

**ZLECENIODAWCA:** Gmina Stara Biała,  
ul. Jana Kazimierza 1  
09-411 Biała

**OBIEKT:** Rozbudowa budynku szkoły podstawowej w Wyszynie, gm. Stara Biała,  
dz. ewid. nr 2

**TEMAT:** Wytyczne adaptacji akustycznej obiektu sportowego szkoły podstawowej w Wyszynie, gm.  
Stara Biała, dz. ewid. nr 2

**OPRACOWAŁ:** mgr inż. Izabella Zawadzka

mgr inż. Marcin Biegaj

Wrocław, luty 2022 r.

Spis treści

1	Cel i zakres opracowania .....	3
2	Materiały wyjściowe.....	3
3	Wymagania czasu pogłosu .....	3
4	Model komputerowy.....	4
5	Wytyczne adaptacji akustycznej.....	6
5.1	Proponowane rozwiązanie .....	6
6	Analiza czasu pogłosu $T_{20}$ .....	8
7	Wnioski .....	9
8	Zalecenia.....	10



## 1 CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem wytycznych adaptacji akustycznej jest przedstawienie rozwiązań technicznych mających na celu zapewnienie prawidłowych warunków akustycznych projektowanego obiektu sportowego szkoły podstawowej w Wyszynie.

Zakres pracy:

- wykonanie przestrzennego modelu pomieszczenia w programie służącym do modelowania akustyki wewnątrz na podstawie rysunków dostarczonych przez zlecniodawcę,
- 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 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 czas pogłosu  $T$  [s] w pomieszczeniach o przeznaczeniu sportowym, w zależności od objętości pomieszczenia, powinna wynosić zgodnie z tabelą poniżej.



Tabela 3.1 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 oktawowych 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  $f=1000\text{Hz}$ .

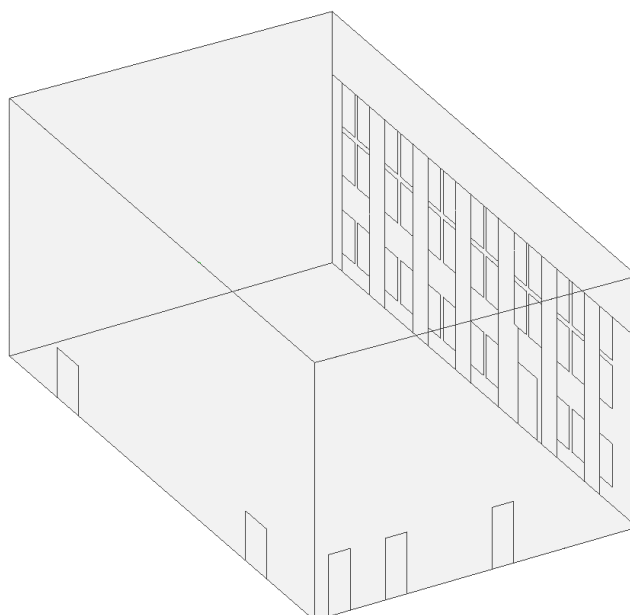
Wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, z trwale zamocowanymi elementami meblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi.

#### Założenia projektowe:

- Obliczona na podstawie rysunków objętość sali wynosi około:  $V \approx 4300 \text{ m}^3$ ,
- Przyjęto, że ze względu na objętość obiektu wynoszącą poniżej  $5000 \text{ m}^3$  wartość czasu pogłosu powinna być nie większa niż:  $T_{\text{wym}} = 1,5 \text{ s}$ ;
- Proponowane materiały i ustroje dźwiękochłonne w przestrzeni boiska muszą być odporne na wszelkiego rodzaju uszkodzenia mechaniczne.

