



PRACOWNIA AKUSTYCZNA

Główny projektant	dr inż. Piotr Z. Kozłowski mgr inż. Wojciech Grządział
Zespół projektowy	mgr inż. Szymon Świstek mgr inż. Michał Mićka
Sprawdzenie	mgr inż. Michał Więdłocha
Zadanie	Projekt akustyki wnętrza i systemu nagłaśniania dla sali sportowej budynku Szkoły Podstawowej Nr 1 w Kątach Wrocławskich
Temat	Opracowanie kompleksowej dokumentacji projektowo-kosztorysowej
Nazwa obiektu	Sala sportowa przy Szkole Podstawowej w Kątach Wrocławskich
Adres obiektu	ul. Żeromskiego 1, 55-080 Kąty Wrocławskie
Numery ewidencyjne działek	–
Inwestor	Gmina Kąty Wrocławskie
Adres inwestora	Rynek – Ratusz 1 55-080 Kąty Wrocławskie
Stadium	Projekt wykonawczy
Tom	Opis techniczny
Edycja	Ostateczna v.01
Branża	Akustyka wnętrz, Elektroakustyka,

Niniejsze opracowanie stanowi własność intelektualną Pracowni Akustycznej i objęte jest prawem autorskim zgodnie z ustawą z dnia 04.02.1994 "O prawie autorskim i prawach pokrewnych". Żadna z jego części nie może być kopiowana, powielana, udostępniana w żadnej formie, również elektronicznej, bez wyraźnej pisemnej zgody autorów. Opracowanie to może być wykorzystane jedynie zgodnie z przeznaczeniem, dla którego zostało wykonane, chyba że właściciele praw autorskich podpisali na to zgodę wydaną w następstwie odpowiedniej umowy handlowej. Do czasu uregulowania pełnego wynagrodzenia Pracowni Akustycznej Kozłowski Grządział sp. j. jest ona jedynym właścicielem wszelkich praw autorskich oraz praw do wykorzystania niniejszej dokumentacji.

© Copyright by Pracownia Akustyczna, Wrocław, 2012

Adres jednostki projektowania:

PRACOWNIA AKUSTYCZNA KOZŁOWSKI GRZĄDZIEL SPÓŁKA JAWNA

ul. Przestrzenna 48/3

50-533 Wrocław

NIP: 899-261-33-93

REGON: 020574694

KRS: 0000286159

tel. +48 71 794 93 31

fax. +48 71 722 08 19

web: www.akustyczna.pl

email: pracownia@akustyczna.pl

Spis zawartości projektu:

1. Część opisowa (Zawartość wedle spisu treści na str. 5)
2. Część rysunkowa:
 1. AP01 — Rozmieszczenie elementów adaptacji akustycznej
 2. EP01 — Rozmieszczenie elementów systemu elektroakustycznego i projekcji wideo
 3. E01 — Schemat połączeń systemu elektroakustycznego oraz transmisji wideo
 4. ES01 — Widok szaf sprzętowych i przyłączy sygnałowych

Spis treści

Adres jednostki projektowania:.....	3
Spis zawartości projektu:	3
Spis treści	5
Spis rysunków w części opisowej.....	7
1. Przeznaczenie i program użytkowy obiektu	9
1.1. Opis obiektu.....	9
1.2. Sposób użytkowania	9
2. Podstawa opracowania	11
2.1. Podstawa formalna	11
2.2. Podstawa merytoryczna.....	11
3. Zagadnienia ogólne	12
4. Adaptacja akustyczna	13
4.1. Bilans chłonności – czas pogłosu	13
5. System elektroakustyczny sali sportowej	16
5.1. Opis techniczny	16
5.1.1. Przyłącza sygnałowe	16
5.1.2. Wyposażenie stanowiska komentatora – skrzynia mobilna	17
5.1.3. Bezprzewodowy system mikrofonowy.....	17
5.1.4. Przetwarzanie i przełączanie sygnałów fonicznych	18
5.1.5. Nagłośnienie instalacyjne sali sportowej	18
5.1.6. Nagłośnienie mobilne	19
5.1.7. Odsłuch monitorowy	19
5.1.8. Urządzenia sterujące systemem nagłośnienia sali sportowej	20
5.1.9. Inne walory użytkowe systemu	20
6. Projekcja wideo.....	23
7. Symulacje komputerowe	24
7.1. Rozmieszczenie urządzeń głośnikowych	25
7.2. Szczegóły parametrów symulacji – sygnały testowe	26
7.3. Wyniki symulacji – rozkłady	29
7.3.1. Bez korekcji sygnału	29
7.3.2. Z widmową korekcją sygnału	35
7.3.3. Współczynnik zrozumiałości mowy dla sali sportowej bez adaptacji akustycznej.....	37
7.4. Wyniki symulacji – podsumowanie	38

8.	Trasy kablowe, wytyczne elektryczne.	41
8.1.	Trasy kablowe.....	41
8.2.	Opis złączy i linii kablowych	41
8.2.1.	Zestawienie linii kablowych systemu elektroakustycznego w sali sportowej	42
9.	Zasilanie elektryczne dla wszystkich elementów wyposażenia.....	45
9.1.	Zasady ogólne	45
9.2.	Wytyczne elektryczne w zakresie zasilania	45
10.	Podsumowanie	47

Spis rysunków w części opisowej

Rys. 4-1 Współczynnik pochłaniania elementów drewnianych – dźwigarów.....	13
Rys. 4-2 Współczynnik pochłaniania okien.....	13
Rys. 4-3 Współczynnik pochłaniania tynku.....	14
Rys. 4-4 Współczynnik pochłaniania cegły klinkierowej	14
Rys. 4-5 Współczynnik pochłaniania podłogi.....	14
Rys. 4-6 Współczynnik pochłaniania drzwi.....	14
Rys. 4-7 Współczynnik pochłaniania adaptacji akustycznej zastosowanej na ścianach	14
Rys. 4-8 Współczynnik pochłaniania adaptacji akustycznej zastosowanej na suficie	14
Rys. 4-9 Czas pogłosu dla sali zaadaptowanej	15
Rys. 4-10 Czas pogłosu dla sali niezaadaptowanej.....	15
Rys. 7-1 Model sali sportowej.	25
Rys. 7-2 Model sali sportowej w rzutach i widok aksonometryczny.	26
Rys. 7-3 Widmo głosu męskiego dla przykładowego urządzenia głośnikowego bez korekcji	27
Rys. 7-4 Widmo głosu męskiego dla przykładowego urządzenia głośnikowego + filtr górnoprzepustowy 500 Hz, I rzędu.	27
Rys. 7-5 Widmo szumu dla przykładowego urządzenia głośnikowego	28
Rys. 7-6 Widmo szumu dla przykładowego urządzenia głośnikowego + filtr górnoprzepustowy 500 Hz I rzędu.....	28
Rys. 7-7 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktawach 125, 250, 500 [Hz]... ..	29
Rys. 7-8 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktawach 500, 1k, 2k [Hz].	30
Rys. 7-9 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktawach 2k, 4k, 8k [Hz].	31
Rys. 7-10 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w zakresie częstotliwości 100 – 10k [Hz].	32
Rys. 7-11 Rys. 7-12 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego i odbitego uśrednionego w zakresie częstotliwości 100 – 10k [Hz].	33
Rys. 7-13 Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA.	34
Rys. 7-14 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktawach 125, 250, 500 [Hz], HPF 500 Hz.	35
Rys. 7-15 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktawach, 500, 1k, 2k [Hz], HPF 500 Hz.	35
Rys. 7-16 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktawach 2kHz, 4kHz, 8k [Hz], HPF 500 Hz.	35
Rys. 7-17 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w zakresie częstotliwości 100 – 10k [Hz], HPF 500 Hz.	36

Rys. 7-18 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego i odbitego uśrednionego w zakresie częstotliwości 100 – 10k [Hz], HPF 500 Hz.....	36
Rys. 7-19 Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA, HPF 500 Hz.	36
Rys. 7-20 Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA, sala bez adaptacji akustycznej.....	37
Rys. 7-21 Procentowy rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA bez zastosowania korekcji. .	39
Rys. 7-22 Procentowy rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA z filtrem górnoprzepustowym 500 Hz, I rzędu.....	39
Rys. 7-23 Procentowy rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA z filtrem górnoprzepustowym 500 Hz, II rzędu.....	39
Rys. 7-24 Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA, sala bez adaptacji akustycznej.....	40

1. Przeznaczenie i program użytkowy obiektu

1.1. Opis obiektu

Plan sali sportowej oparto na kształcie prostokąta o powierzchni ok. 350 m². Kubatura wynosi 3 270 m³. W sali brak jest stałych miejsc siedzących. Przewiduje się 28 miejsc siedzących na trybunach rozkładanych. Przewiduje się możliwość dzielenia sali na 2 części i niezależne funkcjonowanie każdej części.

1.2. Sposób użytkowania

Sala sportowa przeznaczona jest w pierwszej kolejności do organizacji imprez sportowych tak szkolnych jak i zewnętrznych. Zakres pozostałych imprez obejmuje:

- apele szkolne,
- bale charytatywne,
- zajęcia fitness,
- dyskoteki szkolne, zabawy karnawałowe.

Nie przewiduje się obsługi systemu nagłośnienia przez wykształconego realizatora dźwięku. System powinna obsługiwać osoba posiadające minimum średnie wykształcenie oraz praktyczne przygotowanie do obsługi systemu elektroakustycznego.

Zakłada się codzienne stosowanie systemu nagłaśniania stacjonarnego. Zakłada się okazjonalne użytkowanie nagłośnienia przenośnego oraz projekcji wideo ze względu na konieczność wniesienia i montażu urządzeń.

System nagłośnienia przenośnego stosowany będzie w szczególności w przypadku balów, dyskotek czy zabaw karnawałowych.

Projekcja wideo może być wykorzystana np. podczas apeli szkolnych lub spotkań z rodzicami.

2. Podstawa opracowania

2.1. Podstawa formalna

- [1] Oferta Pracowni Akustycznej 11813 z 2011-04-29 na projektowanie akustyczne i elektroakustyczne dla budynku sali sportowej budynku Szkoły Podstawowej nr 1 przy ul. Żeromskiego w Kątach Wrocławskich.
- [2] Umowa nr Umowa nr PRil 2222-0064/001/2011 z 2011-05-27 podpisana przez Pracownię Akustyczną z Gminą Kąty Wrocławskie na wykonanie prac projektowych dla zadania - Projekt akustyki wnętrza i systemu nagłaśniania dla sali sportowej budynku Szkoły Podstawowej nr 1 przy ul. Żeromskiego w Kątach Wrocławskich.

2.2. Podstawa merytoryczna

- [3] Podkłady architektoniczne przekazane przez pracownię architektoniczną ABK-PROJEKT.
- [4] Piotr Z. Kozłowski, Wojciech Grządziel „Projekt akustyki wnętrza i systemu nagłaśniania dla sali sportowej budynku Szkoły Podstawowej Nr 1 w Kątach Wrocławskich” – koncepcja, ETAP I Wrocław, 2011.
- [5] Ahnert W., Steffen F., Sound Reinforcement Engineering, E & FN Spon, London, 1999.
- [6] Davis D. & C., Sound Systems Engineering, Focal Press, 1997.
- [7] Giddings P., Audio System Design and Installation, Howard W. Sams & Co, 1990.
- [8] Davis G., Jones R., The Sound Reinforcement Handbook, Yamaha Corporation of America, 1990.
- [9] PN-92/T-04499.01:1992 Urządzenia i systemy elektroakustyczne. Postanowienia ogólne.
- [10] PN/CEI/IEC 574-2:1994 Urządzenia i systemy audiowizualne, wizyjne i telewizyjne – Pojęcia ogólne.
- [11] PN-EN 60268-16:2005 Urządzenia systemów elektroakustycznych. Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy.

Wykonawca prac opisanych w niniejszym dokumencie ma obowiązek zapoznać się z całą dokumentacją projektową wraz z jej wszystkimi załącznikami oraz dokonać wizji lokalnej w Obiekcie. Na podstawie tak zdobytej wiedzy Wykonawca ma obowiązek uwzględnić i skosztorysować wszystkie prace i elementy konieczne do poprawnego zainstalowania, połączenia i uruchomienia elementów i systemów będących przedmiotem tego opracowania.

Realizacja zaprojektowanych elementów musi się odbywać pod ścisłym nadzorem autorskim projektantów. Inwestor i/lub Wykonawca są odpowiedzialni za zapewnienie takiego nadzoru. Wszelkie ewentualne modyfikacje rozwiązań zamieszczonych w niniejszej dokumentacji mogą być wprowadzone jedynie po uzyskaniu pisemnej akceptacji autorów projektu.

Ostateczne decyzje dotyczące strojenia akustyki wnętrza, strojenia systemów elektroakustycznych, programowania systemów należą do projektanta. Inwestor i/lub Wykonawca są odpowiedzialni za zapewnienie udziału projektanta w pracach związanych z akustycznymi pomiarami kontrolnymi, strojeniem i odbiorem projektowanych rozwiązań.

3. Zagadnienia ogólne

Tab. 3.1 Zestawienie symboli użytych w dokumentacji

Oznaczenie:	Opis:
AFB01	Eliminator sprzężeń akustycznych
ANTxx	Antena systemu mikrofonów bezprzewodowych
EXxx	Ekspander audio
IRxx	Odbiornik podczerwieni
KS01	Krosownica
LAxx	Linia foniczna analogowa
LCxx	Linia foniczna cyfrowa
LGxx	Linia głośnikowa
LRFxx	Linia w.cz.
LSxx	Linia sterująca
PHAxx	Przylącze sygnałowe - symetryzator stereofoniczny
PHxx	Przylącze sygnałowe
PLxx	Odtwarzacz
PWxx	Wielozadaniowy procesor foniczny
RCxx	Sterownik
RG01	Regulator głośności
RHD01	Odbiornik HDMI
RRFxx	splitter antenowy
SHxx	Hub szyny sterowania
STPLxx	Szafa techniczna typu flight-case
STxx	Szafa techniczna
SWxx	Przełącznik sieci Ethernet
THD01	Transmitter HDMI
UGL	Urządzenie głośnikowe szerokopasmowe lewe
UGM	Urządzenie głośnikowe - odsłuch monitorowy

UGR	Urządzenie głośnikowe szerokopasmowe prawe
UGSL	Urządzenie głośnikowe niskotonowe lewe
UGSR	Urządzenie głośnikowe niskotonowe prawe
UGSU01	Urządzenie głośnikowe natynkowe
UGxx	Urządzenie głośnikowe tubowe
WMxx	Wzmacniacz mocy
WP01	Projektor wideo
WRFxx	Wzmacniacz w.cz.
ZBxx	Odbiornik bezprzewodowego systemu mikrofonowego
ZRRFxx	Zasilacz splitera antenowego
ZWxx	Złącze wielostykowe
EXxx	Ekspander audio
PHAxx	Przylącze sygnałowe - symetryzator stereofoniczny
PHxx	Przylącze sygnałowe
PLxx	Odtwarzacz
PWxx	Wielozadaniowy procesor foniczny
RCxx	Sterownik
RRFxx	Splitter antenowy
SHxx	Hub szyny sterowania
SWxx	Przełącznik sieci Ethernet
WMxx	Wzmacniacz mocy
WRFxx	Wzmacniacz w.cz.
ZBxx	Odbiornik bezprzewodowego systemu mikrofonowego

4. Adaptacja akustyczna

W niniejszym rozdziale przedstawione zostaną rozwiązania – wytyczne, jakie zostały przekazane i wypracowane przy współpracy z biurem architektonicznym ABK projekt. Dokumentacja wykonana przez Pracownię Akustyczną nie zawiera, elementów, które są składnikiem dokumentacji architektonicznej:

- szczegółowych rysunków przedstawiających montaż adaptacji akustycznej,
- wyceny realizacji adaptacji akustycznej.

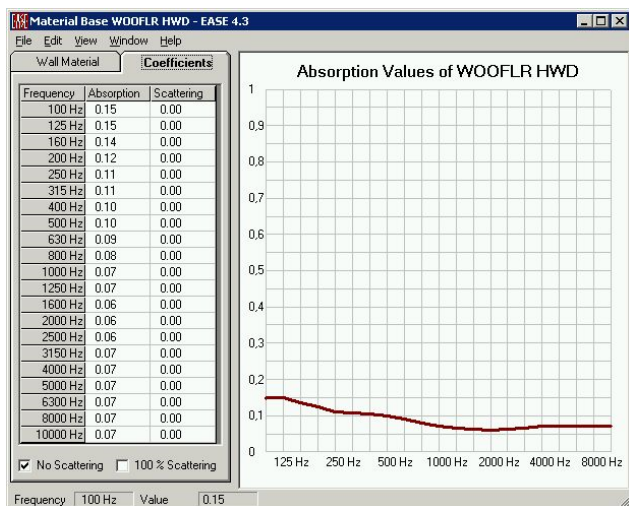
W niniejszym rozdziale przedstawione będą oczekiwane wyniki i korzyści wynikające z zastosowanej adaptacji akustycznej.

