text{śr}}$  obliczono przez uśrednienie wartości  $T_{20\text{śr}t}$  z sześciu pasm tercjowych o częstotliwościach środkowych od 400 Hz do 1250 Hz.

$$T_{20\text{śr}} = 4,81 \pm 0,06 \text{ s}$$

Poniżej znajduje się wykres przedstawiający zmierzoną wartość czasu pogłosu  $T_{20\text{śr}t}$  wraz z odchyleniem standardowym w funkcji częstotliwości.



Rys. 3.3 Zmierzony czas pogłosu  $T_{20\text{śr}}$  w funkcji częstotliwości

#### 4 WYMAGANIA CZASU POGŁOSU

Czas pogłosu jest czasem zmniejszenia poziomu ciśnienia akustycznego o 60 dB po wyłączeniu źródła dźwięku, wyrażonym w sekundach.

Zgodnie z art. 323 ust. 2 pkt 4 rozporządzenia Ministra Infrastruktury [2] wynikającego z ustawy Prawo budowlane [1], pomieszczenia w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy chronić przed hałasem pogłosowym, powstającym w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających dane pomieszczenie. Natomiast art. 326 pkt 5 mówi, że w pomieszczeniach budynków użyteczności publicznej, których funkcja związana jest z odbiorem mowy lub innych pożądanymi sygnałami akustycznymi, należy stosować takie rozwiązania budowlane oraz dodatkowe adaptacje akustyczne, które zapewnią uzyskanie w pomieszczeniach odpowiednich warunków określonych odrębnymi przepisami. Adaptacje akustyczne należy wykonywać z materiałów o potwierdzonych właściwościach pochłaniania dźwięku wyznaczonych zgodnie z Polską Normą określającą metodę pomiaru pochłaniania dźwięku przez elementy budowlane.

Wymagania dotyczące ograniczenia hałasu pogłosowego w pomieszczeniach użyteczności publicznej związanych z funkcją sportową określa Polska Norma PN-B-02151-4 Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań [5] za pomocą parametru dopuszczalnego czasu pogłosu  $T$ .

Według wytycznych zawartych w ww. normie maksymalna wartość czasu pogłosu  $T$  [s] w pomieszczeniach o przeznaczeniu sportowym, w zależności od objętości pomieszczenia, powinna wynosić zgodnie z tabelą poniżej.



Tabela 4.1 Wymagane dopuszczalne wartości czasu pogłosu T w pomieszczeniach o funkcji sportowej [5]

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Objętość pomieszczenia V [m <sup>3</sup> ]	Czas pogłosu T[s]
1.1	Sale gimnastyczne, hale sportowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	≤ 5000 m <sup>3</sup>	≤ 1,5
		> 5000 m <sup>3</sup>	≤ 1,8

Norma określa dopuszczalne wartości czasu pogłosu w pasmach oktaowych o częstotliwościach środkowych  $f$  wynoszących 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz i 4000 Hz.

W pomieszczeniach o dużej kubaturze, w których przewiduje się zainstalowanie systemu nagłośniającego, zaleca się, aby czas pogłosu T w paśmie częstotliwości  $f=125\text{Hz}$  był zbliżony do wartości czasu pogłosu w pasmach częstotliwości  $f=500\text{Hz}$  i  $f=1000\text{Hz}$ .

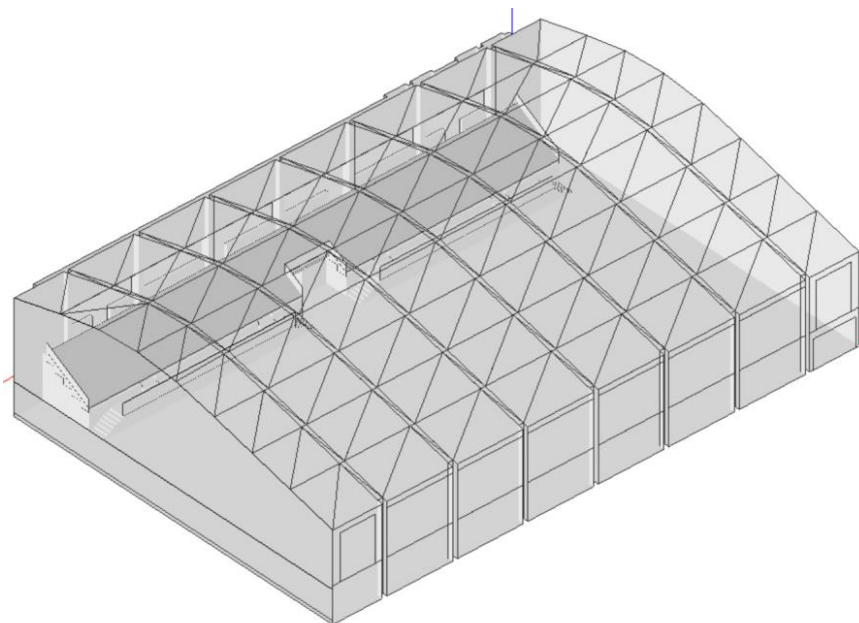
Wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, z trwale zamocowanymi elementamiumeblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi.