#### 4 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 sali w 3D stanowiący wydruki z ww. programu.



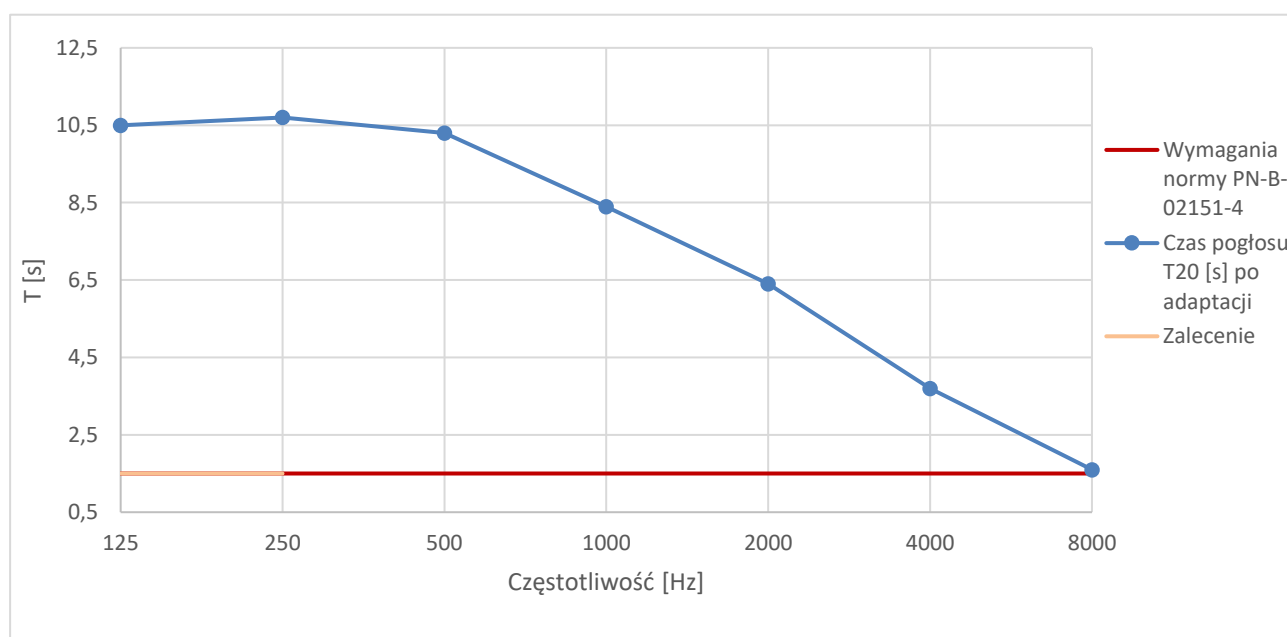
Rys. 4.1 Model 3D analizowanej sali



Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń czasu pogłosu w pasmach oktawowych oraz wymagane wartości czasu pogłosu przedstawione ww. normie. Powierzchnie pomiarowe, dla których przeprowadzono obliczenia, czasu pogłosu  $T_{20}$  wyznaczono w strefie boiska na wysokości 1,6 m od podłogi, oraz na płycie boiska. Za źródło dźwięku w modelu obliczeniowym przyjęto dookólne źródło szerokopasmowe zlokalizowane w 3 punktach w przestrzeni boiskowej.

Tabela 4.1 Wyniki obliczeń czasu pogłosu  $T_{20}$  bez adaptacji dla częstotliwości w pasmach tercjowych i oktawowych

częstotliwość środkowa pasm tercjowych $f$ [Hz]	czas pogłosu $T_{20}$ [s] bez adaptacji	Wymagania normy PN-B-02151-4
100	10,44	-
125	10,35	
160	10,70	
200	10,53	$\leq 1,5$
<b>250</b>	10,76	
315	10,80	
400	10,32	$\leq 1,5$
<b>500</b>	10,27	
630	10,19	
800	8,56	$\leq 1,5$
<b>1000</b>	8,45	
1250	8,26	
1600	6,88	$\leq 1,5$
<b>2000</b>	6,47	
2500	5,82	
3150	4,49	$\leq 1,5$
<b>4000</b>	3,74	
5000	2,95	
6300	2,21	-
8000	1,59	
10000	1,11	



Rys. 4.2 Czas pogłosu w funkcji częstotliwości dla niezaadaptowanej sali

Przeprowadzone symulacje wykazały, że przewidywany czas pogłosu w sali bez adaptacji akustycznej nie będzie spełniał wymagań polskiej normy PN-B-02151-4 w zakresie wymaganego czasu pogłosu.



