



Operat akustyczny projektu technicznego
„BUDOWA OBIEKTU WYSTAWIENNICZO-
EDUKACYJNEGO ORAZ DWÓCH BUDYNKÓW
GOSPODARCZYCH NA TERENIE MUZEUM
TREBLINKA. NIEMIECKI NAZISTOWSKI OBÓZ
ZAGŁADY I PRACY (1941-1944) WRAZ Z
ZAGOSPODAROWANIEM TERENU I
INFRASTRUKTURĄ TECHNICZNĄ”

Wykonawca:

Hubert Jastrzębski Falcon Acoustics
ul. Siennicka 29B/3
04-394 Warszawa

Zamawiający:

Piotr Bujnowski - Architekt
ul. Lwowska 17/5,
00-660 Warszawa

Lokalizacja inwestycji:

Lokalizacja: dz. nr. ew. 81/3,
obr. Wólka Okrąglik, gmina Kosów
Lacki, powiat sokołowski

Liczba stron: 50
Liczba załączników: 0

**Miejsce oraz data
wykonania operatu:**

Warszawa, 24.11.2022 rok.

Operat wykonała: mgr inż. Paulina Kominek	Sprawdził: mgr inż. Hubert Jastrzębski	Autoryzował: mgr inż. Hubert Jastrzębski
--	---	---

SPIS TREŚCI

1	Wstęp.....	4
1.1	Cel i zakres opracowania	4
1.2	Podstawa opracowania	4
1.3	Wymagania prawne wobec ochrony budynków przed hałasem.....	5
1.4	Opis inwestycji.....	8
2	Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych	9
2.1	Wymagania przegród wewnętrznych	9
2.2	Metoda obliczeniowa izolacyjności przegród wewnętrznych	11
2.2.1	Izolacyjność od dźwięków powietrznych. Metoda szacunkowa	11
2.2.2	Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych. Metoda uproszczona	12
2.3	Wyniki obliczeń przegród wewnętrznych	12
2.3.1	Ściana między salą konferencyjną a korytarzem (ściana szklana) – dźwięki powietrzne	12
2.3.2	Ściana między salą konferencyjną a pomieszczeniem sanitarnym – dźwięki powietrzne	13
2.3.3	Ściana między pokojem biurowym a korytarzem – dźwięki powietrzne.....	14
2.3.4	Ściana między pokojem biurowym (sekretariatem) a korytarzem (ściana szklana) – dźwięki powietrzne	15
2.3.5	Ściana między pokojami biurowymi – dźwięki powietrzne	16
2.3.6	Ściana między pokojem biurowym a klatką schodową – dźwięki powietrzne	17
2.3.7	Ściana między salą edukacyjną a kasami z szatnią – dźwięki powietrzne.....	18
2.3.8	Ściana między salą edukacyjną a holem głównym – dźwięki powietrzne	19
2.3.9	Ściana między salą wielofunkcyjną a pomieszczeniem technicznym – dźwięki powietrzne	20
2.3.10	Strop między salami edukacyjnymi – dźwięki powietrzne	21
2.3.11	Strop między salą wielofunkcyjną a salą wystaw czasowych – dźwięki powietrzne... 21	
2.3.12	Strop między pokojem biurowym a pomieszczeniem technicznym – dźwięki powietrzne	22
2.3.13	Strop między salami edukacyjnymi – dźwięki uderzeniowe	23
2.3.14	Strop między salą wielofunkcyjną a salą wystaw czasowych – dźwięki uderzeniowe	24
2.3.15	Podsumowanie wyników izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych	26
3	Hałas pochodzący od wyposażenia technicznego budynku	29
3.1	Wymagania dopuszczalnego poziomu hałasu wg normy PN-B-02151-2:1987	29
3.2	Zalecenia dotyczące hałasu instalacyjnego w budynku.....	30
4	Analiza akustyki wewnątrz	35

4.1	Wymagania czasu pogłosu i wskaźnika transmisji mowy.....	35
4.2	Opis parametrów użytych w analizie akustyki wewnątrz	36
4.2.1	Wskaźnik zrozumiałości mowy STI	36
4.2.2	Czas pogłosu.....	36
4.3	Opis obliczeń warunków akustycznych wewnątrz metodą geometryczną	36
4.4	Opis obliczeń czasu pogłosu metodą statystyczną	37
4.5	Obliczenia oraz wyniki czasu pogłosu	37
4.5.1	Zestawienie użytych ustrojów akustycznych.....	38
4.5.2	Wyniki obliczeń - sala edukacyjna 0.09	39
4.5.3	Wyniki obliczeń - sala wielofunkcyjna U.02	41
4.5.4	Wyznaczenie czasu pogłosu metodą statystyczną w wybranych pomieszczeniach	43
4.6	Wyniki obliczeń wskaźnika transmisji mowy – STI.....	44
5	Podsumowanie.....	47
5.1	Wytyczne przegród wewnętrznych i drzwi	47
5.2	Wytyczne dot. akustyki wewnątrz.....	50

1 WSTĘP

1.1 Cel i zakres opracowania

Niniejsze opracowanie ma na celu określenie wymagań akustycznych charakterystycznych dla danej inwestycji, a następnie sprawdzenie, czy są one spełnione w ramach projektu poprzez wykonanie stosownych modeli obliczeniowych. W przypadku niespełnień proponowano modyfikację obecnych rozwiązań. Zakres opracowania obejmuje:

1. Obliczenia izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych:
 - a. Wyznaczenie funkcji pomieszczeń pod względem akustycznym wg normy PN-B-02151-3:2015,
 - b. Określenie izolacyjności właściwej zastosowanych w projekcie materiałów,
 - c. Określenie izolacyjności akustycznej przegród z uwzględnieniem przenoszenia bocznego, między różnymi typami pomieszczeń wg normy PN-EN ISO 12354-1:2017 oraz PN-EN ISO 12354-2:2017.
2. Obliczenia czasu pogłosu oraz wskaźnika transmisji mowy STI:
 - a. Wyznaczenie funkcji pomieszczeń pod względem akustycznym wg normy PN-B-02151-4:2015,
 - b. Wykonanie modelu numerycznego wybranych pomieszczeń w programie CATT Acoustics lub przeprowadzenie obliczeń metodą statystyczną,
 - c. Określenie współczynnika pochłaniania dźwięku zastosowanych w projekcie materiałów,
 - d. Określenie parametrów akustycznych (czas pogłosu, STI) w wybranych pomieszczeniach chronionych.
3. Wytyczne dla instalacji technicznych budynku, w celu zachowania wymagań normy PN-B-02151-2:1987 w pomieszczeniach chronionych

1.2 Podstawa opracowania

- [1] *Ustawa z dnia 7 lipca 1994 Prawo budowlane (tekst jedn.: Dz.U. 2020 poz. 1333).*
- [2] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.*
- [3] PN-B-02151-3:2015, *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.*
- [4] PN-EN ISO 12354-1:2017, *Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami.*
- [5] B. Szudrowicz, *Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku według PN-EN 12354-1: 2002 i PN-EN 12354-2: 2002*, Warszawa: Instytut Techniki Budowlanej, 2016.
- [6] PN-EN ISO 12354-2:2017, *Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami.*

- [7] PN-EN ISO 12354-2:2002, *Akustyka budowlana. Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami.*
- [8] PN-B-02151-2:1987, *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Część 2: Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.*
- [9] J. Sadowski, *Akustyka architektoniczna*, Warszawa-Poznań: PWN, 1976.
- [10] PN-B-02151-4:2015, *Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.*
- [11] PN-EN ISO 3382-2 *Akustyka. Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń. Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach.*
- [12] Bujnowski Architekci Sp. z o.o., *Dokumentacja techniczna projektu: Budowa obiektu wystawienniczo-edukacyjnego oraz dwóch budynków gospodarczych na terenie Muzeum Treblinka. Niemiecki Nazistowski Obóz Zagłady i Pracy (1941 - 1944) wraz z zagospodarowaniem terenu i infrastrukturą*, Warszawa, 2022.

1.3 Wymagania prawne wobec ochrony budynków przed hałasem

W niniejszym rozdziale przedstawiono najistotniejsze, pod względem prawnym, zapisy z wybranych aktów prawnych, stanowiących o konieczności ochrony przed hałasem budynków.

Ustawa prawo budowlane [1]:

Art. 5. 1. Obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając:

- 1) spełnienie podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych określonych w załączniku I do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającego dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz. Urz. UE L 88 z 04.04.2011, str. 5, z późn. zm.), dotyczących:
 - a) nośności i stateczności konstrukcji,
 - a) bezpieczeństwa pożarowego,
 - b) higieny, zdrowia i środowiska,
 - c) bezpieczeństwa użytkowania i dostępności obiektów,
 - d) ochrony przed hałasem,
 - e) oszczędności energii i izolacyjności cieplnej,
 - f) zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych;

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY I BUDOWNICTWA w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2]:

Zabudowa i zagospodarowanie działki budowlanej

Rozdział 1

Usytuowanie budynku

§11. 1. Budynek z pomieszczeniami przeznaczonymi na pobyt ludzi powinien być wznoszony poza zasięgiem zagrożeń i uciążliwości określonych w przepisach odrębnych, przy czym dopuszcza się wznoszenie budynków w tym zasięgu pod warunkiem zastosowania środków technicznych zmniejszających uciążliwości poniżej poziomu ustalonego w tych przepisach bądź zwiększających odporność budynku na te zagrożenia i uciążliwości, jeżeli nie jest to sprzeczne z warunkami ustalonymi dla obszarów ograniczonego użytkowania, określonych w przepisach odrębnych.

2. Do uciążliwości, o których mowa w ust. 1, zalicza się w szczególności:

- 1) szkodliwe promieniowanie i oddziaływanie pól elektromagnetycznych,
- 2) hałas i drgania (wibracje),
- 3) zanieczyszczenie powietrza,
- 4) zanieczyszczenie gruntu i wód,
- 5) powodzie i zalewanie wodami opadowymi,
- 6) osuwiska gruntu, lawiny skalne i śnieżne,
- 7) szkody spowodowane działalnością górniczą.

DZIAŁ IX

Ochrona przed hałasem i drganiami

§ 323. 1. Budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby poziom hałasu, na który będą narażeni użytkownicy lub ludzie znajdujący się w ich sąsiedztwie, nie stanowił zagrożenia dla ich zdrowia, a także umożliwiał im pracę, odpoczynek i sen w zadowalających warunkach.

2. Pomieszczenia w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy chronić przed hałasem:

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

§ 324. Budynek, w którym ze względu na prowadzoną w nim działalność lub sposób eksploatacji mogą powstawać uciążliwe dla otoczenia hałasy lub drgania, należy kształtować i zabezpieczać tak, aby poziom hałasów i drgań przenikających do otoczenia z pomieszczeń tego budynku nie przekraczał wartości dopuszczalnych określonych w przepisach odrębnych dotyczących ochrony środowiska, a także nie powodował przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu i drgań w pomieszczeniach innych budynków podlegających ochronie przeciwhałasowej i przeciwdrganiowej określonego w Polskich Normach dotyczących dopuszczalnych wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach oraz oceny wpływu drgań na budynki i na ludzi w budynkach.

§ 325. 1. Budynki mieszkalne, budynki zamieszkania zbiorowego i budynki użyteczności publicznej należy sytuować w miejscach najmniej narażonych na występowanie hałasu i drgań, a jeżeli one występują i ich poziom będą powodować w pomieszczeniach tych budynków przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu i drgań, określonych w Polskich Normach dotyczących

dopuszczalnych wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach oraz oceny wpływu drgań na budynki i na ludzi w budynkach, należy stosować skuteczne zabezpieczenia.

2. Budynki z pomieszczeniami wymagającymi ochrony przed zewnętrznym hałasem i drganiami należy chronić przed tymi uciążliwościami poprzez zachowanie odpowiednich odległości od ich źródeł, usytuowanie i ukształtowanie budynku, stosowanie elementów amortyzujących drgania oraz osłaniających i ekranujących przed hałasem, a także racjonalne rozmieszczenie pomieszczeń w budynku oraz zapewnienie izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych określonej w Polskiej Normie dotyczącej wymaganej izolacyjności akustycznej przegród w budynkach oraz izolacyjności akustycznej elementów budowlanych.

§ 326. 1. Poziom hałasu oraz drgań przenikających do pomieszczeń w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej, z wyłączeniem budynków, dla którego jest konieczne spełnienie szczególnych wymagań ochrony przed hałasem, nie może przekraczać wartości dopuszczalnych, określonych w Polskich Normach dotyczących ochrony przed hałasem pomieszczeń w budynkach oraz oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach.

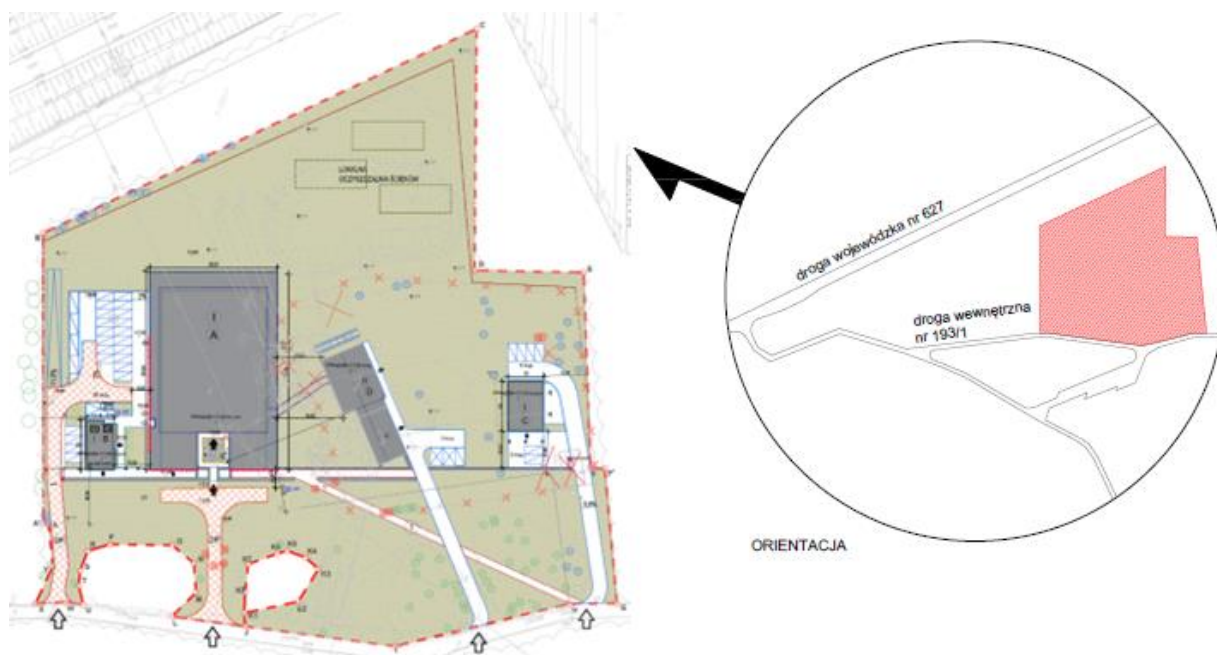
2. W budynkach o których mowa w ust. 1, przegrody zewnętrzne i wewnętrzne, a także elementy budowlane powinny mieć izolacyjność akustyczną:
 - 1) od dźwięków powietrznych dla: ścian zewnętrznych, stropodachów, ścian wewnętrznych, okien w przegrodach zewnętrznych, drzwi i okien wewnętrznych,
 - 2) od dźwięków powietrznych i uderzeniowych dla stropów, nie mniejszą od określonej w Polskiej Normie dotyczącej izolacyjności akustycznej przegród w budynkach oraz izolacyjności akustycznej elementów budowlanych.
3. W budynku wielorodzinnym izolacja akustyczna stropów między mieszkaniowych powinna zapewniać zachowanie przez te stropy właściwości akustycznych, o których mowa w ust. 2 pkt. 2, bez względu na rodzaj zastosowanej nawierzchni podłogowej.

§ 327. 1. Zabrania się sytuowania przy pomieszczeniach mieszkalnych pomieszczeń technicznych o szczególnej uciążliwości, takich jak szyby i maszynownie dźwigowe lub zsypy śmieciowe. Wymaganie to nie dotyczy przypadków o których mowa w § 196 ust. 2 oraz w § 197 ust. 2 – przy nadbudowie lub adaptacji strychu na cele mieszkalne.

2. Instalacje i urządzenia, stanowiące techniczne wyposażenie budynku mieszkalnego, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej, nie mogą powodować powstawania nadmiernych hałasów i drgań, utrudniających eksploatację lub uniemożliwiających ochronę użytkowników pomieszczeń przed ich oddziaływaniem.
3. Sposób posadowienia urządzeń, o których mowa w ust. 1, oraz sposób ich połączenia z przewodami i elementami konstrukcyjnymi budynku, jak również sposób połączenia poszczególnych odcinków przewodów między sobą i z elementami konstrukcyjnymi budynku, powinien zapobiegać powstawaniu i rozchodzeniu się hałasów i drgań do pomieszczeń podlegających ochronie lub do otoczenia budynku.
4. Ściany i stropy oraz inne elementy budowlane pomieszczeń technicznych i garaży w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego powinny mieć konstrukcję uniemożliwiającą przenikanie z tych pomieszczeń hałasów i drgań do pomieszczeń wymagających ochrony.

