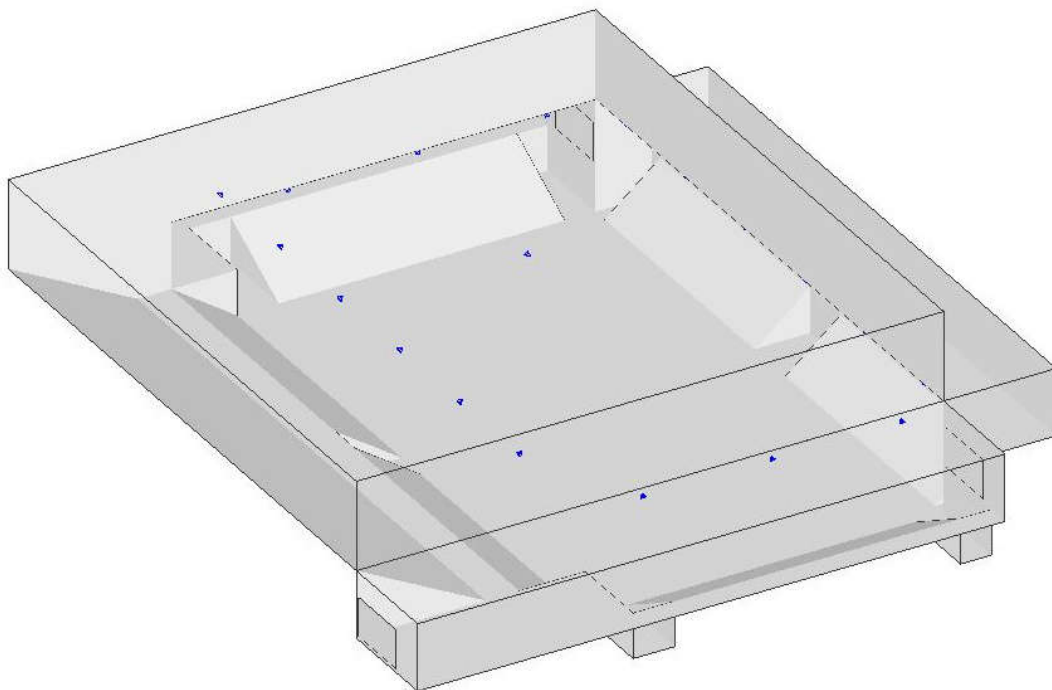


# Symulacje akustyczne

## Hala Sportowa w Suwałkach

SYSTEM DSO



Maj 2017

Opracował: mgr inż. Jarosław Tomasz Adamczyk

## SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Dane wejściowe do symulacji.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Wyniki symulacji.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Podsumowanie wyników .....</b>	<b>10</b>
<b>Odniesienia .....</b>	<b>11</b>

## 1. Wprowadzenie

Opracowanie obejmuje prezentację i analizę wyników symulacji akustycznej dla zaprojektowanego systemu DSO dla Hali Sportowej w Suwałkach. Obiekt ma kubaturę ok. 36000 m<sup>3</sup> i pojemność trybun wynoszącą 2100 osób.

Na hali zastosowano głośniki typu ABT-HP240 w dwóch wersjach 60x60 oraz 90x40.

Obliczenia wykonano w programie EASE 4.4 AURA przy użyciu zaawansowanego algorytmu *ray-tracing*.

## 2. Dane wejściowe do symulacji

Symulacje akustyczne działania systemu DSO przeprowadzono na podstawie dokumentacji architektonicznej obiektu, projektu akustycznego i projektu systemu DSO.

Bryłę hali pokazano na Rys. 1.

Założono na hali poziom hałasu tła równy 90dBA. Obliczenia przeprowadzono dla trybun wypełnionych w 75% widzami. Powierzchnie odsłuchu umieszczono na wysokości 1,5m nad podłogą. Materiały wykończeniowe przyjęto zgodnie z dokumentacją architektoniczną oraz opracowaniem akustycznym przygotowanym dla hali.