#### Założenia projektowe:

- Obliczona na podstawie rysunków objętość sali wynosi około:  $V \approx 15\,587\text{ m}^3$ ,
- Przyjęto, że ze względu na objętość obiektu wynosząca ponad 5000 m<sup>3</sup> wartość czasu pogłosu powinna być nie większa niż:  $T_{wym} = 1,8\text{ s}$  bez publiczności,
- Proponowane materiały i ustroje dźwiękochłonne w przestrzeni boiska muszą być odporne na wszelkiego rodzaju uszkodzenia mechaniczne.

## 5 MODEL KOMPUTEROWY

W celu obliczenia parametru czasu pogłosu w salach sportowych po zastosowaniu adaptacji akustycznej wykonano modele komputerowe w programie EASE (EnhancedAcoustic Simulator for Engineers) Version 4.4.11.4 (Acoustics, Aura, Vision). Poniżej przedstawiono widoki sal w 3D stanowiący wydruki z ww. programu.



Rys. 5.1 Model 3D



## 6 WYTYCZNE ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ

Materiały pochłaniające dźwięk zaleca się stosować na płaszczyźnie sufitu ze względu na jego dużą powierzchnię, którą można wykorzystać do adaptacji akustycznej. W celu zmniejszenia efektu trzepoczącego echa (flutter echo - wielokrotnego odbicia dźwięku od dwóch równoległych, odległych ścian) należy zastosować ustroje pochłaniające dźwięk na przynajmniej jednej z przeciwległych ścian na wysokości poniżej 3m.

W celu uzyskania wymaganych wartości czasu pogłosu proponuje się zastosowanie następujących rozwiązań:

- na całej powierzchni dachu montaż sufitu podwieszanego modułowego wykonanego z płyt akustycznych z wełny mineralnej o grubości 35mm, zamontowanego między dźwigarami, całkowita odległość od powierzchni blachy trapezowej 200mm, wysokość sufitu od poziomu podłogi od 9,0 do 12,9 m;

Sufit musi być odporny na uszkodzenia i uderzenia piłkami min. klasa 2A wg EN-13964 załącznik D. Sufit składa się z płyt z wełny szklanej wykończonych grubą, gęstoplecioną siatką z włókna szklanego w kolorze białym, grubości nie większej niż 3,5cm i wadze nie większej niż 2,5kg/m<sup>2</sup>.

W celu ograniczenia źródeł zanieczyszczeń powietrza we wnętrzach, płyty muszą spełniać wymagania VOC klasy A+ (gdzie VOC oznacza Lotne Związki Organiczne).

W celu zminimalizowania negatywnego wpływu na środowisko stosowane płyty sufitowe powinny wykorzystywać minimum 70% surowca pochodzącego z recyklingu i mieć potwierdzenie tego faktu w stosownej Deklaracji Środowiskowej EPD III typu zgodnie z PN-EN 15804 oraz ISO 14025.

Płyty muszą cechować się zdolnością do przenoszenia dodatkowych obciążeń przez pojedynczą płytę o wartości nie mniejszej niż 0,5kg (5N) **co musi być wyszczególnione i potwierdzone w deklaracji właściwości użytkowych deklarującej parametry wg EN 13964**. Zastosowany sufit ma być niepalny o klasie A2-s1d0.