W wyniku przeprowadzonego bilansu chłonności w odniesieniu do uzyskanych korzyści vs. procentowy wzrost kosztu adaptacji akustycznej, otrzymano informację, gdzie należy umieścić adaptację.

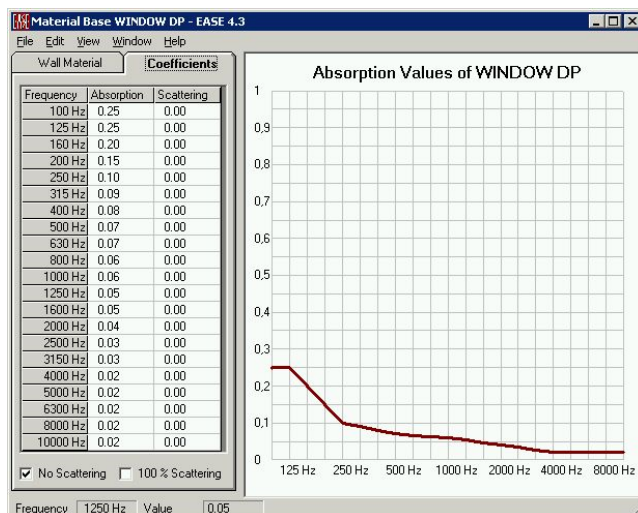
Rozmieszczenie adaptacji akustycznej przedstawiono na rys AP01. Chcąc zminimalizować możliwość uszkodzeń mechanicznych na jakie może być narażona adaptacja, zdecydowano się ją zastosować od wysokości 2,95 m. Poniżej wysokości 2,95 m jako wykończenie ścian użyta będzie cegła klinkierowa, która z punktu widzenia komfortu akustycznego nie jest korzystna, ale konieczna ze względów mechanicznych. W wyniku kompromisu otrzymano głębokość adaptacji na ścianach taką samą jak głębokość wykończenia z cegły klinkierowej, dzięki czemu powierzchnie te licują się ze sobą.

4.1. Bilans chłonności – czas pogłosu

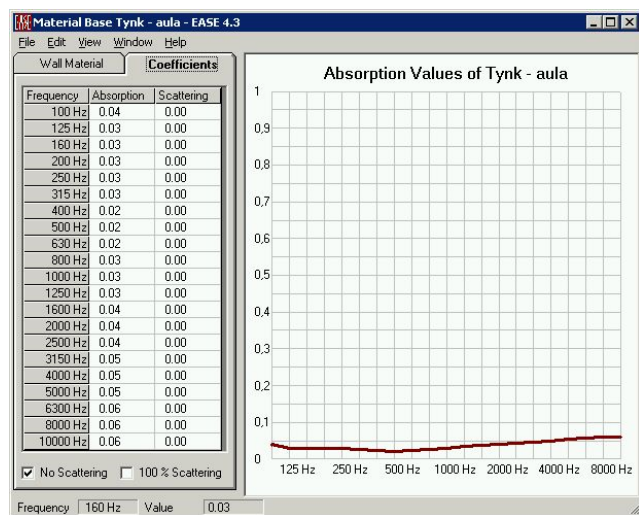
Po konsultacji z biurem architektonicznym ustalono, z jakich materiałów wykonane będą powierzchnie w sali, ich współczynniki pochłaniania przedstawiono na rysunkach od Rys. 4-1 do Rys. 4-8.



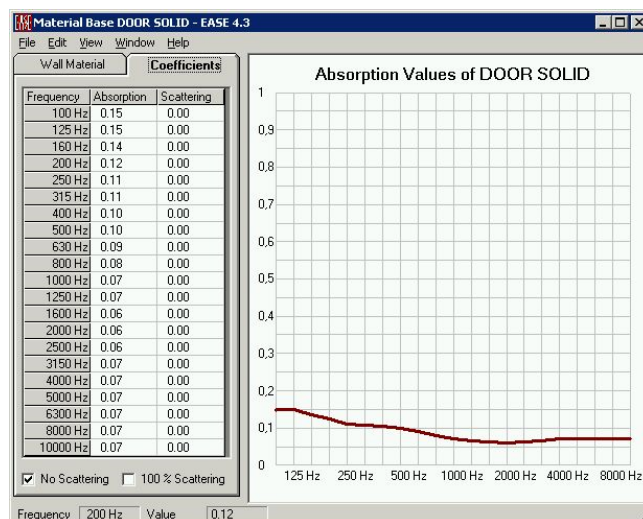
Rys. 4-1 Współczynnik pochłaniania elementów drewnianych – dźwigarów



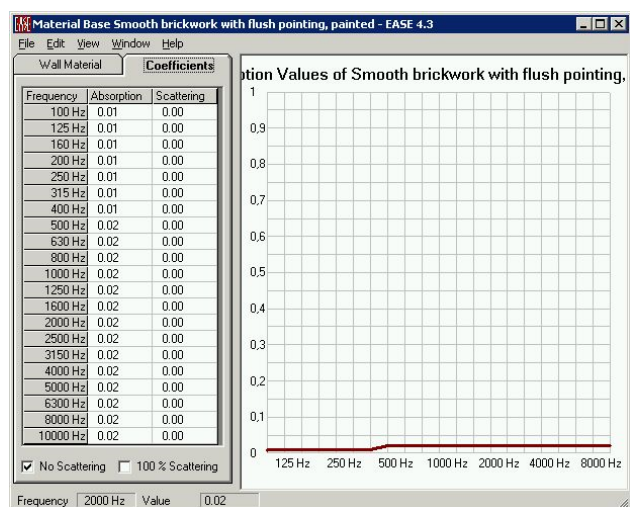
Rys. 4-2 Współczynnik pochłaniania okien



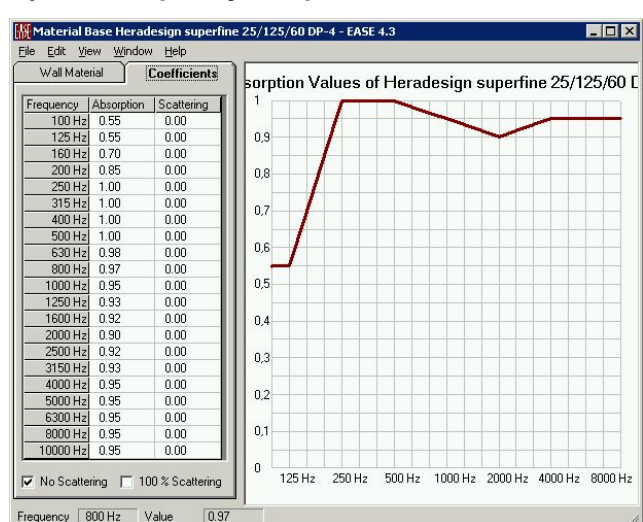
Rys. 4-3 Współczynnik pochłaniania tynku



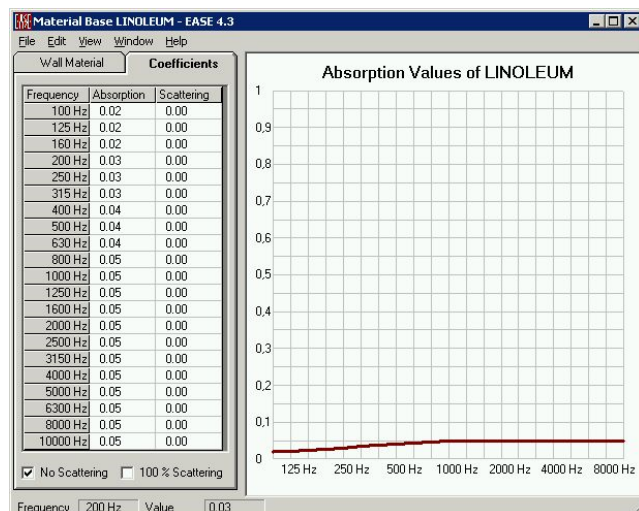
Rys. 4-6 Współczynnik pochłaniania drzwi



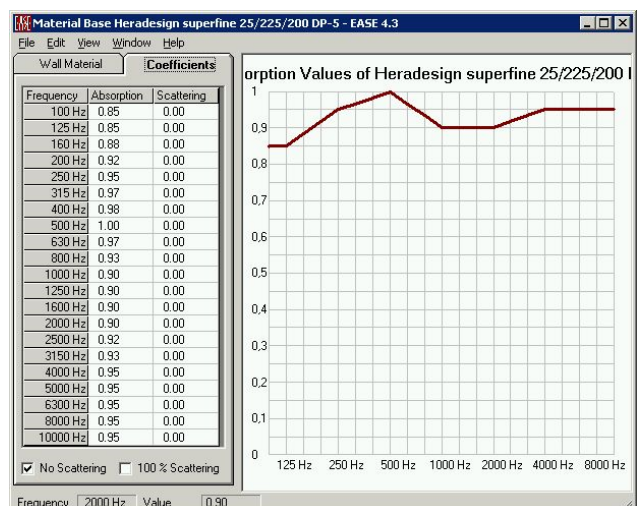
Rys. 4-4 Współczynnik pochłaniania cegły klinkierowej



Rys. 4-7 Współczynnik pochłaniania adaptacji akustycznej zastosowanej na ścianach



Rys. 4-5 Współczynnik pochłaniania podłogi



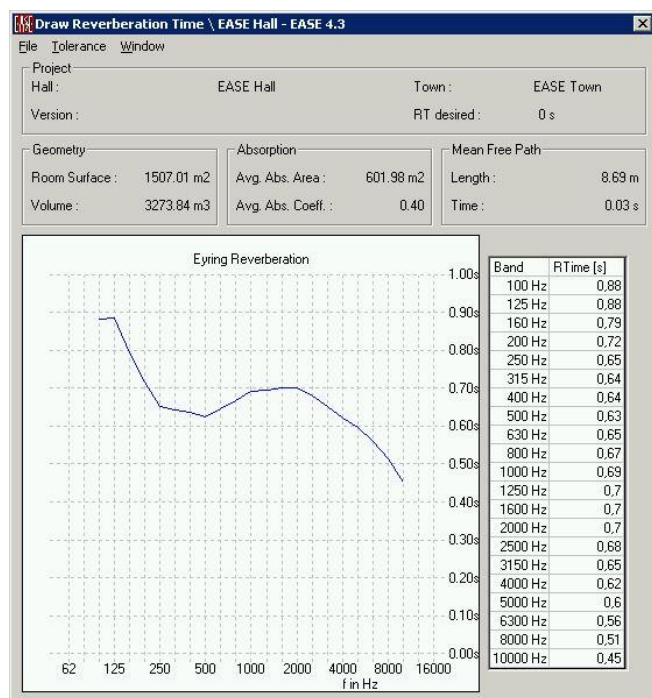
Rys. 4-8 Współczynnik pochłaniania adaptacji akustycznej zastosowanej na suficie

4. Adaptacja akustyczna

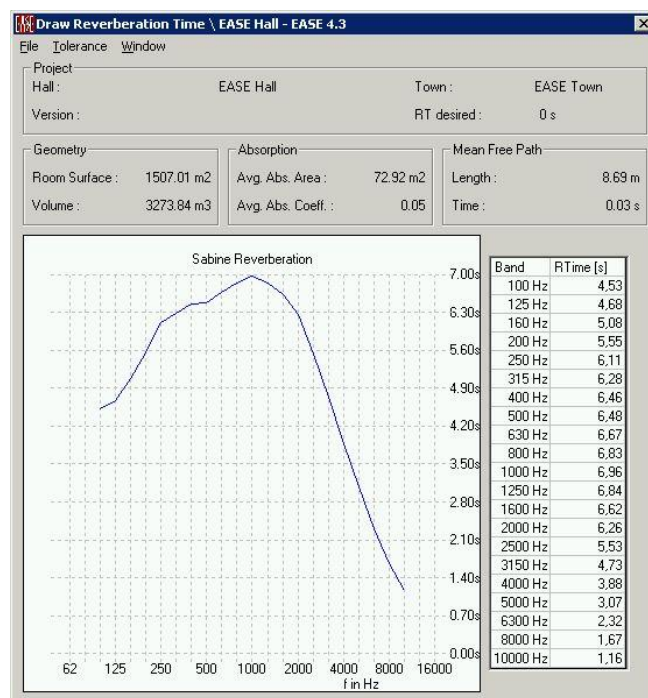
Na rysunkach Rys. 4-9 i Rys. 4-10 przedstawiono wyniki obliczeń czasu pogłosu dla sali sportowej zaadaptowanej i niezaadaptowanej akustycznie.

Na potrzeby bilansu chłonności dla sali niezaadaptowanej, założono:

1. Wykończenie sufitu drewnem o współczynniku pochłaniania przedstawionym na Rys. 4-2, zamiast adaptacją o współczynniku pochłaniania przedstawionym na Rys. 4-8.
2. Wykończenie ścian tynkiem również w tych miejscach, gdzie dla sali zaadaptowanej zastosowano adaptację o współczynniku pochłaniania przedstawionym na Rys. 4-7.



Rys. 4-9 Czas pogłosu dla sali zaadaptowanej



Rys. 4-10 Czas pogłosu dla sali niezaadaptowanej

Do obliczeń czasu pogłosu w przypadku sali bez adaptacji akustycznej wykorzystano wzory Sabina, ponieważ średni współczynnik pochłaniania wynosi 0,05 (nie przekracza 0,2). Do obliczeń zaadaptowanej sali wykorzystano wzory Eyringa, ponieważ średni współczynnik wynosi 0,4.

$$RT = \frac{0,161 \cdot V}{A}, \text{ wzór Sabina}$$

$$RT = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha)}, \text{ wzór Eyringa}$$

gdzie:

RT – czas pogłosu,

V – objętość pomieszczenia [m^3],

S – powierzchnia płaszczyzn pomieszczenia,

A – chłonność akustyczna pomieszczenia,

α – średni współczynnik pochłaniania,

Średni czas pogłosu w pasmach oktaowych 500, 1k, 2k Hz:

- dla sali niezaadaptowanej wynosi: 6,5 s
- dla sali z adaptacją akustyczną wynosi: 0,67 s

Na podstawie wzoru $RN = 10 \log \frac{RT_w}{RT_a} = 10 \log \frac{6,5}{0,67} \approx 10 \text{ dB}$, gdzie

RN – redukcja hałasu wynikająca z zastosowanej adaptacji akustycznej

RT_w - czas pogłosu w pomieszczeniu bez adaptacji akustycznej,

RT_a – czas pogłosu w pomieszczeniu z adaptacją akustyczną.

Na podstawie powyższych obliczeń można spodziewać się, że w wyniku zastosowania adaptacji akustycznej redukcja hałasu w zakresie częstotliwości środkowych wyniesie nawet ok. 10 dB, co subiektywnie odpowiada wrażeniu 2-krotnego zmniejszenia głośności.

Dalsze korzyści wynikające z zastosowanej adaptacji akustycznej przedstawiono w rozdziale 7.3.3 oraz 7.4.

5. System elektroakustyczny sali sportowej

W przypadku systemu elektroakustycznego obsługującego salę sportową przewiduje się rozwiązania opisane poniżej w tym rozdziale.

5.1. Opis techniczny

Schematy połączeń obejmujących system elektroakustyczny dla sali sportowej przedstawiono na rysunku E01.

Lokalizację przyłączy oraz rozmieszczenie urządzeń systemu elektroakustycznego przedstawiono na rysunku EP01.

Zestawienie przyłączy sygnałowych zawierające ilości i rodzaje złączy przedstawiono w tabeli na rysunku ES01. Widoki szaf sprzętowych oraz przyłączy sygnałowych przedstawiono na rysunku ES01.

Niniejsze opracowanie dotyczy następujących bloków systemu elektroakustycznego sali sportowej:

1. Przyłącza sygnałowe i okablowanie.
2. Mikrofony i akcesoria w tym bezprzewodowe zestawy mikrofonowe.
3. Odtwarzacze audio-wideo.
4. Foniczny procesor wielozadaniowy wraz z eliminatorem sprzężeń akustycznych.
5. Wzmacniacze mocy.
6. Urządzenia głośnikowe.

5.1.1. Przyłącza sygnałowe

Zaprojektowano następujące przyłącza sygnałowe przedstawione na rysunku ES01:

1. PH01 w pokoju nauczyciela wychowania fizycznego.
2. PH02 na słupie przy wejściu do sali.
3. PH03 na słupie w okolicy osi sali, przy oknie.