## 5 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. W celu poprawy warunków pogłosowych w pomieszczeniu należy zastosować proponowaną adaptacji akustycznej:

### 5.1 Proponowane rozwiązanie

Opis analizowanego rozwiązania:

- Ustrój S1: rozmieszczony równomiernie na całej powierzchni: montaż sufitu podwieszanego w postaci wysp sufitowych wykonanych z płyt z wełny mineralnej o wymiarach 1200x600 mm i grubości 35 mm, o podwyższonej odporności na uderzenia zamontowanego między dźwigarami w równomiernie rozmieszczonych pasach. Rzędna dolnej krawędzi sufitu +9,64m. W sumie 322 płyty.
- Ustrój UA1 rozmieszczony na powierzchni krótkiej ściany: montaż paneli akustycznych z wełny mineralnej o podwyższonej odporności na uderzenia o wymiarach 1200x600mm gr. 40 mm i gęstości min. 48 kg/m<sup>3</sup>. Całkowita wysokość konstrukcyjna 43 mm. Panele montowane w pasie o szerokości 13,2 m. od wysokości +0,5m do +5,5 m nad powierzchnią podłogi.
- Ustrój UA1 rozmieszczony na powierzchni długiej ściany: montaż paneli akustycznych z wełny mineralnej o podwyższonej odporności na uderzenia gr. 40 mm i gęstości min. 48 kg/m<sup>3</sup>. Całkowita wysokość konstrukcyjna 43 mm. Panele montowane w pasach o łącznej szerokości 14,4m od poziomu podłogi od wysokości +0,5m do +3,5m nad powierzchnią podłogi.

Całkowita powierzchnia poszczególnych ustrojów to:

- Ustrój S1: 231,84 m<sup>2</sup> (322 sztuki),
- Ustrój UA1: 109,2 m<sup>2</sup> (152 sztuki).

Zastosowane materiały, muszą charakteryzować się parametrami pochłaniania dźwięku, nie gorszymi niż te przedstawione w poniższej tabeli:

Tabela 5.1 Wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku zastosowanych materiałów w pasmach oktaowych.

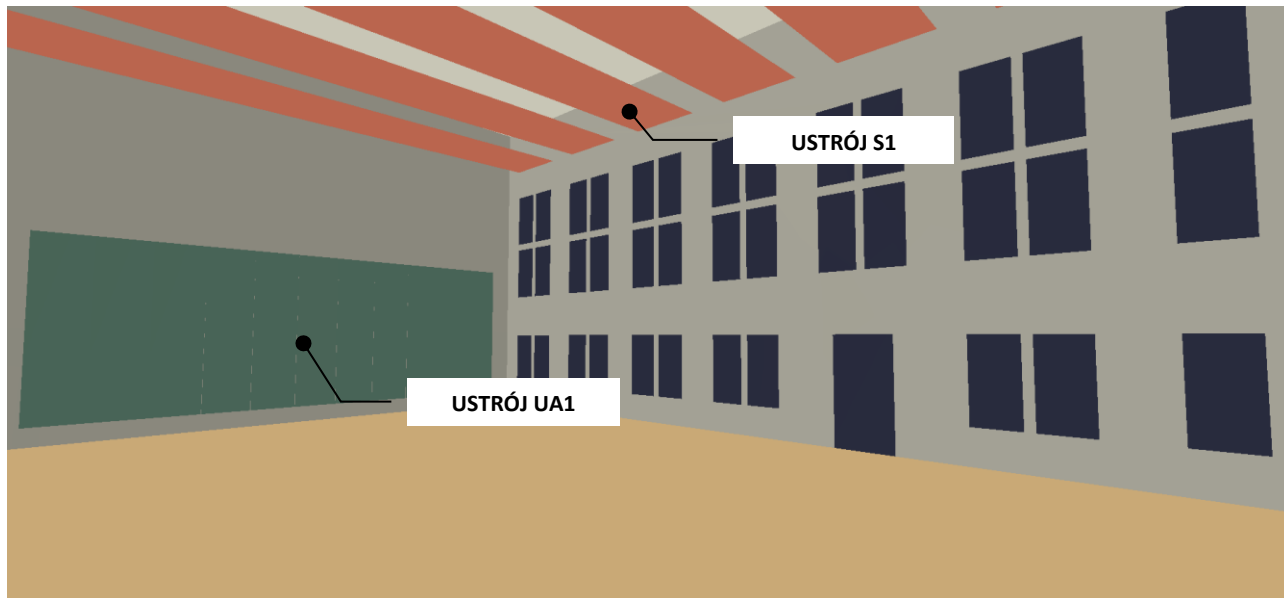
oznaczenie	materiał	$\alpha_p$ , praktyczny współczynnik pochłaniania dźwięku						$\alpha_w$	klasa pochłaniania dźwięku
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
S1	sufit wyspowy z płyt akustycznych z wełny mineralnej o podwyższonej odporności na uderzenia gr. 35 mm, c. w. k. 200 mm	0,55	0,91	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	A
UA1	panel ścienny akustyczny z wełny mineralnej o podwyższonej odporności na uderzenia gr. 40 mm i gęstości min. 48 kg/m <sup>3</sup> , c.w.k. 43 mm.	0,21	0,63	0,96	1,00	0,95	0,90	1,00	A