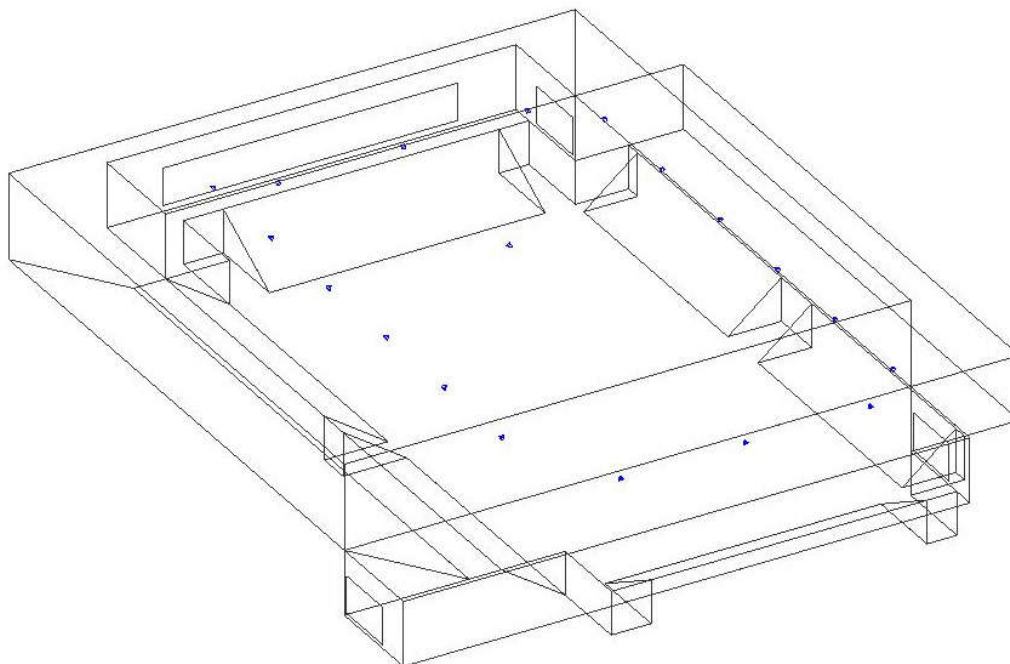
W obiekcie zastosowano łącznie 26 głośników typu ABT-HP240:

- 8 głośników w wersji 60x60 zamontowanych w koszu nad osią obiektu i skierowanych na arenę hali,
- 18 głośników dogłaśniających trybuny.

Założono, że głośniki ABT-HP240 umieszczone w koszu oraz dogłaśniające trybuny główne zapięto na odczepie 240W. Głośniki dogłaśniające trybuny boczne (na rys. 3 oznaczone jako S7-S12) zapięto na odczepie 120W. Lokalizację głośników przedstawia

Rys. 3. Dane głośników zebrano w

Tab. 1.