1.4 Opis inwestycji

Inwestycja zlokalizowana jest we wsi Wólka Okrąglik, dz. nr ewid. 81/3, obręb Wólka Okrąglik, gmina Kosów Lacki. Składa się ona z trzech budynków: obiektu wystawienniczo-edukacyjnego oraz dwóch budynków gospodarczych wraz z infrastrukturą techniczną i zagospodarowaniem terenu (oznaczone kolejna A, B i C). W niniejszym opracowaniu przeprowadzono analizę dla budynku A, czyli wystawienniczo-edukacyjnego. Poniżej, na Rys. 1.1, przedstawiono rzut terenu inwestycji z zaznaczonym obrysem budynków. Budynek A ma 1 kondygnację nadziemną oraz 1 kondygnację podziemną. Kondygnacja nadziemna ma łączoną funkcję wystawienniczo-edukacyjno-biurową, kondygnacja podziemna pełni funkcję edukacyjno-techniczną.



Rys. 1.1 Położenie terenu oraz budynków Inwestycji

2 IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA PRZEGRÓD WEWNĘTRZNYCH

2.1 Wymagania przegród wewnętrznych

Wymagania dotyczące przegród wewnętrznych dla izolacyjności akustycznej zostały sprecyzowane w normie **PN-B-02151-3:2015** [3]. W Tab. 2.1 zawarto wyciąg z wymaganiami dla izolacyjności od dźwięków powietrznych. W Tab. 2.2 wymagania od dźwięków uderzeniowych, które zostały użyte w niniejszym opracowaniu. **Ponieważ norma nie podaje wprost wymagań dla budynków muzealnych a budynek pełni funkcję wystawowo-edukacyjną z pomieszczeniami biurowymi, w celu zapewnienia komfortu akustycznego przyjęto wymagania, jak dla budynków edukacyjnych i biurowych.**

Tab. 2.1 Wymagana izolacyjność od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych – na podstawie tablicy 5 z normy [3]. Budynki edukacyjne oraz biurowe

Lp.	Rodzaj przegrody	Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika dB
1	2	3	4
VI	Budynki szkół wyższych i placówek badawczych		
	Ściany i drzwi		
VI.1	Ściany między salami wykładowymi, audytoriami, salami konferencyjnymi, pracowniami laboratoryjnymi bez urządzeń będących źródłem zakłóceń akustycznych, między tymi pomieszczeniami a czytelniami, między pokojami pracowników naukowych i dydaktycznych, między ww. pomieszczeniami i pomieszczeniami administracyjnymi	$R'_{A,1}$	≥ 48
VI.2	Ściana i drzwi między pomieszczeniami wyszczególnionymi w VI.1 a obszarem komunikacji ogólnej (korytarze, hole, klatki schodowe)		
VI.2.1	– ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	≥ 48
VI.2.2	– drzwi	$R_{A,1,R}$	≥ 35
VI.3	Ściana między salami dydaktycznymi, wykładowymi, audytoriami i pokojami pracowników dydaktycznych a ogólnodostępnymi pomieszczeniami sanitarnymi	$R'_{A,1}$	≥ 50
VI.4	Ściana między salami wyszczególnionymi w VI.1 a pomieszczeniem ze źródłami hałasu (laboratoria, pomieszczenia techniczne)	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie ^a , przy zachowaniu warunku $\geq 55^b$
VI.5	Ściany i drzwi między pomieszczeniami w części administracyjnej	–	wg VIII
	Stropy		
VI.6	Strop między pomieszczeniami wyszczególnionymi w VI.1 – w dowolnym układzie	$R'_{A,1}$	≥ 50
VI.8	Strop między pomieszczeniem administracyjnym oraz między pomieszczeniem administracyjnym a pomieszczeniem ze źródłami hałasu	$R'_{A,1}$	wg VIII
VIII	Budynki biurowe		

Ściany i drzwi			
VIII.1	Ściana bez drzwi między pokojami biurowymi oraz ściana między pokojami biurowymi a korytarzem	$R'_{A,1}$	≥ 40 (≥ 35) ^f
VIII.2	Ściana między pokojem biurowym a obszarem komunikacji ogólnej (korytarze, hole, klatki schodowe)		
VIII.2.1	– ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	≥ 40 (≥ 35) ⁱ
VIII.2.2	– drzwi	$R_{A,1,R}$	≥ 30
VIII.5	Ściana między salą konferencyjną a korytarzem komunikacji ogólnej		
VIII.5.1	– ściana bez drzwi oraz część pełna ściany z drzwiami	$R'_{A,1}$	≥ 48
VIII.5.2	– drzwi	$R_{A,1,R}$	≥ 35
VIII.6	Ściana między pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, a pomieszczeniami sanitarnymi	$R'_{A,1}$	≥ 50
VIII.8	Ściana między pokojem biurowym o różnym przeznaczeniu a pomieszczeniem ze źródłami zakłóceń akustycznych		
VIII.8.1	– pomieszczeniem technicznym z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	$R'_{A,1}$	Określić indywidualnie ^a , przy zachowaniu warunku ≥ 55 ^b
Stropy			
VIII.9	Strop między pomieszczeniami biurowymi, wyszczególnionymi w VIII.1, VIII.3 i VIII.4 – w dowolnym układzie	$R'_{A,1}$	≥ 50
VIII.10	Strop między pomieszczeniami biurowymi, wyszczególnionymi w VII.1, VIII.3 i VIII.4, a pomieszczeniem ze źródłami zakłóceń akustycznych wyszczególnionymi w VIII.8	–	Odpowiednio, jak w VIII.8
<p>^a Przy indywidualnym określaniu wymagań należy uwzględnić przewidywane maksymalne poziomy hałasu w pomieszczeniu ze źródłami zakłóceń akustycznych.</p> <p>^b Równocześnie należy spełnić wymaganie wg PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu.</p> <p>^f Przy indywidualnym ustalaniu wymagań należy uwzględnić rodzaj występujących zakłóceń (np. uderzenia o podłogę, skoki, przesuwanie przedmiotów lub częste przemieszczanie się ludzi).</p> <p>ⁱ Dopuszcza się przyjęcie niższych wymagań w przypadku, gdy z uwagi na inne względy użytkowe wymaganie wartości $R'_{A,1} \geq 40$ dB powodowałoby istotne trudności techniczne.</p>			

Tab. 2.2 Wymagana izolacyjność od dźwięków uderzeniowych przegród wewnętrznych na podstawie tablicy 6 z normy [3]. Budynki edukacyjne

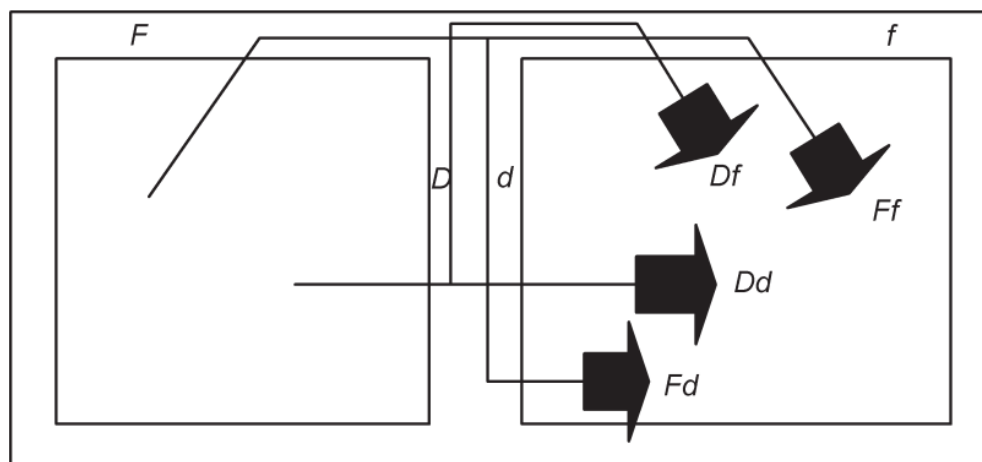
Lp.	Wymaganie	Wskaźnik $L'_{n,w}$ dB
1	2	3
VI	Budynki szkół wyższych i placówek badawczych	
VI.1	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między salami dydaktycznymi, wykładowymi, audytoriami i pokojami pracowników dydaktycznych	≤ 58

VI.2	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń wyszczególnionych w VI.1 z pomieszczeń o innym przeznaczeniu:	
VI.2.1	– z obszarów komunikacji ogólnej oraz z pomieszczeń administracyjnych	≤ 58

2.2 Metoda obliczeniowa izolacyjności przegród wewnętrznych

Poniżej znajduje się opis ułatwiający odczytanie i interpretację wyników:

1. Pomieszczenia po obu stronach przegrody podzielono na: **pomieszczenie nadawcze** (pomieszczenie ze źródłami zakłóceń akustycznych, np. pomieszczenia techniczne, sanitarne, komunikacja) i **pomieszczenie odbiorcze** (pomieszczenia chronione przed hałasem, np. lokale mieszkalne, pokoje hotelowe, pokoje biurowe itp.).
2. Przegroda między pomieszczeniem nadawczym a odbiorczym jest nazywana **przegrodą wspólną**, natomiast przegrody sąsiednie do przegrody wspólnej (zazwyczaj 4) to **przegrody boczne**. Przez nie również jest transmitowany dźwięk (tzw. **przenoszenie boczne**) i zgodnie z wymaganiami normowymi należy uwzględnić go w obliczeniach [3].
3. Wynik obliczeń to wartość jednoliczbowa przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}). Dla przegród wspólnych o powierzchni mniejszej niż 10 m², w przypadku budownictwa mieszkalnego, zastosowano wskaźnik wzorcowej różnicy poziomów z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C ($D_{nT,A1}$).



Rys. 2.1 Przykładowe ścieżki transmisji dźwięku z pomieszczenia nadawczego do odbiorczego przez przegrodę wspólną (D, d) i przegrody boczne (F, f) [4]

2.2.1 Izolacyjność od dźwięków powietrznych. Metoda szacunkowa

Obliczenia pod kątem spełnienia wymagań zostały wykonane zgodnie z normą [4], według procedury metody szacunkowej, z uwzględnieniem przenoszenia bocznego. Na podstawie dokumentacji dostarczonej przez zamawiającego wybrano **12 reprezentatywnych przegród** występujących w projekcie budynku, rozdzielających pomieszczenia o zdefiniowanych funkcjach. Określono konstrukcję zaprojektowanych przegród, grubość ich warstw składowych, a także z jakimi przegrodami sąsiadowały (istotne do wyznaczenia przenoszenia bocznego). Przybliżoną izolacyjność akustyczną właściwą R'_{A1} wyznaczono na podstawie wzoru:

$$R'_{A1} = R_{A1,R} - K_a \quad (1)$$

gdzie:

$R_{A1,R}$ – wskaźnik projektowy izolacyjności akustycznej właściwej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C dla materiału budowlanego, z którego wykonana jest przegroda wspólna między pomieszczeniami,

K_a – wartość przenoszenia bocznego (≥ 0 dB).

W danych literaturowych [5] zawarto zestawienie przegród masywnych z obliczonym przeniesieniem bocznym dla różnych rodzajów przegród sąsiednich (wewnętrznych, lub zewnętrznych), uwzględniając różne grubości i długości złącz. Na podstawie podobieństwa przegród przewidzianych w projekcie do tych zawartych w zestawieniu oszacowano przybliżoną izolacyjność akustyczną.

2.2.2 Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych. Metoda uproszczona

Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych określono na podstawie normy [6] według procedury uproszczonej. Jako dane wejściowe przyjęto masę powierzchniową stropu i szlichty betonowej oraz sztywność dynamiczną warstwy elastycznej podłogi pływającej (wełny) przegrody wspólnej. Na tej podstawie określono izolacyjność od dźwięków uderzeniowych L_n (w tercjach) przegrody wspólnej bez przenoszenia bocznego. Aby uwzględnić transmisję również przez przegrody sąsiednie skorzystano z tablicy 1 normy [7], z której na podstawie masy powierzchniowej przegrody wspólnej oraz przegród sąsiednich odczytano wartość przenoszenia bocznego K. Następnie zsumowano L_n oraz K we wszystkich pasmach tercjowych, otrzymując L'_n i odczytano wynik końcowy $L'_{n,w}$, który jest wartością L'_n przypadającą dla częstotliwości 500 Hz. Do analizy wybrano **2 reprezentatywne przegrody**.

2.3 Wyniki obliczeń przegród wewnętrznych

Na podstawie obliczeń opisanych szczegółowo w rozdziale 2.2 otrzymano wyniki izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych z uwzględnieniem przenoszenia bocznego. W rozdziałach 2.3.1 - 2.3.14 znajdują się wyniki dla poszczególnych typów analizowanych przegród. **Tabele podsumowującą (Tab. 2.17) przedstawiono w rozdziale 2.3.15.** Na podstawie otrzymanych wyników, celem spełnienia wymagań normowych oraz otrzymania najkorzystniejszych rezultatów wydano wytyczne odnośnie konstrukcji i właściwości akustycznych przegród i drzwi. **Wytyczne przedstawiono w rozdziale 5.1.**

2.3.1 Ściana między salą konferencyjną a korytarzem (ściana szklana) – dźwięki powietrzne

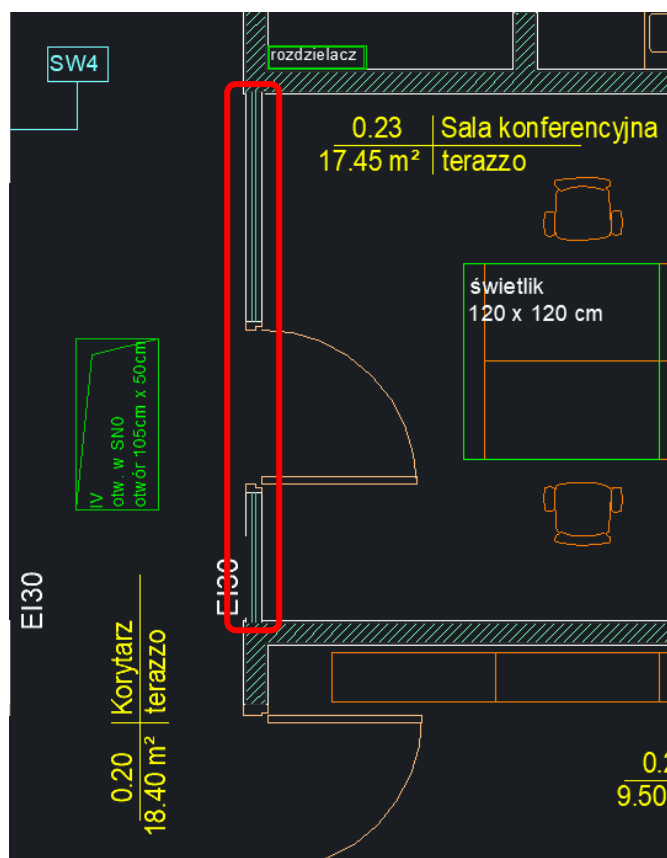
Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.3. Na Rys. 2.2 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.3 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany szklanej między salą konferencyjną a korytarzem

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
----------------------------	-------------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------------------------	------------

Ściana szklana	53	5*	≥ 48	48	TAK
----------------	----	----	------	----	-----

* Przy założeniu, że ściana posadowiona na płycie stropowej



Rys. 2.2 Przykład występowania danego typu przegrody między salą konferencyjną (pomieszczenie odbiorcze 0.23) a korytarzem (pomieszczenie nadawcze 0.20) w projekcie

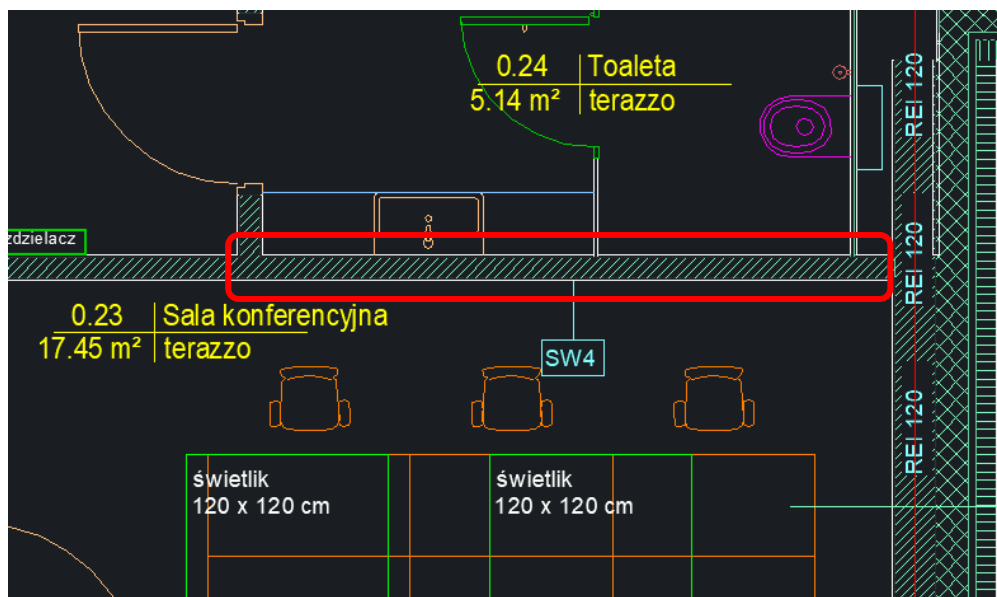
2.3.2 Ściana między salą konferencyjną a pomieszczeniem sanitarnym – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.4. Na Rys. 2.3 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.4 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany murowanej między salą konferencyjną a pomieszczeniem sanitarnym

