

PROJEKT WYKONAWCZY

Akustyka



Inwestycja – nazwa zamierzenia budowlanego

Rozbudowa i przebudowa Szkoły Podstawowej Nr 2 im. Zygmunta Augusta w Augustowie wraz z zagospodarowaniem terenu

| TEREN INWESTYCJI | | ADRES INWESTYCJI | | | KATEGORIA |
|---|--------------------------------|------------------|-------------------|----------|-----------|
| Numer działki, arkusz mapy, identyfikator działki inwestycyjnej | jednostka ewidencyjna obręb | miejsowość | ulica | numer | IX |
| Działka nr 2180 Identyfikator 200101_1.0002.2180 | 200101_1 0002 | Augustów | Rajgrodzka | 1 | |

Inwestor

Gmina Miasto Augustów

ul. Młyńska 35

16-300 Augustów

jednostka projektowania – projektant

Pracownia Akustyczna Kozłowski sp. j.

ul Opolska 140

52-014 Wrocław

www.akustyczna.pl

| SPECJALNOŚĆ | PROJEKTOWAŁ/OPRACOWAŁ | SPRAWDZIŁ |
|------------------------------|--|--------------------------|
| Akustyka, Elektroakustyka | DR INŻ. PIOTR Z. KOZŁOWSKI MGR INŻ. MICHAŁ SZCZEPAŃSKI INŻ. BARTŁOMIEJ KONIK | MGR INŻ. MIKOŁAJ PAWELEC |

zakres opracowania

| BRANŻA | STADIUM | NR EGZEMPLARZA |
|---|---------|----------------|
| OCHRONA PRZECIWDŹWIĘKOWA, AKUSTYKA WNĘTRZ, SYSTEM ELEKTROAKUSTYCZNY, SYSTEM MULTIMEDIALNY | PW | |

miejsce i data sporządzenia projektu: Wrocław 24.03.2022

Spis treści

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PODSTAWA OPRACOWANIA | 3 |
| 1.1 | PODSTAWA FORMALNA | 3 |
| 1.2 | PODSTAWA MERYTORYCZNA | 3 |
| 2 | PRZEZNACZENIE I PROGRAM UŻYTKOWY OBIEKTU | 4 |
| 3 | ZESTAWIENIE SYMBOLI PROJEKTOWYCH | 5 |
| 4 | WSKAŹNIKI IZOLACYNOŚCI AKUSTYCZNEJ | 6 |
| 5 | OCHRONA PRZECIWDŹWIĘKOWA | 7 |
| 5.1 | POMIESZCZENIA CHRONIONE PRZED HAŁASEM | 7 |
| 5.2 | DOPUSZCZALNY POZIOM TŁA AKUSTYCZNEGO | 7 |
| 5.3 | WYMAGANA IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA PRZEGRÓD POMIĘDZY POMIESZCZENIAMI | 8 |
| 5.4 | WYMAGANIA IZOLACYJNOŚCI OD DŹWIĘKÓW POWIETRZNYCH PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH | 8 |
| 5.5 | STRUKTURY PRZEGRÓD BUDOWLANYCH | 10 |
| 5.6 | OGÓLNE WYTYCZNE DOTYCZĄCE OCHRONY PRZECIWDŹWIĘKOWEJ | 11 |
| 6 | AKUSTYKA WNĘTRZ | 14 |
| 6.1 | ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE | 14 |
| 6.2 | ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE | 14 |
| 6.3 | AKUSTYKA SALI GIMNASTYCZNEJ | 15 |
| 6.4 | SPECYFIKACJA TECHNICZNA ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ | 18 |
| 7 | SYSTEMY AUDIO-WIDEO | 20 |
| 7.1 | Opis systemu | 20 |
| 7.2 | Zestawienie linii kablowych | 21 |
| 8 | PODSUMOWANIE | 24 |

Spis zawartości projektu

1. Część opisowa (Zawartość według spisu treści na str. 2)
2. Część rysunkowa:
 - 1) AW.01 – Schemat rozmieszczenia adaptacji akustycznej w sali gimnastycznej.
 - 2) AV.01 – Rozmieszczenie elementów systemu audio-wideo na rzucie piwnicy i piętra sali gimnastycznej.
 - 3) AV.02 – Rozmieszczenie elementów systemu audio-wideo na przekroju poprzecznym sali gimnastycznej.
 - 4) AV.03 – Schemat systemu audio-wideo
 - 5) AV.04 – Widok szaf technicznych i przyłączy
3. Załączniki:
 - 1) Załącznik nr 1. Szczegółowe wytyczne elektryczne i HVAC.

1 PODSTAWA OPRACOWANIA

1.1 PODSTAWA FORMALNA

- [1] Umowa nr ZL_391/2022 z dnia 2022-01-31 pomiędzy Piotrem Jańskim prowadzącym działalność pod firmą Architekt Piotr Jański a Pracownią Akustyczną Kozłowski sp. j. na wykonanie projektu w zakresie ochrony przeciwdźwiękowej, akustyki wnętrz, systemu nagłaśniania oraz systemu multimedialnego w ramach zadania Rozbudowa Szkoły Podstawowej nr 2 im. Zygmunta Augusta w Augustowie wraz z zagospodarowaniem terenu przy ul. Rajgrodzkiej 1, 16-300 Augustów.

1.2 PODSTAWA MERYTORYCZNA

- [2] PN B 02153:2002 Akustyka budowlana. Terminologia, symbole literowe i jednostki.
- [3] PN B 02151-02:2018-01 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [4] PN-B-02151-3:2015-10 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.
- [5] PN-B-02151-4:2015-06 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.
- [6] PN-B-02156:1987 Akustyka budowlana. Metody pomiaru poziomu dźwięku A w budynkach.
- [7] PN-EN ISO 11654:1999 Akustyka. Wyroby dźwiękochłonne używane w budownictwie. Wskaźniki pochłaniania dźwięku.
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007 nr 120 poz. 826).
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012 poz. 1109).
- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690). Tekst ujednolicony po nowelizacji z komentarzem, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2009.
- [11] Sadowski J., Akustyka Architektoniczna, PWN, Warszawa, 1976.
- [12] Everest A., Podręcznik akustyki, Sonia Draga, Katowice, 2010.
- [13] Long M., Architectural Acoustics, Elsevier Inc., 2006.
- [14] Mehta M., Johnson J., Rocafort J., Architectural Acoustics Principles and Design, Prentice Hall 1998.

2 PRZEZNACZENIE I PROGRAM UŻYTKOWY OBIEKTU

Przedmiotem opracowania jest ochrona przeciwdźwiękowa, akustyka wnętrz, system nagłaśniania oraz system multimedialny dla pomieszczeń znajdujących się w nowoprojektowanym budynku sali sportowej szkoły podstawowej nr 2 w Augustowie. W ramach projektu zostały określone rozwiązania, mające istotny wpływ na parametry przegród budowlanych (ścian i stropów) w zakresie izolacyjności akustycznej oraz adaptacji akustycznej.

Przez pojęcie obiekt w opracowaniu rozumie się pomieszczenia opisane poniżej.

W budynku szkoły ze względu na ochronę przeciwdźwiękową i parametry akustyczne wnętrz można wyróżnić następujące typy pomieszczeń:

- sala do zajęć sportowych – sala gimnastyczna,
- sala lekcyjna,
- pokoje biurowe,
- stołówka,
- szatnie,
- korytarze.

3 ZESTAWIENIE SYMBOLI PROJEKTOWYCH

Tab. 3.1. Zestawienie symboli projektowych

| Oznaczenie | Opis |
|------------|---|
| ANT | Antena |
| AS | Akcesoria estradowe |
| EKR | Ekran projekcyjny |
| KD | Krosownica DMX |
| KHDMI | Kabel HDMI |
| LFA | Linia foniczna analogowa |
| LG | Linia głośnikowa |
| LOS | Linia oświetleniowa |
| LRF | Linia antenowa |
| LS | Linia sterująca |
| LV | Linia wideo |
| MIC | Mikrofon |
| MON | Monitor odsłuchowy |
| OZB | Odbiornik zestawu bezprzewodowego |
| PAN | Panel sterujący |
| PC | Komputer PC |
| PL | Odtwarzacz multimedialny |
| PROJ | Projektor wideo |
| PS | Przylącze sygnałowe |
| PW | Procesor wielozadaniowy |
| STAV | Szafa techniczna |
| SWAV | Przełącznik audio-wideo |
| TXAV | Nadajnik audio-wideo |
| UB | Ustrój akustyczny typu baffle |
| UG | Urządzenie głośnikowe |
| UP | Ustrój akustyczny na bazie wełny mineralnej |
| UPRF | Ustrój akustyczny perforowany |
| US | Ustrój akustyczny szczelinowy |
| WM | Wzmacniacz mocy |

4 WSKAŹNIKI IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ

Należy stosować wskaźniki izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych określonych w normie PN-B-02151-3:2015-10 [4] zgodnie z poniższą tabelą. Przy czym wskaźniki przybliżone R'_A są używane do obliczeń na etapie projektu, natomiast wskaźniki laboratoryjne R_A należy stosować przy wyborze konkretnego produktu, porównując je z danymi podanymi przez producenta tego typu wyrobów.