- na całej powierzchni sufitu w obszarze kuluarów montaż sufitu podwieszanego modułowego wykonanego z płyt akustycznych z wełny mineralnej o grubości 35mm, całkowita wysokość konstrukcyjna 50mm;

Sufit musi być odporny na uszkodzenia i uderzenia piłkami min. klasa 2A wg EN-13964 załącznik D. Sufit składa się z płyt z wełny szklanej wykończonych grubą, gęstoplecioną siatką z włókna szklanego w kolorze białym, grubości nie większej niż 3,5cm i wadze nie większej niż 2,5kg/m<sup>2</sup>.

W celu ograniczenia źródeł zanieczyszczeń powietrza we wnętrzach, płyty muszą spełniać wymagania VOC klasy A+ (gdzie VOC oznacza Lotne Związki Organiczne).

W celu zminimalizowania negatywnego wpływu na środowisko stosowane płyty sufitowe powinny wykorzystywać minimum 70% surowca pochodzącego z recyklingu i mieć potwierdzenie tego faktu w stosownej Deklaracji Środowiskowej EPD III typu zgodnie z PN-EN 15804 oraz ISO 14025.

Płyty muszą cechować się zdolnością do przenoszenia dodatkowych obciążeń przez pojedynczą płytę o wartości nie mniejszej niż 0,5kg (5N) **co musi być wyszczególnione i potwierdzone w deklaracji właściwości użytkowych deklarującej parametry wg EN 13964**. Zastosowany sufit ma być niepalny o klasie A2-s1d0.

- na powierzchni krótszej ściany zlokalizowanej po prawej stronie trybun, na całą szerokość ściany, na wysokości od 0,3m do 2,7m w strefie boiska oraz na wysokość od 0,3m do 2,7m÷6,48m w strefie widowni (skos pod kątem nachylenia trybun), montaż jednego z wariantów rozwiązań:



- **wariant 1** – montaż paneli ściennych akustycznych wykonanych z wełny mineralnej o wymiarach 2700mx1200mm i grubości 40mm z dodatkową warstwą wełny mineralnej o grubości 50mm i gęstości min. 50 kg/m<sup>3</sup> , całkowita odległość konstrukcyjna 100mm;  
Należy stosować akustyczne panele ścienne, których przeznaczenie do stosowania jako okładziny ścienne musi być potwierdzone aktualną aprobatą techniczną ITB. Płyty cechować się muszą odporność na uderzenia piłkami jak dla klasy 1A. Panele muszą składać się z płyt w formatach 270x120cm i grubości 4cm, wykonanych z wełny szklanej o gęstości 55kg/m<sup>3</sup>, wykonanych w krawędziach prostych tzw. A, o powierzchni licowej wykończonej mocną tkaniną z gęstej siatki z włókna szklanego.  
W celu ograniczenia źródeł zanieczyszczeń powietrza we wnętrzach, płyty muszą spełniać wymagania VOC klasy A+ (gdzie VOC oznacza Lotne Związki Organiczne).  
W celu zminimalizowania negatywnego wpływu na środowisko stosowane płyty sufitowe powinny wykorzystywać minimum 70% surowca pochodzącego z recyklingu i mieć potwierdzenie tego faktu w stosownej Deklaracji Środowiskowej EPD III typu zgodnie z PN-EN 15804 oraz ISO 14025. Zastosowany materiał ma być niepalny o klasie A2-s1d0.
- **wariant 2** – montaż płyt perforowanych gipsowo-kartonowych o wymiarach 1200x2400mm, grubości 12,5mm i perforacji kwadratowej (stopień perforacji 19%) z dodatkową warstwą wełny mineralnej o grubości 50mm i gęstości min. 50 kg/m<sup>3</sup> , całkowita odległość konstrukcyjna 62,5mm;
- łączna powierzchnia paneli dla wariantu 1 lub wariantu 2 to ok.85 m<sup>2</sup>;