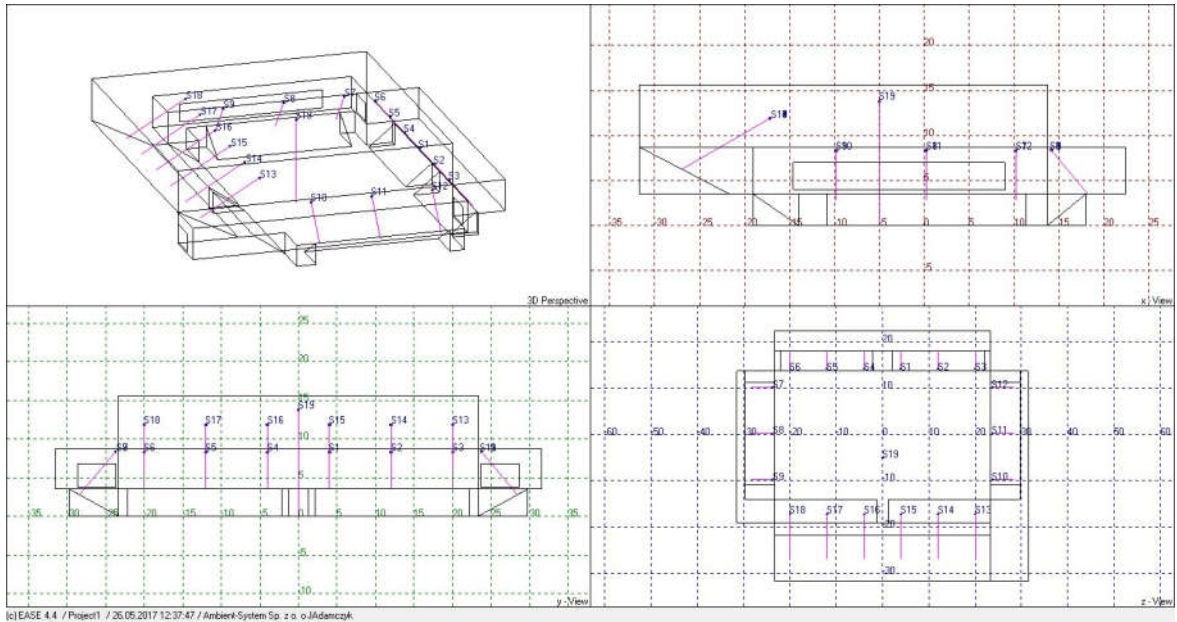
Rys. 1 Model 3D analizowanego obiektu

Tab. 1 Parametry głośnika

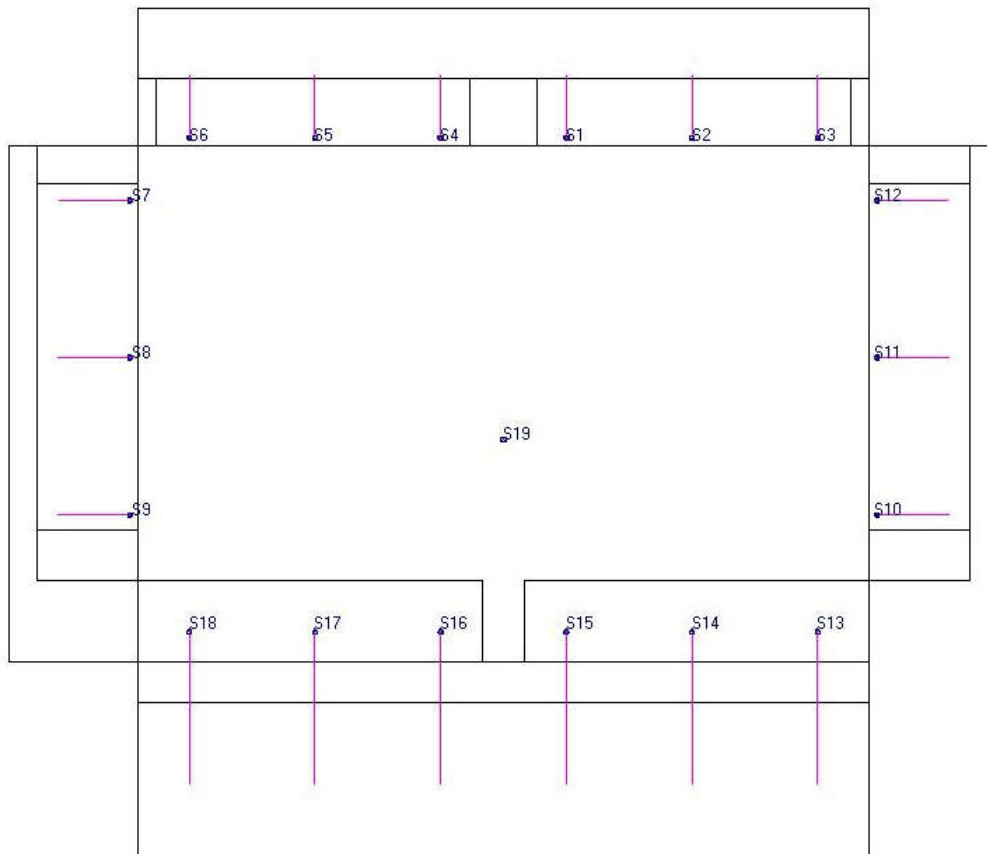
Typ głośnika	Dane	
ABT-HP240EN94	Moc znamionowa [W]	240
	Moc przepinana [W]	240/ 120/ 60
	Impedancja [ $\Omega$ ]	42/ 84/ 167
	SPL przy mocy znamionowej / przy 1W [dB]	125/ 95
	Pasma przenoszenia [Hz]	65-20000
	Kąt pokrycia 1kHz [°]	90 x 40
	Temperatura pracy [°C]	-25 / +70
	Materiał	Włókno szklane
	Środowisko pracy	B
	Stopień ochrony	IP 65
	Kolor	Paleta RAL
	Wymiary [mm]	497 x 497 x 727
	Waga [kg]	29