Tab. 4.1. Wskaźniki izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych [4]

| Przegroda lub konstrukcja budowlana | Rodzaj dźwięku | Wskaźnik izolacyjności akustycznej przegród w budynkach | | Wskaźnik izolacyjności akustycznej elementów budowlanych przeznaczonych do stosowania jako przegrody (na etapie projektu) | |
|--|----------------|---|---|--|--|
| | | Nazwa i symbol | Metoda obliczania wskaźnika | Nazwa i symbol | Metoda obliczania wskaźnika |
| ściana wewnętrzna | powietrzne | wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej $R'_{A,1}$ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 | wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej i widmowe wskaźniki adaptacyjne $R_w(C, C_{tr})$ oraz wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1}$ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 |
| | | wskaźnik oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A,1}$ stosowany w szczególnych przypadkach ¹⁾ | | | |
| strop między pomieszczeniami | powietrzne | wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,1}$ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 | wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej i widmowe wskaźniki adaptacyjne $R_w(C, C_{tr})$ oraz wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1}$ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 |
| | | wskaźnik oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A,1}$ stosowany w szczególnych przypadkach ¹⁾ | | | |
| | uderzeniowe | wskaźnik ważony przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$ | PN-EN ISO 717-2 | wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w}$ | PN-EN ISO 717-2 |
| drzwi do pomieszczeń o różnym przeznaczeniu | powietrzne | projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, $R_{A,1,R}$ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 | wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej i widmowe wskaźniki adaptacyjne $R_w(C, C_{tr})$ oraz projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}$ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załączniki A i B (normatywne) do normy PN-B-02151-3:2015-10 |
| konstrukcje wewnętrzne (inne niż stropy) narażone na dźwięki uderzeniowe | uderzeniowe | wskaźnik ważony przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$ | PN-EN ISO 717-2 | wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego, $L_{n,w}$ lub i ²⁾ ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego, ΔL_w | PN-EN ISO 717-2 |
| ściana zewnętrzna, stropodach bez okien lub z oknami | powietrzne | wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,2}$ ³⁾ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 | wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej i widmowe wskaźniki adaptacyjne $R_w(C, C_{tr})$ oraz wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,2}$ ³⁾ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 |
| okna lub drzwi balkonowe w przegrodzie zewnętrznej | powietrzne | wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,2}$ ³⁾ | PN-EN ISO 717-1 Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 | wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej i widmowe wskaźniki adaptacyjne $R_w(C, C_{tr})$ oraz wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,2}$ ³⁾ | PN-EN ISO 717-1 oraz Załącznik A (normatywny) do normy PN-B-02151-3:2015-10 |

¹⁾ Wskaźnik oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A,1}$ należy stosować, gdy powierzchnia przegrody, wspólna w obu przyległych pomieszczeniach jest mniejsza niż 10 m².

²⁾ Należy przyjmować w zależności od rodzaju elementów wchodzących w skład kompletnej konstrukcji.

³⁾ Jeżeli hałas zewnętrzny pochodzi od źródła, dla którego przyjmuje się widmowy wskaźnik adaptacyjny C , zamiast wskaźnika oceny uwzględniającego widmowy wskaźnik adaptacyjny C_{tr} należy stosować wskaźnik oceny uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C .

5 OCHRONA PRZECIWDŹWIĘKOWA

W niniejszym rozdziale opisano zagadnienia dotyczące ochrony przeciwdźwiękowej projektowanego budynku.

Propozycje rozwiązań i wytyczne przedstawione w tym rozdziale należy traktować jako rekomendacje w zakresie ochrony przeciwdźwiękowej dla branż architektonicznej, konstrukcyjnej, instalacyjnej oraz pozostałych. Na podstawie tych wytycznych stosowne rozwiązania należy przyjąć w poszczególnych dokumentacjach branżowych. Oznacza to, że niezależnie od pojawienia się tych wytycznych, zachowany jest klasyczny rozdział kompetencji i odpowiedzialności za rozwiązania budowlane przyjmowane w budynku.

5.1 POMIESZCZENIA CHRONIONE PRZED HAŁASEM

W projektowanym budynku można wyróżnić następujące typy pomieszczeń podlegające ochronie na podstawie przepisów ogólnych. Pomieszczenia chronione z uwagi na wymaganą izolacyjność przegród, zgodnie z normą PN-B-02151-3:2015-10 [4] oraz z uwagi na hałas pogłosowy, zgodnie z normą PN-B-02151-4:2015-06 [5]:

- sala gimnastyczna,
- pokoje biurowe,
- sala lekcyjna,
- stołówka,
- szatnie,
- korytarze,
- klatki schodowe.

Wymienione wyżej pomieszczenia będą chronione ze względu na hałas powstający:

- na zewnątrz budynku, w tym komunikacja miejska i transport w otoczeniu budynku,
- w wyniku zjawisk atmosferycznych (deszcz, grad),
- wewnątrz budynku w wyniku użytkowania pomieszczeń zgodnie z ich przeznaczeniem (hałas bytowy),
- w wyniku działania urządzeń wyposażenia technicznego budynku,
- w wyniku działania technicznych instalacji wewnętrznych budynku, takich jak wentylacja, klimatyzacja, instalacje wodne, kanalizacyjne itp.

5.2 DOPUSZCZALNY POZIOM TŁA AKUSTYCZNEGO

Dla pomieszczeń podlegających ochronie przeciwdźwiękowej na podstawie przepisów ogólnych, dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A, nie powinien przekraczać wartości przedstawionych w Tab. 5.1 (wartości podane w oparciu o normę PN-B-02151-2:2018-01 [3]). Dla pomieszczeń niewymienionych w poniższej tabeli, nie stawia się wymagań związanych z najwyższym dopuszczalnym poziomem hałasu.

Tab. 5.1. Najwyższy dopuszczalny poziom dźwięku A

| Poziom | Pomieszczenie | Najwyższy dopuszczalny poziom dźwięku A $L_{Aeq,T}$ |
|--------|-------------------------|---|
| -1 | 0.2 Komunikacja | 45 |
| | 0.3 Stołówka | 40 |
| | 0.15 Sala gimnastyczna | 40 |
| | 0.16 Komunikacja | 45 |
| 0 | 1.1 Komunikacja/galeria | 45 |
| | 1.3 Administracja | 35 |
| | 1.4 Księgowość | 35 |
| | 1.5 Biuro | 35 |
| | 1.6 Sala | 35 |

Dopuszczalne poziomy hałasu odnoszą się do pomieszczeń z zamkniętymi drzwiami i oknami (z zapewnioną odpowiednią wymaganą wymianą powietrza) iumeblowanych (zagospodarowanych). W przypadku pomieszczeń nieumeblowanych, zmierzony poziom hałasu należy przed porównaniem z wartością dopuszczalną skorygować o wskaźniki pogłosu wyznaczone zgodnie z normą PN-B-02151-2:2018-01 [3].

Podane dopuszczalne poziomy hałasu odnoszą się do pory użytkowania lokalu, bez rozróżnienia na porę dzienną i nocną.

5.3 WYMAGANA IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA PRZEGRÓD POMIĘDZY POMIESZCZENIAMI

W poniższej tabeli podano wymagane wartości izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych pomiędzy pomieszczeniami. Wymaganą izolacyjność akustyczną wyznaczono w zależności od funkcji pomieszczeń chronionych oraz rodzaju zakłóceń w pomieszczeniach sąsiadujących.

Wymagana izolacyjność akustyczna wewnętrznych przegród budowlanych wyrażona jest poprzez jednolicebny wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,1}$. Wskaźnik ten, uwzględnia wpływ pośredniego, w tym bocznego przenoszenia dźwięku.

Izolacyjność akustyczna drzwi wyrażona jest poprzez projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}$. Wskaźnik ten określa izolacyjność od dźwięków powietrznych wyznaczoną na podstawie badań laboratoryjnych, zmniejszoną o 2 dB. Oznacza to, że przy doborze drzwi należy stosować prawidłowe zależności pomiędzy wskaźnikami, określone w normie PN-B-02151-3:2015-10 [4]:

$$R_{A,1,R} = R_{A,1} - 2 \text{ dB}$$

$$R_{A,1} = R_W + C$$

Gdzie C jest to widmowy wskaźnik adaptacyjny.

Pomieszczenia wymienione w Tab. 4.2 zostały przydzielone do odpowiednich kategorii opisanych w normie PN-B-03151-3:2015-10 [4] między innymi:

- pomieszczenia 1.3, 1.4, 1.5 – pomieszczenia biurowe,
- pomieszczenie 1.6 – sale lekcyjne.

Tab. 5.2. Wymagana izolacyjność akustyczna przegród budowlanych między pomieszczeniami

| Poziom | Pomieszczenie chronione | Pomieszczenie sąsiednie | Rodzaj przegrody | Rodzaj wskaźnika | Wymagana wartość wskaźnika [dB] | Obliczona wartość wskaźnika [dB] |
|---|-------------------------|-------------------------|--|------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 0 | 1.3 Administracja | 1.1 Komunikacja/galeria | Ściana murowana 120 mm | R'A,1 | ≥ 40 | 45 |
| | | | Drzwi | RA,1,R | ≥ 35 | - |
| | | 1.2 WC K | Ściana murowana akustyczna 180 mm | R'A,1 | ≥ 50 | 52 |
| | | 1.4 Księgowość | Ściana murowana 120 mm | R'A,1 | ≥ 40 | 45 |
| | | 0.3 Stołówka | Strop żelbetowy | R'A,1 | ≥ 50 | 56 |
| | 1.4 Księgowość | 1.1 Komunikacja/galeria | Ściana murowana 120 mm | R'A,1 | ≥ 40 | 45 |
| | | | Drzwi | RA,1,R | ≥ 35 | - |
| | | 1.3 Administracja | Ściana murowana 120 mm | R'A,1 | ≥ 40 | 45 |
| | | 1.5 Biuro | Ściana murowana 120 mm | R'A,1 | ≥ 40 | 45 |
| | | 0.3 Stołówka | Strop żelbetowy | R'A,1 | ≥ 50 | 56 |
| | 1.5 Biuro | 1.1 Komunikacja/galeria | Ściana murowana 120 mm | R'A,1 | ≥ 40 | 45 |
| | | | Drzwi | RA,1,R | ≥ 35 | - |
| | | 1.4 Księgowość | Ściana murowana 120 mm | R'A,1 | ≥ 40 | 45 |
| | | 1.6 Sala | Ściana murowana 180 mm | R'A,1 | ≥ 48 | 49 |
| | | 0.3 Stołówka | Strop żelbetowy | R'A,1 | ≥ 50 | 56 |
| | 1.6 Sala | 1.1 Komunikacja/galeria | Ściana murowana 120 mm z przedścianką akustyczną | R'A,1 | ≥ 48 | 56 |
| | | | Drzwi | RA,1,R | ≥ 35 | - |
| | | 1.5 Biuro | Ściana murowana 180 mm | R'A,1 | ≥ 48 | 49 |
| | | 1.7 WC M | Ściana murowana akustyczna 180 mm | R'A,1 | ≥ 50 | 52 |
| | | 0.3 Stołówka | Strop żelbetowy | R'A,1 | ≥ 50 | 56 |
| UWAGA: W przypadku zmiany technologii wykonania ścian na konstrukcje lekkie, należy skonsultować się z projektantem akustyki. | | | | | | |

5.4 WYMAGANIA IZOLACYJNOŚCI OD DŹWIĘKÓW POWIETRZNYCH PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH

Izolacyjność od dźwięków powietrznych przegród zewnętrznych należy określać za pomocą wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,2}$.

Izolacyjność akustyczną ścian zewnętrznych w budynku należy dostosować do poziomu hałasu zewnętrznego, określonego przez tzw. miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dla pory dnia.