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Bloczki silikatowe akustyczne 18 cm, np. Xella Silka E18A+ *	54	3	≥ 50	51	TAK

* Lub np. H+H Silikat A18



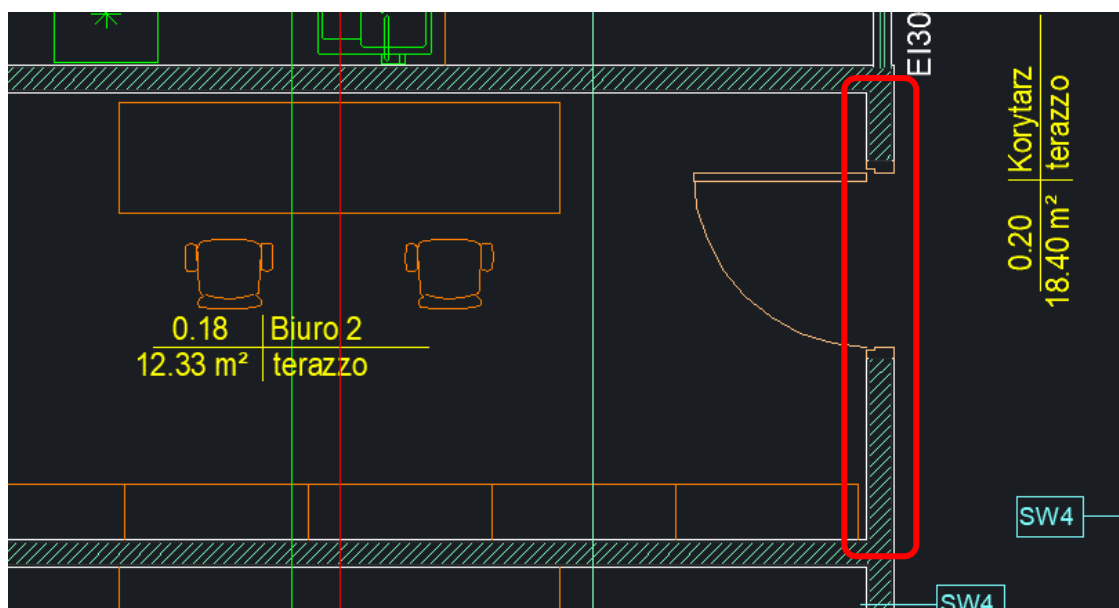
Rys. 2.3 Przykład występowania danego typu przegrody między salą konferencyjną (pomieszczenie odbiorcze 0.23) a pomieszczeniem sanitarnym (pomieszczenie nadawcze 0.24) w projekcie

2.3.3 Ściana między pokojem biurowym a korytarzem – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.5. Na Rys. 2.4 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.5 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany murowanej między pokojem biurowym a korytarzem

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Bloczki silikatowe 12 cm, np. Xella Silka E12	45	2	≥ 40	43	TAK



Rys. 2.4 Przykład występowania danego typu przegrody między pokojem biurowym (pomieszczenie odbiorcze 0.18) a korytarzem (pomieszczenie nadawcze 0.20) w projekcie

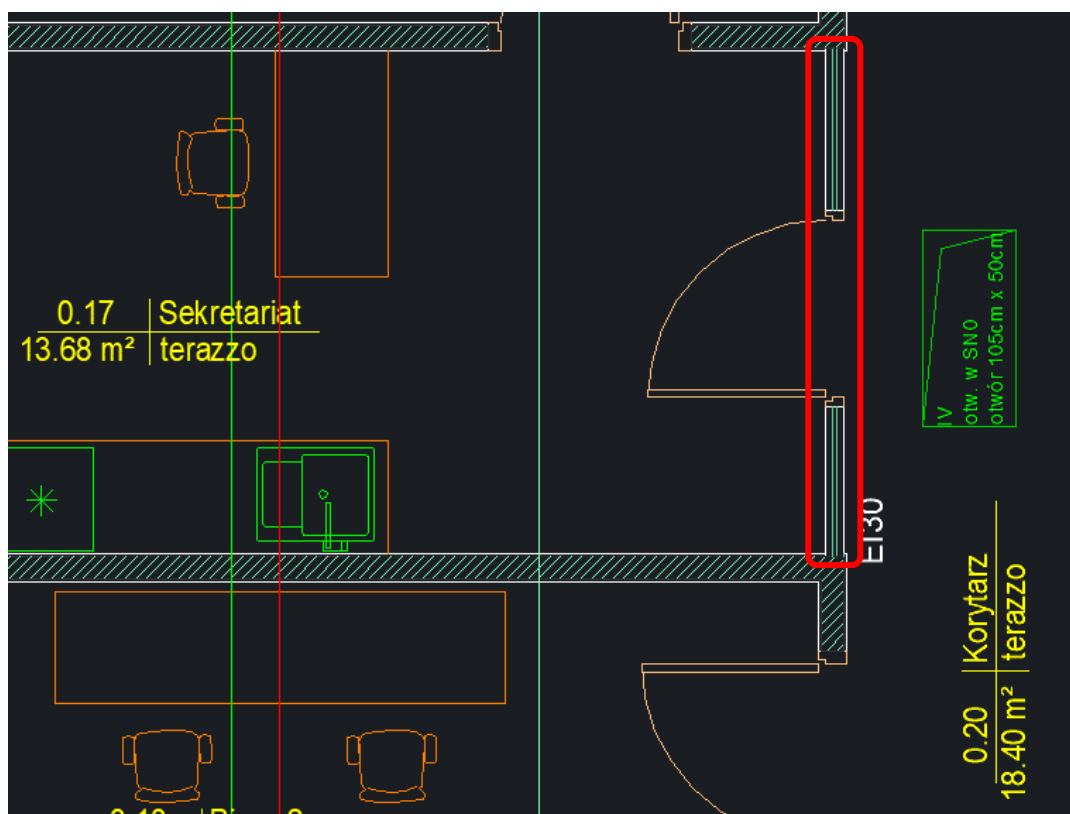
2.3.4 Ściana między pokojem biurowym (sekretariatem) a korytarzem (ściana szklana) – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.6. Na Rys. 2.5 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.6 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany szklanej między pokojem biurowym (sekretariatem) a korytarzem

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Ściana szklana	53	5*	≥ 40	48	TAK

* Przy założeniu, że ściana posadowiona na płycie stropowej



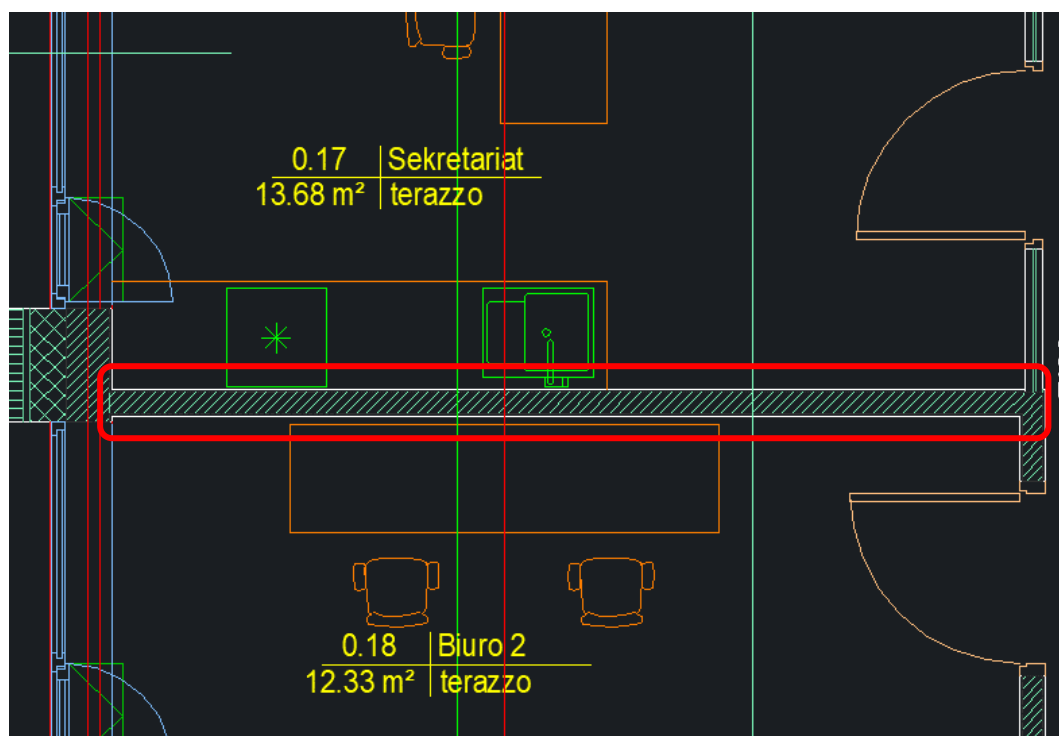
Rys. 2.5 Przykład występowania danego typu przegrody między pokojem biurowym (pomieszczenie odbiorcze 0.17) a korytarzem (pomieszczenie nadawcze 0.20) w projekcie

2.3.5 Ściana między pokojami biurowymi – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych oraz ściany szklanej, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.7. Na Rys. 2.6 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.7 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany murowanej między pokojami biurowymi

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Bloczki silikatowe 12 cm, np. Xella Silka E12	45	2	≥ 40	43	TAK



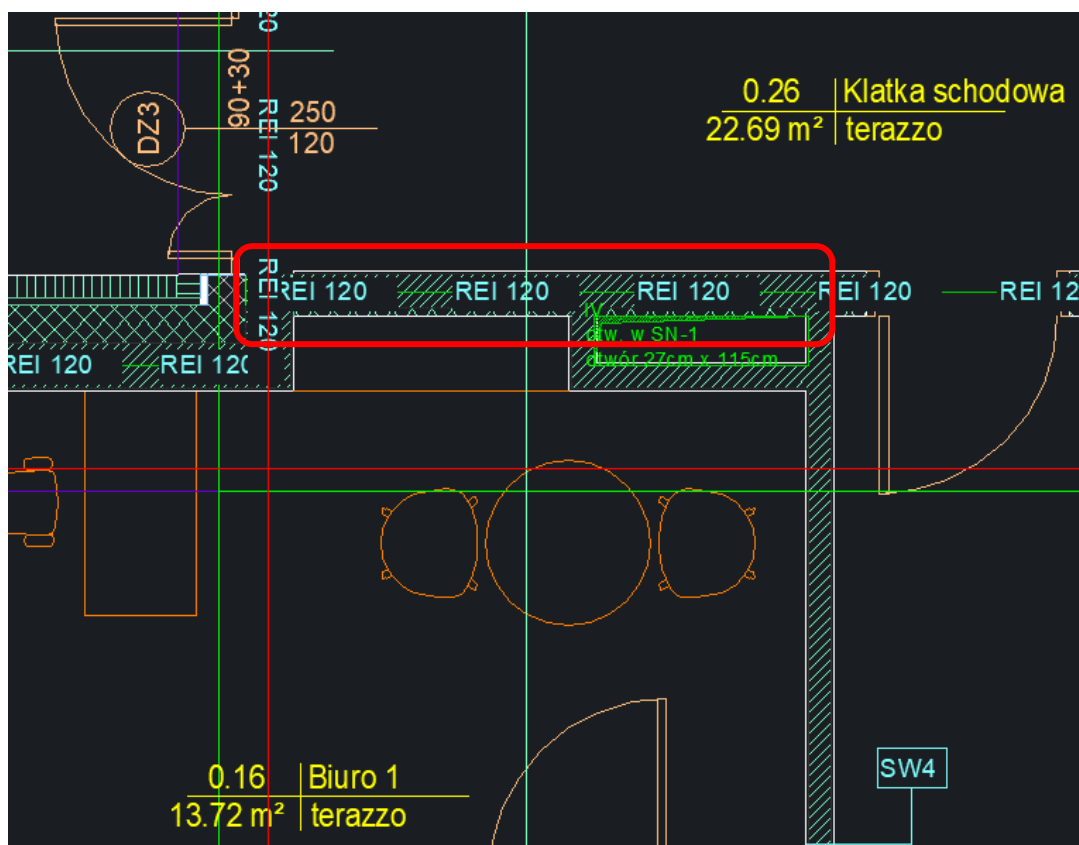
Rys. 2.6 Przykład występowania danego typu przegrody między pokojami biurowymi (pomieszczenia 0.17 oraz 0.18) w projekcie

2.3.6 Ściana między pokojem biurowym a klatką schodową – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.8. Na Rys. 2.7 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.8 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany murowanej między pokojem biurowym a klatką schodową

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Bloczek silikatowy 18 cm, np. Xella Silka E18	48	3	≥ 40	45	TAK



Rys. 2.7 Przykład występowania danego typu przegrody między pokojem biurowym (pomieszczenie odbiorcze 0.16) a klatką schodową (pomieszczenie nadawcze 0.26) w projekcie

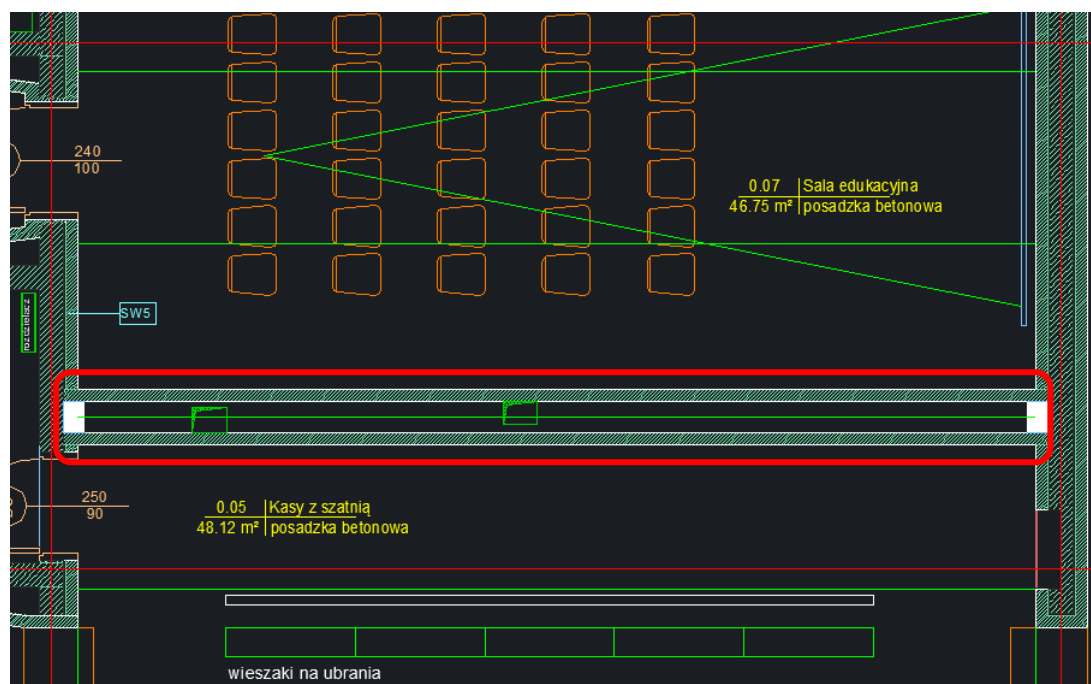
2.3.7 Ściana między salą edukacyjną a kasami z szatnią – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych oraz żelbetu, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.9. Na Rys. 2.8 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.9 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany murowanej między salą edukacyjną a kasami z szatnią

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność R_{A1}, R [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Cegła pełna 12 cm + pustka + cegła pełna 12 cm	51	1	≥ 48*	50	TAK

* Brak wymagań dla przegrody między tego typu pomieszczeniami, dla budynków edukacyjnych wymaganie to wynosi $R'_{A1} \geq 48$ dB. Kolorem żółtym oznaczono wymagania jakie zostały przyjęte, aby zapewnić komfort akustyczny w tym pomieszczeniach, mimo iż nie posiadają one ściśle określonych wymagań



Rys. 2.8 Przykład występowania danego typu przegrody między salą edukacyjną (pomieszczenie odbiorcze) a kasami z szatnią (pomieszczenie nadawcze) w projekcie