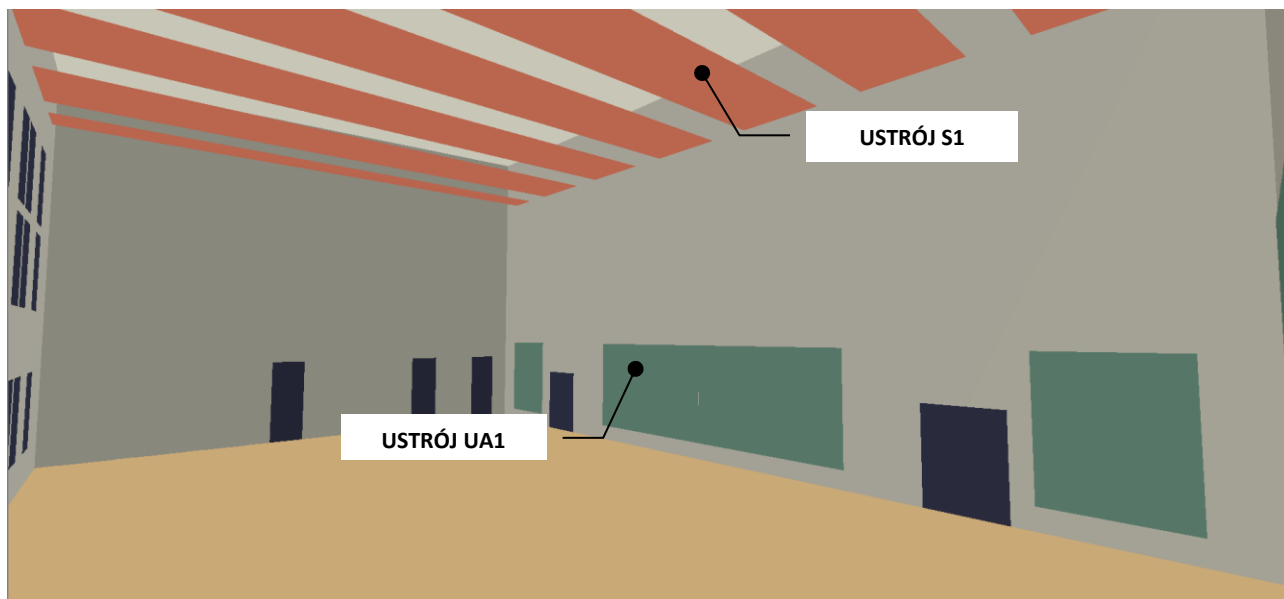
Proponowane materiały:

- Ustrój S1: Ecophon Super G A Plus gr. 40 mm lub Ecophon Super G A, gr. 35 mm;
- Ustrój UA1: Ecophon Wall Panel A Super G, gr. 40 mm.