Każde z przyłączy PH01 – PH03 umożliwia podłączenie

1. Przenośnej szafy STPL01 poprzez złącze wielostykowe (sygnały foniczne, sterujące i zasilanie).
2. Mikrofonu przewodowego (analogowe, symetryczne wejście foniczne).
3. Urządzeń korzystających z sieci Ethernet.
4. Innego źródła dźwięku, np. odtwarzacz mp3, notebook poprzez złącza 2 × RCA (cinch) lub TRS 3,5 mm (mały jack).
5. Urządzeń zasilanych napięciem sieciowym 230 V.

5.1.2. Wyposażenie stanowiska komentatora – skrzynia mobilna

Widok szafy STPL01 przedstawiono na rysunku ES01

Przenośna szafa sprzętowa STPL01 typu *flight case* zawiera:

1. Sterownik nagłośnienia RC01.
2. Przyłącze dla dwóch mikrofonów kablowych.
3. Przyłącze dla źródła fonicznego, np. notebooka, lub odtwarzacza mp3, używane zamiennie z drugim odtwarzaczem podwójnego odtwarzacza PL01.
4. Podwójny odtwarzacz kart flash (CF/SD/USB *stick*) PL01.
5. Odtwarzacz DVD PL02.
6. Ekspander audio – interfejs audio.
7. Szufladę np. na mikrofony przewodowe i bezprzewodowe, zapasowe baterie itd.
8. Kabel zakończony złączem wielostykowym ZW wyprowadzony z wnętrza szafy za pomocą dławika kablowego. Użyte kable różnego typu LS, LC, itd. powinny zostać umieszczone w jednej, wspólnej otulinie (oplocie), co w połączeniu ze złączem ZW da użytkownikowi prostotę i wygodę użytkowania.

Sterownik systemu nagłośnienia RC01 będzie umieszczony w skrzyni STPL01 w otwieranej górnej części.

Szafę można podłączyć do dowolnego przyłącza PHxx. Wybór przyłącza, do którego chcemy podłączyć STPL01 realizowany będzie poprzez krosownice sygnałową KS01.

Na tylnym panelu szafy STPL01 umieszczono przyłącze w postaci dwóch złączy XLR przeznaczonych do podłączania mikrofonów kablowych (MIK 1, MIK 2) oraz dwóch złączy RCA przeznaczonych do podłączania źródła fonicznego niesymetrycznego np. notebooka (AUDIO L, AUDIO P).

5.1.3. Bezprzewodowy system mikrofonowy

W skład fonicznych systemów bezprzewodowych (schemat na rys. E01) wchodzi odbiorniki bezprzewodowe ZB01, ZB02, anteny ANT01, ANT02, wzmacniacze WRF01, WRF02, rozdzielacza

(splitter) antenowy RRF01 wraz z zasilaczem ZRRF01. Ponadto bezprzewodowe zestawy mikrofonowe obejmują 2 nadajniki z mikrofonami do ręki używane zamiennie z 2 kompletami mikrofonów nagłównych i miniaturowych nadajników typu *beltpack*.

Zastosowano urządzenia o następujących cechach:

- praca w paśmie UHF,
- zasilanie nadajników bateriami klasy AA lub AAA,
- technologia *true diversity*,
- możliwość synchronizacji ustawień nadajnika z odbiornikiem poprzez np. port podczerwieni.

5.1.4. Przetwarzanie i przełączanie sygnałów fonicznych

Foniczny procesor PW01 zostanie zlokalizowanych w szafie technicznej ST01. Procesor zostanie wyposażony w dwa zewnętrzne interfejsy. Pierwszy z nich EX01 to przetwornik analogowo cyfrowy wyposażony w 8 wejść mikrofonowo liniowych, umieszczony w przenośnej szafie STPL01. Drugi natomiast to hub sygnałów sterujących o oznaczeniu projektowym SH01. Całość obróbki sygnału oraz jego odpowiednie przygotowanie, między innymi poprzez zastosowanie odpowiednich ustawień dla urządzeń głośnikowych, zostanie wykonana w procesorze PW01. Wyjścia analogowe z procesora PW01 zostaną połączone z wejściami wzmacniaczy mocy WMxx oraz z przyłączami PH02, PH03, do których może być podłączone urządzenie głośnikowe, odsłuchowe UGM.

Do procesora PW podłączone będą również urządzenia umożliwiające użytkownikowi zarządzanie systemem nagłośnienia, są to sterownik RC01 oraz pilot zdalnego sterowania.

Procesor wielozadaniowy umożliwia zapisanie różnych ustawień w postaci scen, których ustawienia zostaną zoptymalizowane pod różne konfiguracje i zadania systemu wyznaczonych przez użytkownika.

W torach fonicznych mikrofonów bezprzewodowych przewidziano zastosowanie eliminatorów sprzężeń akustycznych, niezależnych dla każdego toru.

Procesor PW posiada możliwość podłączenia do 1 urządzenia typu interfejs audio (EX01), aby zapewnić użytkownikowi możliwość podłączania szafy mobilnej do każdego z przyłączy PHxx, zdecydowano się użyć krosownicy KS01. Za pomocą tej krosownicy użytkownik decydował będzie, do którego przyłącza PHxx będzie mógł podłączyć STPL01. Krosownica została przedstawiona na rys ES01. Użytkownik dysponując 2 łączówkami zakończonymi złączami RJ-45 połączy gniazdo OUT A z wybranym złączem PH01 A lub PH02 A lub PH03 A, analogiczne połączenie należy wykonać z gniazdem OUT S i złączami PH01 S – PH03 S.

5.1.5. Nagłośnienie instalacyjne sali sportowej

Zaprojektowano pasywny system nagłaśniania sali sportowej działający w trybie monofonicznym. Zastosowano technologię 100V przesyłu sygnałów głośnikowych. Urządzenia głośnikowe podłączone są do wzmacniaczy WM01 – WM02. W pokoju nauczyciela W-F przewidziano urządzenie głośnikowe UGSU01 umożliwiające odsłuch materiału dźwiękowego emitowanego w sali sportowej, dodatkowo przewidziano regulator głośności RG01.

Nagłośnienie instalacyjne może być wykorzystywane przede wszystkim w następujących sytuacjach:

- regularne zajęcia W-F, inne zajęcia sportowe (fitness) prowadzone przy podkładzie dźwiękowym, dodatkowo polecenia prowadzącego zajęcia przy wykorzystaniu mikrofonu nagłownego.
- apele, spotkania, prowadzone przy wykorzystaniu mikrofonów do ręki przewodowych lub bezprzewodowych.
- wydarzenia sportowe, prowadzone z wykorzystaniem mikrofonów dla komentatora.

- inne sytuacje, w których muzyka pełni rolę drugorzędną, a najważniejsza jest odpowiednia zrozumiałość mowy.

5.1.6. Nagłośnienie mobilne

Schemat przedstawiono na rys. E01.

System nagłośnienia instalacyjnego ma przede wszystkim zapewnić odpowiednią zrozumiałość mowy. System ten ma ograniczone pasmo przenoszenia (znaczne ograniczenie w reprodukcji tonów niskich – basu oraz tonów wysokich). Co nie pozostaje bez wpływu na brzmienie materiału muzycznego odtwarzanego przez ten system. Dlatego na potrzeby wydarzeń, podczas których wymaga się wysokiej jakości odtwarzania muzyki przewidziano system mobilny przystosowany do reprodukcji dźwięku w znacznie szerszym zakresie częstotliwości. Ze względu, że wydarzenia takie będą okazjonalne, przewidziano, że system będzie przynoszony i instalowany doraźnie na potrzeby każdego wydarzenia, takiego jak:

- dyskoteka, bal karnawałowy, sylwestrowy,
- przedstawienia szkolne.

Źródłem sygnału fonicznego pozostają, opisane w poprzednich rozdziałach, mikrofony (przewodowe lub bezprzewodowe) i odtwarzacze (zainstalowane w STPL01) lub dodatkowe zewnętrzne źródła typu notebook czy odtwarzacz mp3. Za pośrednictwem procesora PW odpowiednio przygotowane sygnały foniczne wysłane są do wzmacniaczy mocy WM03, WM04 znajdujących się w szafie ST01. Wzmacniacze pracują w systemie niskiimpedancyjnym (8Ω). Sygnały głośnikowe doprowadzone będą do przyłączy PH02, PH03. Urządzenia głośnikowe UGL, UGLS, UGR, UGRS użytkownik powinien podłączać kompletami do danego przyłącza tzn., nie można części urządzeń podłączać do PH02, a pozostałych do PH03.

Przewidziano szerokopasmowe urządzenia głośnikowe UGL, UGR wyposażone w odpowiednie uchwyty, będą ustawiane na statywach głośnikowych. Dodatkowo w celu poszerzenia i uwydatnienia zakresu tonów niskich przewidziano *subwoofery* UGLS, UGRS. Przewidziano takie prowadzenie sygnałów głośnikowych, że w razie potrzeby można użyć tylko UGL i UGS bez konieczności podłączania *subwooferów* (wyposażonych w kółka transportowe).

Montaż i podłączania urządzeń będzie mógł wykonać samodzielnie użytkownik, w celu zminimalizowania błędnego podłączenia, wykonawca systemu zobowiązany jest dostarczyć urządzenia głośnikowe i okablowanie jednoznacznie oznakowane.

5.1.7. Odsłuch monitorowy

W sytuacji, kiedy używany będzie mobilny system nagłośnienia może powstać konieczność użycia odsłuchu monitorowego, np. podczas spektaklu szkolnego odsłuch bardzo przydatny będzie dla aktorów, a podczas zabawy dla prowadzącego dyskotekę. W tym celu przewidziano aktywne urządzenie głośnikowe UGM (z wbudowanym wzmacniaczem), do którego należy podłączyć zasilanie 230 V oraz sygnał foniczny z przyłącza PH02 lub PH03. Dla wygody użytkownika kabel zasilający oraz sygnałowy powinny znajdować bądź w jednej otulinie – kabel hybrydowy lub niezależne kable (zasilający, sygnałowy) wykonawca powinien umieścić w oplocie.

5.1.8. Urządzenia sterujące systemem nagłośnienia sali sportowej

Głównym zadaniem systemu sterowania będzie regulacja poziomów głośności źródeł dźwięku przewidzianych w systemie oraz regulacji głośności systemu instalacyjnego i mobilnego. Przewidziano 2 sposoby sterowania:

1. Dla „użytkownika codziennego” – zostało zamontowane 6 odbiorników podczerwieni. IR01 – IR06, których rozmieszczenie przedstawiono na rysunku EP01.

Ich zadaniem jest odbieranie sygnałów z pilota podczerwieni. Za jego pomocą będzie można sterować:

- a. Głośnością przenośnego odtwarzacza MP3 podłączanego do przyłącza PHA02, PH03.
 - b. Głośnością mikrofonów bezprzewodowych.
 - c. Głośnością mikrofonu przewodowego podłączonego bezpośrednio do przyłącza PHA02, PH03.
 - d. Przełączać zapamiętane sceny procesora wielozadaniowego.
 - e. Głośnością całkowitą instalacyjnego systemu nagłośnienia, regulacja płynna oraz wyciszanie przyciskiem (*mute*).
2. Dla komentatora prowadzącego dyskotekę, lub nauczyciela W-F-u przewidziano sterownik RC01 umieszczony w przenośnej skrzyni STPL01. Sterownik ten będzie umożliwiał regulację poziomów za pomocą potencjometrów suwakowych następujących źródeł:
 - a. Dwóch kanałów Odtwarzacza PL01.
 - b. Odtwarzacza PL02 zamiennie z odtwarzaczem podłączonym do STPL01
 - c. Dwóch mikrofonów bezprzewodowych.
 - d. Mikrofonów przewodowych podłączanych do przyłącza w skrzyni STPL01.

oraz regulację głośności instalacyjnego systemu nagłaśniania lub mobilnego systemu nagłaśniania.

Dodatkowo przy wykorzystaniu przycisków znajdujących się na sterowniku możliwe będzie przywoływanie scen, wyciszanie systemu (*mute*).

5.1.9. Inne walory użytkowe systemu

Włączanie systemu elektroakustycznego oraz zasilania w przyłączach PH01 – PH03 odbywać się będzie za pomocą włączników znajdujących się w przyłączach PHxx. Użycie włącznika znajdującego się w przyłączy PH01 włączy obwody zasilające w tym przyłączy oraz obwody w szafie ST01 co pozwoli swobodne użytkowanie systemu przy wykorzystaniu przyłącza PH01. Analogiczne działanie przewidziano dla przyłączy PH02 i PH03. W sytuacji, kiedy jednocześnie konieczne jest zasilanie więcej niż jednego przyłącza, należy w każdym z wybranych przyłączy niezależnie użyć włącznika zasilania przedstawionego na rysunku widoku szaf sprzętowych i przyłączy ES01.

Przyłącza PH02, PH03 znajdujące się na sali sportowej będą zamykane na klucz

Do wykonawcy systemu należy wykonanie odpowiedniego wykonania oznaczeń – opisów:

- w szafach ST01, STPL01,
- w przyłączach PHxx, przykładową symbolikę oznaczeń przedstawiono na rys. ES01,

- kabli ruchomych – do dyspozycji użytkownika, w szczególności kable głośnikowe mobilnego systemu nagłośnienia oraz odsłuchu monitorowego.

Wykonawca powinien zwrócić szczególną uwagę na jednoznaczne opisy narzędzi sterujących – sterownik RC01 oraz pilot podczerwieni.

Projektant przewidział linie kablowe pomiędzy przyłączami PH01 a PH02 i PH01 a PH03, a po połączeniu ze sobą złączy (oznaczonych jako PH02, PH03) w PH01 otrzymamy przełot pomiędzy PH02 a PH03.

Kabel cat. 5e jako bardzo popularne i tanie medium transmisyjne jest obecnie wykorzystywane do przesyłania różnego rodzaju sygnałów (audio, wideo, sterowanie). Przewidziane przełoty kablowe wykorzystują kabel cat5e. i mogą zostać zastosowane dla dowolnych potrzeb użytkownika, np. na potrzeby transmisji sygnału wideo, co zostało opisane w rozdziale 6.

Zastosowanie złącza wielostykowego ZW, zapewnia użytkownikowi szybkie i pewne podłączenie szafy STPL01, zastępując 4 złącza w przypadku standardowego wykonania. Stosując złącze ZW wyeliminowano możliwość błędnego podłączenia STPL01 do przyłącza PHxx.

6. Projekcja wideo

Przykładowe rozmieszczenie projektora wideo WP01 i ekranu przenośnego przedstawiono na rys EP01. Założono, że projekcja prowadzona jest przy wykorzystaniu projektora podłączonego:

- bezpośrednio do notebooka poprzez złącze HDMI, lub VGA,
- do STPL01 poprzez złącze Component wideo lub HDMI, (odtwarzacz PL02),

Te sposoby projekcji przewidują ustawienie projektora w pobliżu źródła sygnału audio-wideo. Projektor stawiany będzie na specjalnie dla tego celu przewidzianym stoliku, przystosowanym również do postawienia na nim notebooka. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby źródło sygnału było podłączone równocześnie do projektora oraz do systemu nagłośnienia.

Dla ułatwienia prowadzenia prezentacji przewidziano prezenter bezprzewodowy, który można podłączyć poprzez złącze USB do notebooka i zdalnie sterować prezentacją slajdów.

Dodatkowo w przypadku, kiedy konieczne będzie oddalenie od siebie źródła projekcji oraz projektora można wykorzystać w tym celu przełoty kablowe cat.5e pomiędzy przyłączami PHxx. W tym celu należy zastosować konwertery sygnału HDMI lub RGB umożliwiające transmisję tych sygnałów na odległości 90 m za pomocą kabla typu cat5e. Takie przykładowe połączenie przedstawiono na rys E01. konwerter – nadajnik THD01 oraz odbiornik RHD01.

7. Symulacje komputerowe

Optymalizację rozmieszczenia urządzeń głośnikowych dla sali sportowej przeprowadzano za pomocą symulacji komputerowych wykonanych programem EASE w wersji 4.3.9.75. Wyniki końcowych symulacji zamieszczono w projekcie w celu zobrazowania parametrów systemu i pokazania, że spełnione są założenia projektowe. Analizowano następujące parametry akustyczne systemu nagłaśniania:

- poziom ciśnienia akustycznego dźwięku bezpośredniego,
- poziom ciśnienia akustycznego sumy dźwięku bezpośredniego i rozproszonego,
- wskaźnik transmisji mowy STIPA dla głosu męskiego.

Wyniki symulacji przedstawione zostały w postaci rozkładów przestrzennych oraz wartości średnich i nierównomierności rozkładów.