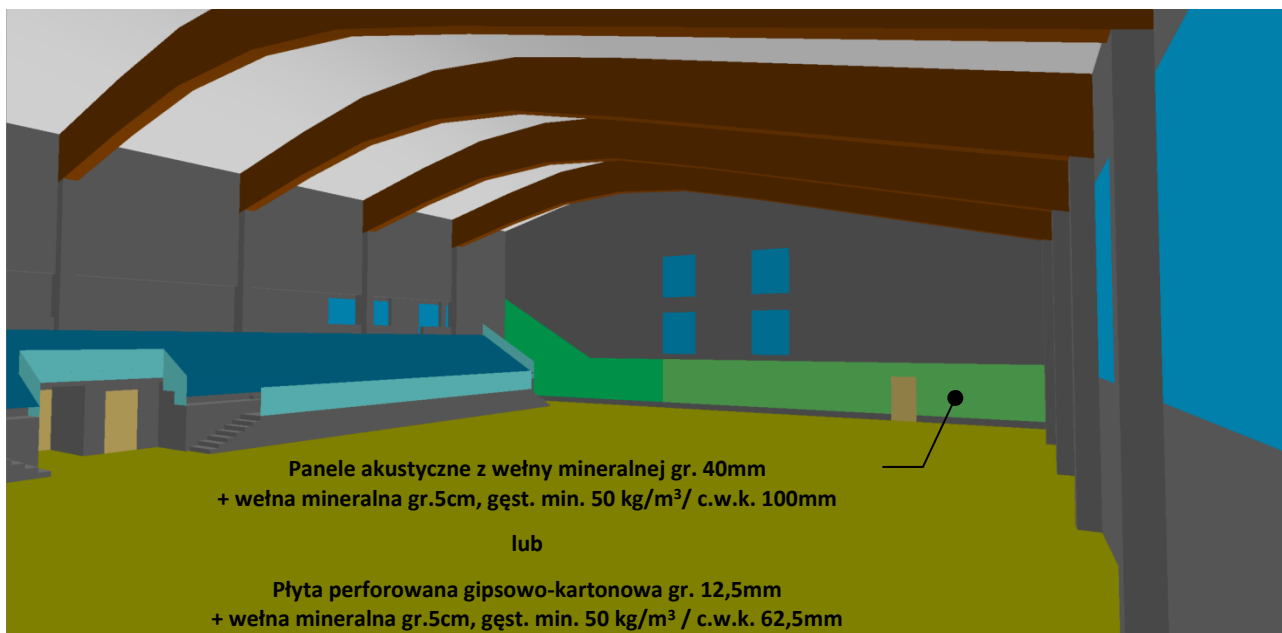
Zastosowane materiały, charakteryzującego się parametrami pochłaniania dźwięku, przedstawionymi w poniższej tabeli:

Tabela 6.1 Wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku zastosowanych materiałów w pasmach oktawowych.

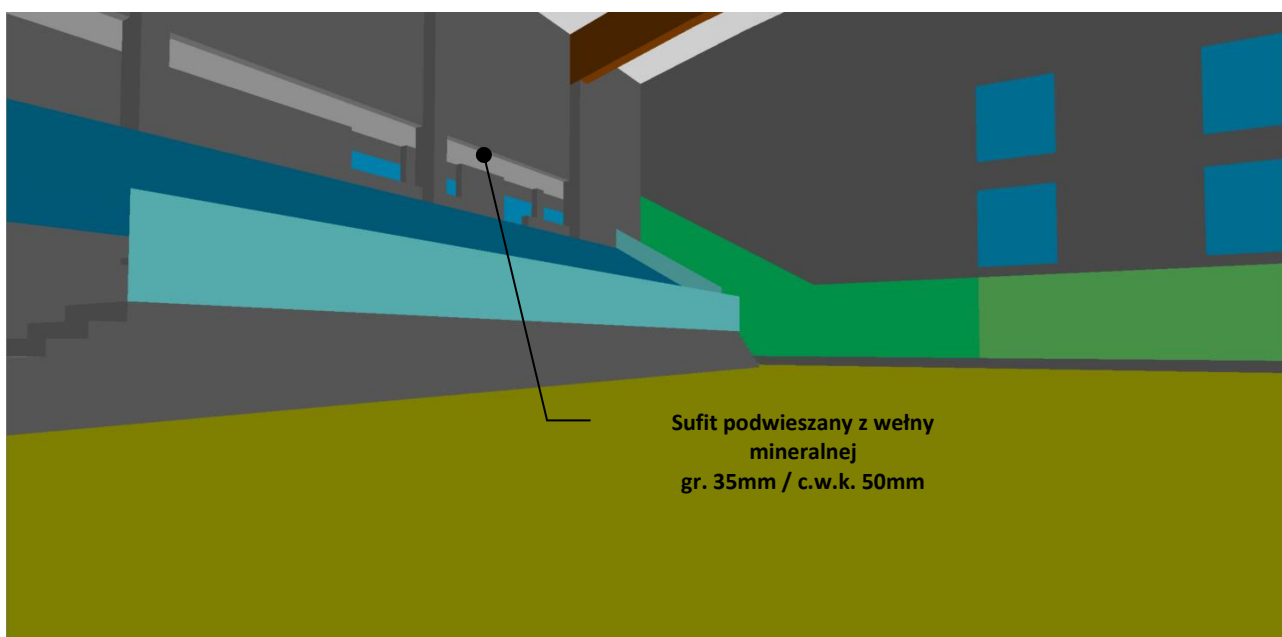
materiał	$\alpha_p$ , praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku						$\alpha_w$	klasa pochłaniania dźwięku
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
Sufit podwieszany modułowy z wełny mineralnej – gr. 35 mm / c.w.k. 200 mm	0,50	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	A
Sufit podwieszany modułowy z wełny mineralnej – gr. 35 mm / c.w.k. 50 mm	0,15	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85	B
Panel ścienny akustyczny z wełny mineralnej gr. 40 mm + wełna mineralna o gęstości min. 50 kg/m <sup>3</sup>	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0	A
Płyta perforowana gipsowo-kartonowa gr. 12,5mm + wełna mineralna o gęstości min. 50 kg/m <sup>3</sup>	0,55	0,70	0,85	0,85	0,80	0,70	0,85	B