Miasto Augustów nie posiada map akustycznych. Projektanci akustyki nie dysponowali również wynikami badań poziomu hałasu w miejscu planowanej inwestycji. Poziom hałasu został więc określony jako poziom zmierzony w miastach o podobnej wielkości przy

drodze o zbliżonym natężeniu i rodzaju ruchu ulicznego a następnie zwiększony o 6 dB. Zwiększenie wartości hałasu ma na celu zapewnienie prawidłowych warunków akustycznych wewnątrz pomieszczeń w przypadku zmiany natężenia ruchu ulicznego w pobliżu inwestycji. Poniżej przedstawiono przyjęte w obliczeniach wartości poziomu hałasu dla pory dnia:

- $L_{A,zew,D} = 60$ dB A – dla otoczenia szkoły,
- $L_{A,zew,D} = 75$ dB A – dla dziedzińca.

Przyjęta wartość poziomu dźwięku uwzględnia hałas istniejący w otoczeniu planowanej inwestycji i zakłada użytkowanie obszaru otaczającego budynek zgodnie z jego przeznaczeniem a także wzrost natężenia ruchu w przyszłości.

Przy ustalaniu miarodajnego poziomu hałasu zewnętrznego uwzględniono hałas pochodzący od źródeł zewnętrznych charakterystycznych dla terenu planowanej inwestycji.

Wymagany wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej obliczono ze wzoru:

$$R'_{A,2} = L_{A,zew} - L_{A,wew} + 10 \lg \left(\frac{S}{A} \right) + 3$$

gdzie:

$L_{A,zew}$ miarodajny poziom hałasu zewnętrznego przy danej przegrodzie zewnętrznej, wyznaczony według punktu 7.3 normy PN-B-02151-3:2015-10 [4],

$L_{A,wew}$ poziom odniesienia do obliczania izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej według punktu 7.4 normy PN-B-02151-3:2015-10 [4],

A chłonność akustyczna pomieszczenia w oktawowym paśmie o środkowej częstotliwości $f = 500$ Hz, bez wyposażenia pomieszczenia i obecności użytkowników,

S pole powierzchni przegrody zewnętrznej fasady lub dachu widzianej od strony pomieszczenia.

Wartość składnika $10 \lg \left(\frac{S}{A} \right)$ została wyznaczona zgodnie z załącznikiem C normy PN-B-02151-3:2015-10 [4].

W Tab. 5.3 określono:

- **Poziom odniesienia $L_{A,eq,wew}$ [dB]** – określony w normie PN-B-02151-3:2015-10 [4] poziom odniesienia do obliczania wymaganej izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej stosowany w przypadkach gdy miarodajny poziom hałasu zewnętrznego dotyczy równoważnego poziomu dźwięku A, odnoszącego się do pory dnia.
- **Wypadkowa wymagana izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej $R'_{A,2}$ [dB]** – wartość minimalnej izolacyjności akustycznej jaką musi osiągnąć cała przegroda składająca się z części pełnej (murowanej) oraz okien. Zgodnie z normą PN-B-02151-3:2015-10 [4] wartość ta nie powinna być mniejsza niż $R'_{A,2} = 30$ dB (25 dB dla określonych przypadków).
- **Izolacyjność akustyczna części pełnej przegrody zewnętrznej $R_{A,2}$ [dB]** – wartość wskaźnika izolacyjności akustycznej części pełnej przegrody budowlanej. Wartość ta została obliczona na podstawie dostarczonej przez zamawiającego dokumentacji technicznej.
- **Wymagana izolacyjność elementów przeszklonych $R_{A,2,R}$ [dB]** – minimalna wartość projektowego wskaźnika izolacyjności okien, jakie powinny być użyte, aby został spełniony warunek wymaganej izolacyjności akustycznej całej przegrody zewnętrznej.

UWAGA! W tabeli przedstawiono wartość projektową, co oznacza, że przy doborze rozwiązań budowlanych należy stosować prawidłowe zależności pomiędzy wskaźnikami, określone w normie PN B-02151-3:2015-10 [4]. Oznacza to, że:

$$R_{A,2,R} = R_{A,2} - 2 \text{ dB}$$

$$R_{A,2} = R_w + C_{tr}$$

Gdzie C_{tr} jest to widmowy wskaźnik adaptacyjny.

Tab. 5.3. Określenie wymagań związanych z izolacyjnością akustyczną przegród zewnętrznych

| Poziom | Pomieszczenie | Poziom odniesienia $L_{A,eq,wew}$ [dB] | Wypadkowa wymagana izolacyjność przegrody zewnętrznej $R'_{A,2}$ [dB] | Konstrukcja części pełnej przegrody zewnętrznej | Izolacyjność części pełnej przegrody zewnętrznej $R_{A,2}$ [dB] | Wymagana izolacyjność elementów przeszklonych $R_{A,2,R}$ [dB] |
|--------|-----------------|--|---|---|---|--|
| -1 | 0.2 Komunikacja | 40 | 25* | Ściana murowana 240 mm | 46* | 25* |

| Poziom | Pomieszczenie | Poziom odniesienia $L_{A,eq,wew}$ [dB] | Wypadkowa wymagana izolacyjność przegrody zewnętrznej $R'_{A,2}$ [dB] | Konstrukcja części pełnej przegrody zewnętrznej | Izolacyjność części pełnej przegrody zewnętrznej $R_{A,2}$ [dB] | Wymagana izolacyjność elementów przeszklonych $R_{A,2,R}$ [dB] |
|--------|-------------------------|--|---|---|---|--|
| | 0.3 Stołówka | 40 | 25 | Ściana murowana 240 mm | 42 | 25 |
| | 0.15 Sala gimnastyczna | 45 | 25 | Ściana murowana 240 mm | 42 | 25 |
| | | | | Ściana żelbetowa 360 mm | 53 | - |
| | | | | Dach z blachy trapezowej | 26 | 25 |
| | | | | Ściana murowana 240 mm | 42 | 25 |
| 0 | 1.1 Komunikacja/galeria | 40 | 25 | Dach z płyt kanałowych | 37 | - |
| | 1.1 Komunikacja | 40 | 31* | Ściana murowana 240 mm | 46* | 29* |
| | | | | Ściana murowana 240 mm | 42 | 25 |
| | 1.3 Administracja | 40 | 30 | Dach z płyt kanałowych | 37 | - |
| | | | | Ściana murowana 240 mm | 42 | 25 |
| | 1.4 Księgowość | 40 | 30 | Dach z płyt kanałowych | 37 | - |
| | | | | Ściana murowana 240 mm | 42 | 25 |
| | 1.5 Biuro | 40 | 30 | Dach z płyt kanałowych | 37 | - |
| | | | | Ściana murowana 240 mm | 42 | 25 |
| | 1.6 Sala | 35 | 31 | Ściana murowana 240 mm | 42 | 25 |
| | | | | Dach z płyt kanałowych | 37 | - |

* Zgodnie z zaleceniami normy PN B-02151-3:2015-10 [4] w przypadku występowania źródeł hałasu zewnętrznego, przy których, zgodnie z PN-EN ISO 717-1, przyjmuje się widmowy wskaźnik adaptacyjny C, zamiast wskaźnika $R'_{A,2}$ stosuje się wskaźnik $R'_{A,1}$. Oznaczone przegrody rozdzielają pomieszczenia od wewnętrznego dziedzińca, na którym hałas będą emitować dzieci. W tych przypadkach wskaźniki hałasu to odpowiednio: $R'_{A,1}$, $R_{A,1}$, $R_{A,1,R}$.

5.5 STRUKTURY PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

W Tab. 5.4 – Tab. 5.13 przedstawiono konstrukcję przegród budowlanych pozwalających spełnić wymagania związane z izolacyjnością akustyczną, stawiane w normie PN-B-02151-03:2015-10 [4].

Tab. 5.4. Wewnętrzna ściana murowana z bloczków silikatowych 240 mm

| Specyfikacja techniczna ściany murowanej | $R_w(C, C_{tr}) = 55 (-1, -5); R'_{A,1} = 52$ | 260 mm |
|--|---|--------|
| Tynk gipsowy | | 10 mm |
| Bloczki silikatowe | | 240 mm |
| Tynk gipsowy | | 10 mm |

Tab. 5.5. Wewnętrzna ściana murowana z bloczków silikatowych 180 mm

| Specyfikacja techniczna ściany murowanej | $R_w(C, C_{tr}) = 52 (-1, -5); R'_{A,1} = 49$ | 200 mm |
|--|---|--------|
| Tynk gipsowy | | 10 mm |
| Bloczki silikatowe | | 180 mm |
| Tynk gipsowy | | 10 mm |

Tab. 5.6. Wewnętrzna ściana murowana z bloczków silikatowych akustycznych 180 mm

| Specyfikacja techniczna ściany murowanej | $R_w(C, C_{tr}) = 56 (-2, -5); R'_{A,1} = 52$ | 200 mm |
|--|---|--------|
| Tynk gipsowy | | 10 mm |
| Bloczki silikatowe akustyczne | | 180 mm |
| Tynk gipsowy | | 10 mm |

Tab. 5.7. Wewnętrzna ściana murowana z bloczków silikatowych 120 mm

| Specyfikacja techniczna ściany murowanej | $R_w(C, C_{tr}) = 49 (-2, -5); R'_{A,1} = 45$ | 140 mm |
|--|---|--------|
| Tynk gipsowy | | 10 mm |
| Bloczki silikatowe | | 120 mm |
| Tynk gipsowy | | 10 mm |

Tab. 5.8. Wewnętrzna ściana murowana z bloczków silikatowych 120 mm z przedścianką akustyczną

| Specyfikacja techniczna ściany murowanej | | $R_w(C, C_{tr}) = 61 (-3, -9); R'_{A,1} = 56$ | 212,5 mm |
|--|--|---|----------|
| Płyta GK | | | 12,5 mm |
| Podkonstrukcja stalowa wypełniona wełną mineralną grubości 50 mm | | | 60 mm |
| Tynk gipsowy | | | 10 mm |
| Bloczki silikatowe | | | 120 mm |
| Tynk gipsowy | | | 10 mm |

Tab. 5.9. Strop żelbetowy 200 mm

| Specyfikacja techniczna stropu | | $R_w(C, C_{tr}) = 64 (-6, -12); R'_{A,1} = 56$ | 310 mm |
|--------------------------------|--|--|--------|
| Wylewka betonowa | | | 60 mm |
| Styropian | | | 50 mm |
| Strop żelbetowy | | | 200 mm |