Wszystkie symulacje przeprowadzono przy następujących ustawieniach:

- uwzględniono cieniowanie i sumowanie interferencyjne,
- Split Time = 35 ms,
- symulacje rozkładu poziomu ciśnienia akustycznego przeprowadzono przy zasilaniu urządzeń głośnikowych sygnałem o widmie szumu różowego o paśmie 100 – 10k [Hz],
- izolinie wyznaczane co 3 dB (nie dotyczy symulacji STIPA).
- symulacje rozkładu wskaźnika zrozumiałości mowy STIPA przeprowadzono przy zasilaniu urządzeń głośnikowych sygnałem o widmie mowy męskiej [11].
- uwzględniono tło akustyczne (patrz Tab. 7.1) oraz zjawisko maskowania (dotyczy symulacji STIPA),

Tab. 7.1 Wartości poziomu tła akustycznego dla obydwu sal uwzględnione w symulacjach

f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	UWAGI
Poziom tła akustycznego dla sali sportowej	80,0	75,0	72,9	70,8	68,7	69,8	71,0	72,1	74,8	77,4	80,1	Wartości wynikające z pomiaru w trakcie zajęć Wychowania Fizycznego
f [Hz]	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	4 000	5 000	6 300	8 000	10 000	-	UWAGI
Poziom tła akustycznego dla sali sportowej	78,1	76,2	74,2	70,9	67,7	64,4	59,6	54,8	50,0	50,0	-	Wartości wynikające z pomiaru w trakcie zajęć Wychowania Fizycznego

Suma poziomu ciśnienia akustycznego dźwięku bezpośredniego i rozproszonego określona była dla statystycznie wyznaczonych wartości dźwięku rozproszonego. Jako miarę nierównomierności wszystkich parametrów przyjęto pierwiastek z przeciętnego odchylenia kwadratowego. Analiz dokonywano w płaszczyznach umieszczonych na wysokości 1,6 m nad powierzchnią widowni.

Poziom tła akustycznego zmierzono podczas regularnych zajęć W-F, w sali nie posiadającej adaptacji akustycznej. Można więc założyć, że poziom tła akustycznego w analizowanej sali posiadającej adaptację akustyczną będzie nie większy. Tym samym w symulacjach przyjęto najbardziej niekorzystny przypadek – wysoki poziom hałasu.

Jako miarę zrozumiałości mowy przyjęto wskaźnik transmisji mowy STIPA.

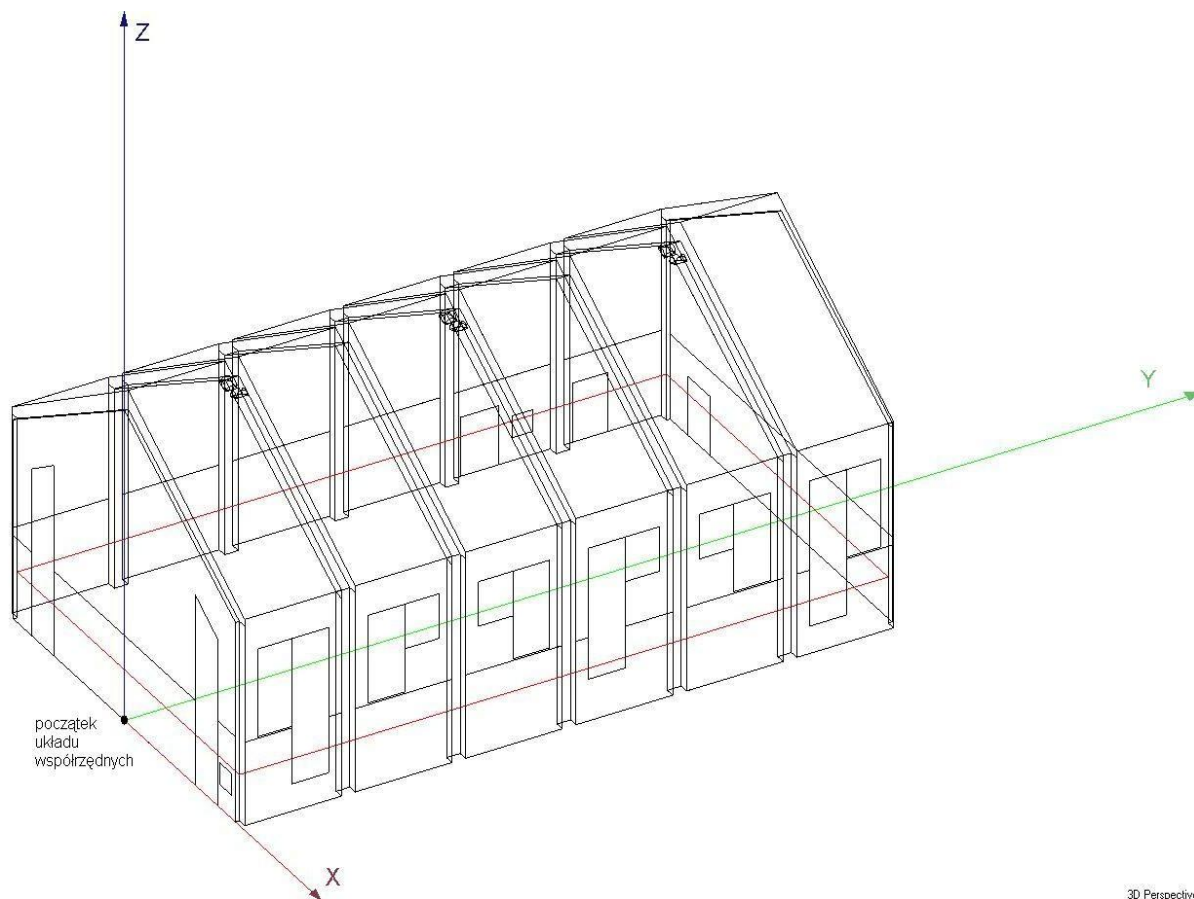
W zależności od wartości tego parametru rozróżnia się kilka klas zrozumiałości mowy [11]:

- 0,75 – 1,0 doskonała,

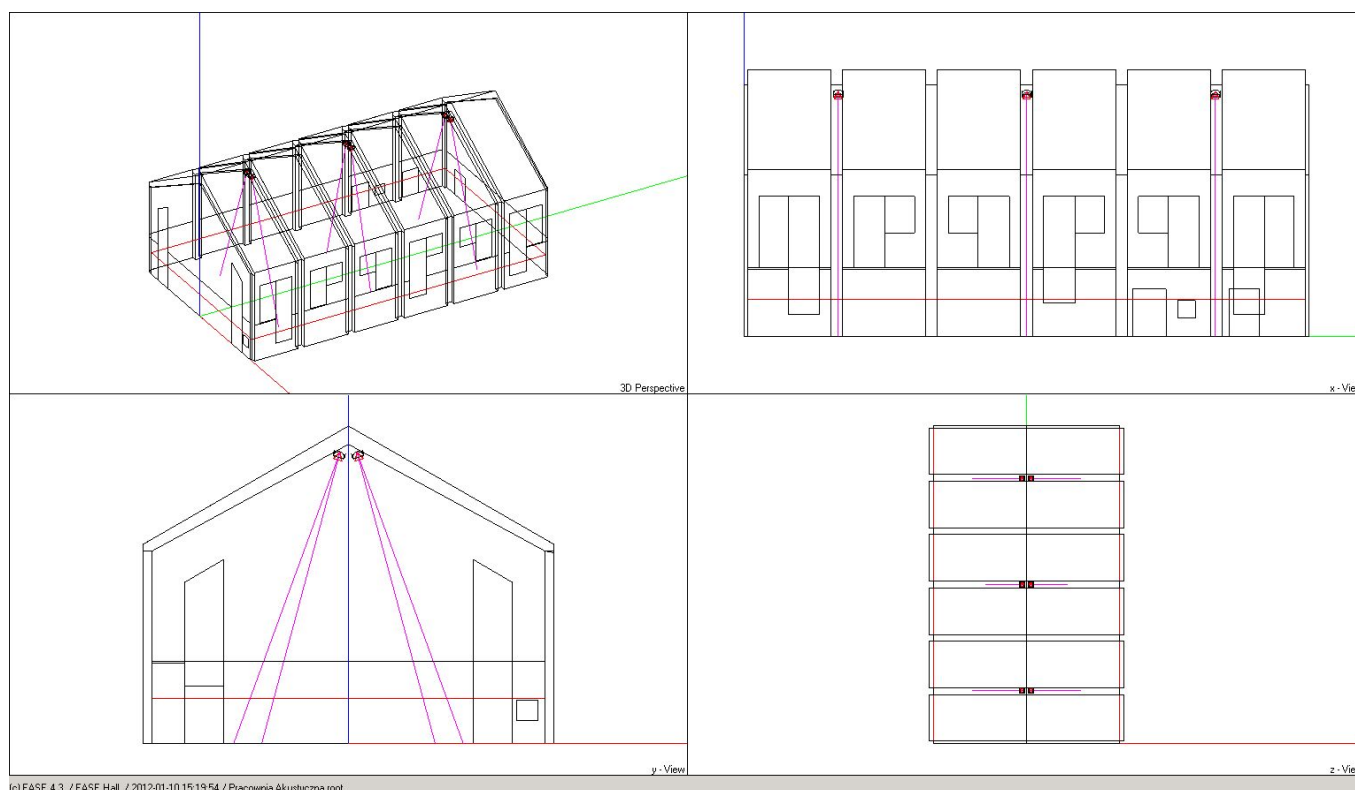
- 0,6 – 0,75 dobra,
- 0,45 – 0,6 zadowalająca,
- 0,3 – 0,45 słaba,
- 0 – 0,3 zła.

7.1. Rozmieszczenie urządzeń głośnikowych

Na Rys. 7-1 przedstawiono model sali sportowej z rozmieszczonymi urządzeniami głośnikowymi.



Rys. 7-1 Model sali sportowej.



Rys. 7-2 Model sali sportowej w rzutach i widok aksonometryczny.

Poniżej przedstawiono tabelę zawierającą zestawienie urządzeń głośnikowych oraz ich konfigurację i lokalizację.

Tab. 7.2 Rozmieszczenia i konfiguracja urządzeń głośnikowych dla sali sportowej

Lp.	Oznaczenie	x [m]	y [m]	z [m]	Hor [°]	Ver [°]	Poziom w stosunku do mocy znamionowej urządzenia [dB]	UWAGI
1.	UG01	-0,3	20,10	10,50	-90	-20	0	Montaż do dźwigara, pod kalenicą
2.	UG02	0,3	20,10	10,50	90	-20	0	Montaż do dźwigara, pod kalenicą
3.	UG03	-0,3	12,05	10,50	-90	-25	0	Montaż do dźwigara, pod kalenicą
4.	UG04	0,3	12,05	10,50	90	-25	0	Montaż do dźwigara, pod kalenicą
5.	UG05	-0,3	4,00	10,50	-90	-20	0	Montaż do dźwigara, pod kalenicą
6.	UG06	0,3	4,00	10,50	90	-20	0	Montaż do dźwigara, pod kalenicą

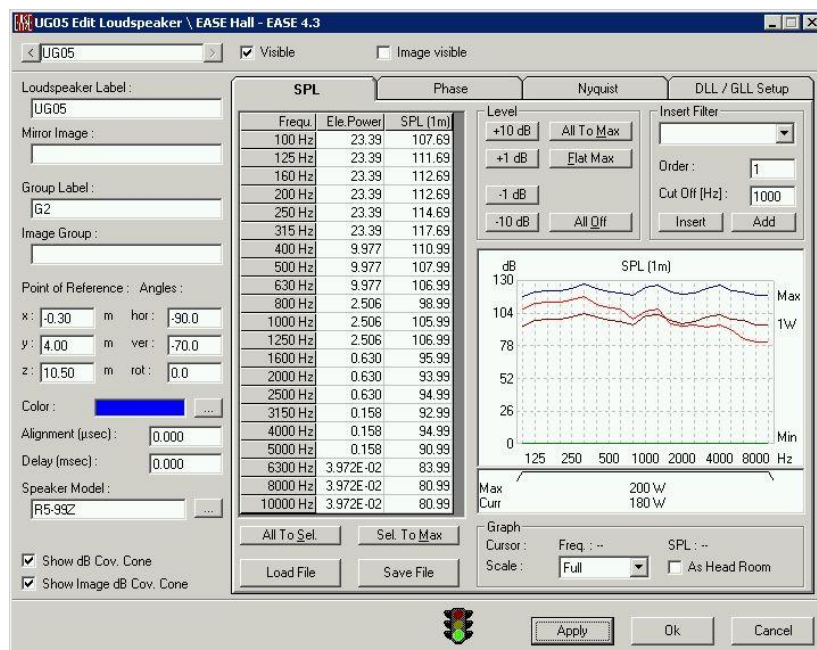
Odległości podano względem początku układu współrzędnych pokazanym na Rys. 7-1

7.2. Szczegóły parametrów symulacji – sygnały testowe

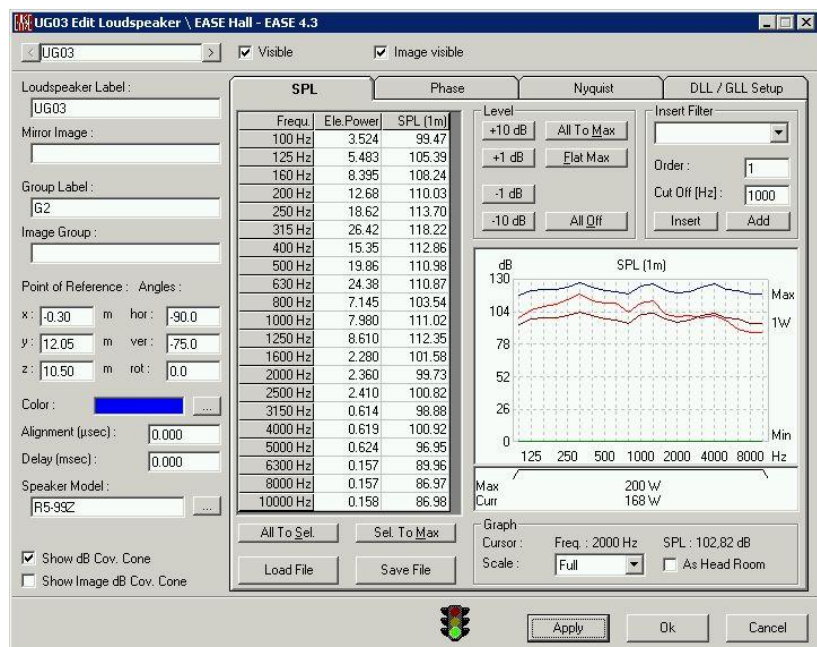
W symulacjach dotyczących obliczeń zrozumiałości mowy zastosowano sygnał testowy o widmie głosu męskiego zasilający urządzenia głośnikowe UG01 – UG06.

Tab. 7.3 Poziomy w pasmach oktaowych odniesione do długoczasowego poziomu mowy.

Pasma oktaowe [Hz]	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Poprawka na głos męski (dB)	2,9	2,9	-0,8	-6,8	-12,8	-18,8	-24,8

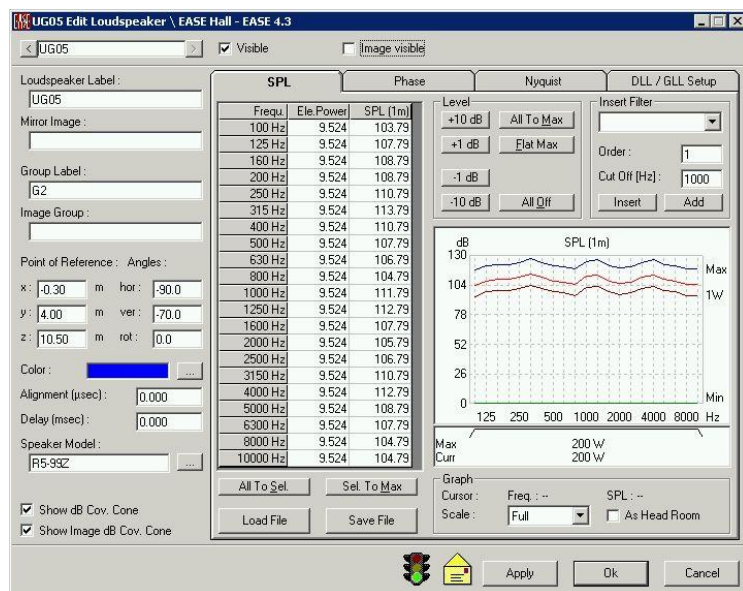


Rys. 7-3 Widmo głosu męskiego dla przykładowego urządzenia głośnikowego bez korekcji

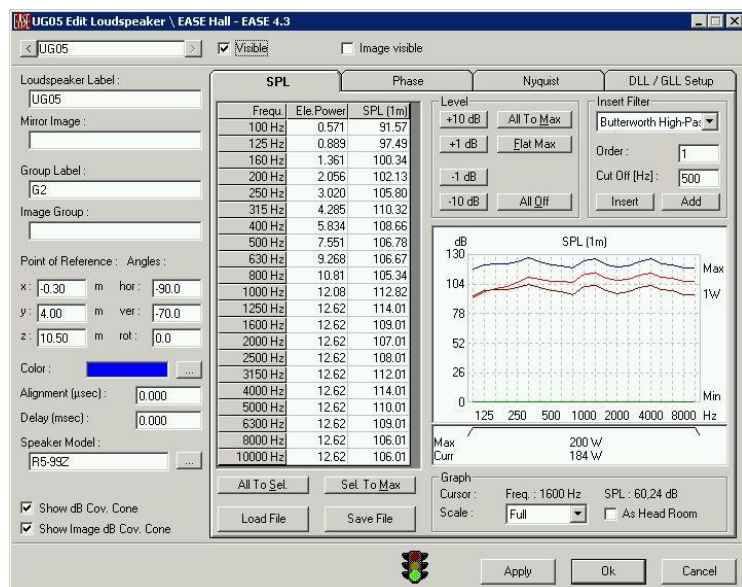


Rys. 7-4 Widmo głosu męskiego dla przykładowego urządzenia głośnikowego + filtr górnoprzepustowy 500 Hz, I rzędu.