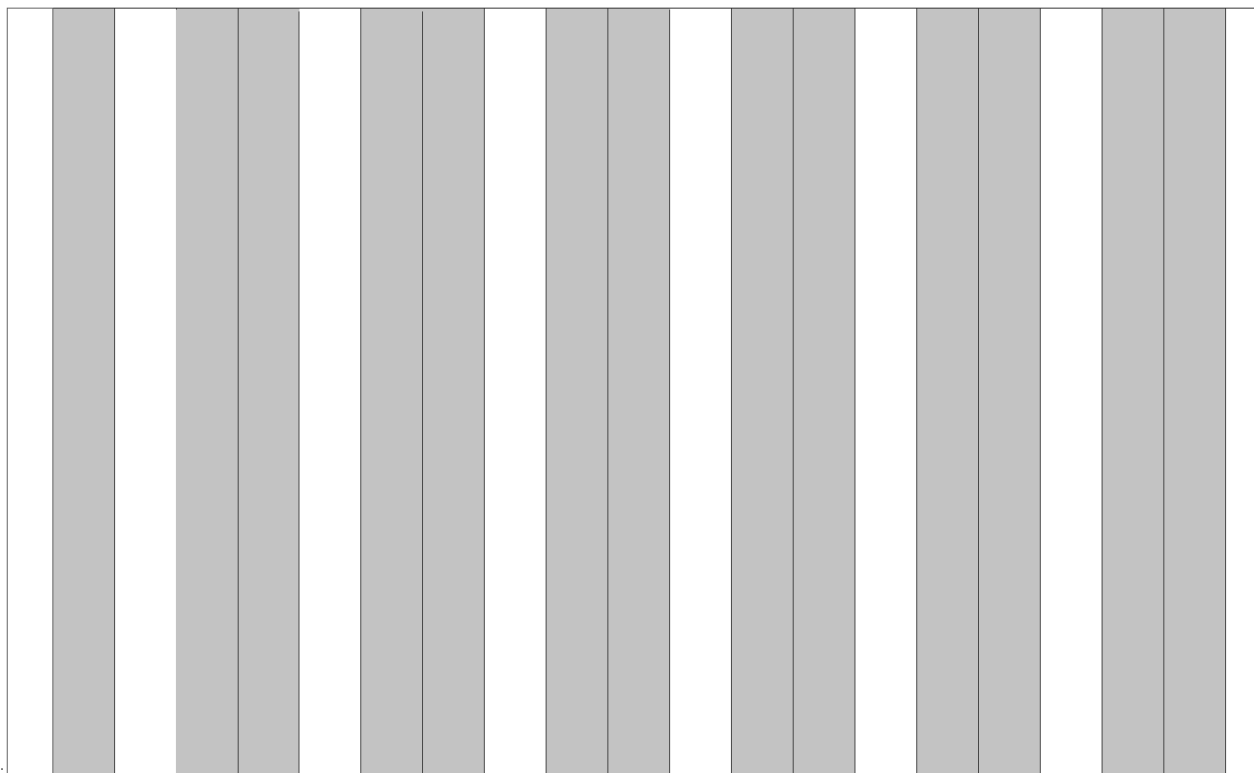
Rozmieszczenie zgodnie z wizualizacjami poniżej:



Rys. 5.1 Wizualizacja sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej



Rys. 5.2 Wizualizacja sali wielofunkcyjnej po adaptacji akustycznej



Rys. 5.3 Wizualizacja wysp sufitowych

LEGENDA:

	Beton
	Posadzka PCV
	Stolarka okienna oraz drzwiowa
	Panele akustyczne ścienne UA1
	Panele akustyczne w formie podwieszanego sufitu

## 6 ANALIZA CZASU POGŁOSU $T_{20}$

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń czasu pogłosu w pasmach 1/3 oktawowych oraz wymagane wartości czasu pogłosu przedstawione ww. normie. Powierzchnie pomiarowe, dla których przeprowadzono obliczenia, czasu pogłosu  $T_{20}$  wyznaczono w strefie boiska na wysokości 1,7 m od podłogi, oraz w miejscach przebywania widzów tj. we wszystkich sektorach trybun na wysokości 1,2 m. Za źródło dźwięku w modelu obliczeniowym przyjęto dookólne źródło szerokopasmowe zlokalizowane w 3 punktach w przestrzeni boiskowej, oraz w 9 punktach zlokalizowanych na widowni, na wysokości 1,8 m.

