

ZAŁĄCZNIK 1

ANALIZA AKUSTYCZNA

SALI SPORTOWEJ

TEMAT:	Budowa hali sportowej przy Szkole Podstawowej w Piławie Górnej
BRANŻA:	Akustyka wnętrz
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. Łukasz Anioł
SPRAWDZAJĄCY:	mgr inż. Paweł Barczyński

Kwiecień 2017 r.

SPIS TREŚCI

1	INFORMACJE PORZĄDKOWE	3
2	LITERATURA	4
3	AKUSTYKA WNĘTRZ	5
	3.1 Podstawa prawna	5
	3.2 Optymalny czas pogłosu dla sali	5
	3.3 Podstawy teoretyczne	5
	3.4 Przyjęte materiały wykończeniowe.	6
	3.5 Obliczenia czasu pogłosu dla sali sportowej przed adaptacją akustyczną	6
	3.6 Przyjęte materiały dźwiękochłonne.	7
	3.7 Obliczenia czasu pogłosu po adaptacji akustycznej.	8
4	WNIOSKI, ZALECENIA	9
5	OPIS USTROJÓW AKUSTYCZNYCH	10
	5.1 Ustrój akustyczny UA1	10
	5.2 Ustrój akustyczny UA2	11

1 INFORMACJE PORZĄDKOWE

Przedmiotem opracowania jest analiza akustyki sali sportowej należącej do Szkoły Podstawowej w Piławie Górnej. W opracowaniu dokonano sprawdzenia i korekty czasu pogłosu niezbędnego do prawidłowego użytkowania sali sportowej oraz zawarto wytyczne związane z adaptacją akustyczną – dobór i rozmieszczenie materiałów dźwiękochłonnych, oparte na podstawie obliczeń teoretycznych.

2 LITERATURA

- [1]. Jerzy Sadowski „Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie” Wyd. Arkady, Wydanie 1, Warszawa 1971
- [2]. Jerzy Sadowski „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]. PN-B-02151-4 Akustyka budowlana Ochrona przed hałasem w budynkach – Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach
- [6]. Polska Norma PN-87/B-02151/02. Akustyka budowlana: Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach - Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.

3 AKUSTYKA WNĘTRZ

3.1 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:

- 1) zewnętrznym przenikającym do pomieszczenia spoza budynku,
- 2) pochodzącym od instalacji i urządzeń stanowiących techniczne wyposażenie budynku,
- 3) powietrznym i uderzeniowym, wytwarzanym przez użytkowników innych mieszkań, lokali użytkowych lub pomieszczeń o różnych wymaganiach użytkowych,
- 4) **pogłosowym, powstającym w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających dane pomieszczenie.**”

Na podstawie normy PN-02151-4 „Akustyka Budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach” wyznaczono optymalny czas pogłosu.

3.2 Optymalny czas pogłosu dla sali

Dla sali sportowej o objętości około 7200 m³ z dostępem publiczności optymalny czas pogłosu nie powinien przekroczyć 1.8s. Założono, że czas pogłosu dla badanego pomieszczenia powinien wynieść 0.8s.

3.3 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 [m³]

S, α – powierzchnia [m²] i współczynnik chłonności danego materiału

3.4 Przyjęte materiały wykończeniowe.

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

<i>f</i> [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, 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
Sufit – blacha trapezowa						
α	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Krzesła z tworzywa						
α	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06

3.5 Obliczenia czasu pogłosu dla sali sportowej przed adaptacją akustyczną

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

<i>f</i> [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
RT	6,4	7,1	7,7	9,0	7,2	3,6

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, niepochlaniających powierzchni. Sala wymaga silnego wytłumienia.