Dla symulacji dotyczących obliczeń poziomu ciśnienia akustycznego jako sygnał zasilający urządzenia głośnikowe wykorzystano szum różowy.



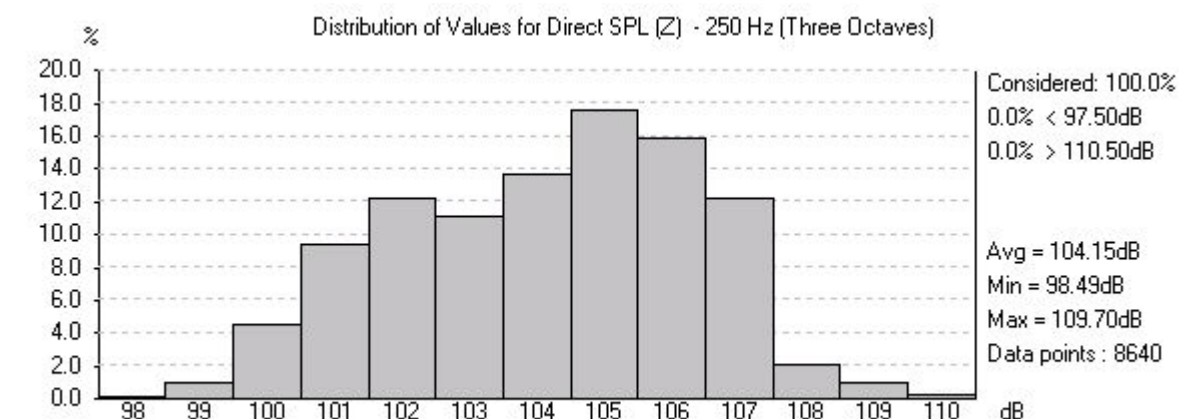
Rys. 7-5 Widmo szumu dla przykładowego urządzenia głośnikowego



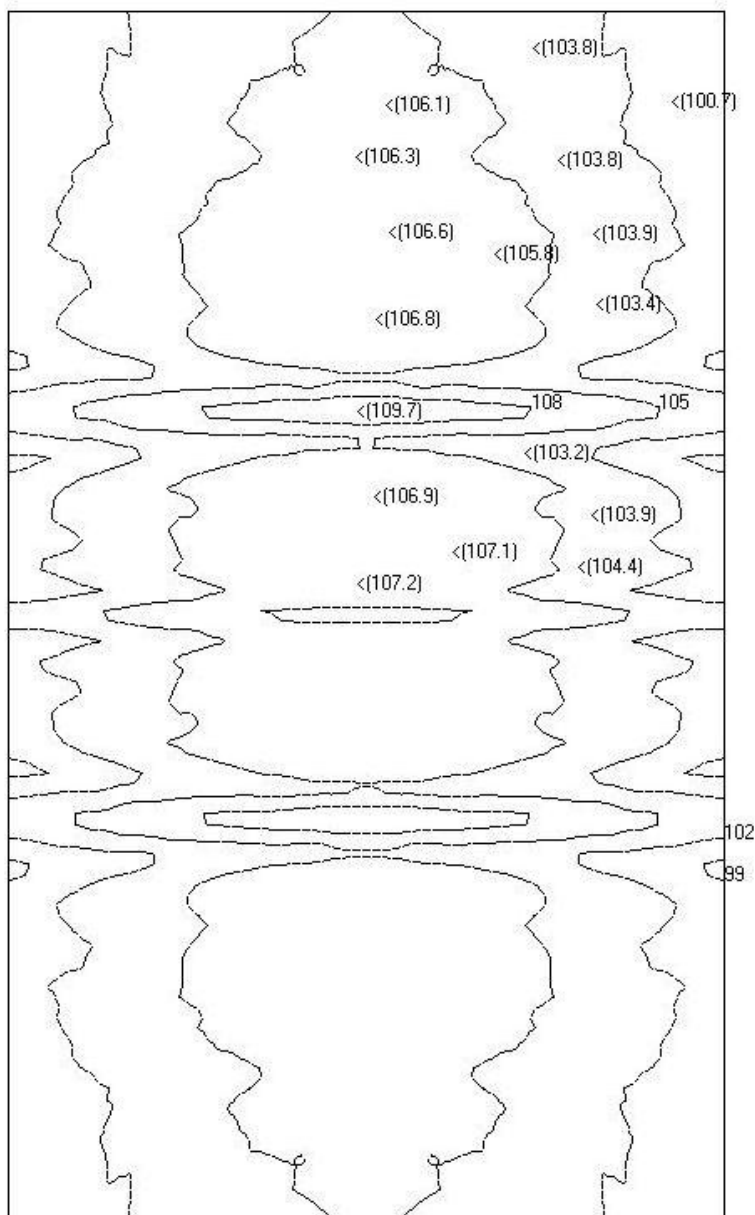
Rys. 7-6 Widmo szumu dla przykładowego urządzenia głośnikowego + filtr górnoprzepustowy 500 Hz I rzędu.

7.3. Wyniki symulacji – rozkłady

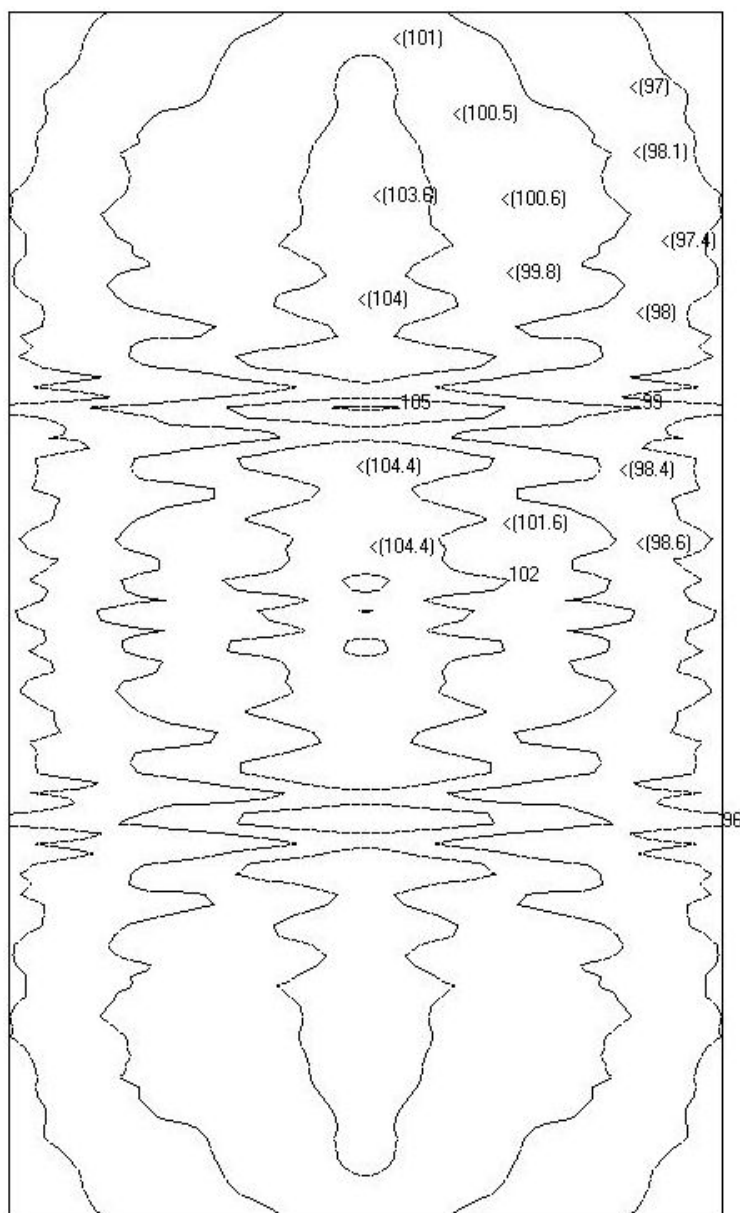
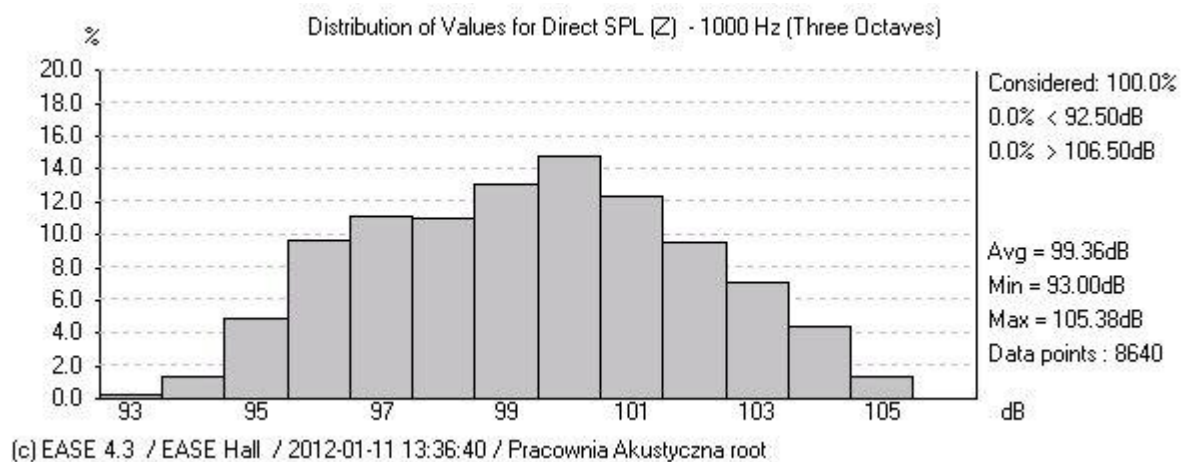
7.3.1. Bez korekcji sygnału



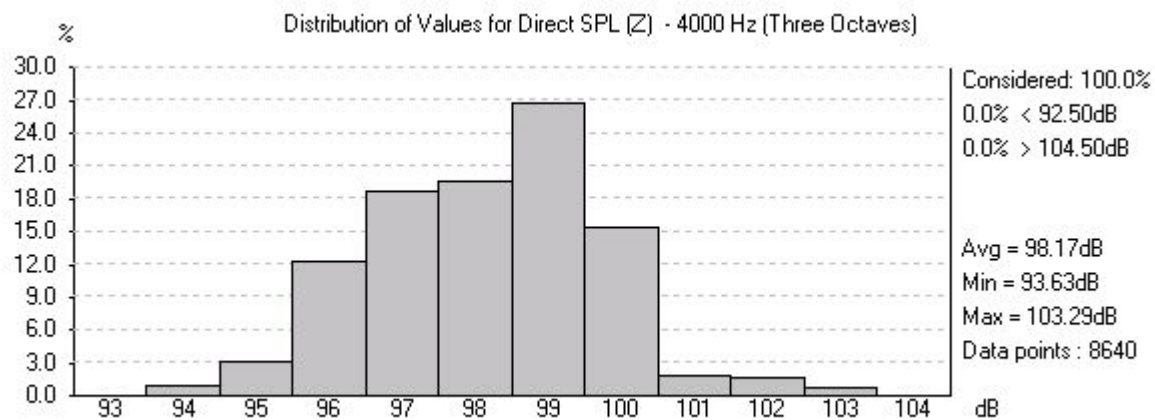
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 13:33:52 / Pracownia Akustyczna root



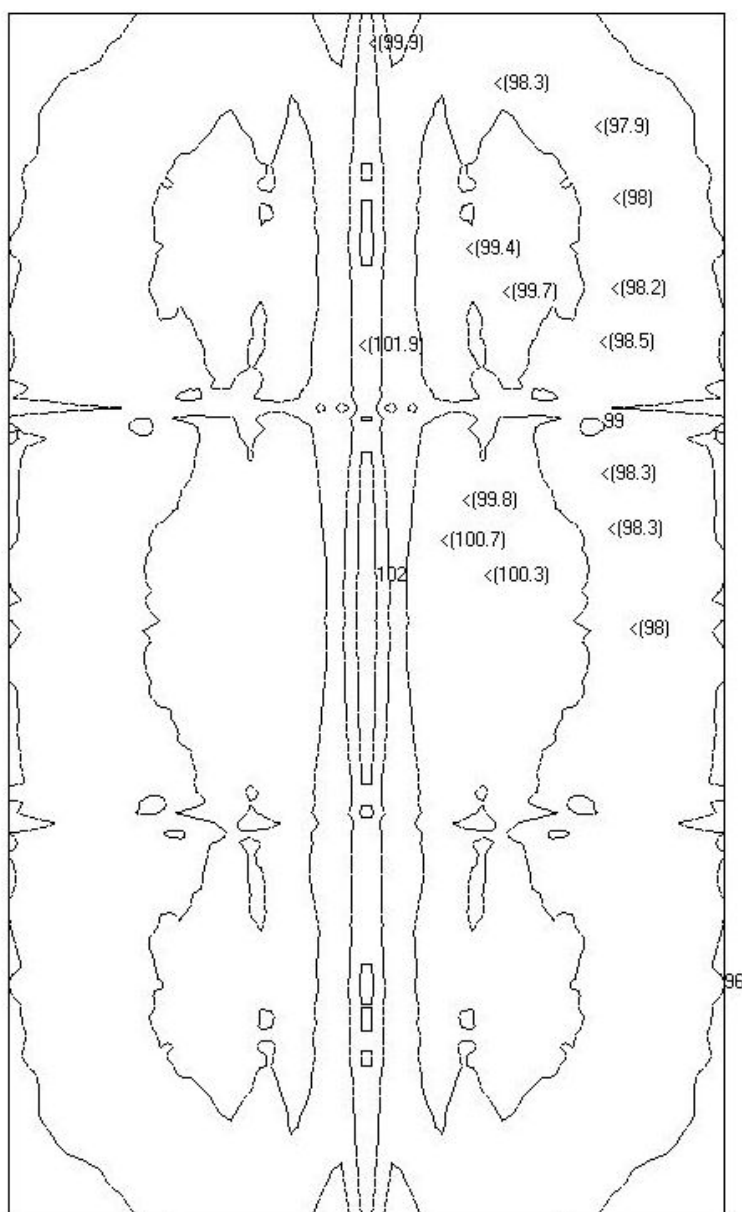
Rys. 7-7 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktavach 125, 250, 500 [Hz].