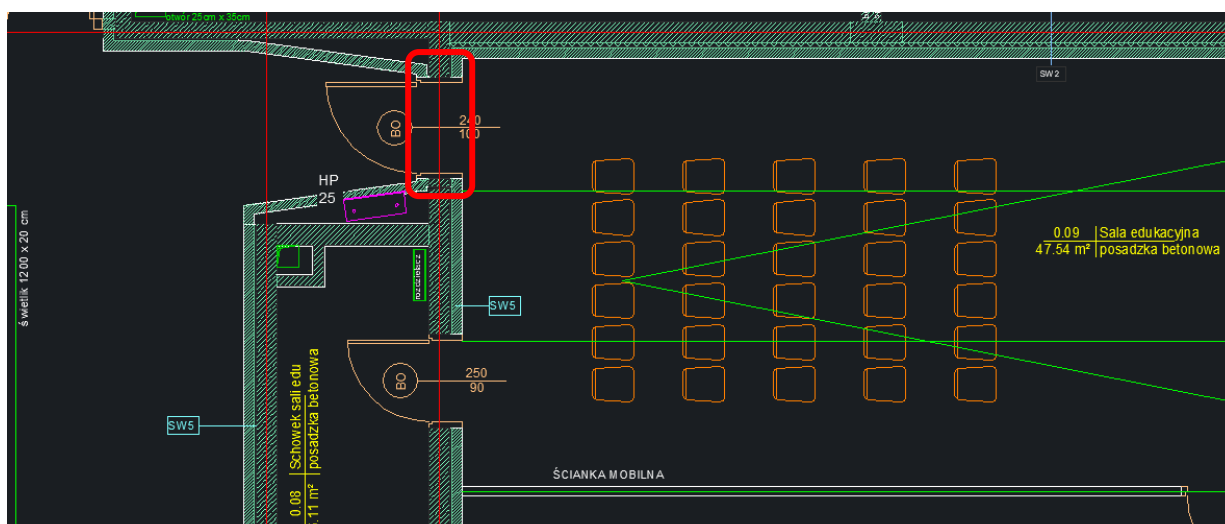
2.3.8 Ściana między salą edukacyjną a holem głównym – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych oraz żelbetu, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.10. Na Rys. 2.9 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.10 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany murowanej między salą edukacyjną a holem głównym

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Cegła pełna 12 cm + żelbet 24 cm + cegła pełna 12 cm	61	3	≥ 48*	58	TAK

* Brak wymagań dla przegrody między tego typu pomieszczeniami, dla budynków edukacyjnych wymaganie to wynosi $R'_{A1} \geq 48$ dB. Kolorem żółtym oznaczono wymagania jakie zostały przyjęte, aby zapewnić komfort akustyczny w tym pomieszczeniach, mimo iż nie posiadają one ściśle określonych wymagań



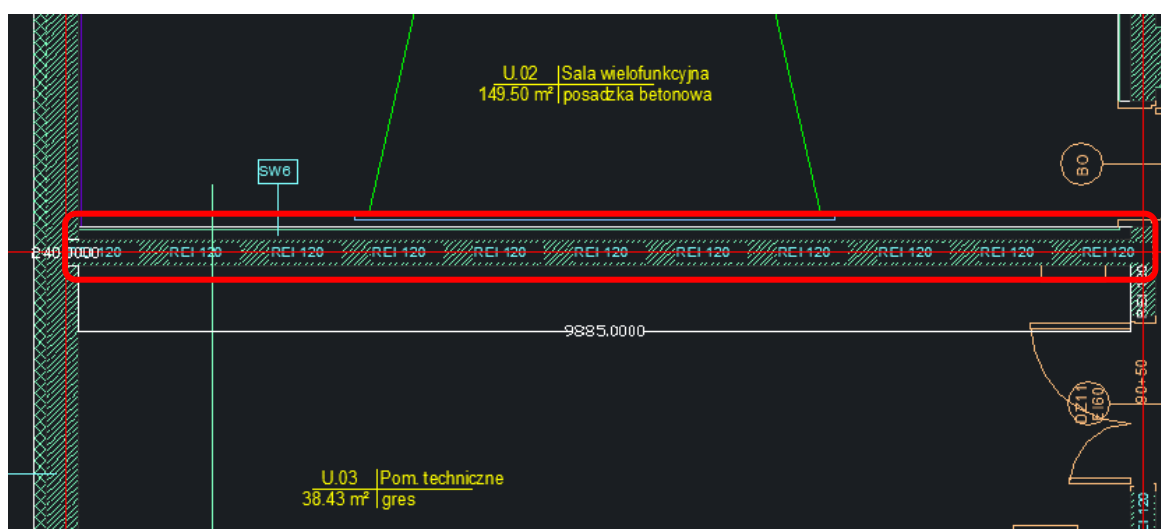
Rys. 2.9 Przykład występowania danego typu przegrody między salą edukacyjną (pomieszczenie odbiorcze) a holą głównym (pomieszczenie nadawcze) w projekcie

2.3.9 Ściana między salą wielofunkcyjną a pomieszczeniem technicznym – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z żelbetu, strop żelbetowy. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.11. Na Rys. 2.10 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.11 Obliczenia wymaganej izolacyjności ściany murowanej między salą wielofunkcyjną a pomieszczeniem technicznym

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność R_{A1}, R [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Żelbet 24 cm	61	2	≥ 55	59	TAK



Rys. 2.10 Przykład występowania danego typu przegrody między salą wielofunkcyjną (pomieszczenie odbiorcze) a pomieszczeniem technicznym (pomieszczenie nadawcze) w projekcie

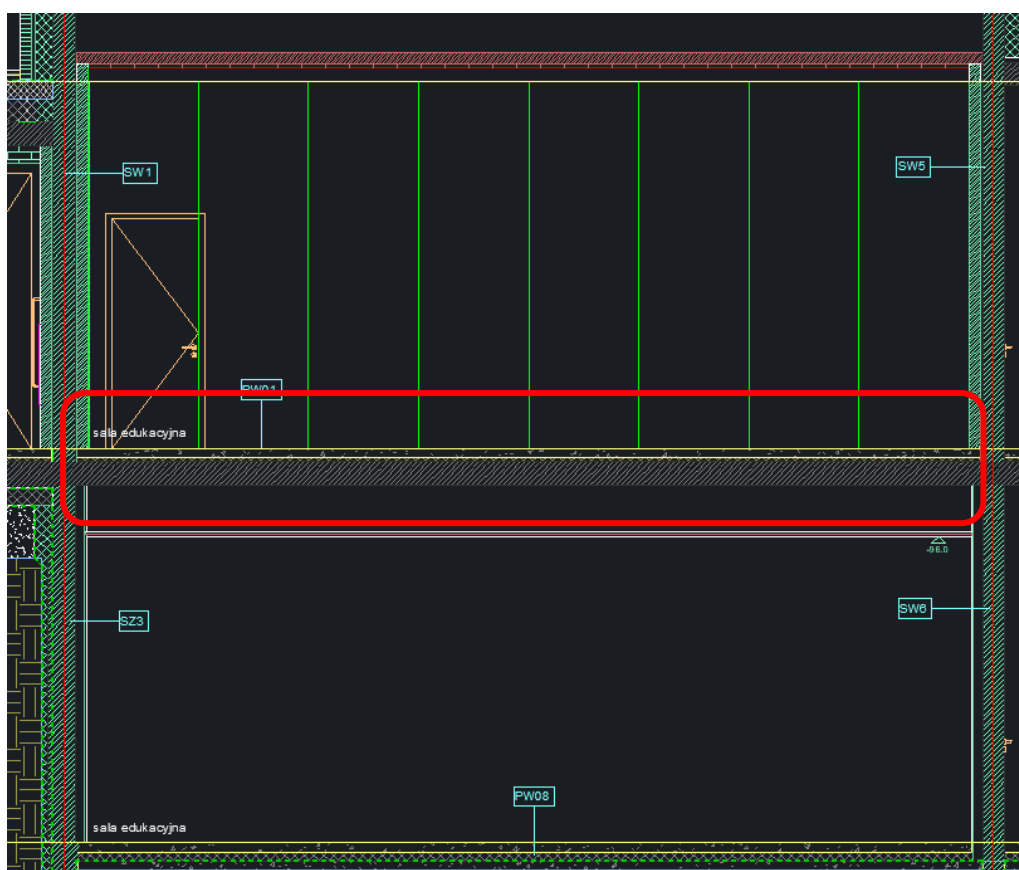
2.3.10 Strop między salami edukacyjnymi – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych oraz żelbetu. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.12. Na Rys. 2.11 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.12 Obliczenia wymaganej izolacyjności stropu między salami edukacyjnymi

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność R_{A1}, R [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Sufit podwieszany + żelbet 25 cm + izolacja akustyczna 5 cm + wylewka 10 cm	66	3	≥ 50*	63	TAK

* Brak wymagań dla przegrody między tego typu pomieszczeniami, dla budynków edukacyjnych wymaganie to wynosi $R'_{A1} \geq 50$ dB. Kolorem żółtym oznaczono wymagania jakie zostały przyjęte, aby zapewnić komfort akustyczny w tym pomieszczeniach, mimo iż nie posiadają one ściśle określonych wymagań



Rys. 2.11 Przykład występowania danego typu przegrody między salami edukacyjnymi (pomieszczenia 0.09 oraz U.15) w projekcie

2.3.11 Strop między salą wielofunkcyjną a salą wystaw czasowych – dźwięki powietrzne

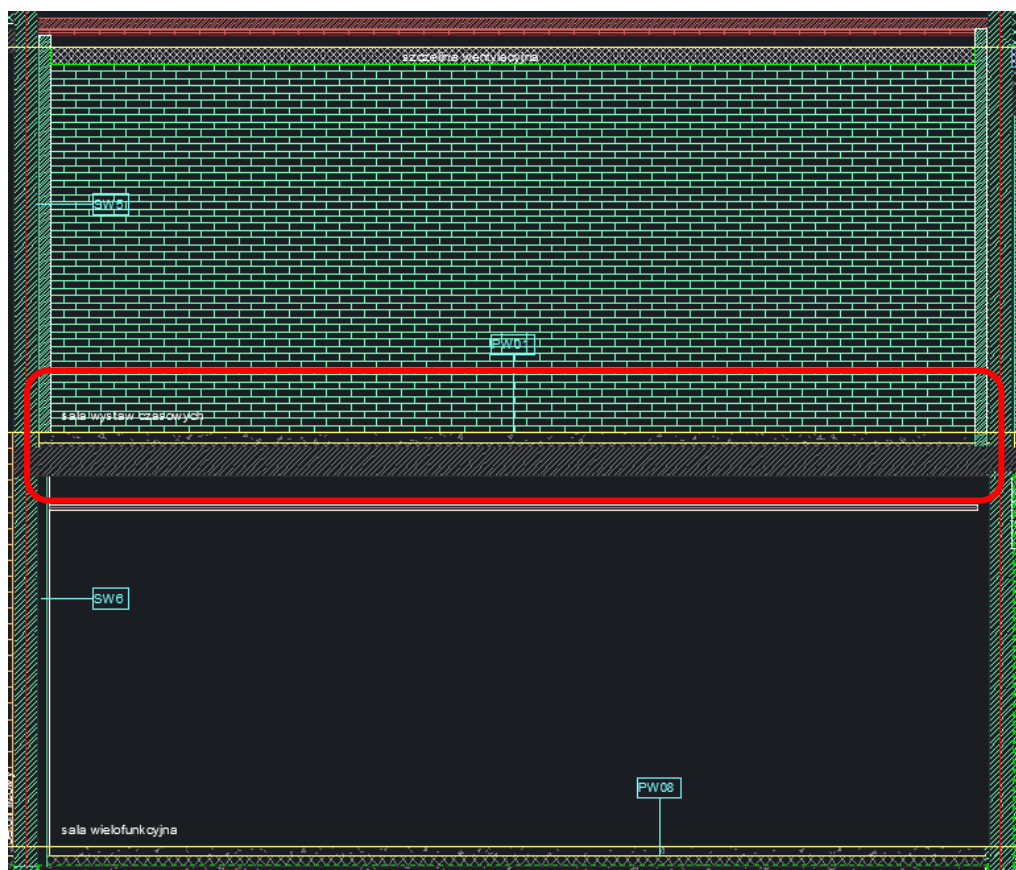
Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych oraz

żelbetu. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.13. Na Rys. 2.12 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.13 Obliczenia wymaganej izolacyjności stropu między salą wielofunkcyjną a salą wystaw czasowych

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Sufit podwieszany + żelbet 30 cm + izolacja akustyczna 5 cm + wylewka 10 cm	69	3	≥ 50*	66	TAK

* Brak wymagań dla przegrody między tego typu pomieszczeniami, dla budynków edukacyjnych wymaganie to wynosi $R'_{A1} \geq 48$ dB. Kolorem żółtym oznaczono wymagania jakie zostały przyjęte, aby zapewnić komfort akustyczny w tym pomieszczeniach, mimo iż nie posiadają one ściśle określonych wymagań



Rys. 2.12 Przykład występowania danego typu przegrody między salą wielofunkcyjną (pomieszczenie odbiorcze U.02) a salą wystaw czasowych (pomieszczenie nadawcze 0.12) w projekcie

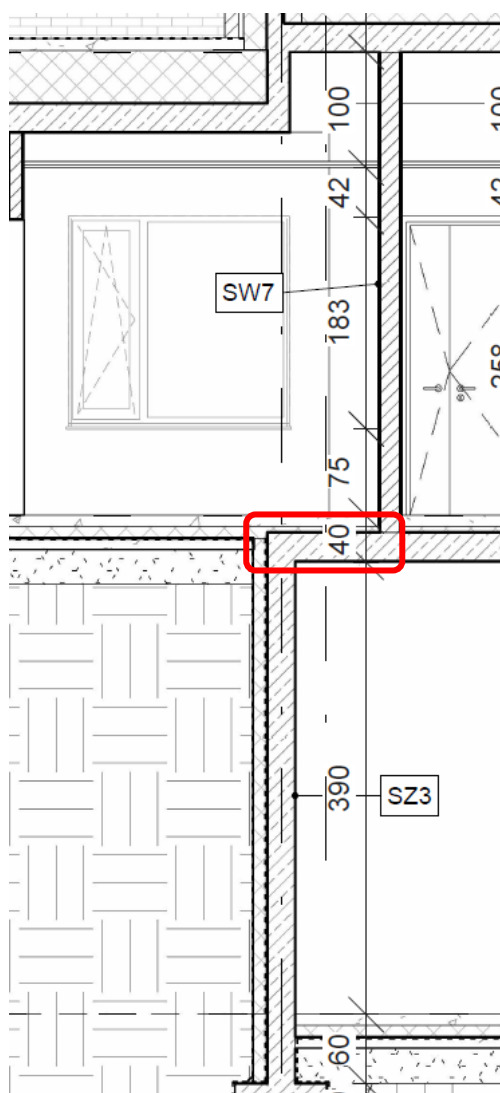
2.3.12 Strop między pokojem biurowym a pomieszczeniem technicznym – dźwięki powietrzne

Obliczenia wykonano zgodnie z metodą szacunkową, wg normy [4]. Przenoszenie boczne przyjęto na podstawie danych literaturowych [5]. Ściany boczne wykonane są z bloczków silikatowych oraz żelbetu. Parametry przegrody głównej oraz wynik obliczeń wskaźnika oceny przybliżonej

izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wskaźnika adaptacyjnego C (R'_{A1}) przedstawiono w Tab. 2.14. Na Rys. 2.13 przedstawiono lokalizację przegrody.

Tab. 2.14 Obliczenia wymaganej izolacyjności stropu między pokojem biurowym a pomieszczeniem technicznym

Materiał przegrody głównej	Izolacyjność $R_{A1, R}$ [dB]	Przenoszenie boczne K [dB]	Wymaganie R'_{A1} [dB]	Wartość obliczona R'_{A1} [dB]	Spełnienie
Żelbet 25 cm + izolacja akustyczna 5 cm + wylewka 10 cm	66	4	≥ 55	62	TAK



Rys. 2.13 Przykład występowania danego typu przegrody między pokojem biurowym (pomieszczenie odbiorcze 0.16) a pomieszczeniem technicznym (pomieszczenie nadawcze U.03) w projekcie

2.3.13 Strop między salami edukacyjnymi – dźwięki uderzeniowe

Na podstawie masy powierzchniowej stropu oraz szlichty, a także sztywności dynamicznej warstwy wełny wyznaczono izolacyjność od dźwięków uderzeniowych przegrody z uwzględnieniem przenoszenia bocznego. Parametry stropu przyjęte do obliczeń oraz wyniki podano w Tab. 2.15. Obliczeń dokonano metodą uproszczoną normy [7].

Tab. 2.15 Wyniki obliczeń izolacyjności od dźwięków uderzeniowych dla stropu między salami edukacyjnymi

Dane przyjęte do obliczeń:			
Grubość stropu [m]		0,25	
Masa powierzchniowa stropu [kg/m ²]		575	
Grubość szlichty [m]		0,1	
Masa powierzchniowa szlichty [kg/m ²]		230	
Sztynność dynamiczna wełny mineralnej [MN/m ³]		20	
Wartość poprawki K na przenoszenie boczne		2	
Wynik obliczeń:			
Częstotliwość [Hz]	L _n [dB]	Przesunięta krzywa referencyjna [dB]	L' _{n,w} [dB]
100	58	46	48
125	55	46	48
160	52	46	48
200	49	46	48
250	46	46	48
315	43	46	48
400	40	45	47
500	37	44	46
630	34	43	45
800	31	42	44
1000	28	41	43
1250	25	38	40
1600	22	35	37
2000	19	32	34
2500	16	29	31
3150	13	26	28
L' _{n,w} [dB]			
Wymagane:		Obliczone:	
≤ 58*		46	

* **Brak wymagań dla przegrody między tego typu pomieszczeniami**, dla budynków edukacyjnych wymaganie to wynosi L'_{n,w} ≤ 58 dB. Kolorem żółtym oznaczono wymagania jakie zostały przyjęte, aby zapewnić komfort akustyczny w tym pomieszczeniach, mimo iż nie posiadają one ściśle określonych wymagań

2.3.14 Strop między salą wielofunkcyjną a salą wystaw czasowych – dźwięki uderzeniowe

Na podstawie masy powierzchniowej stropu oraz szlichty, a także sztywności dynamicznej warstwy wełny mineralnej wyznaczono izolacyjność od dźwięków uderzeniowych przegrody z uwzględnieniem przenoszenia bocznego. Parametry stropu przyjęte do obliczeń oraz wyniki podano w Tab. 2.16. Obliczeń dokonano metodą uproszczoną normy [7].