Tab. 5.10. Zewnętrzna ściana murowana z bloczków silikatowych 240 mm

| Specyfikacja techniczna ściany murowanej | | $R_w(C, C_{tr}) = 47 (-1, -5); R_{A,1} = 46; R_{A,2} = 42$ | 460 mm |
|--|--|--|--------|
| Tynk silikatowy | | | 10 mm |
| Wełna mineralna | | | 200 mm |
| Bloczki silikatowe | | | 240 mm |
| Tynk gipsowy | | | 10 mm |

Tab. 5.11. Zewnętrzna ściana żelbetowa 360 mm

| Specyfikacja techniczna ściany murowanej | | $R_w(C, C_{tr}) = 59 (-1, -6); R_{A,2} = 53$ | 570 mm |
|--|--|--|--------|
| Tynk silikatowy | | | 10 mm |
| Wełna mineralna | | | 200 mm |
| Ściana żelbetowa | | | 360 mm |

Tab. 5.12. Dach z blachy trapezowej

| Specyfikacja techniczna dachu z blachy | | $R_w(C, C_{tr}) = 32 (-1, -6); R_{A,2} = 26$ | > 201 mm |
|---|--|--|----------|
| Systemowy materiał hydroizolacyjny | | | - |
| Systemowy materiał izolacyjny | | | > 150 mm |
| Blacha trapezowa – grubość 1,0 – 1,5 mm, wysokość nerwury 50 mm | | | 51 mm |

Tab. 5.13. Dach z płyt kanałowych

| Specyfikacja techniczna dachu z płyt kanałowych | | $R_w(C, C_{tr}) = 42 (-2, -5); R_{A,2} = 37$ | 450 mm |
|---|--|--|--------|
| Membrana PCV | | | - |
| Styropian | | | 250 mm |
| Płyty kanałowe | | | 200 mm |

5.6 OGÓLNE WYTYCZNE DOTYCZĄCE OCHRONY PRZECIWDŹWIKOWEJ

5.6.1 OGÓLNE WYTYCZNE DLA INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH I OŚWIETLENIOWYCH DOTYCZĄCE OCHRONY PRZECIWDŹWIKOWEJ POMIESZCZEŃ

Przewody elektryczne i osprzęt instalacyjny nie mogą obniżać izolacyjności akustycznej przegród.

Zaleca się prowadzić przewody instalacji elektrycznej natynkowo. W przypadku prowadzenia instalacji pod tynkiem w przegrodach ciężkich bruzda pod instalację nie może być głębsza od 1/10 grubości przegrody.

Zamontowane oświetlenie musi spełniać podstawowe wymagania dotyczące emisji hałasu określone dla poszczególnych pomieszczeń w Tab. 5.1.

5.6.2 OGÓLNE WYTYCZNE DLA INSTALACJI WENTYLACYJNEJ DOTYCZĄCE OCHRONY PRZECIWDŹWIKOWEJ

Hałas z instalacji wentylacyjnej nie może przekraczać wartości dopuszczalnych dla poszczególnych pomieszczeń określonych w Tab. 5.1.

Przejścia przewodów i kanałów przez ściany i stropy należy uszczelnić akustycznie, zapewniając zachowanie izolacyjności akustycznej przegrody i eliminując sztywne połączenia przewodu z przegrodą.

W miejscu podłączenia przewodów i kanałów do urządzeń, stanowiących źródło drgań, należy stosować łączniki (kompensatory elastyczne) przeciwdziałające przenoszeniu się drgań z urządzeń na strukturę przewodów i kanałów.

Należy stosować wyłącznie elastyczne podparcia i podwieszenia przewodów i kanałów instalacyjnych, najlepiej rozwiązania systemowe.

Należy ograniczyć prowadzenie kanałów wentylacyjnych tranzytem przez przegrody dźwiękoizolacyjne. Przez przegrodę dźwiękoizolacyjną dopuszczalne jest tylko przejście kanału wlotowego/wylotowego obsługującego bezpośrednio dane pomieszczenie. Przejście należy zaprojektować z zachowaniem wymaganej izolacyjności przegrody. W szczególnych przypadkach, po konsultacji z projektantem akustyki, dopuszcza się odstępstwa związane z prowadzeniem kanałów przez przegrody dźwiękoizolacyjne. Każdy tego typu przypadek należy rozpatrywać indywidualnie.

W przypadku projektowania wspólnej instalacji wentylacyjnej/klimatyzacyjnej dla różnych pomieszczeń (np. pomieszczeń administracyjnych) należy zastosować odpowiednio zaprojektowane tłumiki akustyczne w instalacji pomiędzy pomieszczeniami, eliminujące przesłuchy pomiędzy pomieszczeniami.

Urządzenia generujące drgania należy umieszczać na odpowiednio dobranych wibroizolatorach.

W celu unikania generacji hałasu aerodynamicznego w kanałach, należy stosować łagodne zmiany kierunku i przekroju kanałów, unikać przepustnic, kryz oraz innych przewężeń wewnątrz kanałów.

Zaleca się wyłożenie końcowych odcinków kanałów wentylacyjnych materiałem dźwiękochłonnym.

W przypadku wentylacyjnych kanałów blaszanych, w miarę możliwości należy stosować kanały o przekroju zbliżonym do kwadratu lub okrągłe. Należy stosować kanały blaszane o minimalnej grubości blachy równej 1 mm.

W przypadku wentylacyjnych kanałów miękkich, należy pamiętać, że przy bardzo dobrych właściwościach dźwiękochłonnych, kanały te charakteryzują się niską izolacyjnością akustyczną, dlatego nie nadają się do wszystkich zastosowań. Należy dokładnie przeanalizować lokalizację, w których stosowanie takich kanałów przyniesie rzeczywistą korzyść w postaci zmniejszenia poziomu hałasu od elementów instalacji wentylacyjnej.

5.6.3 OGÓLNE WYTYCZNE DLA POZOSTAŁYCH INSTALACJI TECHNICZNYCH

Niedozwolone jest prowadzenie instalacji wodno-kanalizacyjnej oraz montowania urządzeń i armatury na ścianach/w ścianach oraz stropach pomieszczeń chronionych przeciwdźwiękowo.

Rury i elementy instalacji najlepiej mocować do wydzielonych ścianek instalacyjnych z płyt GK przy użyciu uchwytów z przekładkami wibroizolującymi/gumowymi.

W całym budynku należy stosować kanalizację niskosumową.

Należy stosować systemowe uchwyty do kanalizacji niskosumowej, zawierające elementy elastyczne, przeciwdziałające przenoszeniu drgań i hałasu na ścianę. W przypadku pozostałych instalacji również konieczne jest, aby pomiędzy przewodem a wewnętrzną powierzchnią uchwytu znajdowała się przekładka elastyczna, najlepiej systemowa.

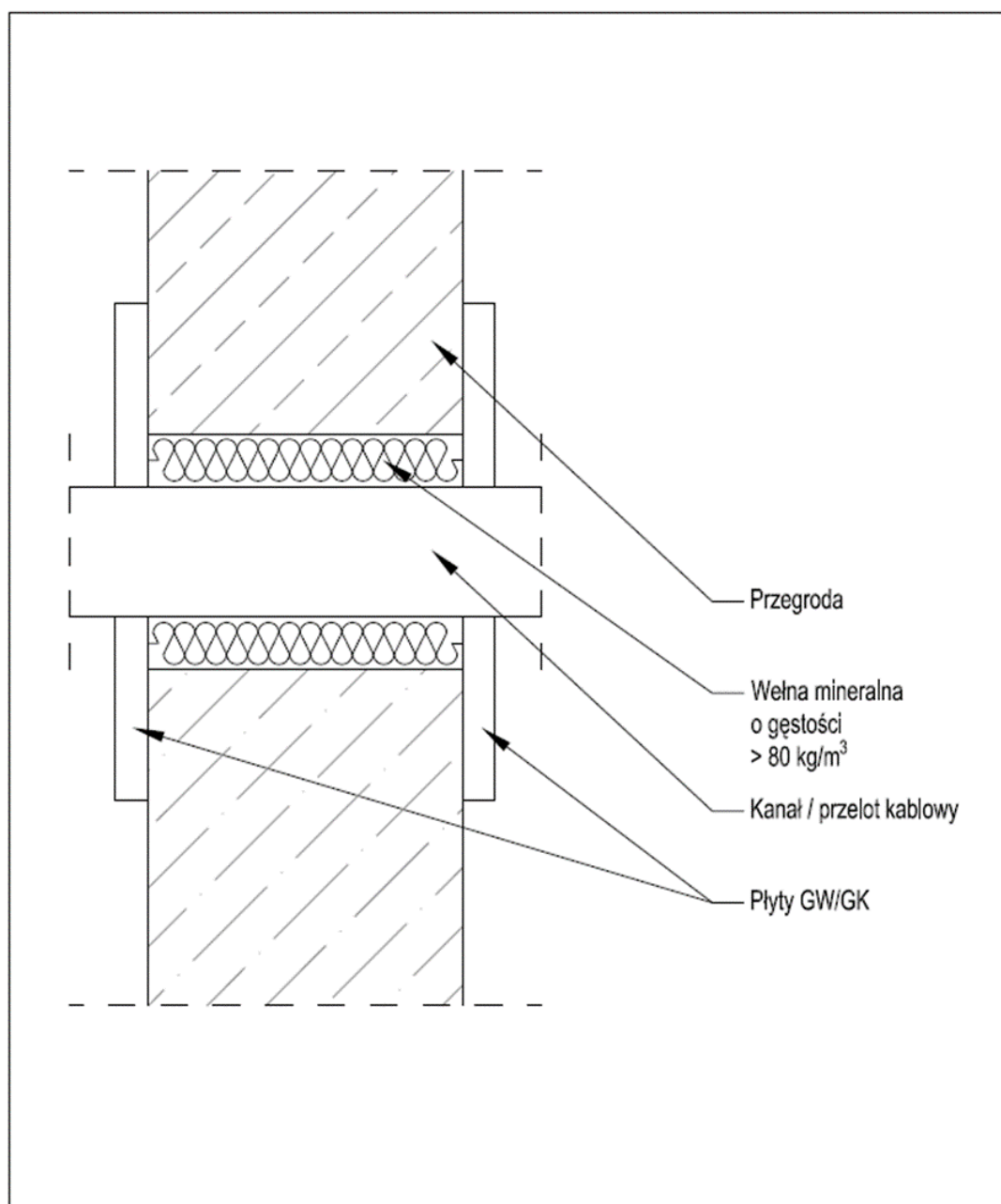
Ograniczenia dotyczące prowadzenia rur dotyczą także rur spustowych.