Rozmieszczenie materiałów przedstawiono na wizualizacjach poniżej:

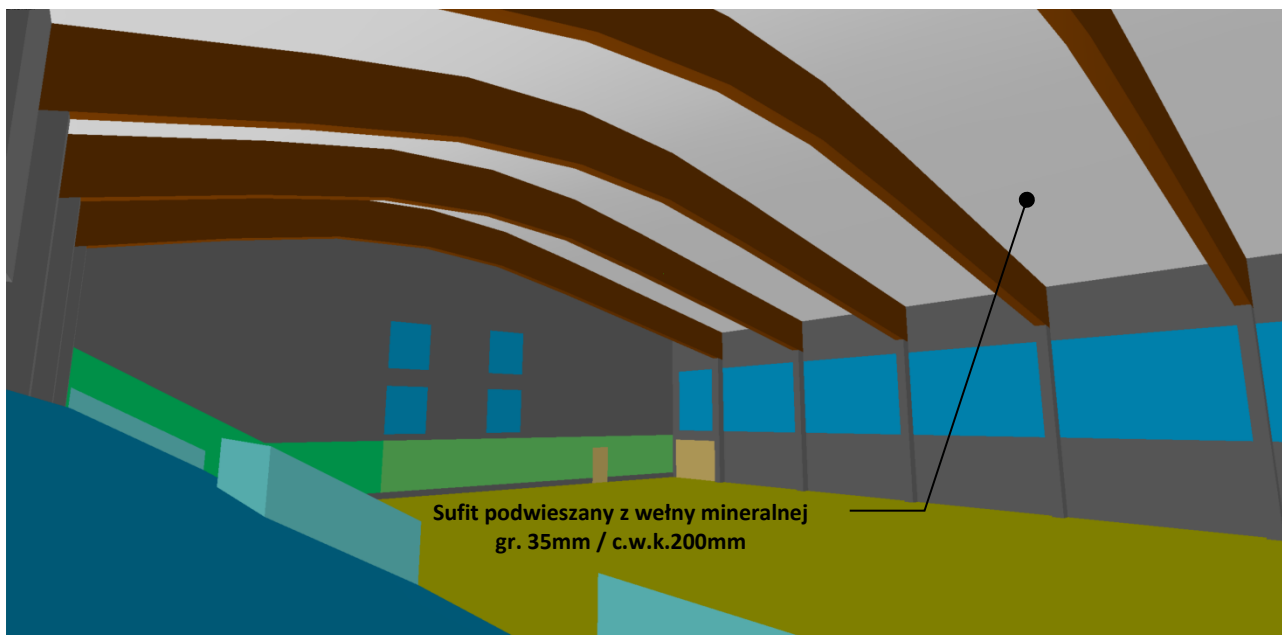




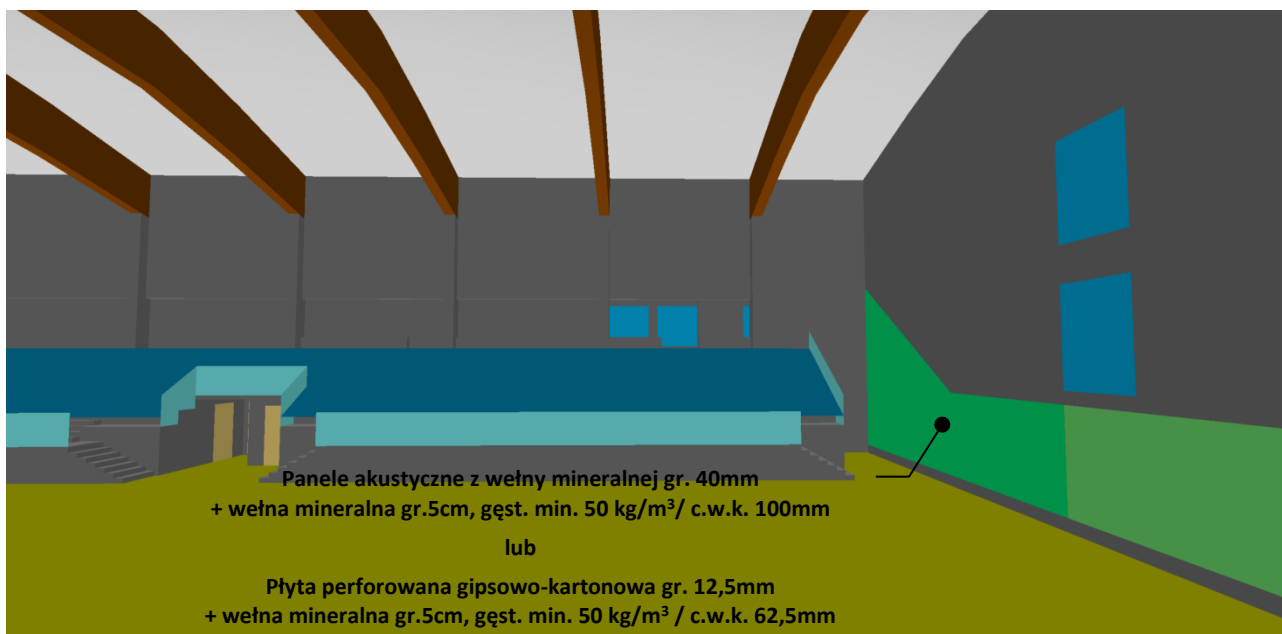
Rys. 6.1 Wizualizacja sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej



Rys. 6.2 Wizualizacja sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej



Rys. 6.3 Wizualizacja sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej



Rys. 6.4 Wizualizacja sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej

**7 ANALIZA CZASU POGŁOSU  $T_{20}$** 

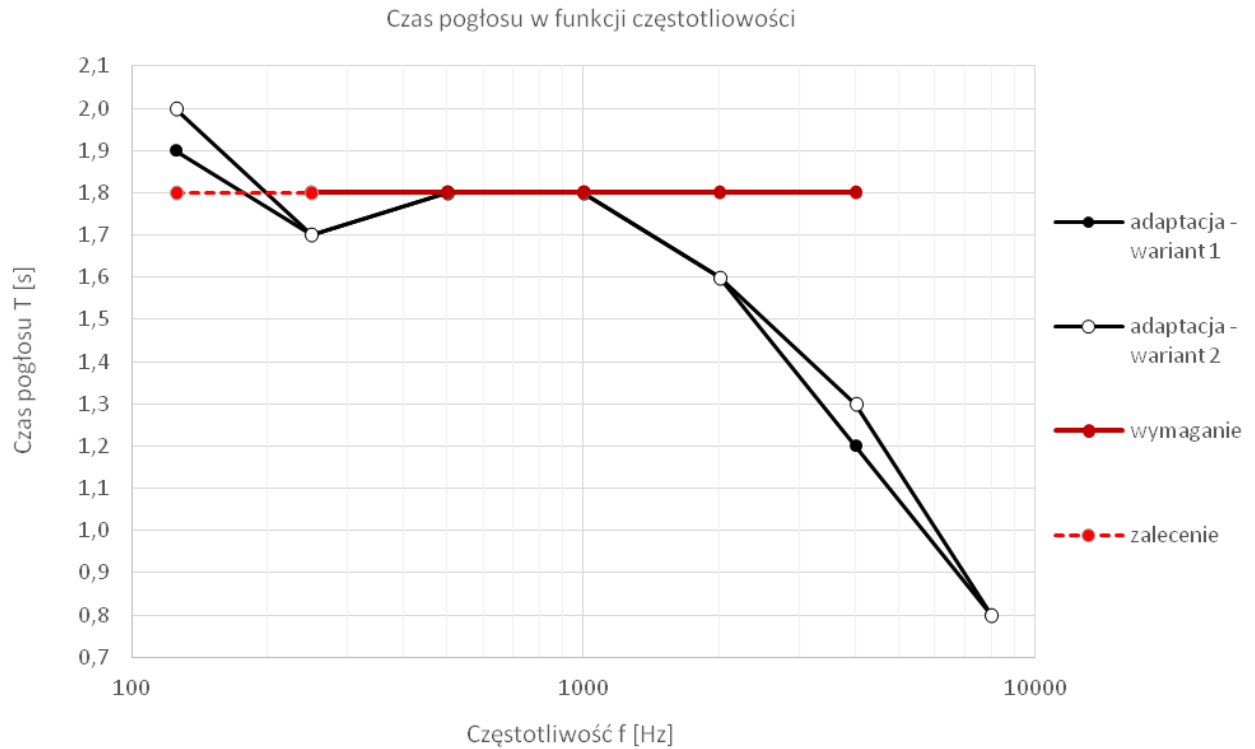
Za źródło dźwięku w modelu obliczeniowym przyjęto dookólne źródło szerokopasmowe zlokalizowane w 6 punktach w przestrzeni boiska, oraz w 3 punktach zlokalizowanych na widowni, na wysokości 1,6 m.