Tab. 2.16 Wyniki obliczeń izolacyjności od dźwięków uderzeniowych dla stropu między salą wielofunkcyjną a salą wystaw czasowych

Dane przyjęte do obliczeń:	
Grubość stropu [m]	0,3

Masa powierzchniowa stropu [kg/m ²]		690	
Grubość szlichty [m]		0,1	
Masa powierzchniowa szlichty [kg/m ²]		230	
Sztynność dynamiczna wełny mineralnej [MN/m ³]		20	
Wartość poprawki K na przenoszenie boczne		2	
Wynik obliczeń:			
Częstotliwość [Hz]	L _n [dB]	Przesunięta krzywa referencyjna [dB]	L' _{n,w} [dB]
100	55	43	45
125	52	43	45
160	49	43	45
200	46	43	45
250	43	43	45
315	40	43	45
400	37	42	44
500	34	41	43
630	31	40	42
800	28	39	41
1000	25	38	40
1250	22	35	37
1600	19	32	34
2000	16	29	31
2500	13	26	28
3150	10	23	25
L'_{n,w} [dB]			
Wymagane:		Obliczone:	
≤ 58*		43	

* Brak wymagań dla przegrody między tego typu pomieszczeniami, dla budynków edukacyjnych wymaganie to wynosi L'_{n,w} ≤ 58 dB. Kolorem żółtym oznaczono wymagania jakie zostały przyjęte, aby zapewnić komfort akustyczny w tym pomieszczeniach, mimo iż nie posiadają one ściśle określonych wymagań

2.3.15 Podsumowanie wyników izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych

Tab. 2.17 Podsumowanie wyników z zestawieniem wymagań normowych dla przegród wewnętrznych dla najbardziej niekorzystnych przypadków

Lp.	Pomieszczenie		Materiał przegrody	Metoda obliczeniowa	$R_{A1,R1}$ [dB]	K_a [dB]	Powierzchnia przegrody [m ²]	Parametr	Wymagana izolacyjność przegrody [dB]	Obliczona izolacyjność przegrody [dB]	Wymaganie spełnione	Izolacyjność drzwi $R_{A1,R}$ [dB]
	Odbiorcze	Nadawcze										
Ściany - dźwięki powietrzne												
1	Sala konferencyjna 0.23	Korytarz 0.20	Ściana szklana 10 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	53	5 ^{a)}	9,7	R'_{A1}	≥ 48	48	TAK	≥ 35
2	Sala konferencyjna 0.23	Toaleta 0.24	Bloczki silikatowe 18 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	54	3	11,2	R'_{A1}	≥ 50	51	TAK	
3	Biuro 0.18	Korytarz 0.20	Bloczki silikatowe 12 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	45	2	7,3	R'_{A1}	≥ 40	43	TAK	≥ 30
4	Sekretariat 0.17	Korytarz 0.20	Ściana szklana 10 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	53	5 ^{a)}	8,0	R'_{A1}	≥ 40	48	TAK	≥ 35
5	Sekretariat 0.17	Biuro 0.18	Bloczki silikatowe 12 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	45	2	15,2	R'_{A1}	≥ 40	43	TAK	
6	Biuro 0.16	Klatka schodowa 0.26	Bloczki silikatowe 18 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	48	3	8,2	R'_{A1}	≥ 40	45	TAK	
7	Sala edukacyjna 0.07	Kasy z szatnią 0.05	Cegła pełna 12 cm + pustka + cegła pełna 12 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	51	1	38,4	R'_{A1}	≥ 48	50	TAK	

8	Sala edukacyjna 0.09	Hol główny 0.02	Cegła pełna 12 cm + żelbet 24 cm + cegła pełna 12 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	61	3	5,6	R' _{A1}	≥ 48	58	TAK	≥ 35
9	Sala wielofunkcyjna U.02	Pomieszczenie techniczne U.03	Żelbet 24 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	61	2	34,6	R' _{A1}	≥ 55	59	TAK	
Stropy - dźwięki powietrzne												
10	Sala edukacyjna 0.09	Sala edukacyjna U.15	sufit powieszony + żelbet 25 cm + izolacja akustyczna 5 cm + wylewka 10 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	66	3	47,5	R' _{A1}	≥ 50	63 ^{b)}	TAK	
11	Sala wielofunkcyjna U.02	Sala wystaw czasowych 0.12	sufit powieszony + żelbet 30 cm + izolacja akustyczna 5 cm + wylewka 10 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	69	3	145,4	R' _{A1}	≥ 50	66 ^{b)}	TAK	
12	Biuro 0.16	Pomieszczenie techniczne U.03	Żelbet 25 cm + izolacja akustyczna 5 cm + wylewka 10 cm	Szacunkowa - dźwięki powietrzne	66	4	2,3	R' _{A1}	≥ 55	62	TAK	
Stropy - dźwięki uderzeniowe												

13	Sala edukacyjna U.15	Sala edukacyjna 0.09	sufit powieszany + żelbet 25 cm + izolacja akustyczna 5 cm + wylewka 10 cm	Uproszczona - dźwięki uderzeniowe	-	-	47,5	$L'_{n,w}$	≤ 58	46	TAK
14	Sala wielofunkcyjna U.02	Sala wystaw czasowych 0.12	sufit powieszany + żelbet 30 cm + izolacja akustyczna 5 cm + wylewka 10 cm	Uproszczona - dźwięki uderzeniowe	-	-	145,4	$L'_{n,w}$	≤ 58	43	TAK

¹ $R_{A1,R} = R_{A1} - 2$ dB

- a) Przy założeniu, że ściana posadowiona na płycie stropowej, w innym wypadku brak możliwości spełnienia wymagań dla przegrody szklanej
 b) Sufit podwieszany został pominięty w obliczeniach izolacyjności akustycznej całej przegrody, ponieważ brak odpowiednich danych dotyczących jego wpływu na poprawę izolacyjności

Kolorem żółtym oznaczono wymagania jakie zostały przyjęte dla przegród, aby zapewnić komfort akustyczny w pomieszczeniach, mimo iż nie posiadają one ściśle określonych wymagań (budynek muzealny). Przyjęto wymagania jak dla budynku edukacyjnego

3 HAŁAS POCHODZĄCY OD WYPOSAŻENIA TECHNICZNEGO BUDYNKU

3.1 Wymagania dopuszczalnego poziomu hałasu wg normy PN-B-02151-2:1987

Norma [8] określa dopuszczalne poziomy hałasu od wyposażenia technicznego, m.in. w budynkach mieszkalnych. W Tab. 3.1 przedstawiono wartości hałasu od wyposażenia technicznego, które nie mogą być przekroczone.

Tab. 3.1 Dopuszczalne poziomy hałasu w pomieszczeniach wg normy PN-B-02151-2:1987

Lp.	Przeznaczenie pomieszczenia	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego od wszystkich źródeł hałasu łącznie L_{Aeq} [dB]		Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem			
				Średni poziom dźwięku A L_{Am} przy hałasie ustalonym ¹⁾ lub L_{Aeq} przy hałasie nieustalonym ²⁾ [dB]		Maksymalny poziom dźwięku A (L_{Amax}) przy hałasie nieustalonym ²⁾ [dB]	
				dzień	noc	dzień	noc
12	Klasy i pracownie szkolne (za wyjątkiem pracowni zajęć technicznych), sale wykładowe, audytoria	40	-	35	-	40	-
13	Sale konferencyjne	40	-	35	-	40	-
14	Pomieszczenia do pracy umysłowej wymagającej silnej koncentracji uwagi	35	-	30	-	35	-
15	Pomieszczenia administracyjne bez wewnętrznych źródeł hałasu	40	-	35	-	40	-
16	Pomieszczenia administracyjne z wewnętrznymi źródłami hałasu, pomieszczenia administracyjne w obiektach tymczasowych	45	-	40	-	45	-

Powyższe dopuszczalne wartości poziomu dźwięku A dotyczą pomieszczeń:

1. przy zamkniętych oknach i drzwiach, lecz przy zapewnieniu wymiany powietrza w
2. pomieszczeniu zgodnie z wymaganiami określonymi przez odrębne przepisy;
3. umeblowanych i zagospodarowanych zgodnie z ich przeznaczeniem;

4. dopuszczalny poziom dźwięku A dotyczy przedziału czasu równego czasowi oceny T, wynoszącemu:

a) 8 najniekorzystniejszych godzin w porze dziennej tj. w godzinach 6 00 ÷ 22 00,

Jeśli budynek jest używany również w prze nocnej, to należy przyjąć te same wymogi jak dla pory dnia. W normie określono również dopuszczalne poziomy dźwięku A urządzeń zainstalowanych w pomieszczeniach technicznych w budynkach mieszkalnych. Maksymalny poziom dźwięku L_{Amax} w odległości 1m od urządzenia zainstalowanego w pomieszczeniu technicznym nie może przekraczać wartości podanych w Tab. 3.2.

Tab. 3.2 Maksymalny dopuszczalny poziom dźwięku A (L_{Amax}) pochodzący od urządzeń wyposażenia technicznego w budynkach zamieszkania zbiorowego [8]

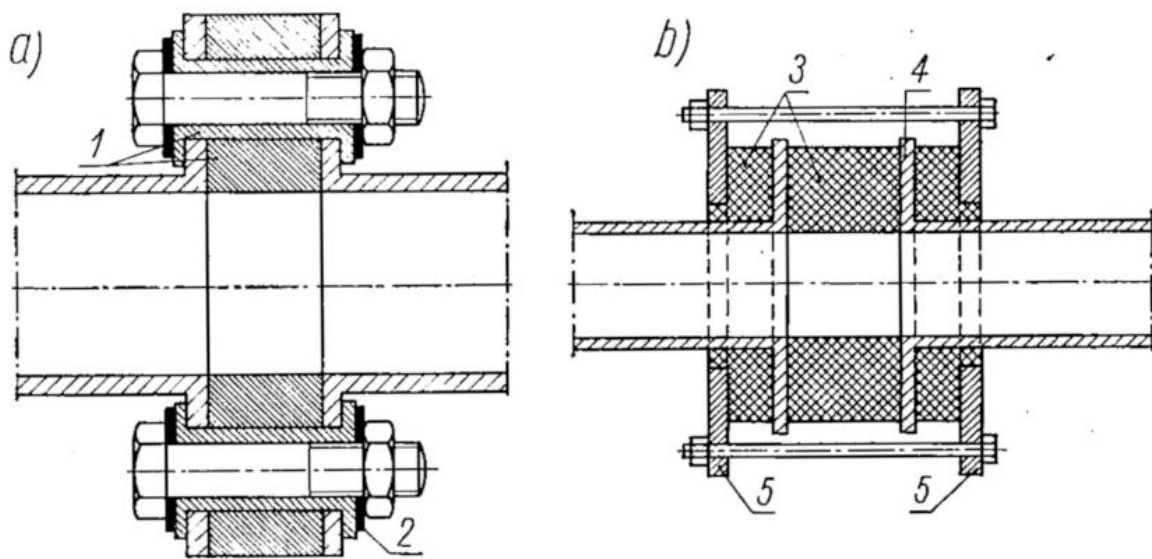
Lp.	Pomieszczenie, charakter pracy urządzenia	Dopuszczalny, maksymalny poziom dźwięku A (L_{Amax}) w odległości 1m od urządzenia
1	Węzeł ciepły, hydrofornia. Praca pompy, działanie zaworów	65
2	Transformatornia, praca transformatora przy minimalnych, występujących wartościach obciążenia	62
3	Maszynownia dźwigu. Praca zespołu napędowego	65
4	Przestrzeń nad dachem budynku, praca wentylatora dachowego	65 ¹⁾

¹⁾ Wymaganie dotyczy przypadku, gdy hałas pochodzący od wentylatora przenika do pomieszczenia wyłącznie przez instalację wentylacyjną. W przypadku, gdy hałas wentylatora może przenikać do pomieszczeń danego lub innego budynku przez okna, wówczas dopuszczalny poziom dźwięku A w odległości 1m od wentylatora należy ustalić indywidualnie w zależności od możliwych do zastosowania w konkretnym przypadku zabezpieczeń akustycznych, lecz nie większy niż 65 dB.

3.2 Zalecenia dotyczące hałasu instalacyjnego w budynku

Poniższe zalecenia można stosować zamiennie z innymi rozwiązaniami (np. produkty innych firm niż proponowane), w celu uzyskania nadrzędnego celu, czyli spełnienia wymagań normy PN-B-02151-2 [8] we wszystkich pomieszczeniach objętych ochroną przed hałasem. Należy dokładać wszelkich starań, aby zapewnić w budynku komfort akustyczny od wyposażenia technicznego, w szczególności mając na uwadze poniższe wytyczne:

1. Należy dobrać odpowiednie tłumiki akustyczne w przewodach wentylacyjnych, zapewniające poziom dźwięku w pomieszczeniach chronionych przed hałasem nie wyższy niż dopuszczalny przez normę PN-B-02151-2 [8].
2. Pompy wodne powinny być połączone z rurami w budynku za pomocą elastycznych łączników, które nie przenoszą drgań. Sugeruje się zastosować rozwiązania analogiczne lub równoważne jak na Rys. 3.1. W przypadku łączenia elastycznego wszystkich kanałów i rur.

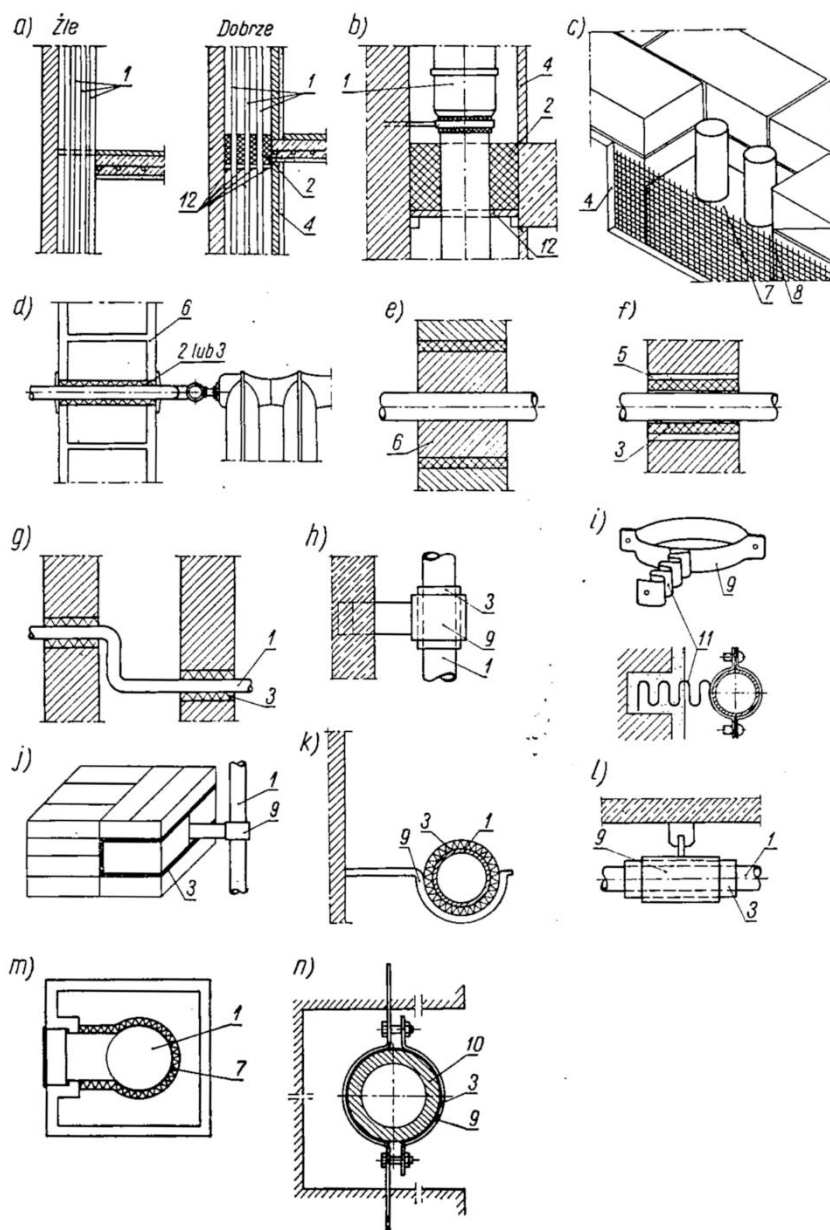


Rys. 3.1 Przykład połączenia elastycznego rur w przypadku pomp wodnych oraz innych urządzeń tego typu: a) na śruby b) na śruby i dodatkowe pierścienie dociskające