Rury przechodzące przez istniejące pomieszczenia chronione należy szczelnie obudować. Szczegóły dotyczące konstrukcji obudowy należy ustalić z projektantem akustyki na etapie projektowym.

5.6.4 OTWORY NA INSTALACJE W PRZEGRODACH BUDOWLANYCH

Przejścia kanałów wentylacyjnych oraz wszelkich przelotów kablowych przez ściany muszą być dokładnie uszczelnione – kanał należy owinać twardą wełną mineralną w taki sposób, aby wełna wypełniła szczelnie całą przestrzeń pomiędzy kanałem/przelotem a otworem w ścianie. Po obydwu stronach ściany przejście uszczelnić opaskami z płyty GK o grubości 20 – 24 mm lub uszczelnić masą o dużej gęstości i trwale elastyczną.

Technologie montażu elementów które naruszają konstrukcję przegród, należy konsultować z projektantami akustyki architektonicznej.



Rys 5.1. Wytyczne do sposobu tworzenia przejść oraz przełotów przez przegrody budowlane

6 AKUSTYKA WNĘTRZ

Każde z pomieszczeń charakteryzuje się parametrami akustycznymi, które będą decydować zarówno o walorach akustycznych, jak i użytkowych tych wnętrz. Zakładane wartości parametrów akustycznych dla poszczególnych pomieszczeń są w głównej mierze określone przez funkcję i kubaturę projektowanych wnętrz.

W projektowanym budynku, ze względu na właściwości akustyczne wnętrz można wyróżnić pomieszczenia, dla których stawiane będą wymagania na podstawie normy PN-B-02151-4:2015-06 [5].

Stosowanie przedstawionych w niniejszym rozdziale wymagań związanych z parametrami pogłosowymi ma na celu zmniejszenie hałasu w pomieszczeniu poprzez ograniczenie jego składowej, jaką jest hałas pogłosowy oraz zapewnienie zrozumiałości mowy umożliwiające właściwe użytkowanie pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji słownej.

W poniższych podrozdziałach przedstawiono wymagania dla wszystkich wyżej wymienionych typów pomieszczeń.

6.1 ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

W tabeli Tab. 6.1 przedstawiono wymagania dotyczące akustyki wnętrz określone dla poszczególnych typów pomieszczeń.

Wszystkie wymagania dotyczą pomieszczeń wykończonych, umeblowanych w sposób typowy dla danego przeznaczenia, lecz bez obecności ludzi.

Podane wartości czasu pogłosu T , w pomieszczeniu odnoszą się do każdego oktawowego pasma o środkowej częstotliwości wynoszącej: 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz.

W paśmie o środkowej częstotliwości 125 Hz, wartość czasu pogłosu może być o 30 % większa od wartości podanej dla danego pomieszczenia.

Wartości wymaganej chłonności akustycznej, A , dotyczą każdego z pasm oktaowych o środkowej częstotliwości wynoszącej 500 Hz, 1 000 Hz i 2 000 Hz.

Wymagania dotyczące ograniczania hałasu pogłosowego w pomieszczeniach zostały określone za pomocą dopuszczalnego czasu pogłosu. Ograniczenie hałasu pogłosowego w pomieszczeniu zmniejsza ogólny poziom hałasu w pomieszczeniu, w tym wywołany przez jego użytkowników. Hałas pogłosowy ogranicza się zmniejszając wartość czasu pogłosu w pomieszczeniu, stosując powierzchnie i obiekty pochłaniające oraz rozpraszające dźwięk [5].

S – powierzchnia rzutu pomieszczenia [m^2].

Tab. 6.1. Wymagania dotyczące akustyki wnętrz

| L.p. | Pomieszczenie | Czas pogłosu T [s] | Chłonność akustyczna A [m^2] |
|------|-------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 1 | 0.2 Komunikacja | - | $> 1,0 \times S$ |
| 2 | 0.3 Stołówka | $< 0,6$ | - |
| 3 | 0.4 Przedsiónek | - | $> 1,0 \times S$ |
| 4 | 0.14 Klatka schodowa | - | $> 0,4 \times S$ |
| 5 | 0.15 Sala gimnastyczna | $< 1,8$ | - |
| 6 | 0.16 Komunikacja | - | $> 1,0 \times S$ |
| 7 | 0.17 Klatka schodowa | - | $> 0,4 \times S$ |
| 8 | 0.19 Szatnia M | - | $> 0,6 \times S$ |
| 9 | 0.26 Szatnia M | - | $> 0,6 \times S$ |
| 10 | 0.27 Szatnia K | - | $> 0,6 \times S$ |
| 11 | 0.34 Szatnia K | - | $> 0,6 \times S$ |
| 12 | 1.1 Komunikacja/galeria | - | $> 1,0 \times S$ |
| 13 | 1.3 Administracja | $< 0,6$ | - |
| 14 | 1.4 Księgowość | $< 0,6$ | - |
| 15 | 1.5 Biuro | $< 0,6$ | - |
| 16 | 1.6 Sala | $< 0,6$ | - |

6.2 ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE

W niniejszym rozdziale przedstawiono zastosowane rozwiązania projektowe dotyczące rodzaju adaptacji akustycznej dla poszczególnych pomieszczeń.

Tab. 6.2. Rozwiązania materiałowe

| L.p. | Pomieszczenie | Rozwiązanie |
|------|-------------------------|---|
| 1 | 0.2 Komunikacja | Pokrycie całej powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 2 | 0.3 Stołówka | Pokrycie co najmniej 105 m ² powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie C pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UB01. Równomierne pokrycie ok. 23 m ² powierzchni ścian materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem UP01 w postaci pasa o wysokości 0,4 m pod sufitem. |
| 3 | 0.4 Przedsionek | Pokrycie całej powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 4 | 0.14 Klatka schodowa | Pokrycie co najmniej 40 % powierzchni sufitu na każdej kondygnacji materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP01. |
| 5 | 0.16 Komunikacja | Pokrycie całej powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 6 | 0.17 Klatka schodowa | Pokrycie co najmniej 40 % powierzchni sufitu na każdej kondygnacji materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP01. |
| 7 | 0.19 Szatnia M | Pokrycie co najmniej 60 % powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 8 | 0.26 Szatnia M | Pokrycie co najmniej 60 % powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 19 | 0.27 Szatnia K | Pokrycie co najmniej 60 % powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 10 | 0.34 Szatnia K | Pokrycie co najmniej 60 % powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 11 | 1.1 Komunikacja/galeria | Pokrycie całej powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 12 | 1.3 Administracja | Pokrycie co najmniej 15 m ² powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 13 | 1.4 Księgowość | Pokrycie co najmniej 15 m ² powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 14 | 1.5 Biuro | Pokrycie co najmniej 15 m ² powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP03. |
| 15 | 1.6 Sala | Pokrycie co najmniej 20 m ² powierzchni sufitu materiałem dźwiękochłonnym o klasie C pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UPRF03. Pokrycie ok. 3,5 m ² powierzchni ścian bocznej materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP02 w postaci pasa o wysokości 0,6 m pod sufitem. Pokrycie ok 6,5 m ² powierzchni ścian tylnej materiałem dźwiękochłonnym o klasie A pochłaniania dźwięku [7], np.: ustrojem akustycznym UP02 w postaci pasa o wysokości 1,2 m pod sufitem. |

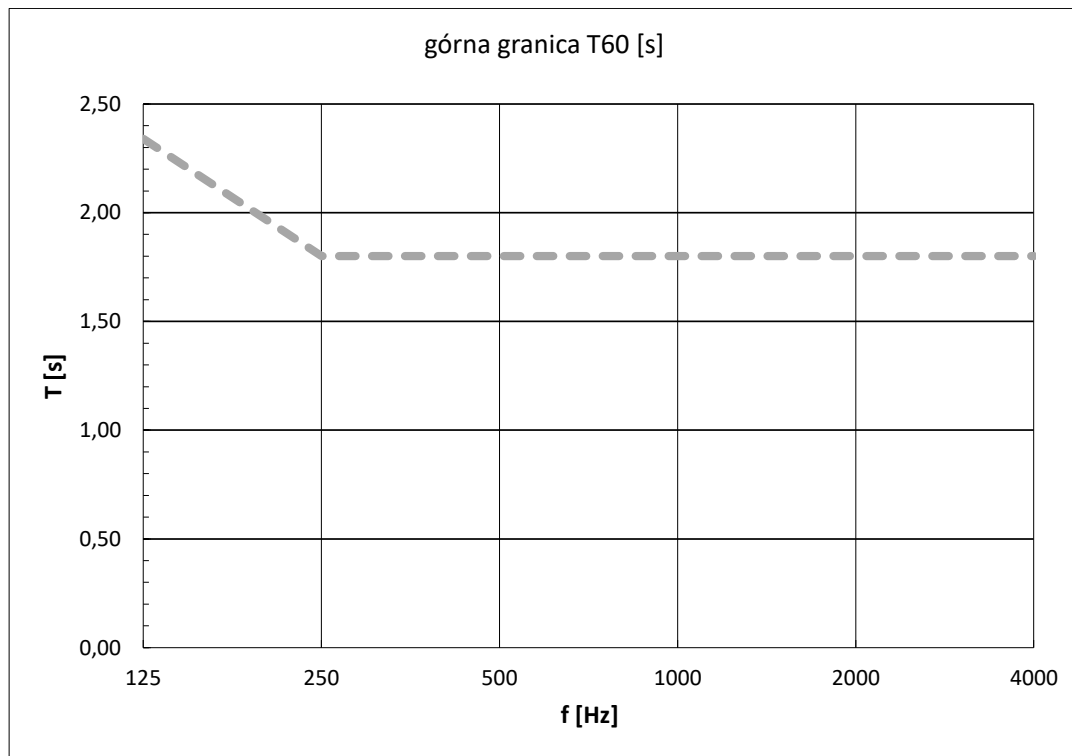
Klasy pochłaniania dźwięku należy wyznaczać zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie PN EN ISO 11654:1999 [7].