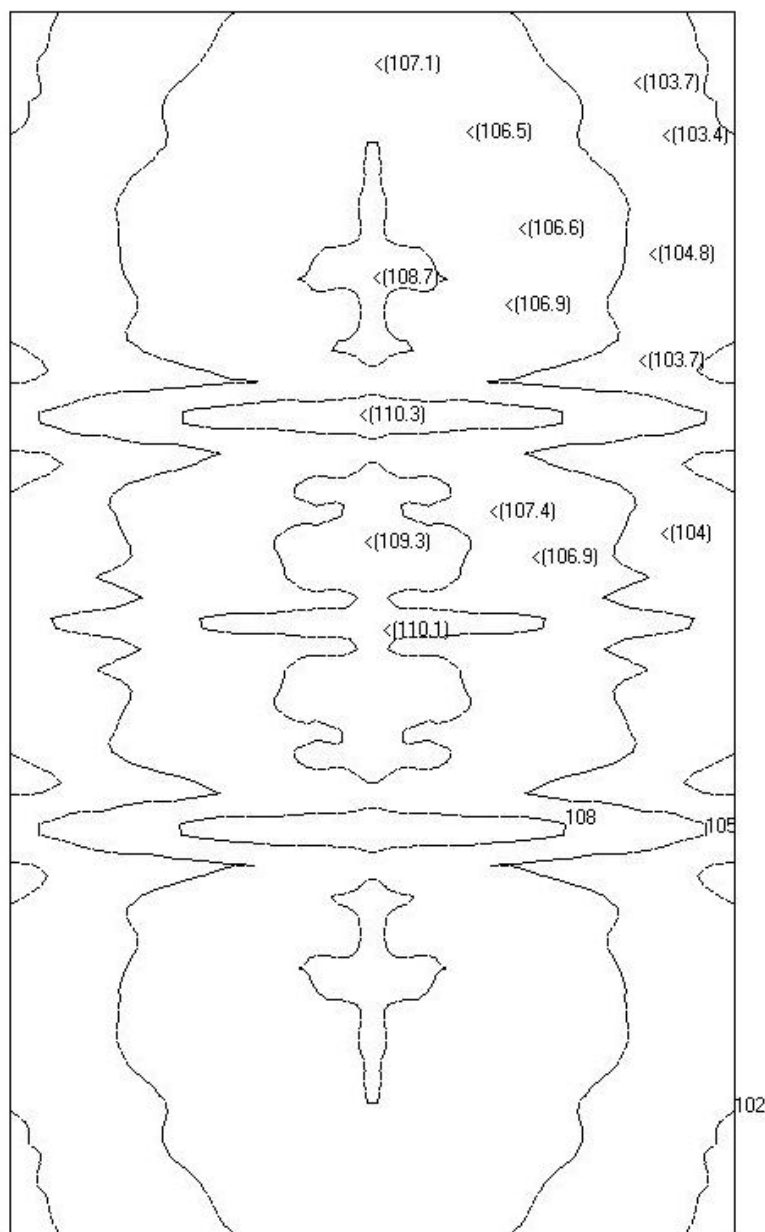
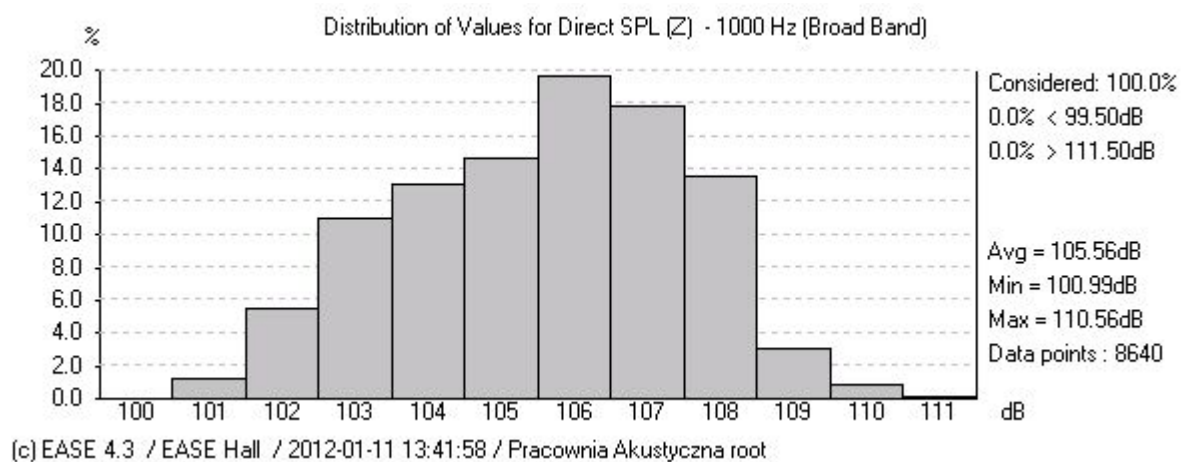
Rys. 7-8 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktavach 500, 1k, 2k [Hz].



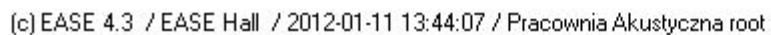
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 13:38:16 / Pracownia Akustyczna root

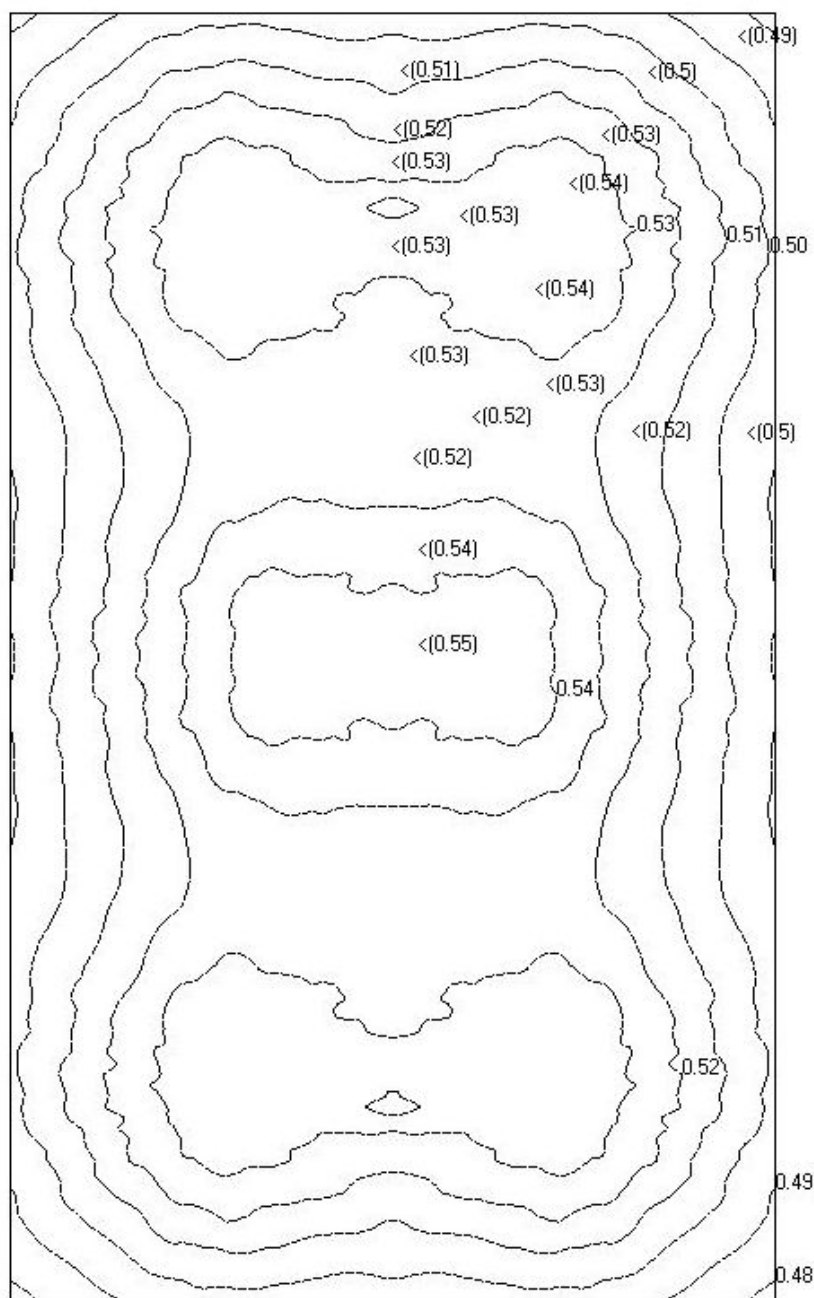
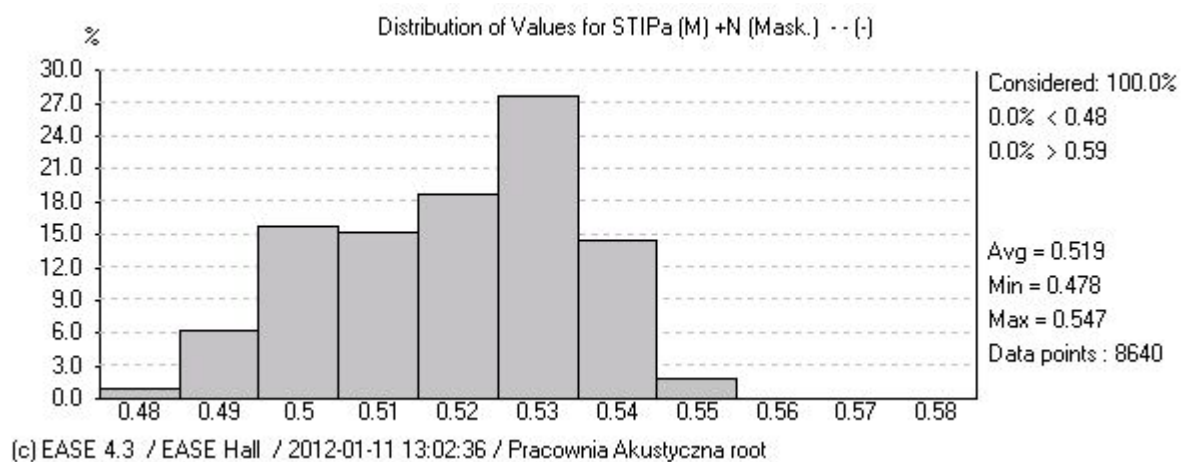


Rys. 7-9 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktawach 2k, 4k, 8k [Hz].



Rys. 7-10 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w zakresie częstotliwości 100 – 10k [Hz].

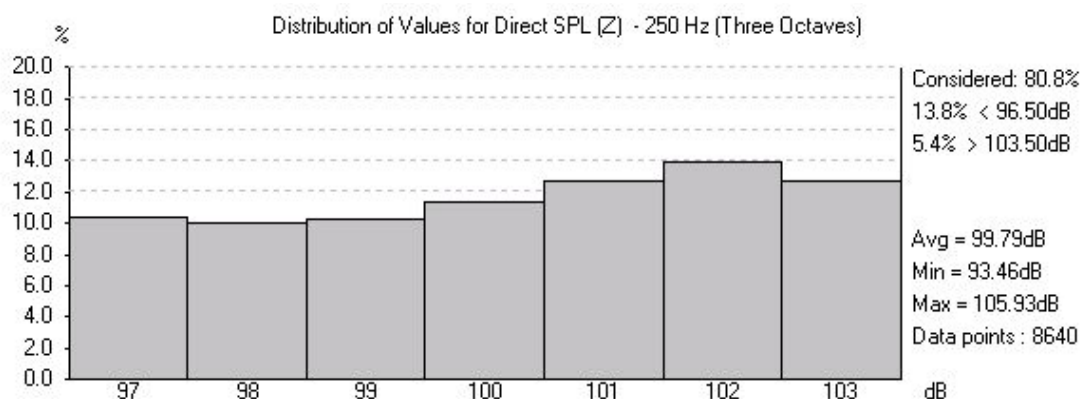




Rys. 7-13 Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPa.

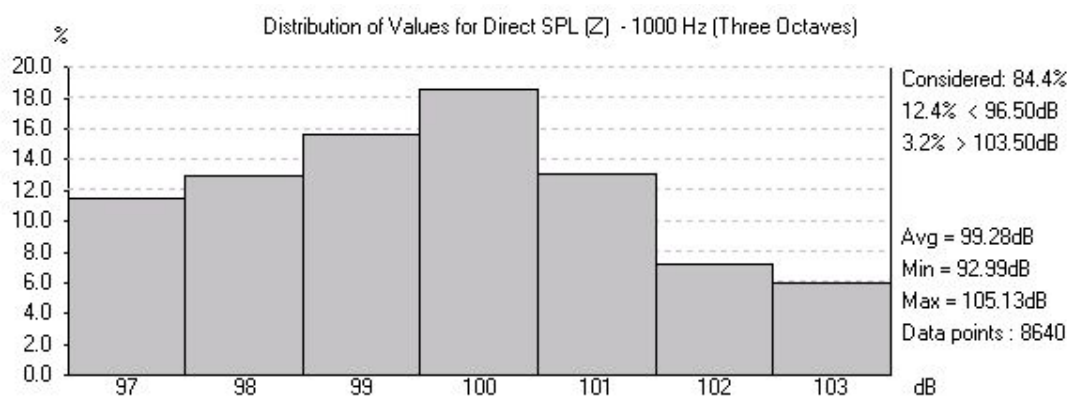
7.3.2. Z widmową korekcją sygnału

Wyniki przedstawione na Rys. 7-14 do Rys. 7-19 uzyskano po zastosowaniu w torze fonicznym filtra górnoprzepustowego (HPF) I rzędu 500Hz.



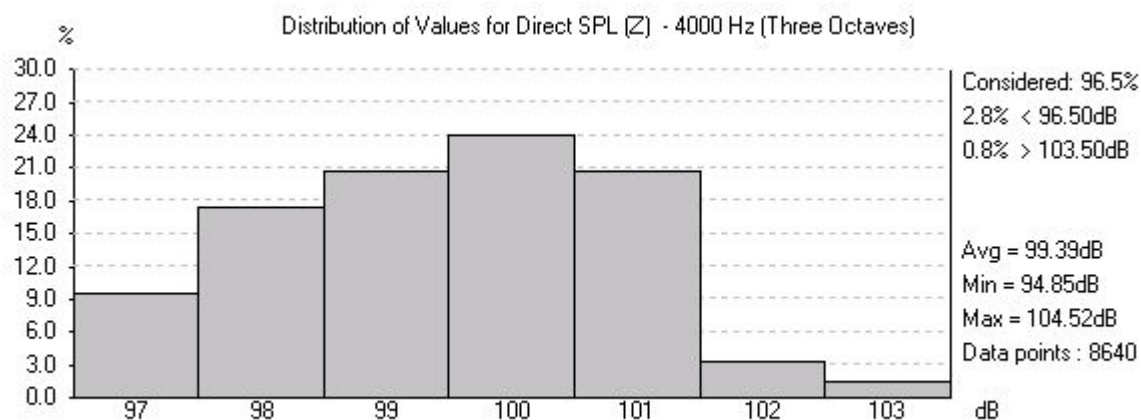
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 14:08:37 / Pracownia Akustyczna root

Rys. 7-14 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktavach 125, 250, 500 [Hz], HPF 500 Hz.



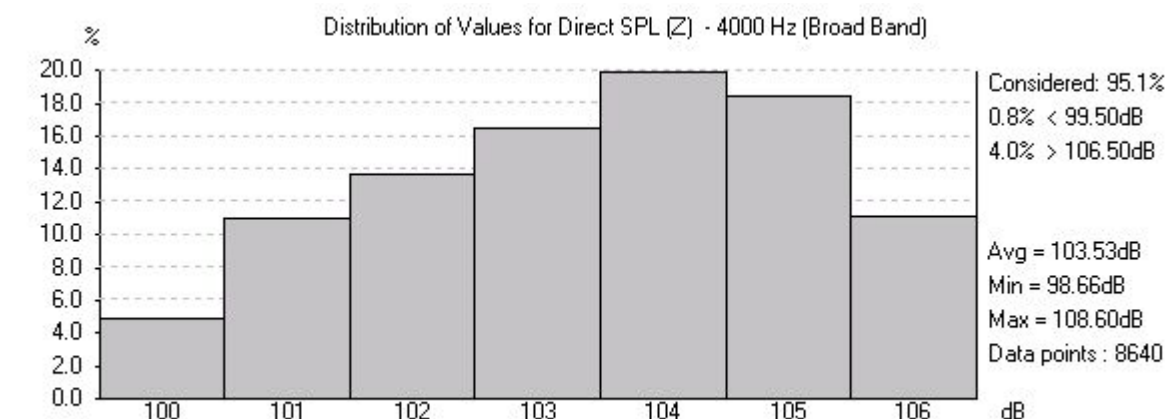
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 14:12:27 / Pracownia Akustyczna root

Rys. 7-15 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktavach, 500, 1k, 2k [Hz], HPF 500 Hz.