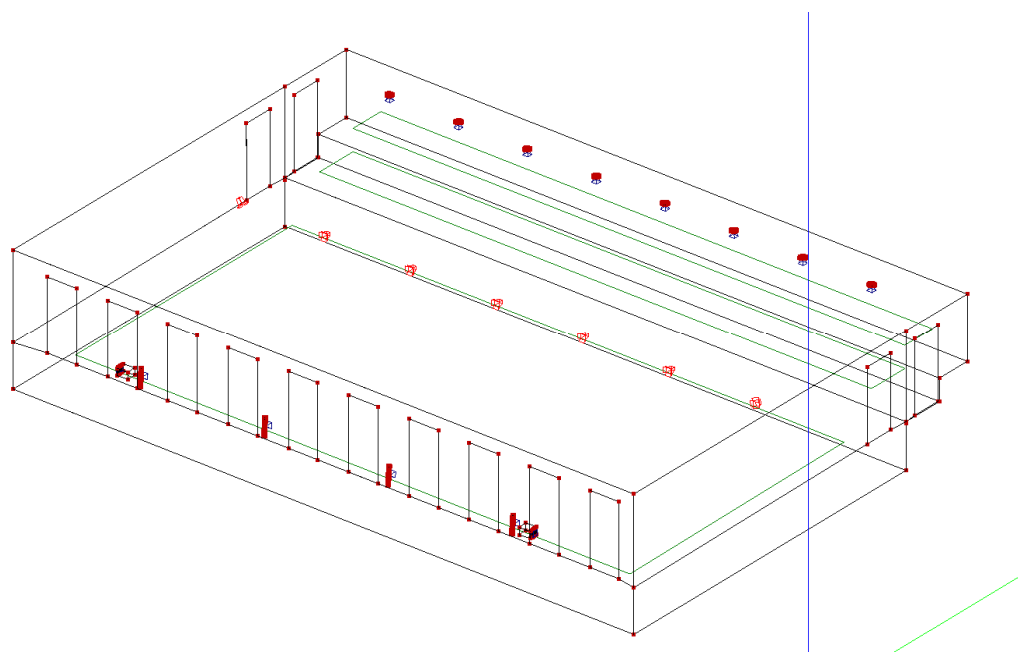
3.6 Przyjęte materiały dźwiękochłonne.

Aby zmniejszyć czas pogłosu w sali należy wprowadzić materiały dźwiękochłonne. Ze względu na specyfikę sali zdecydowano się zastosować płyty akustyczne odporne na uderzenia mechaniczne.

Adaptacja akustyczna sali będzie polegać na:

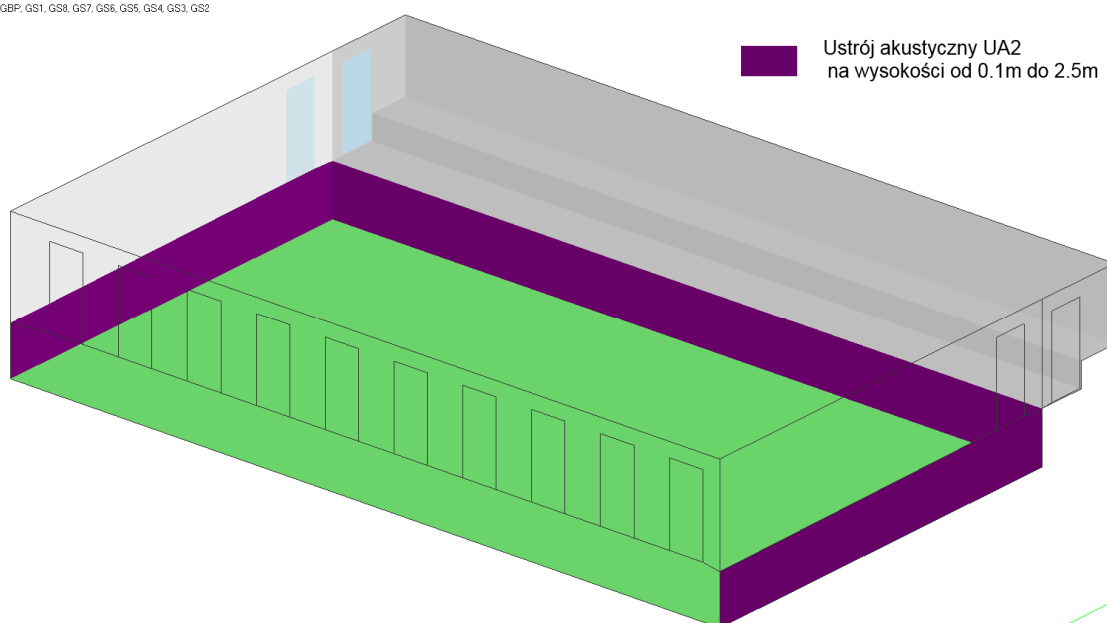
- **Równomiernym** pokryciu całej przestrzeni sufitowej (**ok. 860 m²**) urządzeniami akustycznymi UA1*
- **Częściowym** pokryciu ścian bocznych (**ok. 187m²**) urządzeniami akustycznymi UA2*. Urządzenia zamocowane byłyby na trzech ścianach bocznych na wysokości od 0.1 do 2.5m.