## Hala Sportowa w Suwałkach



Rys. 2 Rzuty obiektu



Rys. 3 Lokalizacja głośników w obiekcie

Dane hali:

- kubatura pomieszczenia:  $V \approx 36\,000\text{m}^3$
- pojemność: ok. 2100 osób
- całkowita chłonność akustyczna pomieszczenia:  $A \approx 3500\text{m}^2$ ,  $\alpha_{sr} = 0,40$ ,

Analizie poddano następujące parametry:

- całkowity poziom dźwięku [TOTAL SPL]
- wartość wskaźnika transmisji mowy STI wyznaczony metodą STIPa z ważeniem M z uwzględnieniem tła akustycznego.

W symulacji przyjęto poniższe ustawienia:

Metoda symulacji: AURA simulation

Liczba cząstek: 50 000

Długość odpowiedzi [ms]: 2000

Domyślna wartość współczynnika rozpraszania [%]: 20

Metoda rozpraszania: Standard

Wysokość słuchacza: 1,5m

Metoda obliczeniowa: Pink Noise

Mapowanie: szerokopasmowe ważone krzywą korekcyjną A

Poziom tła akustycznego: 90 dBA

### 3. Wyniki symulacji

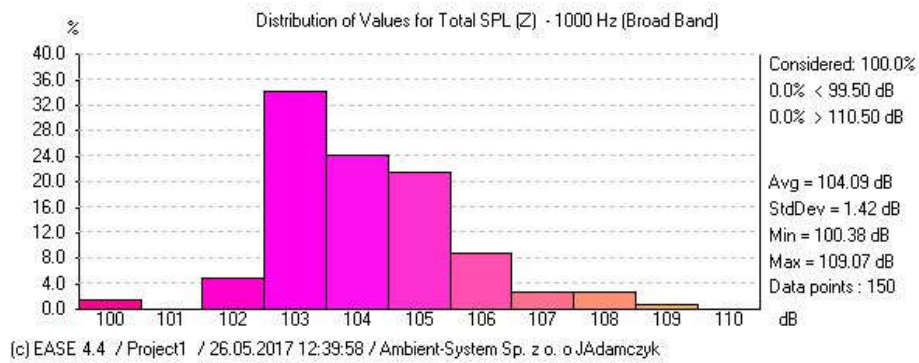
W celu oceny parametrów akustycznych zaproponowanego rozwiązania DSO przedstawiono wartości całkowitego poziomu (Total SPL) oraz wskaźnik zrozumiałości mowy (STIPa). Rozkład dźwięku całkowitego (Total SPL) opisuje ciśnienie akustyczne z uwzględnieniem odbić fali dźwiękowej, co daje wierniejszy obraz poziomu dźwięku panującego w danym obiekcie. Wskaźnik transmisji mowy STI (Speech Transmission Index) opisuje zrozumiałość mowy oferowaną przez system. Współczynnik ten zawiera się pomiędzy 0 oraz 1, a jego wartości