Powierzchnie pomiarowe, dla których przeprowadzono obliczenia, czasu pogłosu  $T_{20}$  wyznaczono w strefie boiska na wysokości 1,6 m od podłogi, oraz w miejscach przebywania widzów tj. we wszystkich sektorach trybun na wysokości 1,2 m.

Wyniki obliczeń czasu pogłosu w pasmach tercjowych i oktawowych przedstawiono w poniższej tabeli oraz w postaci wykresów czasu pogłosu w funkcji częstotliwości.

Tabela 7.1 Wyniki obliczeń czasu pogłosu  $T_{20}$  po adaptacji dla częstotliwości w pasmach tercjowych i oktawowych

częstotliwość środkowa pasm tercjowych f [Hz]	czas pogłosu $T_{20}$ [s] po adaptacji			
	wariant 1		wariant 2	
100	2,1	1,9	2,1	2,0
125	2,0		2,0	
160	1,6		1,7	
200	1,5	1,7	1,6	1,7
<b>250</b>	1,7		1,8	
315	1,7		1,8	
400	1,8	1,8	1,9	1,8
<b>500</b>	1,8		1,8	
630	1,8		1,8	
800	1,8	1,8	1,9	1,8
<b>1000</b>	1,8		1,8	
1250	1,7		1,8	
1600	1,7	1,6	1,7	1,6
<b>2000</b>	1,6		1,6	
2500	1,5		1,5	
3150	1,3	1,2	1,4	1,3
<b>4000</b>	1,3		1,3	
5000	1,1		1,1	
6300	1,0	0,8	1,0	0,8
<b>8000</b>	0,8		0,8	
10000	0,6		0,7	
średni czas pogłosu 400 - 1250 Hz $T_{20\text{śr}}$ [s]	<b>1,8</b>		<b>1,8</b>	



Rys. 7.1 Wykres czasu pogłosu w funkcji częstotliwości

## 8 WNIOSKI

Zastosowanie materiałów dźwiękochłonnych wpłynie na znaczną poprawę warunków akustycznych panujących w sali. Przedstawione rozwiązania powalą spełnić założenia normy PN-B-02151-4 dla sal gimnastycznych, hal sportowych i innych pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu z zainstalowanym systemem nagłośnieniowym.

Zaleca się zastosowanie wariantu 1 adaptacji akustycznej

## 9 ZALECENIA

Ze względu na duże znaczenie jakości wykonywanych prac budowlanych jak również z uwagi na niedoskonałości modelu obliczeniowego zaleca się, by wykonać pomiary czasu pogłosu sali po realizacji powyższych wytycznych. Pozwoli to na zweryfikowanie uzyskanych wyników i ewentualne wprowadzenie korekt do wytycznych.