* Opis urządzeń akustycznych zamieszczono w rozdziale 5



Rys. 1: Model sali sportowej

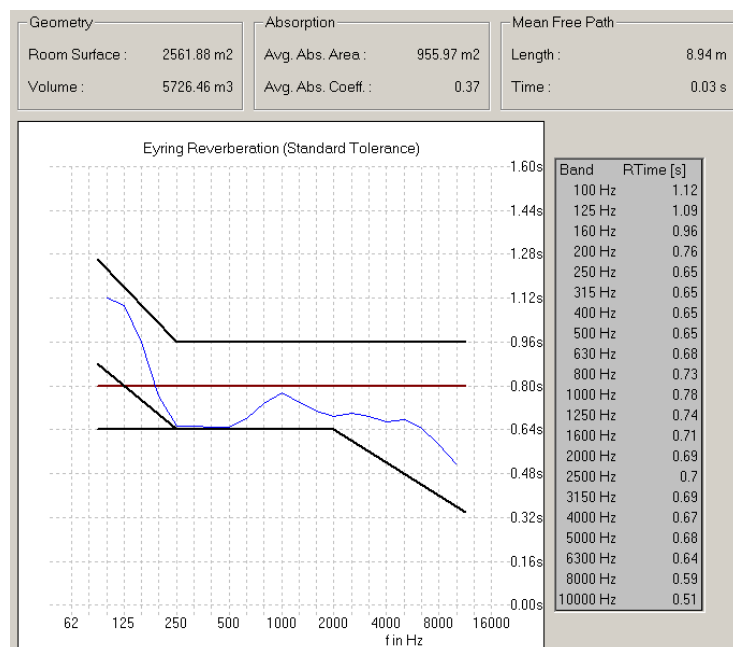
IL, GBP, GS1, GS8, GS7, GS6, GS5, GS4, GS3, GS2



Rys. 2: Rozmieszczenie urządzeń akustycznych UA2 na ścianach bocznych.

3.7 Obliczenia czasu pogłosu po adaptacji akustycznej.

W wyniku adaptacji akustycznej otrzymano następującą charakterystykę czasu pogłosu:



Rys. 3: Charakterystyka czasu pogłosu sali gimnastycznej po adaptacji akustycznej.

4 WNIOSKI, ZALECENIA

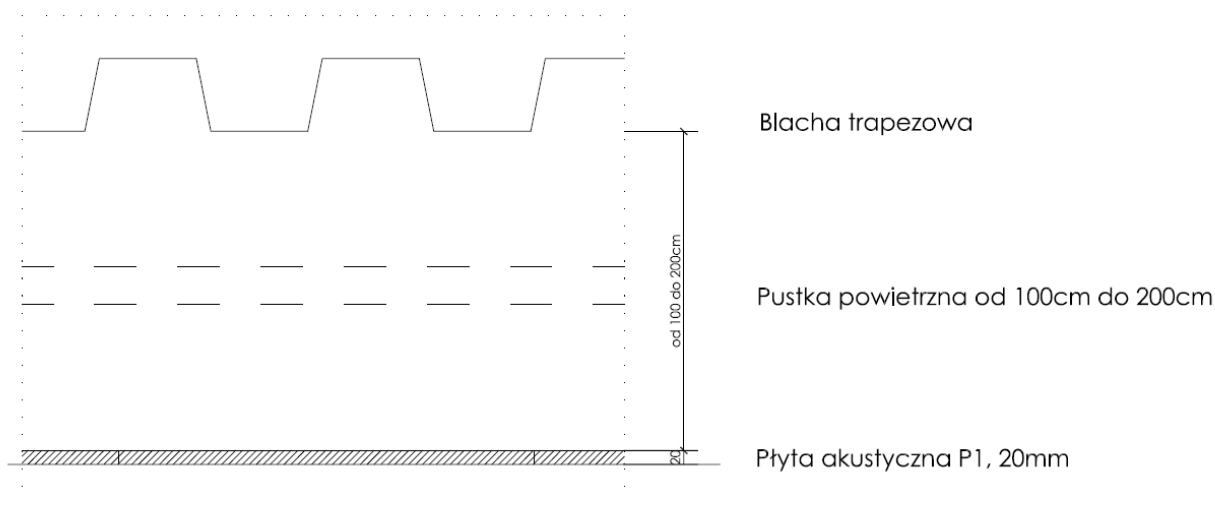
Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można wyciągnąć następujące wnioski:

- charakterystyka czasu pogłosu sali sportowej bez adaptacji akustycznej (bez dodatkowego wytłumienia) wymaga korekcji w całym paśmie akustycznym – wymagane jest dodatkowe wytłumienie pomieszczenia. Niewytłumione pomieszczenie będzie wzmacniało generowany w nim hałas i utrudniało komunikację międzyludzką oraz zrozumiałość przekazu.
- dla osiągnięcia wymaganej charakterystyki czasu pogłosu wymagane jest wytłumienie sufitu ustrojem UA1 (zgodnie z projektem budowlanym), natomiast dodatkowe wytłumienie ścian bocznych zgodnie z Rys.2 wyeliminuje szkodliwe odbicia i efekt echa trzepoczącego.
- wprowadzenie materiału akustycznego spowodowało, że charakterystyka czasu pogłosu mieści się w optymalnym zakresie.

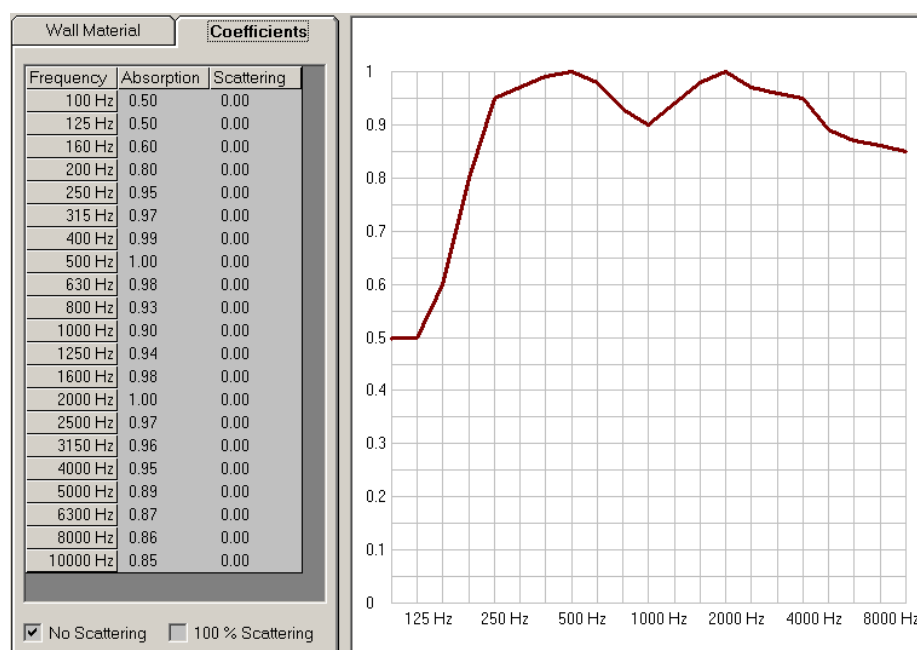
5 OPIS USTROJÓW AKUSTYCZNYCH

5.1 Ustrój akustyczny UA1

- Płyta ze skalnej wełny mineralnej
- Widoczna strona płyty: trwała, mikronatryskowa, malowana powierzchnia z włókna szklanego
- Tył płyty: welon z włókna szklanego
- Odporność na uderzenie: klasa 3A
- Grubość: 20mm