6.3 AKUSTYKA SALI GIMNASTYCZNEJ

6.3.1 ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Sala gimnastyczna jest pomieszczeniem, które ze względu na kubaturę i geometrię ścian i sufitu wymaga dokładnej analizy akustyki wnętrza. Wymagania dla tego typu pomieszczeń są określone w normie PN-B-02151-4:2015-06 [5]:

- czas pogłosu $T \leq 1,8$ s w każdym paśmie oktawowym o środkowej częstotliwości 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz,
- w pomieszczeniach o dużej kubaturze, w których przewiduje się zainstalowanie systemu nagłaśniającego, zaleca się, aby czas pogłosu, T , w paśmie częstotliwości $f = 125$ Hz był zbliżony do wartości czasu pogłosu, T , w pasmach częstotliwości $f = 500$ Hz i 1 000 Hz,
- ze względu na istotne trudności techniczne w spełnieniu wymagania $T \leq 1,8$ s w paśmie częstotliwości $f = 125$ Hz, projektanci akustyki dopuszczają wartość czasu pogłosu w tym paśmie o 30 % większą.



Rys 6.1. Dopuszczalne granice czasu pogłosu T [s]

Zgodnie z zaleceniami normy [5] wymagania muszą być spełnione w pomieszczeniu w pełni umeblowanym i wykończonym, lecz bez obecności ludzi.

6.3.2 KOMPUTEROWY MODEL AKUSTYCZNY

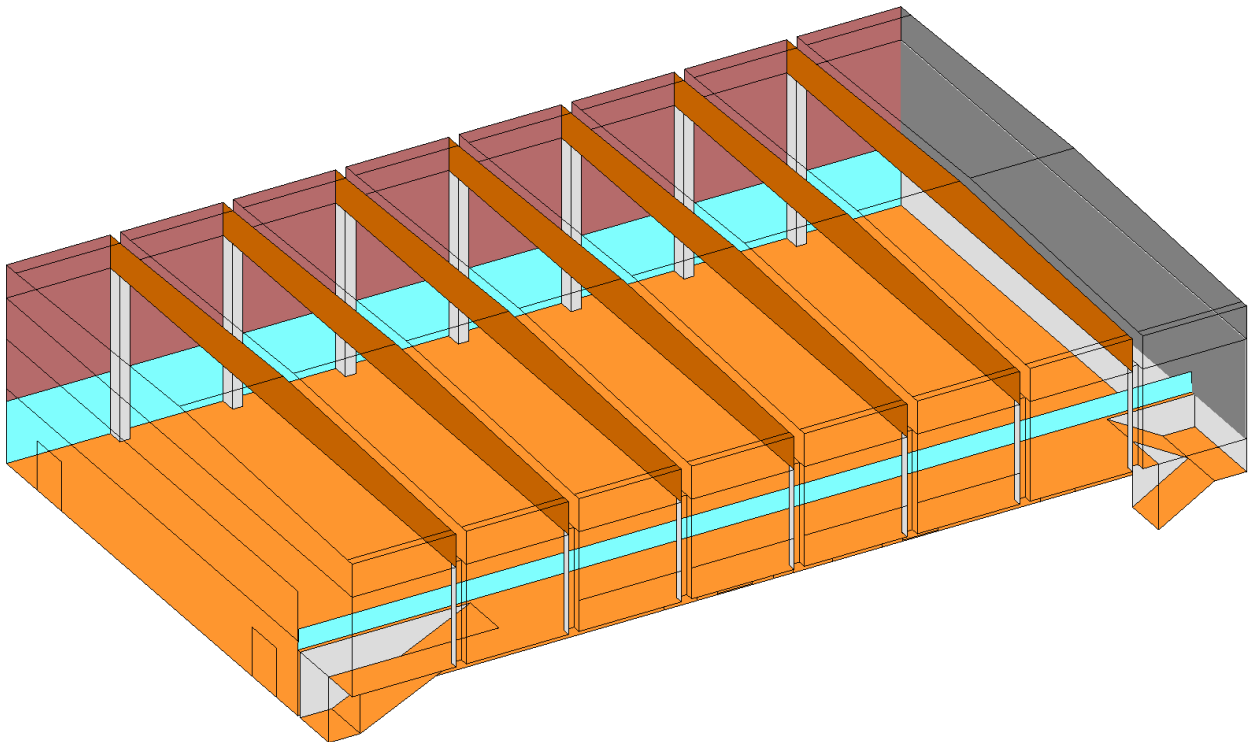
Modelowanie akustyki sali gimnastycznej przeprowadzono wykorzystując teorię statystyczną oraz geometryczną.

W celu wykonania analizy obliczeniowej parametrów akustycznych pomieszczenia, wykonano trójwymiarowy model akustyczny w programie CATT Acoustic.

Geometrię sali zbudowano w oparciu o przekazane przez architekta rysunki w formacie dwg.

Wyjściowe parametry akustyczne poszczególnych materiałów, takie jak współczynniki pochłaniania i rozpraszania dźwięku, dobrano w oparciu o dane literaturowe [5], [11], [13], karty katalogowe zastosowanych rozwiązań oraz obliczenia wykonane w dedykowanym oprogramowaniu komputerowym.

Na poniższym rysunku przedstawiono widok zamodelowanej sali gimnastycznej.

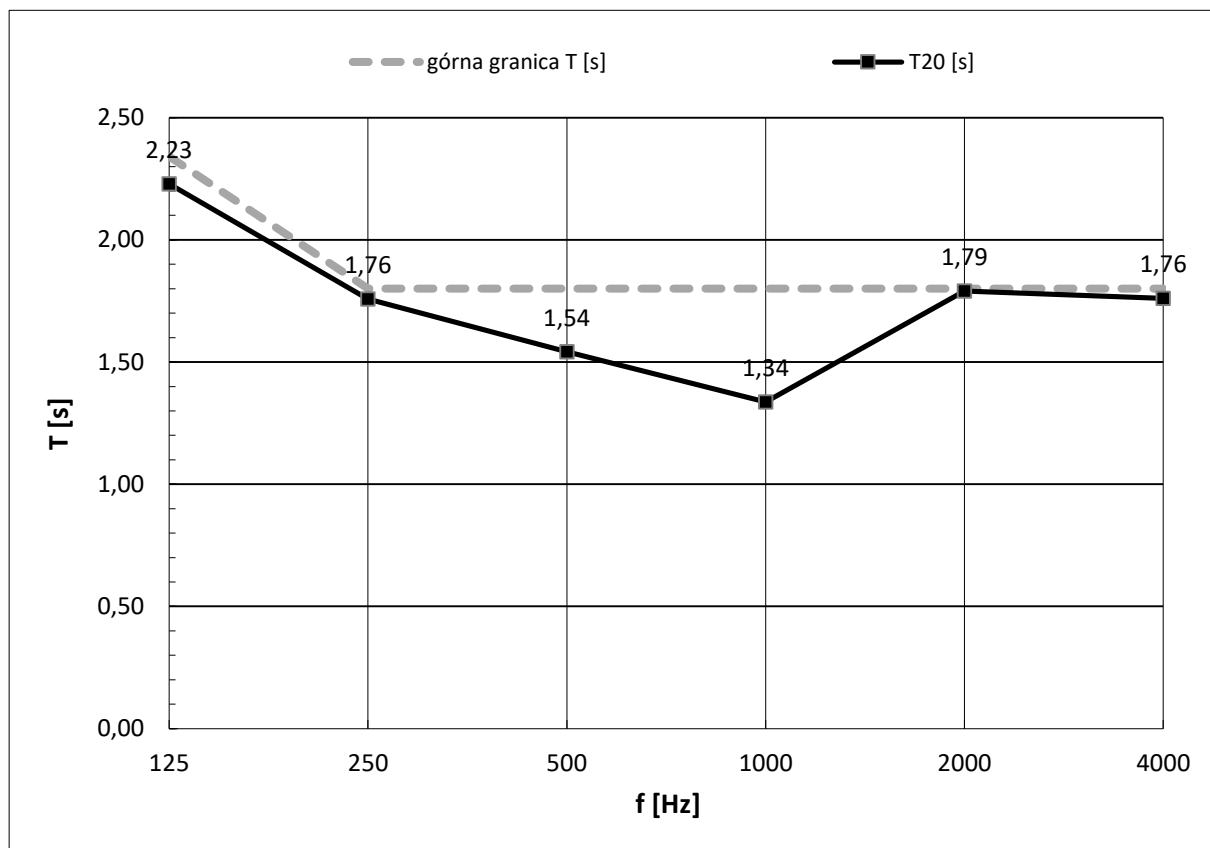


Rys 6.2. Widok aksonometryczny modelu akustycznego sali gimnastycznej

6.3.3 OBLICZENIA

W niniejszym rozdziale przedstawiono obliczenia czasu pogłosu T_{20} sali gimnastycznej.

Rysunek Rys 6.2 pokazuje wykres czasu pogłosu w pasmach oktaowych o częstotliwościach środkowych 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz. Wartość czasu pogłosu spełnia stawiane wymagania.



Rys 6.3. Charakterystyka częstotliwościowa czasu pogłosu dla sali gimnastycznej

6.3.4 ROZWIĄZANIA PROJEKTOWE

Wymagane parametry akustyczne wnętrza zostały osiągnięte poprzez dobór okładzin dźwiękochłonnych umieszczonych na suficie i ścianach sali gimnastycznej.

Sufit sali gimnastycznej został zaadaptowany akustycznie ustrojem pochłaniającym dźwięk w szerokim zakresie częstotliwości. Została wykorzystana perforowana blacha trapezowa z wełną mineralną.

Ściany sali gimnastycznej zostały zaadaptowane akustycznie dwoma rodzajami ustrojów akustycznych: szczelinowy ustrój akustyczny wykonany z kantówek drewnianych, za którymi umieszczono wełnę mineralną oraz perforowaną blachę trapezową za którą znajduje się wełna mineralna.

W pomieszczeniu zastosowano następujące ustroje akustyczne:

- UPRF01 – ustrój akustyczny na suficie według specyfikacji w Tab. 6.3,
- UPRF02 – ustrój akustyczny na ścianach według specyfikacji w Tab. 6.4,
- US01 – ustrój akustyczny na ścianach według specyfikacji w Tab. 6.6.

Schemat rozmieszczenia adaptacji akustycznej w sali gimnastycznej został pokazany na rysunku AW.01.

6.4 SPECYFIKACJA TECHNICZNA ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ

W niniejszym rozdziale przedstawiono rozwiązania projektowe dotyczące adaptacji akustycznej.