korespondują z subiektywnym odczuciem zrozumiałości mowy zgodnie z Tab. 2 [4]. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wskaźnik transmisji zrozumiałości mowy metodą STIPa (z ważeniem Male) ze względu na powszechność tego rodzaju wyznacznika w typowych miernikach poziomu dźwięku. Metoda pomiaru STIPa jest prosta i pozwala na szybki pomiar. W symulacji przedstawiono również wpływ hałasu na zrozumiałość mowy.

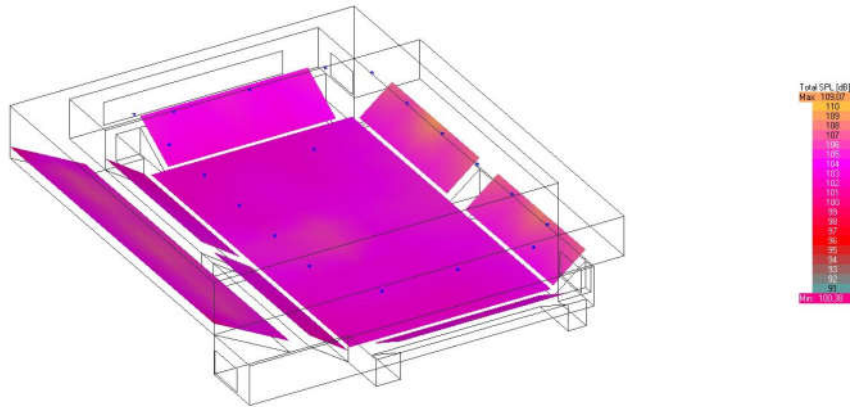
Tab. 2 Zestawienie wartości współczynnika STI

Wartość STI	Subiektywna ocena jakości mowy
0 – 0,3	zła
0,3 – 0,45	słaba
0,45 -0,6	poprawna
0,6 -0,75	dobra
0,75 – 1	znakomita

## Hala Sportowa w Suwałkach



Ver: 307 Hw: 1207  
 Lspk: 51, 56, 55, 54, 53, 513, 516, 517, 516, 515, 514, 52, 57, 58, 99, 510, 512, 511, 519  
 -Speakers Data Not Authorized!  
 Project: Project1  
 Mns: Total SPL (Z)  
 Freq: 1000 Hz  
 (Broad Band Sum)  
 Shadow Cast: Yes  
 Resolution: 2.00 m

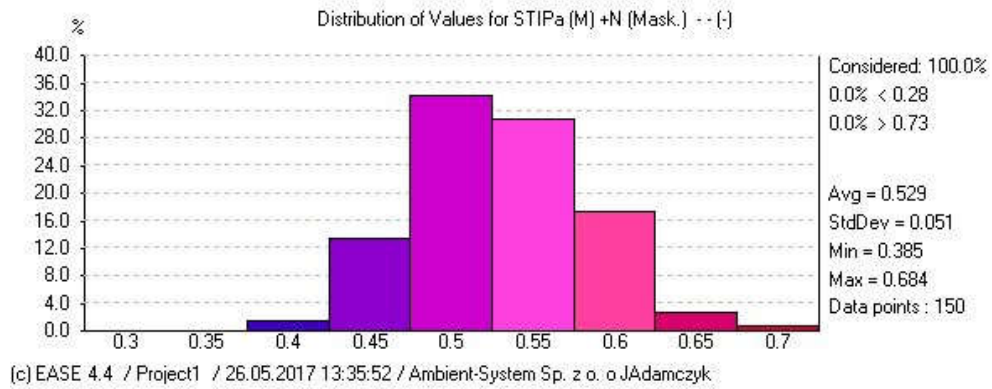


(c) EASE 4.4 / Project1 / 26.05.2017 12:40:13 / Ambient-System Sp. z o.o. JAdamczyk