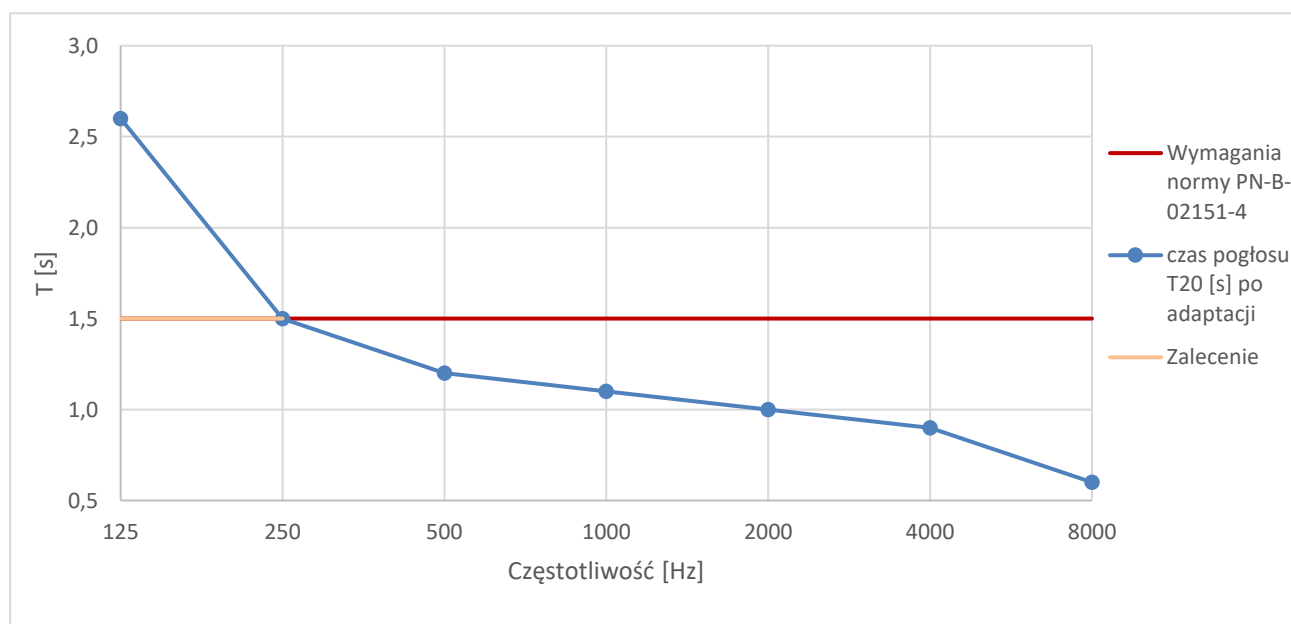
Wyniki obliczeń czasu pogłosu w pasmach tercjowych i oktawowych przedstawiono w poniższej tabeli oraz w postaci wykresów czasu pogłosu w funkcji częstotliwości.





Tabela 6.1 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] bez adaptacji		Wymagania normy PN-B-02151-4
100	2,77	2,6	-
125	2,76		
160	2,13		
200	1,75	1,5	$\leq 1,5$
<b>250</b>	1,42		
315	1,33		
400	1,23	1,2	$\leq 1,5$
<b>500</b>	1,15		
630	1,10		
800	1,10	1,1	$\leq 1,5$
<b>1000</b>	1,10		
1250	1,07		
1600	1,05	1,0	$\leq 1,5$
<b>2000</b>	1,04		
2500	1,00		
3150	0,94	0,9	$\leq 1,5$
<b>4000</b>	0,91		
5000	0,82		
6300	0,75	0,6	-
8000	0,64		
10000	0,54		



Rys. 6.1 Wykres czasu pogłosu w funkcji częstotliwości

## 7 WNIOSKI

Zastosowanie materiałów dźwiękochłonnych wpłynie na znaczną poprawę warunków akustycznych panujących w sali. Zastosowanie proponowanego rozwiązania pozwoli spełnić założenia normy PN-B-02151-4 dla hal sportowych i innych pomieszczeń o podobnym przeznaczeniu.



## 8 ZALECENIA

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