Tab. 6.3. Specyfikacja techniczna ustroju UPRF01

| | | | | | | |
|--|---|------|------|-------|-------|-------|
| Przykładowy materiał | Blacha trapezowa perforowana | | | | | |
| Konstrukcja | Blacha trapezowa perforowana: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none">• grubość 1,0 – 1,5 mm,• stopień perforacji ok. 35,5 %. Systemowy materiał tłumiący. | | | | | |
| Wymagana minimalna wartość współczynników pochłaniania dźwięku | | | | | | |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 |
| α (±10%) | 0,85 | 0,99 | 0,99 | 0,80 | 0,35 | 0,20 |

Tab. 6.4. Specyfikacja techniczna ustroju UPRF02

| | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|
| Przykładowy materiał | Blacha trapezowa perforowana | | | | | |
| Konstrukcja | Blacha trapezowa perforowana: <ul style="list-style-type: none">• grubość 1,0 – 1,5 mm,• stopień perforacji ok. 35,5 %. | | | | | |
| | Systemowy materiał tłumiący: <ul style="list-style-type: none">• grubość 50 mm,• kliny wypełniające nerwury. | | | | | |
| Wymagana minimalna wartość współczynników pochłaniania dźwięku | | | | | | |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 |
| α (±10%) | 0,85 | 0,99 | 0,99 | 0,80 | 0,35 | 0,20 |

Tab. 6.5. Specyfikacja techniczna ustroju UPRF03

| | | | | | | |
|--|---|------|------|-------|-------|-------|
| Przykładowy materiał | Płyta GK perforowana | | | | | |
| Konstrukcja | Płyta GK perforowana: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none">grubość 12,5 mm,stopień perforacji ok. 15,5 %. Systemowy materiał tłumiący grubości 40 mm. | | | | | |
| Wymagana minimalna wartość współczynników pochłaniania dźwięku | | | | | | |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 |
| α (±10%) | 0,30 | 0,75 | 0,99 | 0,90 | 0,60 | 0,40 |

Tab. 6.6. Specyfikacja techniczna ustroju US01

| | | | | | | |
|----------------------|--|------|------|------|-------|-------|
| Przykładowy materiał | Listwy drewniane na wełnie mineralnej | | | | | |
| Konstrukcja | Listwy drewniane: <ul style="list-style-type: none">• szerokość 40 mm i 60 mm – układane na przemian,• grubość 60 mm i 80 mm – układane na przemian,• odstęp między listwami 40 mm. Wełna mineralna zabezpieczona przed pyleniem: <ul style="list-style-type: none">• grubość 100 mm,• gęstość > 60 kg/m³. | | | | | |
| | Wymagana minimalna wartość współczynników pochłaniania dźwięku | | | | | |
| | f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 |
| α (±10%) | 0,40 | 0,60 | 0,75 | 0,80 | 0,65 | 0,75 |

Tab. 6.7. Specyfikacja techniczna ustroju UP01

| | | | | | | |
|--|---|------|------|-------|-------|-------|
| Przykładowy materiał | Tynk akustyczny | | | | | |
| Konstrukcja | Systemowy tynk akustyczny: <ul style="list-style-type: none">• całkowita wysokość konstrukcji < 45 mm. | | | | | |
| Wymagana minimalna wartość współczynników pochłaniania dźwięku | | | | | | |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 |
| α (±10%) | 0.30 | 0.80 | 0.99 | 0.99 | 0.95 | 0.95 |

Tab. 6.8. Specyfikacja techniczna ustroju UP02

| | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|
| Przykładowy materiał | Płyta z wełny mineralnej pokryta tkaniną | | | | | |
| Konstrukcja | Płyta z wełny mineralnej pokryta tkaniną: <ul style="list-style-type: none">• grubość 40 mm. | | | | | |
| Wymagana minimalna wartość współczynników pochłaniania dźwięku | | | | | | |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 |
| α (±10%) | 0,20 | 0,75 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |

Tab. 6.9. Specyfikacja techniczna ustroju UP03

| | | | | | | |
|--|---|------|------|-------|-------|-------|
| Przykładowy materiał | Sufit podwieszany akustyczny | | | | | |
| Konstrukcja | Systemowy sufit akustyczny na podkonstrukcji stalowej: <ul style="list-style-type: none">• grubość płyty 20 mm,• całkowita wysokość konstrukcji < 100 mm. | | | | | |
| Wymagana minimalna wartość współczynników pochłaniania dźwięku | | | | | | |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 |
| α (±10%) | 0,20 | 0,60 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,99 |

Tab. 6.10. Specyfikacja techniczna ustroju UB01

| | | | | | | |
|--|---|------|------|-------|-------|-------|
| Przykładowy materiał | Baffle akustyczne | | | | | |
| Konstrukcja | Wiszące baffle akustyczne: <ul style="list-style-type: none">• grubość 55 mm,• wysokość 300 mm,• wysokość zawieszenia 0 mm,• rozstaw 350 mm. | | | | | |
| Wymagana minimalna wartość współczynników pochłaniania dźwięku | | | | | | |
| f [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 |
| α (±10%) | 0.35 | 0.45 | 0.55 | 0.60 | 0.60 | 0.75 |

7 SYSTEMY AUDIO-WIDEO

7.1 Opis systemu

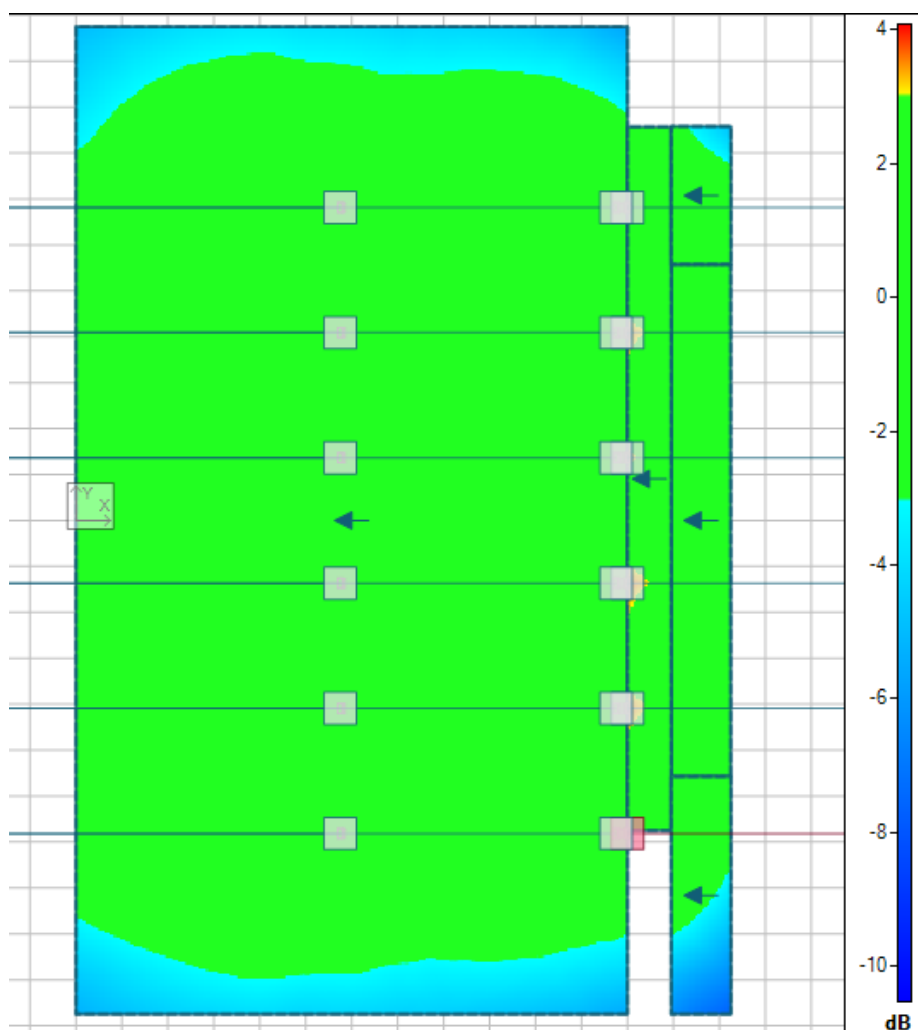
Projekt systemów audio-wideo przewiduje wyposażenie sali gimnastycznej w kompletne rozwiązania umożliwiające realizację wydarzeń typowych dla tego typu obiektów takich jak:

- zajęcia wychowania fizycznego,
- zawody sportowe,
- zajęcia fitness,
- apele,
- prezentacje,
- dyskoteki szkolne.

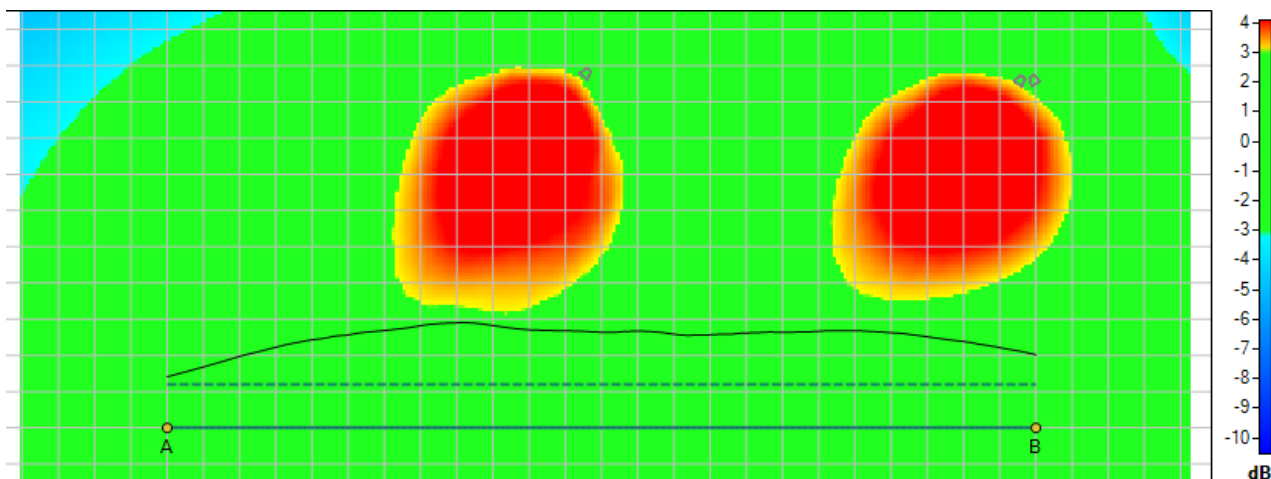
Aby umożliwić realizację powyższych wydarzeń, obiekt zostanie wyposażony w:

- przyłącza sygnałowe umieszczone na poziomie boiska oraz trybuny, zawierające złącza sygnałowe głośnikowe, mikrofonowe, oświetleniowe DMX oraz prądowe;
- komplet instalacyjnych urządzeń głośnikowych umożliwiających niezależne nagłaśnianie wybranych trzech stref na boisku (strefy zgodne z podziałem boiska kotarami) oraz trybunach;
- zestaw dwóch projektorów multimedialnych oraz ekranów rozwijanych elektrycznie;
- szafa techniczna z kompletem urządzeń zasilających i sterujących urządzenia na Sali gimnastycznej.