1 - tulejki np. stalowe, 2 - podkładki stalowe, 3 - pierścienie z gumy o średniej twardości, 4 - kołnierze rur, 5 - kołnierze dociskające stalowe (14)

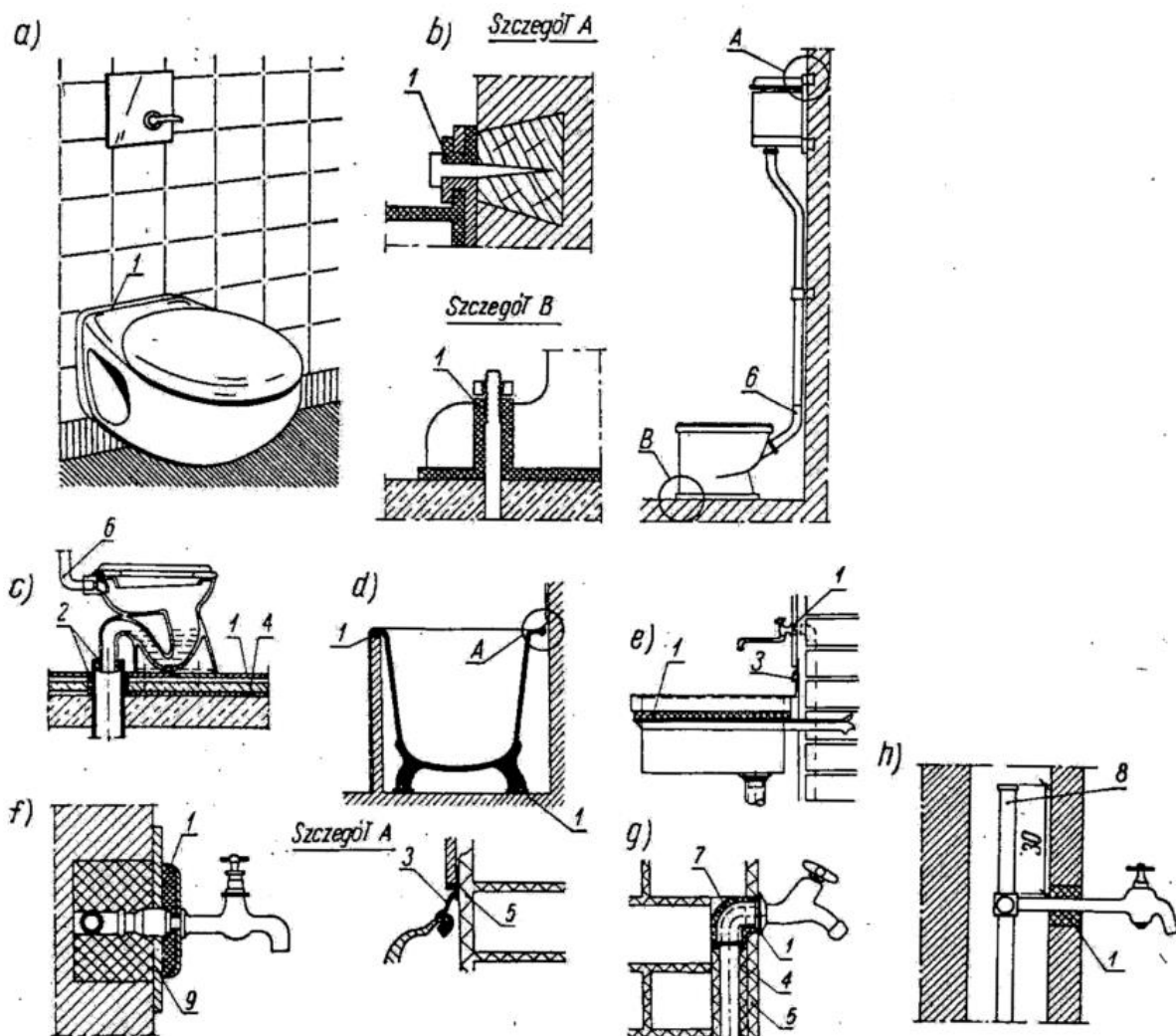
3. Wszystkie urządzenia generujące wibracje, w tym wentylatory, agregaty, centrale wentylacyjne, transformator, wyciągarki windowe powinny być ustawione na wibroizolatorach, dobranych do ich masy i częstotliwości pracy. Zaleca się rozwiązania zaproponowane przez producentów urządzeń o możliwie dużej skuteczności.
4. Zabrania się sztywnego łączenia z przegrodami budynku wszelkich urządzeń technicznych. W przypadku konieczności przymocowania urządzenia technicznego do ściany lub sufitu należy do tego celu użyć gumowych lub elastomerowych przekładek, lub uchwytów elastycznych zalecanych przez producenta.
5. Wszystkie drzwi powinny być wyposażone w ciche technologie zamykania, takie jak samozamykacze lub mechanizmy tłumiące.
6. W przypadku urządzeń generujących wyjątkowo silne wibracje, jak centrale wentylacyjne, kotły, transformatory, wyciągarki do dźwigów osobowych, czy pompy wody, zaleca się umieszczenie ich nie tylko na amortyzatorach sprężynowych, gumowych lub mieszanych, lecz na odpowiednio sztywnych i ciężkich płytach lub konstrukcjach stalowych z podkładem dobranym specjalnie do masy, mocy i częstotliwości pracy urządzenia. Transformator oraz inne urządzenia techniczne należy ustawiać na niezależnych płytach fundamentowych, jeśli jest to możliwe. W przypadku niezależnej płyty fundamentowej nie jest konieczna dodatkowa płyta pod urządzeniem. Tłumienie dla częstotliwości rezonansowych wibroizolacji urządzeń powinno być nie mniejsze niż 30 dB.
7. Wszystkie przejścia rur oraz kanałów wentylacyjnych przez ściany powinny być zabezpieczone przed stykaniem się bezpośrednio ze ścianą, przykłady rozwiązań podano na Rys. 3.2.
8. Kanały wentylacyjne należy łączyć z wentylatorami lub centralami elastycznymi łącznikami. Zaleca się stosować elastyczne łączniki między segmentami kanałów co ok. 1-2m,

9. Nie mocować kanałów wentylacyjnych sztywnymi łącznikami do ścian lub sufitów. Zastosować przekładki wibroizolacyjne z gumy lub elastomeru, np. wieszaki oraz uchwyty
10. Kanały wentylacyjne oraz rury z wodą lub cieczą chłodzącą powinny mieć izolację z okładziną zewnętrzną.
11. Stosować przekładki wibroizolacyjne wykonane z gumy, elastomeru lub materiału pochłaniającego np. wełny mineralnej w szachtach technicznych, zabezpieczające rury przed stykaniem się oraz dotykaniem do ściany, jak na Rys. 3.2.
12. Zaleca się, aby szerokość kanałów wentylacyjnych była możliwie duża, jednocześnie prędkość przepływu powietrza ograniczona do minimum.
13. Wszelkie wkucia w ściany powinny być wykonane w sposób nie zmniejszający izolacyjności akustycznej i nie powodujących dodatkowego hałasu. Zabrania się np. umieszczania rur z wodą, czy mieszaczy wody w ścianach murowanych, czy wykonywania puszek elektrycznych lub włączników światła symetrycznie po obu stronach ściany.
14. Urządzenia sanitarne, jak umywalki, toalety, spłuczki w toaletach zaleca się oddylać od konstrukcji budynku poprzez zachowanie dylatacji wypełnionych silikonem sanitarnym oraz za pomocą podkładek gumowych lub korkowych. Zaleca się stosowanie elastycznych podkładek pod śruby montażowe. Szczegóły montażowe zostały przedstawione na Rys. 3.3.
15. Instalacje pod posadzką nie powinny stykać się z wylewką. Należy zachować ciągłość warstwy izolacyjnej.
16. W przypadku montowania włączników światła lub innych instalacji na ścianie między odrębnymi pomieszczeniami chronionymi, należy zastosować beztraskowe urządzenia lub włączniki z podkładkami z gumy lub korka.



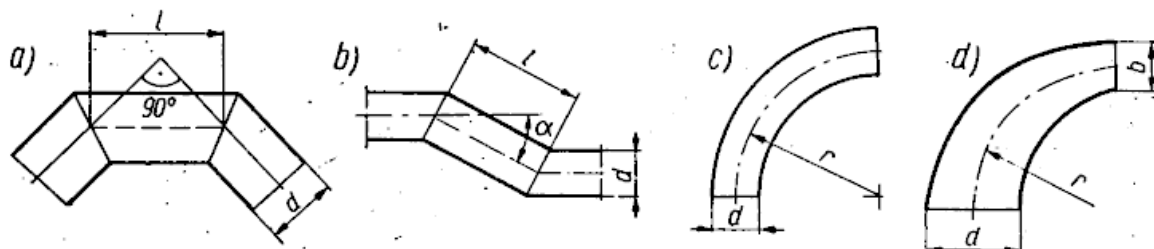
Rys. 3.2 Sposoby prowadzenia i układania przewodów oraz izolowania przejść przewodów przez stropy i ściany: a), b), c) prowadzenie pionów, d), e), f), g) przejście przez ściany lub stropy, h), i), j), k), l) układanie i mocowanie przewodów, m), n) prowadzenie przewodów burzowych i kanałów sanitarnych

1 – przewody, 2 – materiał dźwiękochłonny (wełna mineralna, szklana, elastomer), 3 – filc, guma, korek lub podobny materiał, 4 – ścianka izolacyjna, 5 – zaprawa, 6 – mur, 7 – izolacyjny materiał luźny, np. wełna mineralna, 8 – siatka tynkarska, 9 – jarzmo, 10 – przewód deszczowy lub rura sanitarna, 11 – połączenie sprężyste, 12 – przepona izolacyjna w metalu lub betonie z uszczelkami izolacyjnymi, najlepiej z gumy [9]



Rys. 3.3 Proponowane sposoby instalacji ustępów, umywalni i wanien: a) miski ustępowej ściennej, b), c) misek ustępowych stojących, d) wanny, e) zlewozmywaka, f), g), h) – zaworów czerpalnych, 1- podkładka gumowa lub korkowa, 2 – masa plastyczna, np. silikon, 3- listwa uszczelniająca z tworzywa sztucznego, np. silikonowa, 4 – płyty z wełny mineralnej, 5 – tynk, 6 – łącznik sprężysty, np. z gumy, 7 – bandaż z korka, 8 – komora zabezpieczająca przed uderzeniami hydraulicznymi (młotkowaniem) 9 – tworzywo sztuczne lub inny twardy materiał [9]

17. Nie należy wykonywać załamań rur z wodą lub ściekami oraz kanałów wentylacyjnych pod kątem 90° . Kanały wentylacyjne zaleca się wykonać wg schematów przedstawionych na Rys. 3.4.



Rys. 3.4 Schematy poprawnych załamania kanałów wentylacyjnych nie wywołujących zwiększenia poziomu hałasu w kanale: a) zalecane proporcje $\frac{l}{d} = 1,5$, b) $\alpha \approx 30^\circ$, c) $\frac{d}{b} \approx 3$, d) $\frac{d}{a} = 2$ do 3 [9]

18. Należy wybrać profil kratki wlotowych lub anemostatu do pomieszczeń wymagających ochrony przed hałasem, powodujący najmniejszy możliwy hałas.
19. Po montażu dźwigów osobowych, należy przeprowadzić regulację hałasu komunikatów głosowych, prędkości jazdy i otwierania się drzwi, aby dopasować generowany hałas do wymagań normy PN-B-02151-2:1987.
20. Należy możliwie ograniczyć prędkość przepływu w rurach CO oraz rurach sanitarnych z wodą,
21. Zawory przelotowe i czerpalne w instalacji wodociągowej powinny zostać wykonane jako niskoszumowe.
22. Wszelkie urządzenia sanitarne powinny się łączyć z siecią wodociagową za pośrednictwem wstawki z materiału sprężystego o długości co najmniej 20 cm.

4 ANALIZA AKUSTYKI WNĘTRZ

4.1 Wymagania czasu pogłosu i wskaźnika transmisji mowy

Wymagania dla pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji słownej oraz pozostałych wybranych pomieszczeń, zawarte w normie [10] przedstawiono w Tab. 4.1 i Tab. 4.2.

Tab. 4.1 Czas pogłosu, T, i wskaźnik transmisji mowy, STI, w pomieszczeniach przeznaczonych do komunikacji słownej.

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Kubatura pomieszczenia, V [m ³]	Wymagany czas pogłosu, T [s]	Wymagany wskaźnik transmisji mowy, STI
2.1	Sale rozpraw sądowych, sale konferencyjne, audytoria i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu ^c	≤ 500	≤ 0,8	≥ 0,60
2.2		Od 500 do 2000	≤ 1,0	
2.3		> 2000	Określić indywidualnie	Określić indywidualnie ^d

^c W przypadku pomieszczeń, w których wyłączną metodą zapewnienia zrozumiałości mowy jest zastosowanie systemu nagłaśniającego, wg PN-EN ISO 9921, nie stawia się wymagań dotyczących wskaźnika transmisji mowy STI dla komunikacji słownej bez wykorzystania nagłośnienia. W takim przypadku, wymagania dotyczące czasu pogłosu, T, pozostają bez zmian.
^d Zaleca się uwzględnić PN-EN 60268-16.

Na etapie projektowania przewidywany czas pogłosu, T, i wskaźnik transmisji mowy, STI, w pomieszczeniu wyznaczono obliczeniowo, z tego powodu uwzględniono ograniczenia wynikające z kształtu pomieszczenia oraz wpływu nierównomiernego rozkładu powierzchni dźwiękochłonnych w pomieszczeniu. Przy wyznaczaniu wskaźnika transmisji mowy, STI, dodatkowo uwzględniono przewidywane wzajemne usytuowania mówcy i słuchacza oraz rzeczywisty poziom tła akustycznego i mocy akustycznej mówcy w pomieszczeniu.

Wymagania dotyczące ograniczenia hałasu pogłosowego w pozostałych pomieszczeniach należy określać za pomocą dopuszczalnego czasu pogłosu, T , w pasmach oktawowych o częstotliwościach środkowych od 250 do 4000 Hz. W pomieszczeniach o dużej kubaturze, w których przewiduje się zainstalowanie systemu nagłaśniającego, zaleca się, aby czas pogłosu, T , w paśmie częstotliwości 125 Hz był zbliżony do wartości czasu pogłosu, T , w pasmach częstotliwości 500 i 1000 Hz.

Tab. 4.2 Wymagania czasu pogłosu dla wybranych pomieszczeń, zawartych w normie [10].

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Objętość lub wysokość maksymalna pomieszczenia	Czas pogłosu, T [s]
8.1	Galerie wystawowe, sale ekspozycyjne w muzeach i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu ^b	$\leq 4,0$ m	$\leq 1,5$
8.2		Od 4,0 m do 16,0 m	$\leq 2,0$
8.3		$> 16,0$ m	$\leq 2,5$
11	Pokoje biurowe i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	-	$\leq 0,6$
15	Połączone pomieszczenia o różnej objętości i/lub o różnym przeznaczeniu spośród wymienionych powyżej	Określić indywidualnie w przedziale wartości odpowiednim dla połączonych pomieszczeń	

^b Jeżeli pomieszczenie jest przeznaczone do komunikacji słownej lub instalacji dźwiękowych, należy zapewnić możliwość okresowego zmniejszania czasu pogłosu, T , o 0,5 sekundy.

4.2 Opis parametrów użytych w analizie akustyki wnętrza

4.2.1 Wskaźnik zrozumiałości mowy STI

STI (z ang. Speech Transmission Index) jest miarą subiektywnej zrozumiałości mowy w pomieszczeniu. Wskaźnik ten zawiera się w zakresie 0 – 1 i jest wartością bezwymiarową. Wartość 0 oznacza najgorszą zrozumiałość mowy, a 1 najlepszą. Wskaźnik ten zależy m.in. od czasu pogłosu, odbić w pomieszczeniu oraz poziomu tła akustycznego.

4.2.2 Czas pogłosu

Określa czas potrzebny do spadku uśrednionej w przestrzeni gęstości energii akustycznej o 60 dB, po wyłączeniu źródła dźwięku. Wyrażany w sekundach.

4.3 Opis obliczeń warunków akustycznych wnętrza metodą geometryczną

W projekcie wykorzystano oprogramowanie CATT Acoustic v. 9.1b, bazujące na sposobie obliczeń zwanym „akustyką geometryczną”. Algorytm polega na wysłaniu dyskretnych promieni dźwięku z wirtualnych źródeł w modelu 3D pomieszczenia w celu zastąpienia fal dźwiękowych.