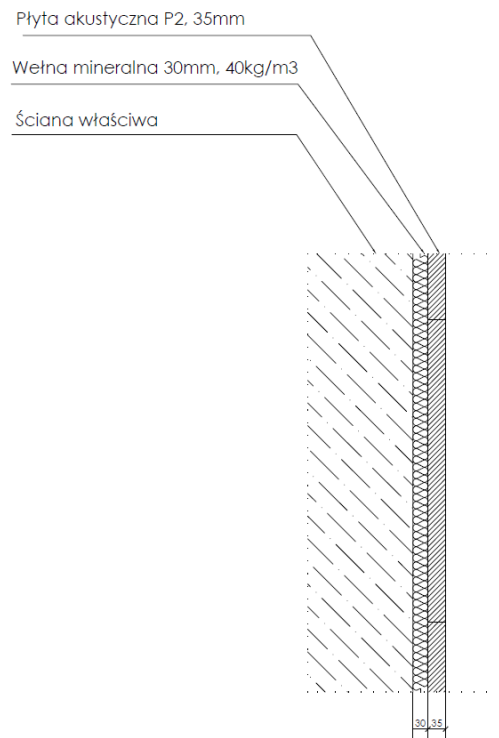


Rys. 4: Konstrukcja ustroju akustycznego UA1.



Rys. 5: Charakterystyka współczynnika pochłaniania ustroju akustycznego UA1.

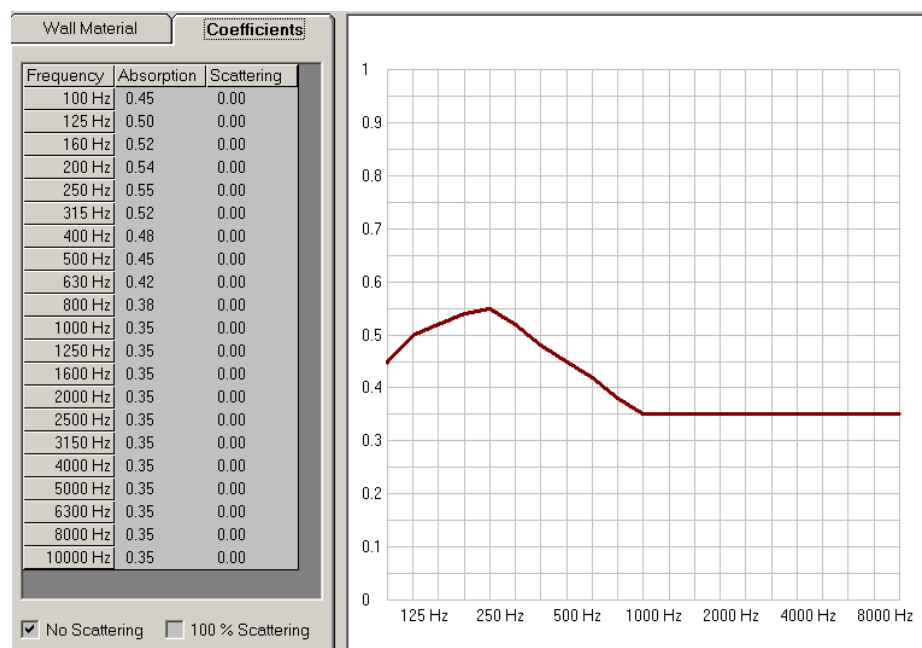
5.2 Ustrój akustyczny UA2



Rys. 6: Konstrukcja ustroju akustycznego UA2.

Płyta akustyczna P2:

- jednowarstwowa płyta akustyczna z wełny drzewnej wiązanej magnezytem o strukturze drobnych porów
- grubość: 35mm
- ciężar: 19kg/m²
- charakterystyka ogniowa zgodnie z normą ÖNORM EN 13501-1: B - s1, d0
- możliwość wyboru wersji kolorystycznej zgodnie z paletą RAL
- możliwość odświeżania bez znacznych strat w pochłanianiu hałasu(trwałość funkcji akustycznej)
- zabezpieczenie przed pyleniem wełny (wełna wkładana do worków akustycznych)



Rys. 7: Charakterystyka współczynnika pochłaniania ustroju akustycznego R2.