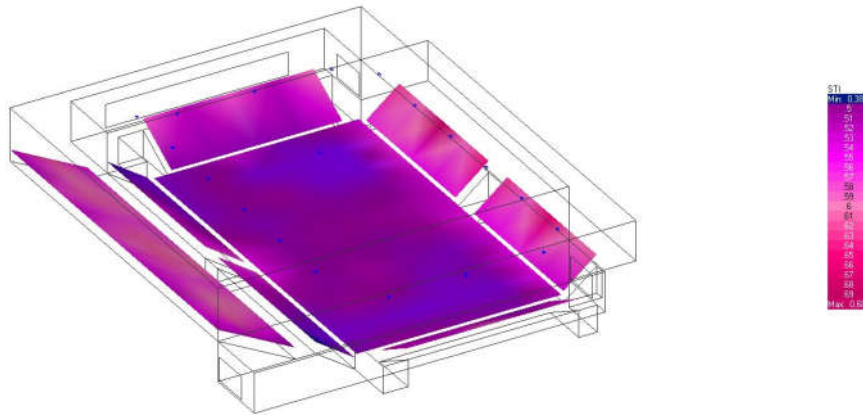
Rys. 4 Rozkład procentowy i przestrzenny poziomu dźwięku całkowitego [dB]



## Hala Sportowa w Suwałkach



Ver: 307 Hor: 1207  
 Laps: 51, 56, 59, 54, 53, 513, 518, 517, 516, 515, 514, 52, 57, 58, 59, 510, 512, 511, 519  
 -Speaker Data Not Authorized-  
 Project: Project1  
 Map: STIPa (M) +N (Mask.)  
 Shadow Cast: No  
 Resolution: 2.00 m



(c) EASE 4.4 / Project1 / 26.05.2017 13:36:01 / Ambient-System Sp. z o. o.JAdamczyk

Rys. 5 Rozkład procentowy i przestrzenny wskaźnika transmisji mowy (STIPa)

## 4. Podsumowanie wyników

Tab. 3 Sprawdzenie zgodności zaprojektowanego systemu z wymaganiami normatywnymi.

Parametr	Warunek	Hala	
		Wartość	Wynik
$L_{pmin}$ (Total <sub>min</sub> )	≥ 65 dB	100,5	✓
$L_{pmax}$ (Total <sub>max</sub> )	≤ 120 dB	109	✓
STIPa (F)+N (Mask)*	≥ 0,5	0,53	✓
Stosunek S/N (Total– Noise)	≥ 6 dBA	14	✓
<b>Hałas - N</b>	<b>90 dBA</b>		

\* wartość STIPa jest uproszczoną metodą wyznaczania wskaźnika zrozumiałości mowy, powszechną w typowych miernikach dźwięku

Wyniki symulacji przeprowadzonych dla obszaru hali wskazują, że zaproponowany system DSO spełnienia wymagania normy PN-EN 60849 w zakresie wymaganego poziomu SPL oraz wskaźnika zrozumiałości mowy STI.

## Odniesienia

- [1] M. Long Architectural Acoustics Elsevier 2006
- [2] PN-EN 60849 „Dźwiękowe systemy ostrzegawcze”
- [3] PN-EN ISO 3382 „Pomiary parametrów akustycznych pomieszczeń”
- [4] “EASE 4.3 User’s Guide&Tutorial”, (Acoustic Design Ahnert), Germany
- [5] Rzuty architektoniczne
- [6] PN-EN ISO 11654 „Akustyka - Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie -- Wskaźnik pochłaniania dźwięku”
- [7] PN EN ISO 9921 „Ergonomia – Ocena porozumiewania się mową”
- [8] PN EN ISO 60268-16 „Urządzenia systemów elektroakustycznych  
Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy”
- [9] PN-B-02151-4 Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Część 4:  
Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz  
wytyczne prowadzenia badań