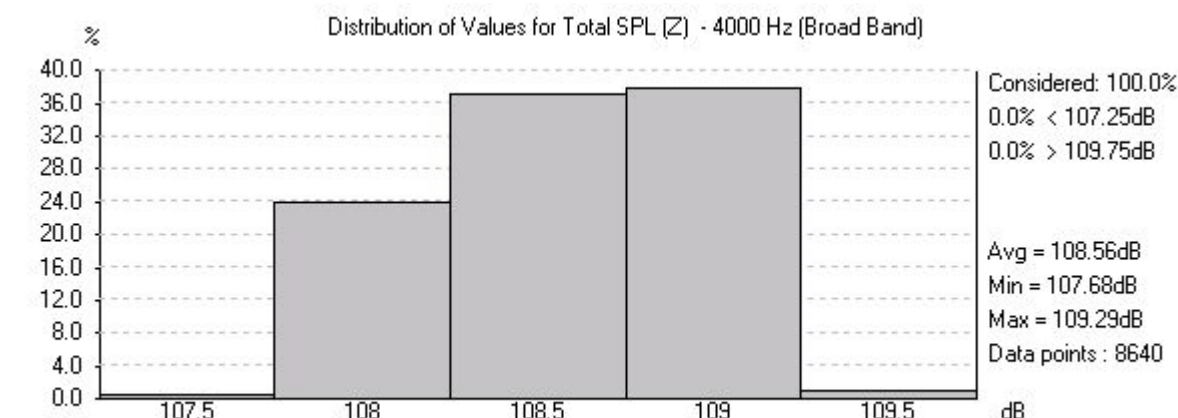
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 14:13:58 / Pracownia Akustyczna root

Rys. 7-16 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w 3 oktavach 2kHz, 4kHz, 8k [Hz], HPF 500 Hz.



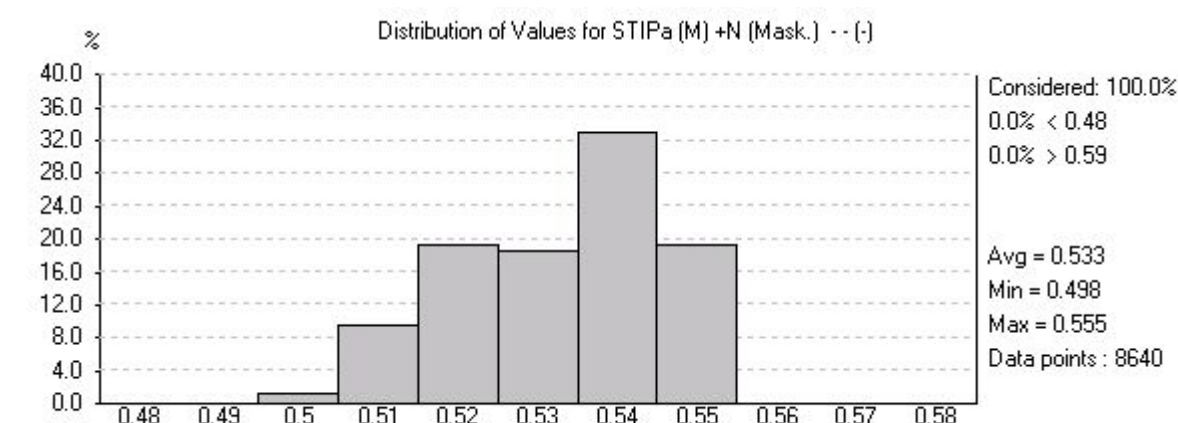
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 14:17:40 / Pracownia Akustyczna root

Rys. 7-17 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego uśrednionego w zakresie częstotliwości 100 – 10k [Hz], HPF 500 Hz.



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 14:22:32 / Pracownia Akustyczna root

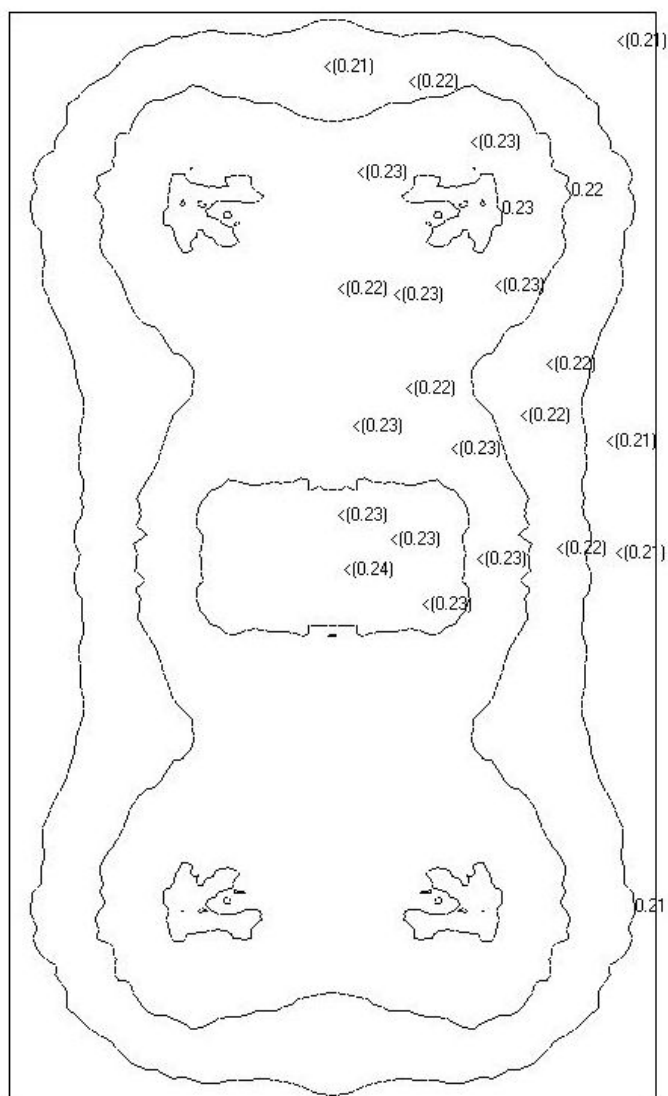
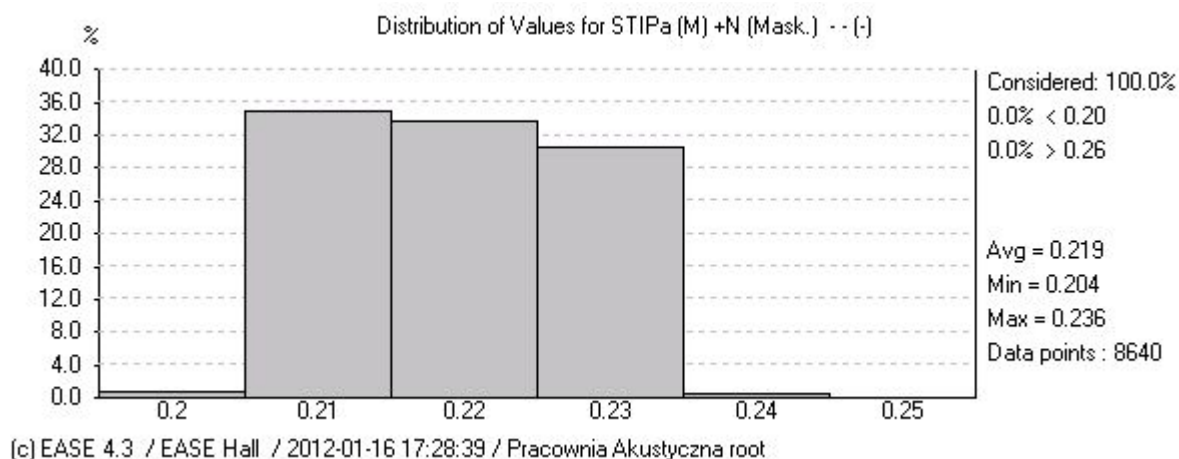
Rys. 7-18 Rozkład poziomu dźwięku bezpośredniego i odbitego uśrednionego w zakresie częstotliwości 100 – 10k [Hz], HPF 500 Hz.



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 13:19:26 / Pracownia Akustyczna root

Rys. 7-19 Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA, HPF 500 Hz.

7.3.3. Współczynnik zrozumiałości mowy dla sali sportowej bez adaptacji akustycznej.



Rys. 7-20 Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA, sala bez adaptacji akustycznej.

7.4. Wyniki symulacji – podsumowanie

Tab. 7.4 przedstawia zestawienie wyników symulacji komputerowych dla nagłośnienia sali sportowej.

Tab. 7.4 Zestawienie wyników symulacji komputerowych dla sali sportowej bez korekcji.

Parametr	f [Hz]	Wartość średnia z interferencjami i cieniowaniem	
		Średnia	Odchylenie
Maksymalny ciągły poziom ciśnienia akustycznego dźwięku bezpośredniego [dB]	125 – 500	104,15	2,2
	500, 1k, 2k	99,36	2,55
	2k, 4k, 8k	98,17	1,51
	125 – 8 k	105,56	1,92
Maksymalny ciągły poziom ciśnienia akustycznego sumy dźwięku bezpośredniego i rozproszonego [dB]	100 – 10 k	111,06	0,27
STIPA (głos męski)		0,52	0,02

Na podstawie danych zawartych w Tab. 7.4 można zauważyć, że poziom dźwięku w zakresie tonów niskich jest nieco wyższy niż paśmie środkowym i górnym. W celu poprawy zrównoważenia tonalnego i jednocześnie poprawy współczynnika zrozumiałości można zastosować prostą korektę sygnału fonicznego, stosując filtr górnoprzepustowy I rzędu o częstotliwości granicznej 500 Hz. Wyniki po zastosowaniu takiego filtra przedstawiono w Tab. 7.5.

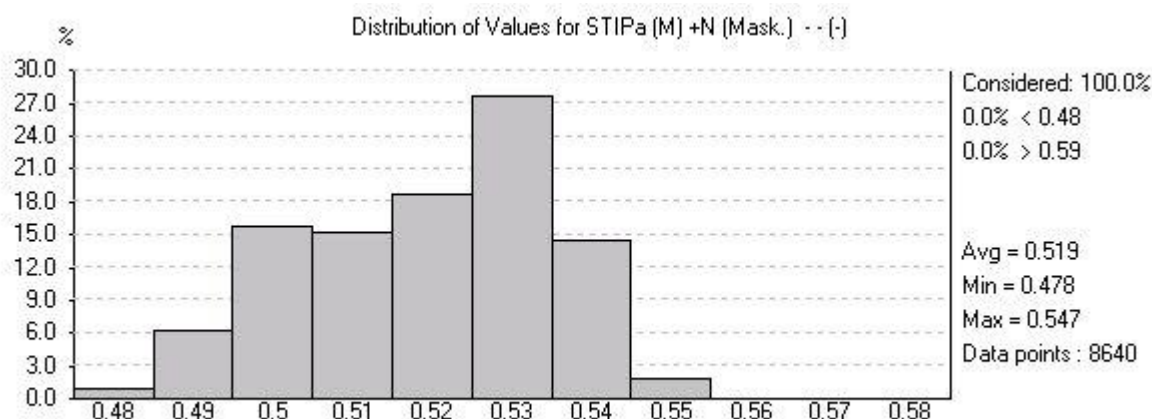
Tab. 7.5 Zestawienie wyników symulacji komputerowych dla sali sportowej z filtrem I rzędu, 500Hz

Parametr	f [Hz]	Wartość średnia z interferencjami i cieniowaniem	
		Średnia	Odchylenie
Maksymalny ciągły poziom ciśnienia akustycznego dźwięku bezpośredniego [dB] dla oktafów o częstotliwościach środkowych	125 – 500	99,79	2,65
	500, 1k, 2k	99,28	2,25
	2k, 4k, 8k	99,39	1,55
	125 – 8 k	103,53	1,85
Maksymalny ciągły poziom ciśnienia akustycznego sumy dźwięku bezpośredniego i rozproszonego [dB]	100 – 10 k	108,56	0,37
STIPA (głos męski)		0,53	0,01

Na podstawie Tab. 7.5 można wnioskować że zastosowanie filtra górnoprzepustowego I rzędu o częstotliwości granicznej 500 Hz, pozwoli uzyskać nagłośnienie dobrze zrównoważone tonalnie, kosztem niższego poziomu ciśnienia akustycznego.

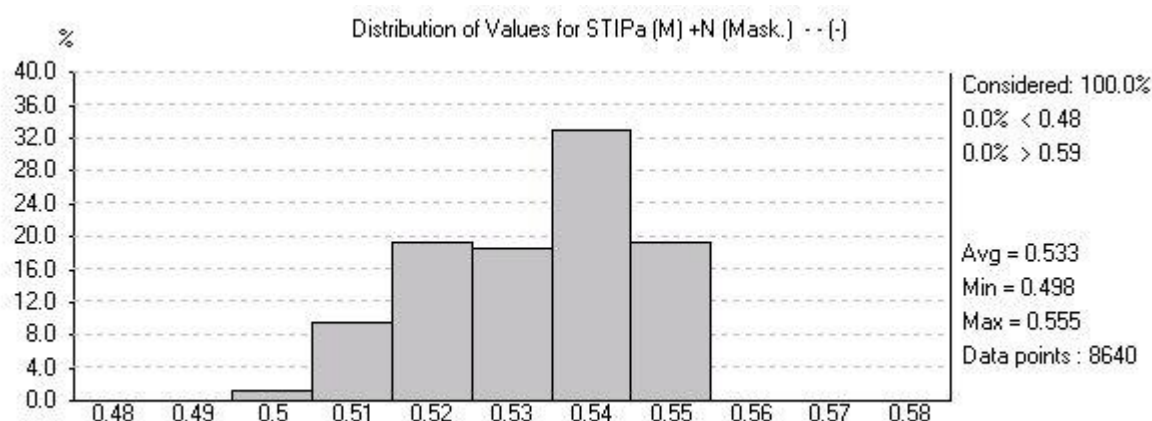
Tab. 7.6 Zestawienie wyników symulacji komputerowych dla sali sportowej – współczynnik zrozumiałości mowy.

Parametr	STIPA	
	Średnia	Odchylenie
STIPA głos męski, bez korekcji	0,52	0,02
STIPA głos męski, filtr górnoprzepustowy I rzędu o f. granicznej 500 Hz	0,53	0,01
STIPA głos męski, filtr górnoprzepustowy II rzędu o f. granicznej 500 Hz	0,55	0,01
STIPA głos męski w sali bez adaptacji akustycznej	0,22	0,01



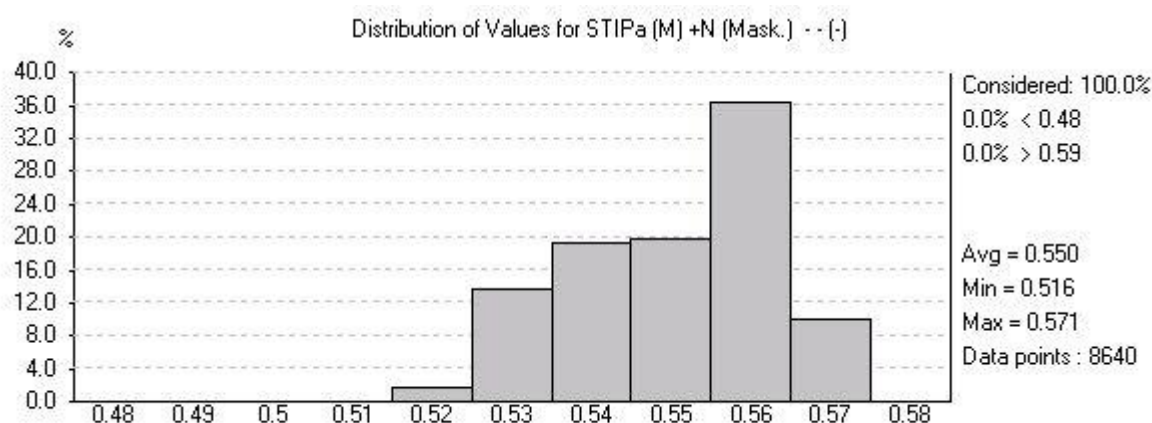
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 13:02:36 / Pracownia Akustyczna root

Rys. 7-21 Procentowy rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA bez zastosowania korekcji.



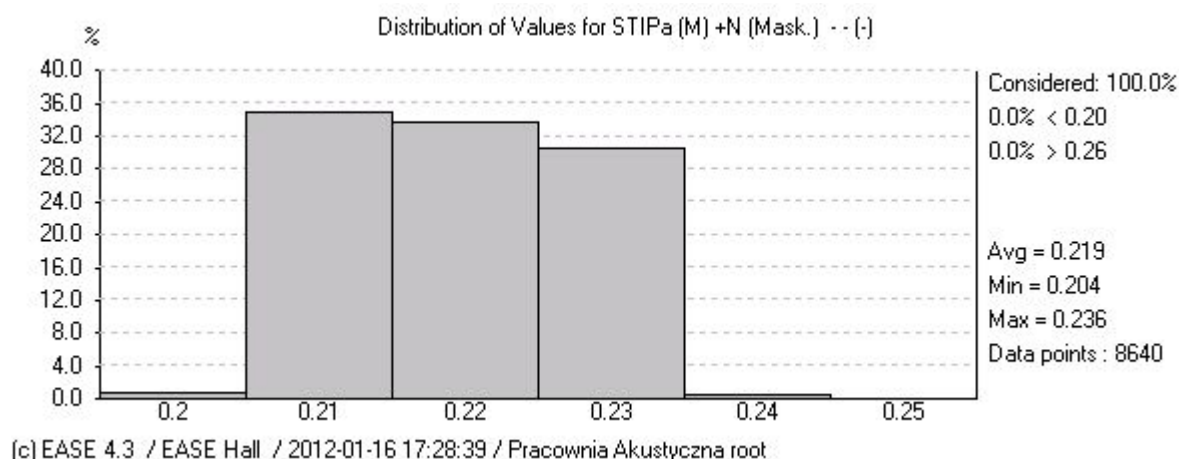
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 13:19:26 / Pracownia Akustyczna root

Rys. 7-22 Procentowy rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA z filtrem górnoprzepustowym 500 Hz, I rzędu.