Algorytm ten wymaga tego, aby wszystkie powierzchnie w modelu miały zdefiniowany współczynnik rozpraszania i współczynnik pochłaniania dźwięku. Ze względu na zastąpienie fal dźwiękowych promieniami, nie są precyzyjnie uwzględniane takie zjawiska fizyczne jak mody własne pomieszczeń. Współczynnik rozpraszania dobierany jest zazwyczaj na podstawie geometrii powierzchni danego materiału, dlatego jego właściwości również są przybliżone. Rozbieżność między współczynnikami pochłaniania dźwięku badanymi w akredytowanych komorach

pogłosowych jest istotna i może sięgać nawet 20%. Wpływ pomieszczenia niebędącego komorą pogłosową na współczynnik pochłaniania powoduje dalsze zwiększenie niepewności. Dokładność algorytmu, uwzględnienie dyfrakcji pierwszych odbić, liczba promieni oraz zwiększenie ich ilości po odbiciu, jak również uwzględnienie rozproszenia na krawędzi może być określona w obliczeniach i powinna zostać dopasowana każdorazowo do liczonego przypadku. Model 3D nie może być wykonany z dokładnością 100% z rzeczywistymi wymiarami przedmiotów, ponieważ ten algorytm uwzględnia odbicie od przedmiotów, których wielkość jest większa niż długość fali od danej częstotliwości.

Wszystkie powyższe zjawiska powodują, że modele cyfrowe obliczone za pomocą algorytmów akustyki geometrycznej nie są nigdy w 100% dokładne, a ich błąd zależy przede wszystkim od sposobu uproszczenia modelu, dobranych parametrów obliczeniowych i dokładności danych wejściowych.

W niniejszym opracowaniu, do obliczeń czasu pogłosu oraz wskaźnika STI, użyto symulacji komputerowej z wykorzystaniem programu CATT Acoustic. Wyniki czasu pogłosu podane na wykresach są średnią, obliczoną na podstawie obliczenia metodą energetyczną oraz na podstawie obliczonej odpowiedzi impulsowej. Dodatkowo na wykresach zamieszczono czas pogłosu wyznaczony za pomocą wzorów Sabine’a oraz Eyring’a. W ramach analizy wskaźnika STI wykonano symulacje akustyczne w programie CATT Acoustic v9.1b a wyniki przedstawiono w formie kolorowych map na rzucie pomieszczenia. W ramach opracowania wykonano obliczenia dla pomieszczeń pełniących funkcję sali edukacyjnej 0.09 oraz sali wielofunkcyjnej U.02.

4.4 Opis obliczeń czasu pogłosu metodą statystyczną

Metoda polega na obliczeniu wyłącznie czasu pogłosu w pomieszczeniu, na podstawie wzoru Sabine’a lub Eyring’a. Stosuje się ją w pomieszczeniach o równomiernym rozkładzie materiału pochłaniającego oraz prostej i nieskomplikowanej bryle. Korzystając ze wzoru Sabine’a, średni współczynnik pochłaniania dźwięku nie powinien być większy niż ok. $\alpha_w = 0,2$. Dla pomieszczeń o wyższym współczynniku pochłaniania dźwięku zaleca się stosowanie wzoru Eyring’a.

W niniejszym opracowaniu, metodę statystyczną wykorzystano do obliczeń czasu pogłosu dla pomieszczeń sali wystaw oraz sali wystaw czasowych.

4.5 Obliczenia oraz wyniki czasu pogłosu

Wykonane obliczenia oraz wnioski z poszczególnych symulacji zostały przedstawione w poniższych rozdziałach. We wszystkich modelach wykorzystano właściwości akustyczne materiałów z bazy danych programu CATT Acoustic, własnych badań oraz danych producentów poszczególnych materiałów akustycznych. W przypadku braku materiałów odpowiadających dokładnie danemu materiałowi, stosowano wartości współczynnika pochłaniania materiału najbardziej zbliżonego do danego materiału. Współczynnik rozpraszania dobierano na podstawie nierównomierności danego materiału oraz gabarytów elementów wyposażenia wnętrza. Do wykonania symulacji użyto modułu TUCT, dobierając liczbę promieni oraz złożoność algorytmu.

Wyniki przedstawiono w postaci wykresów, gdzie linie czerwona i niebieska odpowiadają wynikowi średniego czasu pogłosu T_{20} uzyskanemu w programie (kolor czerwony - metoda energetyczna, kolor niebieski - metoda impulsowa) dla wszystkich punktów nadawczych i odbiorczych, a krzywa Ref RT oznacza wymagania określone w PN-B-02151-4 dla danego

pomieszczenia. Dodatkowo linią zieloną i brązową przedstawiono czas pogłosu wyznaczony za pomocą wzoru Sabine’a i Eyring’a. W każdym przypadku, liczbę punktów odbiorczych i nadawczych oraz ich rozmieszczenie ustalono zgodnie z normą [11]. Każde źródło użyte w symulacji było idealnie wszechkierunkowe, tak samo jak mikrofony w punktach odbiorczych. Rozstawienie punktów nadawczych i odbiorczych przedstawiono na modelach 3D pomieszczeń.

Wg wymagań PN EN ISO 02151-4:2015 czas pogłosu dla sal wielofunkcyjnych i edukacyjnych w obiektach muzealnych nie jest ściśle określony. Norma narzuca natomiast wymagania czasu pogłosu dla sal wystawowych i ekspozycyjnych. Dla sal wystawowych o wysokości maksymalnej pomieszczenia od 4 m do 16 m czas pogłosu nie powinien być większy niż $T = 2$ s. Dla sali wielofunkcyjnej oraz sal edukacyjnych, chcąc zachować komfortowe warunki akustyczne, przyjęto wymagania jak dla pozycji Lp.2 z Tab. 4.1. Czas pogłosu w salach o kubaturze poniżej 500 m^3 powinien przekroczyć wartości $T = 0,8$ s dla każdego z pasm oktawowych od częstotliwości 250 Hz - 8 000 Hz. W przypadku sal o objętości od 500 m^3 do 2000 m^3 , czas pogłosu nie powinien być większy niż $T = 1$ s.

4.5.1 Zestawienie użytych ustrojów akustycznych

Poniżej w Tab. 4.3 opisano po krótko użyte w niniejszym opracowaniu ustroje akustycznej, które zastosowano na sufitach oraz ścianach w badanych pomieszczeniach. Poniższe ustroje akustyczne dotyczą elementów wyposażenia wnętrza, które nie są typowym wyposażeniem. W celu osiągnięcia założonych warunków akustycznych, współczynniki pochłaniania poniższych elementów nie może być niższy niż przedstawiony w tabeli, w przypadku stosowania produktów równoważnych. Należy zachować również podobny parametr współczynnika rozpraszania. Jeżeli nie został on zdefiniowany w niniejszym opracowaniu, to należy stosować podobne gabaryty rzeźbienia struktury w celu uzyskania podobnych współczynników rozpraszania.

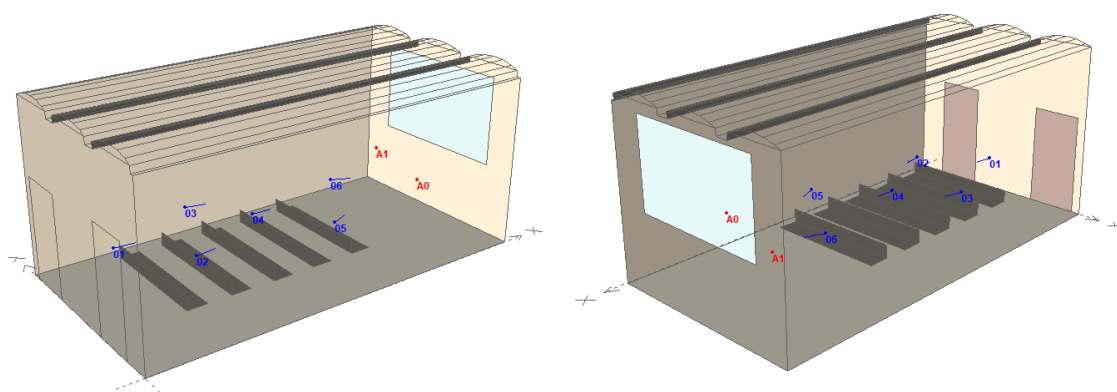
Tab. 4.3 Wartości współczynników pochłaniania dźwięku dla użytych ustrojów akustycznych.

Lp.	Ustrój akustyczny	Częstotliwość [Hz]						
		125	250	500	1000	2000	4000	α_w
1.	Ściana akustyczna wykonana z cegły pełnej przesuniętej o ok. 6 cm co dwie cegły w poziomie. Za warstwą cegieł znajduje się warstwa wełny mineralnej. Perforacja ustroju ok. 10,2 %	0,75	0,65	0,50	0,65	0,45	0,25	0,55
2.	Panel fornirowany z perforacją o średnicy 5 mm + warstwa min. 45 mm wełny mineralnej + 30 mm pustki powietrznej, montowany do ściany (referencja: Gustafs Panel System Standard Perforation PH5)	0,50	0,70	0,65	0,45	0,25	0,20	0,50
3.	Panel fornirowany z perforacją o średnicy 8 mm + warstwa min. 45 mm wełny mineralnej + 200 mm pustki powietrznej, montowany pod sufitem (referencja:	0,65	0,95	0,85	0,80	0,55	0,40	0,80

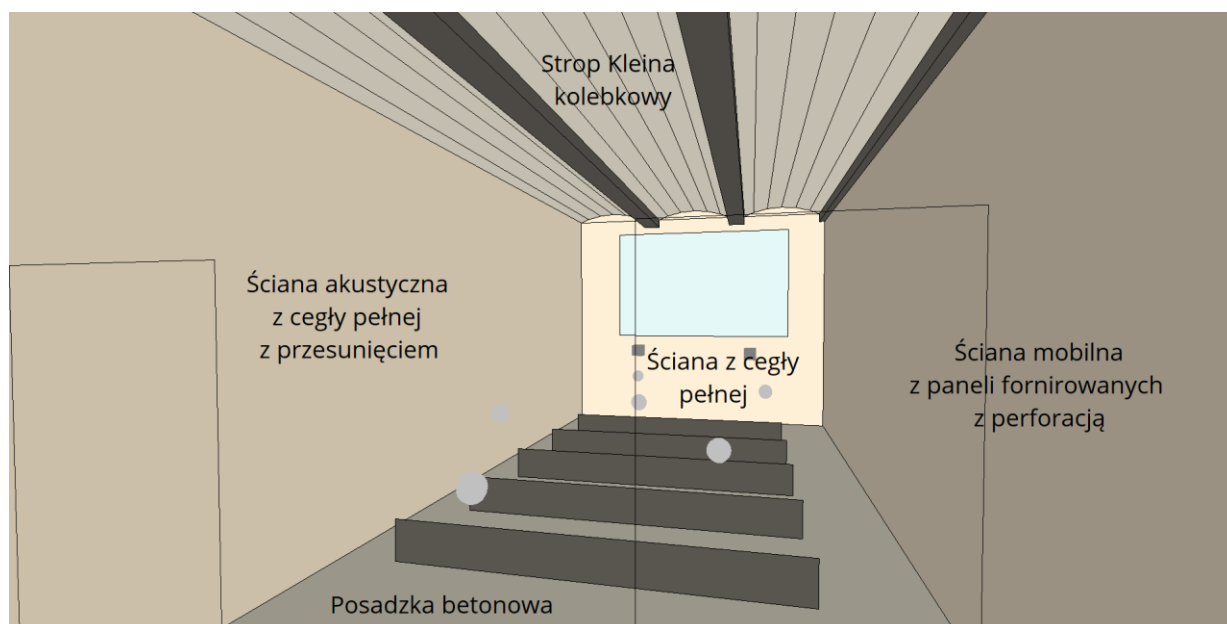
	Gustafs Panel System Standard Perforation PH8)							
4.	Panel fornirowany pełny + warstwa min. 45 mm wełny mineralnej + 30 mm pustki powietrznej, montowany do ściany (referencja: Gustafs Panel System Plain)	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	-
5.	Panel fornirowany pełny + warstwa min. 45 mm wełny mineralnej + 30 mm pustki powietrznej, montowany pod sufitem (referencja: Gustafs Panel System Plain)	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	-
6.	Lamele fornirowane 28 x 38 mm + warstwa min. 17 mm wełny skalnej (referencja: Gustafs Linear System Gustafs Rib, typ GLS 28 - 45)	0,05	0,35	0,90	0,90	0,70	0,65	0,65

4.5.2 Wyniki obliczeń - sala edukacyjna 0.09

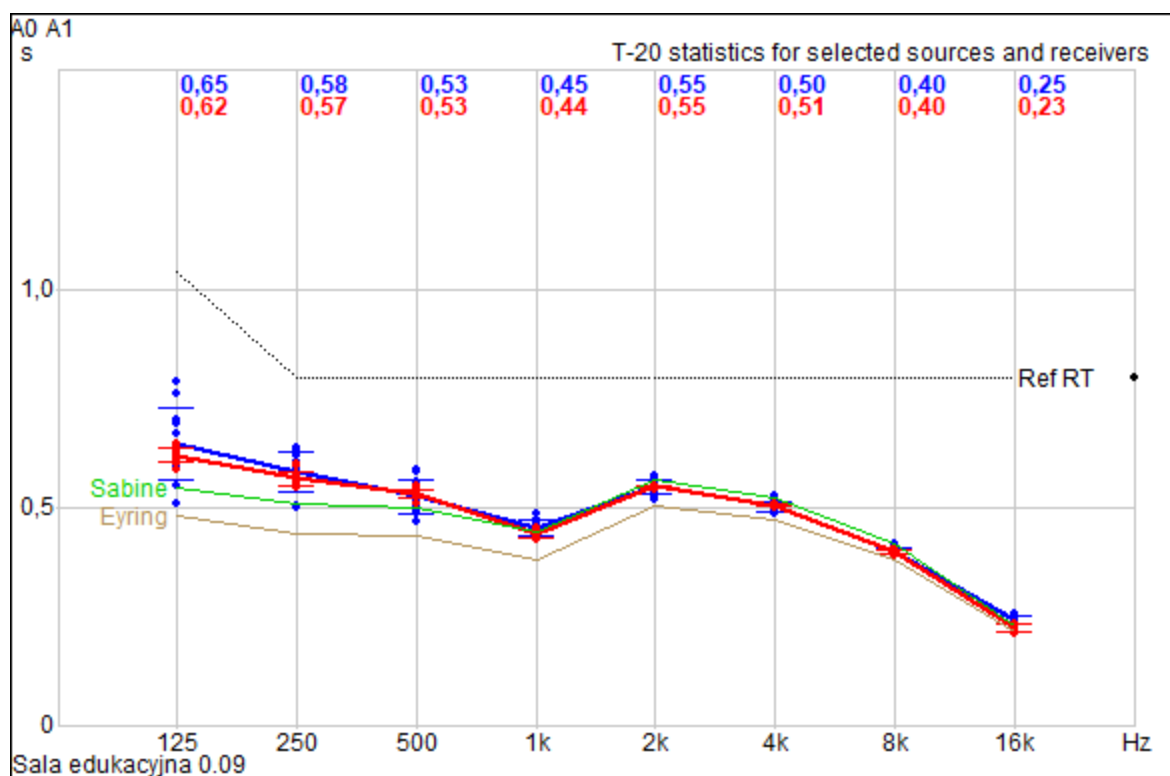
W sali edukacyjnej na parterze jedna ze ścian bocznych pełni funkcję ściany akustycznej. Ściana jest wykonana z warstwy cegły pełnej, za którą znajduje się wełna mineralna. Cegły są przesunięte o ok. 6 cm co drugą cegłą w poziomie. Dodatkowo, w celu zmniejszenia ilości odbitych promieni oraz poprawy parametrów akustycznych, zamieszczoną w pomieszczeniu ściankę mobilną wykończono perforowanymi panelami fornirowanymi o średnicy perforacji 5 mm. Pozostałe dwie ściany pokryte są cegłą pełną z obrzutką cementowo-wapienną. Wartości współczynnika pochłaniania ustrojów podano w Tab. 4.3 w wierszu nr 1. oraz 2. Sufit jest sufitem kolebkowym Kleina wykonanym z cegieł. Na podłodze umieszczono posadzkę betonową. Dokładne rozmieszczenie adaptacji przedstawiono na Rys. 4.2. Do wykonania symulacji użyto algorytmu pierwszego oraz dobrano liczbę promieni równą 500000.



Rys. 4.1 Rzut 3D modelu akustycznego sali edukacyjnej 0.09 na parterze. Po lewej stronie widok na przód sali, gdzie umieszczony jest ekran projektora, po prawej, widok na tył sali, gdzie umieszczone są drzwi wejściowe.