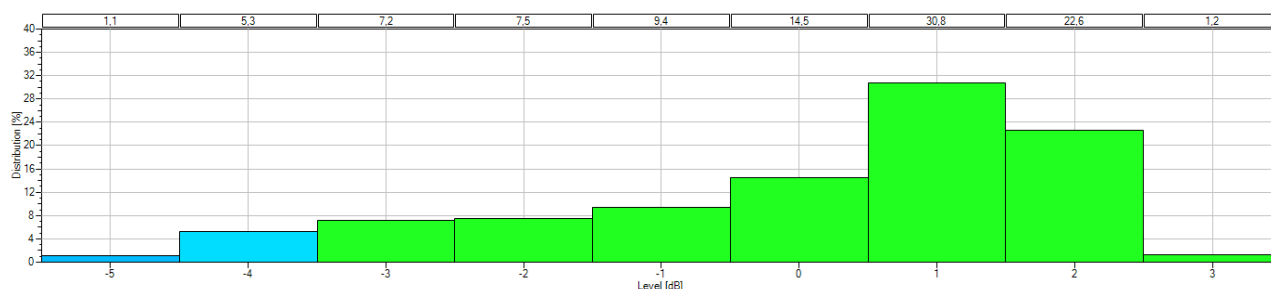
Sterowanie całym systemem audio-video będzie odbywać się w pomieszczeniu sędziowskim (pom. 0.09), które zostanie wyposażone w panele manipulacyjne pozwalające na wybór źródła dźwięku i obrazu, regulację głośności czy wybór stref nagłaśniania. Zaprojektowany system powinien zapewnić nierównomierność nagłaśniania $\leq \pm 3$ dB (A) dla dźwięku bezpośredniego dla 90% powierzchni boiska i widowni sali gimnastycznej.



Rys 7.1. Rozkład nierównomierności poziomu dźwięku dB (A) na rzucie boiska i widowni sali gimnastycznej.



Rys 7.2. Rozkład nierównomierności poziomu dźwięku dB (A) na przekroju poprzecznym boiska sali gimnastycznej.



Rys 7.3. Rozkład procentowy nierównomierności poziomu dźwięku dB (A) boiska i widowni sali gimnastycznej.

Sala powinna zostać wyposażona w linie sygnałowe DMX, umożliwiające połączenie wypożyczanych urządzeń oświetleniowych między boiskiem, trybuną oraz pomieszczeniem sędziowskim.

Szczegółowe wytyczne elektryczne dotyczące ilości obwodów oraz bilansu mocy zostały przedstawione w załączniku nr 1 niniejszego projektu.

7.2 Zestawienie linii kablowych

Tab. 7.1. Linie kablowe sterujące

| Oznaczenie linii | Skąd | Rodzaj złącza | Rodzaj kabla | Rodzaj złącza | Dokąd | Typ linii | Szacunkowa długość linii [m] |
|------------------|---------|---------------|---------------|---------------|--------|-----------|------------------------------|
| LS-01 | STAV-01 | 1 × RJ-45/M/K | 1 x FTP Cat 6 | 1 × RJ-45/F/T | PAN-01 | S | 12 |

Tab. 7.2. Linie kablowe wideo

| Oznaczenie linii | Skąd | Rodzaj złącza | Rodzaj kabla | Rodzaj złącza | Dokąd | Typ linii | Szacunkowa długość linii [m] |
|------------------|---------|---------------|---------------|---------------|-----------|-----------|------------------------------|
| LV-01 | STAV-01 | 1 × HDMI/M/K | 1 x HDMI | 1 × HDMI/F/T | PS-S01 | S | 12 |
| LV-02 | STAV-01 | 1 × RJ-45/M/K | 1 x FTP Cat 6 | 1 × RJ-45/F/T | PS-01 | S | 19 |
| LV-03 | STAV-01 | 1 × RJ-45/M/K | 1 x FTP Cat 6 | 1 × RJ-45/F/T | PS-02 | S | 20 |
| LV-04 | STAV-01 | 1 × RJ-45/M/K | 1 x FTP Cat 6 | 1 × RJ-45/F/T | PS-PROJ01 | S | 50 |
| LV-05 | STAV-01 | 1 × RJ-45/M/K | 1 x FTP Cat 6 | 1 × RJ-45/F/T | PS-PROJ02 | S | 38 |

Tab. 7.3. Linie kablowe oświetleniowe

| Oznaczenie linii | Skąd | Rodzaj złącza | Rodzaj kabla | Rodzaj złącza | Dokąd | Typ linii | Szacunkowa długość linii [m] |
|------------------|---------|---------------|------------------------------|---------------|-------|-----------|------------------------------|
| LOS-01 | STAV-01 | 1 × XLR/M/T | 1 x 2 x 0,22 mm ² | 1 × XLR5/F/T | PS-01 | S | 19 |
| LOS-02 | STAV-01 | 1 × XLR/M/T | 1 x 2 x 0,22 mm ² | 1 × XLR5/F/T | PS-02 | S | 20 |
| LOS-03 | STAV-01 | 1 × XLR/M/T | 1 x 2 x 0,22 mm ² | 1 × XLR5/F/T | PS-03 | S | 20 |
| LOS-04 | STAV-01 | 1 × XLR/M/T | 1 x 2 x 0,22 mm ² | 1 × XLR5/F/T | PS-04 | S | 22 |

Tab. 7.4. Linie kablowe foniczne analogowe

| Oznaczenie linii | Skąd | Rodzaj złącza | Rodzaj kabla | Rodzaj złącza | Dokąd | Typ linii | Szacunkowa długość linii [m] |
|------------------|-------------|---------------|------------------------------|---------------|--------|-----------|------------------------------|
| LFA-01 | STAV-01 | ZACISK | 1 x 2 x 0,22 mm ² | 1 × XLR3/M/T | PS-S01 | S | 12 |
| LFA-02 | STAV-01 | ZACISK | 2 x 2 x 0,22 mm ² | 2 × XLR3/M/T | PS-S01 | S | 12 |
| LFA-03 | STAV-01 | ZACISK | 1 x 2 x 0,22 mm ² | 1 × XLR3/M/T | PS-S01 | S | 12 |
| LFA-04 | STAV-01 | ZACISK | 2 x 2 x 0,22 mm ² | 2 × XLR3/M/T | PS-01 | S | 19 |
| LFA-05 | PS-FOH01/HZ | ZACISK | 2 x 2 x 0,22 mm ² | 2 × XLR3/M/T | PS-02 | S | 20 |

Tab. 7.5. Linie kablowe głośnikowe

| Oznaczenie linii | Skąd | Rodzaj złącza | Rodzaj kabla | Rodzaj złącza | Dokąd | Typ linii | Szacunkowa długość linii [m] |
|------------------|---------|---------------|-------------------------|---------------|----------------|-----------|------------------------------|
| LG-01 | STAV-01 | ZACISK | 2 x 2,5 mm ² | ZACISK | UG-W01–W07 | S | 119 |
| LG-02 | STAV-01 | ZACISK | 2 x 2,5 mm ² | ZACISK | UG-B01.1–B02.2 | S | 76 |
| LG-03 | STAV-01 | ZACISK | 2 x 2,5 mm ² | ZACISK | UG-B03.1–B05.2 | S | 93 |
| LG-04 | STAV-01 | ZACISK | 2 x 2,5 mm ² | ZACISK | UG-B06.1–B07.2 | S | 63 |

Tab. 7.6. Linie kablowe antenowe

| Oznaczenie linii | Skąd | Rodzaj złącza | Rodzaj kabla | Rodzaj złącza | Dokąd | Typ linii | Szacunkowa długość linii [m] |
|------------------|---------|---------------|---------------------|---------------|--------|-----------|------------------------------|
| LRF-01/HZ | STAV-01 | 1 × BNC/M/K | koncentryczny 50ohm | 1 × BNC/F/T | PS-ANT | S | 16 |
| LRF-02/HZ | STAV-01 | 1 × BNC/M/K | koncentryczny 50ohm | 1 × BNC/F/T | PS-ANT | S | 16 |

Legenda:

1. Rodzaj kabla:

- a. a×p – przewód sygnałowy do sygnałów analogowych × parowy, np.: a2p przewód sygnałowy 2 parowy, każda para symetryczna, szczegółowa specyfikacja wg STWiOR.

- b. $X \times Y \times Z \text{ mm}^2$ – X przewodów głośnikowych o Y żyłach i przekroju Z mm^2 , szczegółowa specyfikacja wg STWiOR.
- c. FTP cat.6 – ekranowany kabel, 4 pary skręcone, cat.6, szczegółowa specyfikacja wg STWiOR.
- d. koncentryczny 50 Ohm – przewód koncentryczny o impedancji falowej 50Ω , małej tłumienności sygnału, szczegółowa specyfikacja wg STWiOR.
- e. HDMI – przewód HDMI zakończony wtykami męskimi, szczegółowa specyfikacja wg STWiOR.

2. Typy linii:

- S — linie stałe,
- R – linie ruchome.

3. Złącza:

- RJ-45 – złącze do łączenia sieci komputerowych,
- BNC – złącze stosowane do łączenia sieci opartych na kablach koncentrycznych,
- ZACISK – kabel niezakończony złączem systemowym
- XLR3 – XLR 3 pinowy,
- XLR5 – XLR 5 pinowy,
- HDMI – złącze wideo typu HDMI.

4. Zakończenie złącza:

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

8 PODSUMOWANIE

W niniejszym opracowaniu przedstawiono projekt wykonawczy w zakresie ochrony przeciwdźwiękowej, akustyki wnętrza, systemu nagłaśniania oraz systemu multimedialnego.

Wszystkie rozwiązania przyjęte w projekcie są zgodne z wytycznymi przekazanymi zespołowi projektowemu.

Opracowanie jest zgodne z zakresem umowy [1] oraz dokumentów związanych. W opracowaniu wykorzystano uzgodnienia poczynione z Zamawiającym w trakcie procesu projektowego.

Opracowanie jest kompletne z uwagi na cel, jakiemu służy.