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 2012-01-11 13:10:52 / Pracownia Akustyczna root

Rys. 7-23 Procentowy rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA z filtrem górnoprzepustowym 500 Hz, II rzędu.



Rys. 7-24 Rozkład współczynnika zrozumiałości mowy STIPA, sala bez adaptacji akustycznej.

Na podstawie Tab. 7.6 oraz Rys. 7-21, Rys. 7-22, Rys. 7-23 można wnioskować, że w projektowanej sali osiągnięta zostanie zrozumiałość mowy na poziomie zadowalającym na całej powierzchni sali, ponieważ współczynnik STIPA mieści się przedziale 0,45 – 0,6. Zastosowanie filtrów górnoprzepustowych nieznacznie poprawia współczynnik zrozumiałości mowy, nie pozwala jednak uzyskać $STIPA > 0,6$, co klasyfikowałoby zrozumiałość mowy jako dobrą.

Dla porównania wykonano symulację współczynnika zrozumiałości mowy dla sali niezaadaptowanej wyniki przedstawiono na Rys. 7-20 i Rys. 7-24. Jak widać w takim przypadku zrozumiałość mowy na całej powierzchni sali klasyfikuje się jako zła ponieważ współczynnik zrozumiałości mowy $STIPA < 0,3$.

8. Trasy kablowe, wytyczne elektryczne.

8.1. Trasy kablowe

Lokalizacja głównych tras kablowych projektowanych systemów jest bardzo istotna z uwagi na poprawną i niezakłóconą transmisję analogowych sygnałów fonicznych. Wyjątek stanowią linie głośnikowe sali sportowej, które ze względu na zastosowanie technologii 100 V, są bardziej odporne na ewentualne zakłócenia.

Pokazane w projekcie trasy kablowe należy traktować jako propozycję, którą można było przedstawić na etapie projektowania. Wykonawca jest zobowiązany do ostatecznego ustalenia tras prowadzenia okablowania oraz technologii wykonania tych tras na podstawie informacji otrzymanych na obiekcie w trakcie prac instalacyjnych. Modyfikacje zaproponowane przez Wykonawcę muszą uzyskać ostateczną akceptację autorów projektu.

8.2. Opis złączy i linii kablowych

Przyłącza sygnałowe należy wykonać przy użyciu złączy renomowanego producenta klasy np. AMPHENOL, HARTING, NEUTRIK, SWITCHCRAFT.

Legenda:

1. Oznaczenia typu linii:
 - LA LA, – linia foniczna, analogowa,
 - LC – linia cyfrowa,
 - LG – linia głośnikowa,
 - LRF, – linia w.cz.,
 - LS, – linia sterująca.
2. Rodzaj kabla:
 - *axp* – kabel sygnałowy do sygnałów analogowych *x* parowy, np.: a2p przewód sygnałowy 2 parowy, każda para symetryczna,
 - RG-58 – kabel koncentryczny wysokiej częstotliwości,
 - $X \times Y \times Z \text{ mm}^2$ – *X* przewodów głośnikowych o *Y* żyłach i przekroju *Z mm*²,
 - FTP CAT 5e – ekranowany kabel, 4 pary skręcone, cat 5e,
3. Typy linii:
 - S — linie stałe,
 - R — linie ruchome.
4. Złącza:
 - BNC,
 - RCA,
 - RJ-45,
 - XLR3 – XLR 3 pinowy,
 - SPEAKON – rozwiązanie firmowe NEUTRIK,

- ZWxx – złącze wielopinowe złącze typu Harting.

5. Zakończenie złącza:

- /M – męskie,
- /F – żeńskie,
- /K – kablowe,
- /T – tablicowe.

8.2.1. Zestawienie linii kablowych systemu elektroakustycznego w sali sportowej

Tab. 8.1 Zestawienie linii fonicznych analogowych.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LA01	PH01	1 × XLR3/F/T, 1 × kabel	1 × a2p	2 × XLR3/M/K	ST01	S	10
2.	LA02	PH02	1 × XLR3/F/T, 1 × kabel	1 × a2p	2 × XLR3/M/K	ST01	S	32
3.	LA03	PH03	1 × XLR3/F/T, 1 × kabel	1 × a2p	2 × XLR3/M/K	ST01	S	38
4.	LA04	PH02	1 × XLR3/M/T	1 × a1p	1 × XLR3/F/K	ST01	S	32
5.	LA05	PH03	1 × XLR3/M/T	1 × a1p	1 × XLR3/F/K	ST01	S	38
6.	LA06	PH02, PH03	1 × XLR3/F/K	1 × a1p	1 × XLR3/M/K	UGM	R	10

Tab. 8.2 Zestawienie linii cyfrowych.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LC01	ST01	1 × RJ-45/K	1 × FTP cat 5e	1 × ZW	PH01	S	10
2.	LC02	ST01	1 × RJ-45/K	1 × FTP cat 5e	1 × ZW	PH02	S	32
3.	LC03	ST01	1 × RJ-45/K	1 × FTP cat 5e	1 × ZW	PH03	S	38
4.	LC04	STPL01	1 × RJ-45/K	1 × FTP cat 5e	1 × ZW	ZW01	S	5

Tab. 8.3 Zestawienie linii głośnikowych.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LG01	ST01	kabel	OWY 1 × 2×2,5 mm ²	kabel	UG01, UG02	S	50
2.	LG02	ST01	kabel	OWY 1 × 2×2,5 mm ²	kabel	UG05, UG06	S	50

8. Trasy kablowe, wytyczne elektryczne.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
3.	LG03	ST01	kabel	OWY 1 × 2×2,5 mm ²	kabel	UG03, UG04	S	40
4.	LG04	ST01	kabel	OWY 1 × 2×2,5 mm ²	kabel	RG01	S	10
5.	LG05	RG01	kabel	OWY 1 × 2×2,5 mm ²	kabel	UGSU01	S	8
6.	LG06	ST01	2 × SPEAKON/F/K	1 × 4 × 4 mm ²	1 × SPEAKON/M/T	PH02	S	32
7.	LG07	ST01	2 × SPEAKON/F/K	1 × 4 × 4 mm ²	1 × SPEAKON/M/T	PH03	S	38
8.	LG08	PH02	kabel	1 × 4 × 4 mm ²	1 × SPEAKON/M/T	PH03	S	26
9.	LG09	PH02	kabel	1 × 4 × 4 mm ²	1 × SPEAKON/M/T	PH03	S	26
10.	LG10	PH02 lub PH03	1 × SPEAKON/F/K	1 × 4 × 4 mm ²	1 × SPEAKON/F/K	UGL	R	10
11.	LG11	UGL	1 × SPEAKON/F/K	1 × 2 × 2,5 mm ²	1 × SPEAKON/F/K	UGSL	R	5
12.	LG12	PH02 lub PH03	1 × SPEAKON/F/K	1 × 4 × 4 mm ²	1 × SPEAKON/F/K	UGL	R	10
13.	LG13	UGL	1 × SPEAKON/F/K	1 × 2 × 2,5 mm ²	1 × SPEAKON/F/K	UGSL	R	5

Tab. 8.4 Zestawienie linii w.cz.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LRF01	ANT01	1 × BNC/M/K	1 × RG58	1 × BNC/M/K	WRF01	R	0,5
2.	LRF02	WRF01	1 × BNC/M/K	1 × RG58	1 × BNC/M/K	ST01	S	30
3.	LRF03	ANT02	1 × BNC/M/K	1 × RG58	1 × BNC/M/K	WR02	R	0,5
4.	LRF04	WR02	1 × BNC/M/K	1 × RG58	1 × BNC/M/K	ST01	S	30

Tab. 8.5 Zestawienie linii sterujących.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
1.	LS01	ST01	1 × RJ-45M/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	IR01	S	32
2.	LS02	IR01	1 × RJ-45M/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	IR02	S	10

8. Trasy kablowe, wytyczne elektryczne.

Lp.	Oznaczenie linii	Skąd	Rodzaj złącza	Rodzaj kabla	Rodzaj złącza	Dokąd	Typ linii	Szacunkowa długość linii [m]
3.	LS03	IR02	1 × RJ-45M/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	IR03	S	10
4.	LS04	IR03	1 × RJ-45M/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	IR04	S	25
5.	LS05	IR04	1 × RJ-45M/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	IR05	S	10
6.	LS06	IR05	1 × RJ-45M/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	IR06	S	20
7.	LS07	PH01	1 × ZW	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	10
8.	LS08	PH02	1 × ZW	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	32
9.	LS09	PH03	1 × ZW	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	38
10.	LS10	PH01	1 × ZW	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	10
11.	LS11	PH02	1 × ZW	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	32
12.	LS12	PH03	1 × ZW	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	38
13.	LS13	PH01	1 × RJ-45F/T	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	10
14.	LS14	PH02	1 × RJ-45F/T	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	32
15.	LS15	PH03	1 × RJ-45F/T	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	38
16.	LS16	BRAMA ETHERNET	1 × RJ-45M/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45M/K	ST01	S	50
17.	LS17	STPL01	1 × RJ-45/K	1 × FTP cat 5e	1 × ZW	ZW01	S	5
18.	LS18	STPL01	1 × RJ-45/K	1 × FTP cat 5e	1 × ZW	ZW01	S	5
19.	LS19	PH01	1 × RJ-45F/T	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45F/T	PH02	S	35
20.	LS20	PH01	1 × RJ-45F/T	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45F/T	PH03	S	41
21.	LS21	KS01	1 × RJ-45/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45/K	KS01	R	0,5
22.	LS22	KS01	1 × RJ-45/K	1 × FTP cat 5e	1 × RJ-45/K	KS01	R	0,5

9. Zasilanie elektryczne dla wszystkich elementów wyposażenia

9.1. Zasady ogólne

Dla ograniczenia zakłóceń instalacje zasilające i elektroakustyczne należy wykonywać z zachowaniem następujących warunków:

1. Wszystkie przewody należy doprowadzić do poszczególnych tablic rozdzielnic funkcyjnych i gniazd końcowych bez przecięć, odgałęzień i w nieuszkodzonej izolacji.
2. W tablicach i rozdzielnicach funkcyjnych przewód PE i dodatkowy przewód uziemiający winien być przykręcony do listwy uziemiającej, miedzianej o przekroju minimum 80 mm² izolowanej od podłoża. Wszystkie przewody odbiorcze winny być przykręcane do listwy osobnymi złączami.
3. Wszystkie linie odbiorcze i urządzenia winny być prowadzone w taki sposób, aby ich przewody PE nie zostały połączone ze sobą.
4. Instalacje oświetlenia i systemu elektroakustycznego należy rozprowadzić w osobnych korytkach instalacyjnych w odległości nie mniejszej niż 50 cm.
5. Skrzyżowania tych instalacji winny odbywać się pod kątem prostym z zachowaniem odległości minimum 30 cm.
6. W przypadku mniejszych odległości wynikających z warunków faktycznych równoległego prowadzenia instalacji, długość takiej instalacji należy ograniczyć do maksimum 50 cm.
7. Okablowania linii głośnikowych dla instalacji elektroakustycznych nie wolno badać na okoliczność rezystancji izolacji metodą indukcyjną.

Powyższe zasady nie są określone w żadnym obowiązującym w Polsce przepisie.

9.2. Wytyczne elektryczne w zakresie zasilania

W poniższej tabeli Tab. 9.1 został przedstawiony funkcjonalny podział na obwody zasilające. Obwody te należy zabezpieczyć zgodnie z obowiązującymi przepisami dla instalacji elektrycznych. Każdy z obwodów należy zabezpieczyć niezależnym zabezpieczeniem różnicowo-prądowym. Numeracja obwodów jest symboliczna – przedstawia podział funkcjonalny i może zostać nadana w inny sposób przez instalatora. Szczegółowe wytyczne oraz rozwiązania należy zawrzeć w projekcie instalacji elektrycznej, który nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.

Poniższe wytyczne zostały przekazane do pracowni architektonicznej celem dalszej koordynacji międzybranżowej.

Tab. 9.1 Zestawienie obwodów zasilających dla urządzeń systemu elektroakustycznego.

Lp.	Rodzaj systemu	Nr. obwodu	Obciążenie odbioru [W]	Wsp. jednoczesności	Opis lokalizacji odbiorów	Zysk ciepła odbiorów [W]	Rodzaj zabezpieczenia	UWAGI
1.01	Szafa techniczna	1	2300	0,3	ST01	250	C	Wzmacniacz mocy, zabezpieczenie 16C
1.02	Szafa techniczna	2	2300	0,3	ST01	250	C	Wzmacniacz mocy, zabezpieczenie 16C

9. Zasilanie elektryczne dla wszystkich elementów wyposażenia

Lp.	Rodzaj systemu	Nr. obwodu	Obciążenie odbioru [W]	Wsp. jednoczesności	Opis lokalizacji odbiorów	Zysk ciepła odbiorów [W]	Rodzaj zabezpieczenia	UWAGI
1.03	Szafa techniczna	3	2300	0,3	ST01	250	C	Wzmacniacz mocy, zabezpieczenie 16C
1.04	Szafa techniczna	4	2300	0,3	ST01	250	C	Wzmacniacz mocy, zabezpieczenie 16C
1.05	Szafa techniczna	5	500	1	ST01	400	B	Procesor foniczny, system mikrofonów bezprzewodowych, switch
1.06	Szafa techniczna	6	1000	0,05	ST01		B	REZERWA
1.07	Przylącze sygnałowe	7	1500	0,05	PH01	50	B	Gniazda 230V
1.08	Przylącze sygnałowe	8	1000	0,1	PH01	50	B	Złącze wielopinowe
1.09	Przylącze sygnałowe	9	1500	0,05	PH02	50	B	Gniazda 230V
1.10	Przylącze sygnałowe	10	1000	0,1	PH02	50	B	Złącze wielopinowe
1.11	Przylącze sygnałowe	11	1500	0,05	PH03	50	B	Gniazda 230V
1.12	Przylącze sygnałowe	12	1000	0,1	PH03	50	B	Złącze wielopinowe
1.13	SUMA MOCY z uwzględnieniem wsp. jednoczesności: 3 835 W							

1. W celu eliminacji zakłóceń, obwody przedstawione w tabeli Tab. 9.1 powinny być zasilone z oddzielnej podrozdzielni, a podrozdzielnia powinna być zasilona z wyodrębnionego pola rozdzielni głównej.
2. W każdej z lokalizacji PH01, PH02, PH03 znajdować się będzie włącznik bezpotencjałowy (lub niskonapięciowy) umożliwiający załączenie obwodów od 1 do 6 oraz obwodów doprowadzonych do danego przyłącza. Np.: Włącznik w przyłączy PH01 włącza obwody 1-6, 7, 8, włącznik w przyłączy PH02 włącza obwody 1-6, 9, 10, włącznik w przyłączy PH03 włącza obwody 1-6, 11, 12.

10. Podsumowanie

W niniejszym opracowaniu przedstawiono projekt wykonawczy dla zadania pt. Projekt akustyki wnętrza i systemu nagłaśniania dla sali sportowej budynku Szkoły Podstawowej Nr 1 przy ul. Żeromskiego w Kątach Wrocławskich, w zakresie akustyki wnętrza, systemu elektroakustycznego oraz projekcji wideo. Dokumentacja zamieszczona w teczce składa się z:

- niniejszego opisu technicznego,
- 4 rysunków wielkoformatowych,
- specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót,
- przedmiaru robót,
- kosztorysu inwestorskiego.

Wszystkie rozwiązania przyjęte w projekcie są zgodne z uzgodnieniami poczynionymi z przedstawicielami Inwestora. Autorzy projektu kierowali się ponadto obowiązującymi obecnie standardami w zakresie budowy i wykorzystania systemów elektroakustycznych w salach koncertowych, halach sportowych i szkołach.

Opracowanie jest zgodne z zapisami oferty [1], postanowieniami umowy [2] oraz dokumentów związanych. W opracowaniu wykorzystano uzgodnienia z przedstawicielami Zamawiającego poczynione w trakcie procesu projektowego.

Opracowanie jest kompletne z uwagi na cel, jakiemu służy.