Rys. 4.2 Rozmieszczenie materiałów w pomieszczeniu sali edukacyjnej 0.09 na parterze

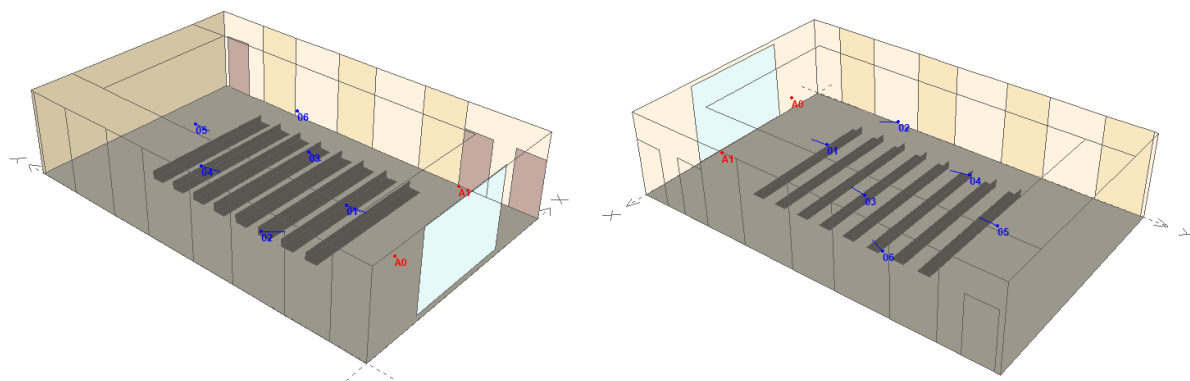


Rys. 4.3 Wartości czasu pogłosu T_{20} dla sali edukacyjnej 0.09

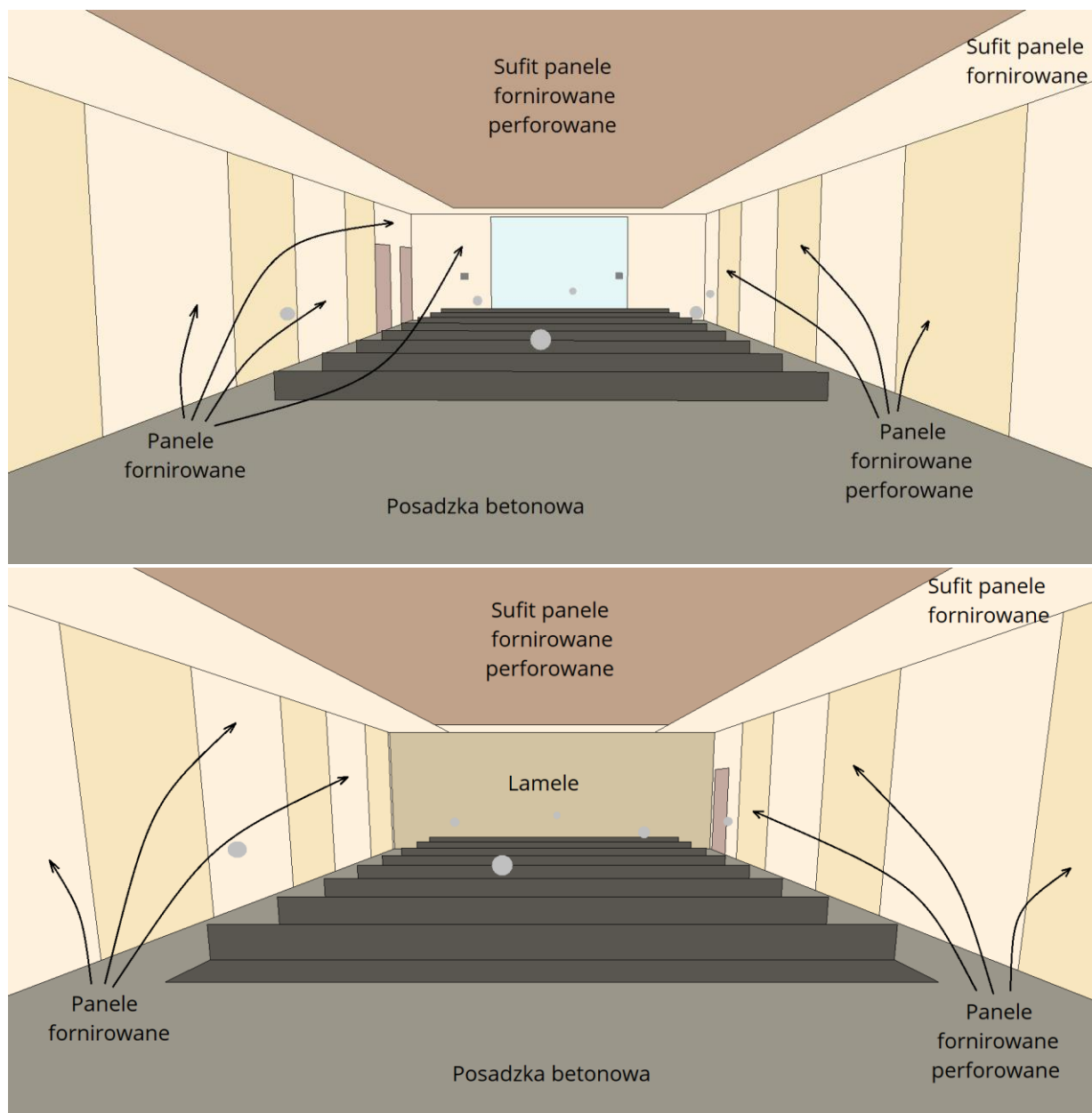
Przeprowadzono obliczenia czasu pogłosu w punktach odbiorczych oznaczonych na Rys. 4.1 niebieskim kolorem, a sygnał generowano z punktów nadawczych, oznaczonych na czerwono. Wyniki obliczeń czasu pogłosu przedstawiono na Rys. 4.3. Czerwony wykres oznacza wynik obliczeń metodą energetyczną, a niebieski metodą impulsową. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdza się, że obliczony dla pomieszczenia czas pogłosu zawiera się w dopuszczalnych przez normę wymaganiach.

4.5.3 Wyniki obliczeń - sala wielofunkcyjna U.02

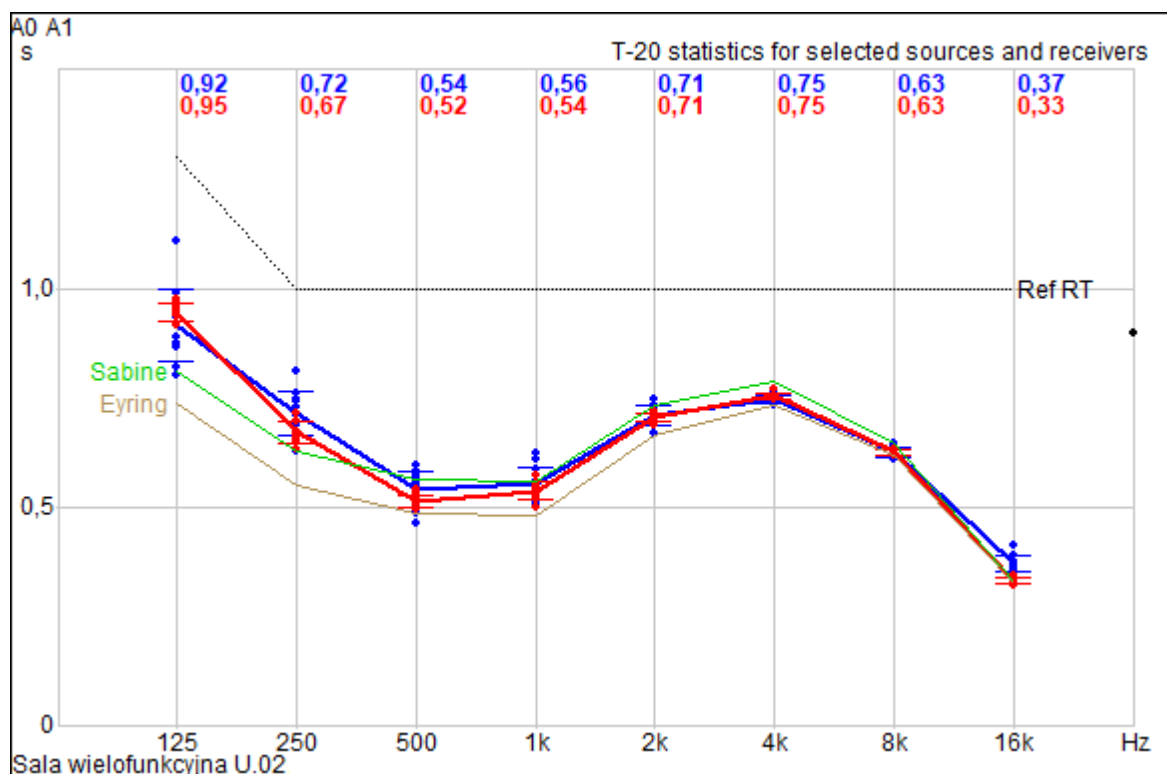
W sali wielofunkcyjnej na poziomie -1 na ścianach bocznych umieszczono panele fornirowane. Panele układane są naprzemiennie z panelami fornirowanymi perforowanymi o średnicy perforacji 5 mm. Panele perforowane na ścianach bocznych mają szerokość 1800 mm oraz wysokość 3500 mm (od podłogi do sufitu podwieszanego) każdy oraz rozstawione są co 2000 mm. Panele perforowane na równoległych do siebie ścianach bocznych zostały rozmieszczone niesymetrycznie, tzn. jeśli na jednej ścianie jest panel fornirowany pełny to na ścianie równoległej w tym miejscu jest panel fornirowany perforowany. Rozmieszczenie to ma na celu wyeliminowania zjawiska flutter echo. Przednia ściana jest w całości pokryta pełnymi panelami fornirowanymi. Na tylnej ścianie, na jej całej powierzchni, zastosowano adaptację w postaci lameli fornirowanych. Na suficie umieszczono sufit podwieszany wykonany z paneli fornirowanych pełnych, po obwodzie pomieszczenia o szerokości 1800 mm. Reszta część sufitu (część środkowa) pokryta jest panelami fornirowanymi perforowanymi o perforacji 8 mm. Na podłodze zastosowano posadzkę betonową. Wartości współczynnika pochłaniania ustrojów podano w Tab. 4.3 w wierszu nr 2., 3., 4., 5. oraz 6. Dokładne rozmieszczenie adaptacji przedstawiono na Rys. 4.5. Do wykonania symulacji użyto algorytmu pierwszego oraz dobrano liczbę promieni równą 500000.



Rys. 4.4 Rzut 3D modelu akustycznego sali wielofunkcyjnej U.02 na poziomie -1. Po lewej stronie widok na tył sali, gdzie umieszczona jest adaptacja w postaci lameli, po prawej, widok na przód sali, gdzie umieszczony jest ekran projektora.



Rys. 4.5 Rozmieszczenie materiałów w pomieszczeniu sali wielofunkcyjnej U.02 na poziomie -1. U góry widok przedniej części sali, na dole widok tylnej części sali.



Rys. 4.6 Wartości czasu pogłosu T_{20} dla sali wielofunkcyjnej U.02

Przeprowadzono obliczenia czasu pogłosu w punktach odbiorczych oznaczonych na Rys. 4.6 niebieskim kolorem, a sygnał generowano z punktów nadawczych, oznaczonych na czerwono. Wyniki obliczeń czasu pogłosu przedstawiono na Rys. 4.6. Czerwony wykres oznacza wynik obliczeń metodą energetyczną, a niebieski metodą impulsową. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdza się, że obliczony dla pomieszczenia czas pogłosu zawiera się w dopuszczalnych przez normę wymaganiach.

4.5.4 Wyznaczenie czasu pogłosu metodą statystyczną w wybranych pomieszczeniach

Dla pomieszczeń sali wystaw oraz sali wystaw czasowych wyznaczono czas pogłosu metodą statystyczną, korzystając ze wzoru Sabine'a. W pomieszczeniach zastosowano następujące materiały. Na podłodze umieszczono posadzkę betonową, dwie ściany boczne są obłożone cegłą pełną z obrzutką cementowo-wapienną, pozostałe dwie ściany są obłożone cegłą pełną, za którymi umieszczona jest warstwa wełny mineralnej (tzw. ściana akustyczna). Cegły na tych dwóch ścianach są umieszczone z przesunięciem ok. 6 cm co dwie cegły w poziomie, tworząc w ten sposób ustrój pochłaniający dźwięk, którego perforacja wynosi ok. 10,2 %. Ściany akustyczne należy wykonać na całej ich wysokości w pomieszczeniu, czyli od podłogi aż po sufit. Sufit jest sufitem kolebkowym Kleina wykonanym z cegieł. Współczynnik pochłaniania ściany akustycznej został wyznaczony w programie Zorba 3.0 firmy Marshall Day Acoustics i jest przedstawiony w Tab. 4.3, wiersz nr 1.

Tab. 4.4 Zestawienie wartości czasu pogłosu dla pomieszczenia sali wystaw oraz sali wystaw czasowych, dla których wyznaczono czas pogłosu metodą statystyczną.

Pomieszczenie	Częstotliwość [Hz]					Czas pogłosu, T [s]	Wymagania spełnione
	250	500	1000	2000	4000		

Sala wystaw 0.10	1,63	1,61	1,26	1,45	1,25	≤ 2,0	Tak
Sala wystaw czasowych 0.12	1,36	1,26	0,98	1,09	0,85	≤ 2,0	Tak

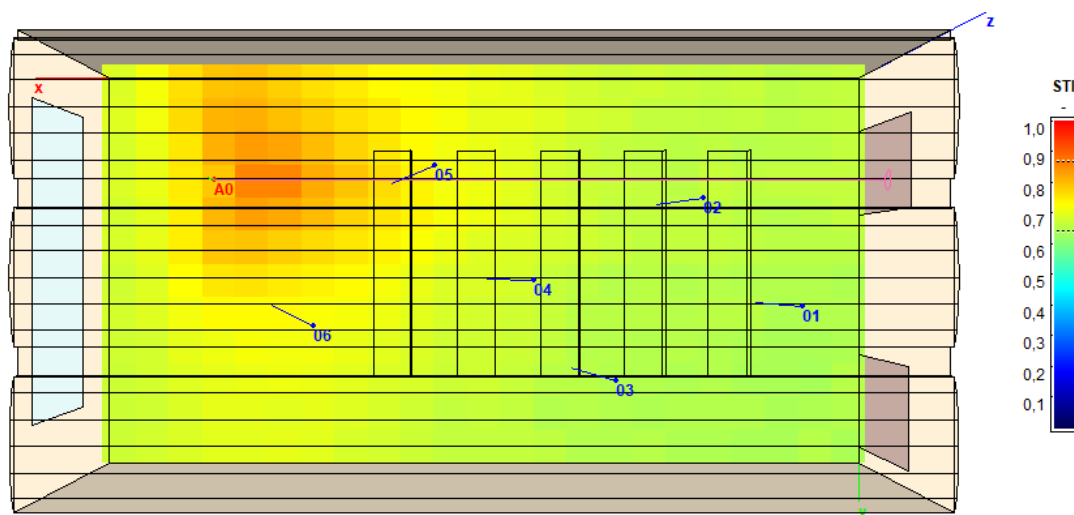
Czas pogłosu, dla wymienionych w Tab. 4.4 pomieszczeń zawiera się w dopuszczalnych przez normę wymaganiach.

4.6 Wyniki obliczeń wskaźnika transmisji mowy – STI

Korzystając z oprogramowania CATT Acoustic v. 9.1b, przeprowadzono symulacje wyznaczenia wartości wskaźnika transmisji mowy STI w sali edukacyjnej 0.09 oraz w sali wielofunkcyjnej U.02. Do wykonania symulacji posłużono się tymi samymi modelami co w przypadku wyznaczania czasu pogłosu. Jako źródło dźwięku przyjęto ludzką mowę oraz uwzględniono przewidywane wzajemne usytuowanie mówcy i słuchacza oraz rzeczywisty poziom tła akustycznego w pomieszczeniu. W obu przypadkach źródło dźwięku, czyli mówca, znajdowało się z przodu sali. Dla każdego pomieszczenia, ustawiono dwie pozycje źródła.

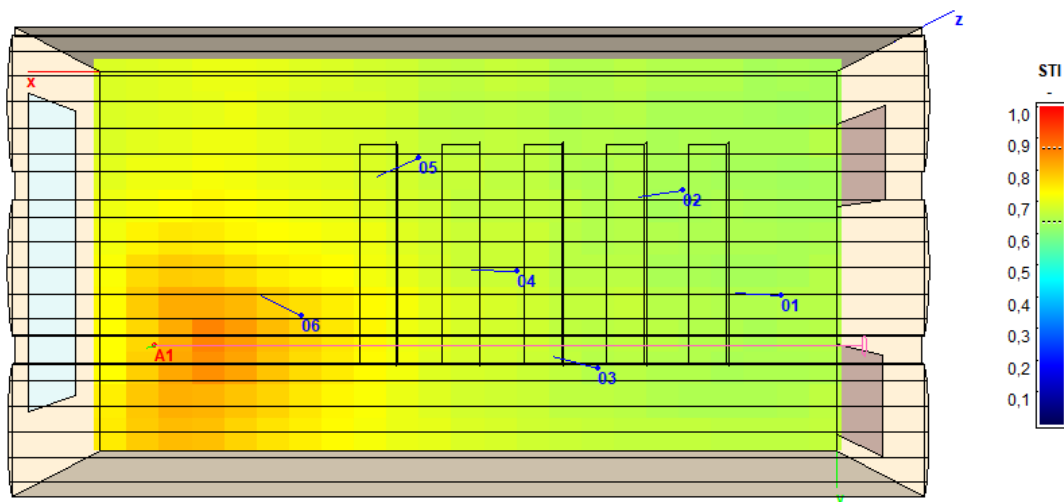
STI IEC Ed3 male, masking on, [500000 rays, 800 ms]

Bkg [dB]: 48 40 34 30 27 25 23 -



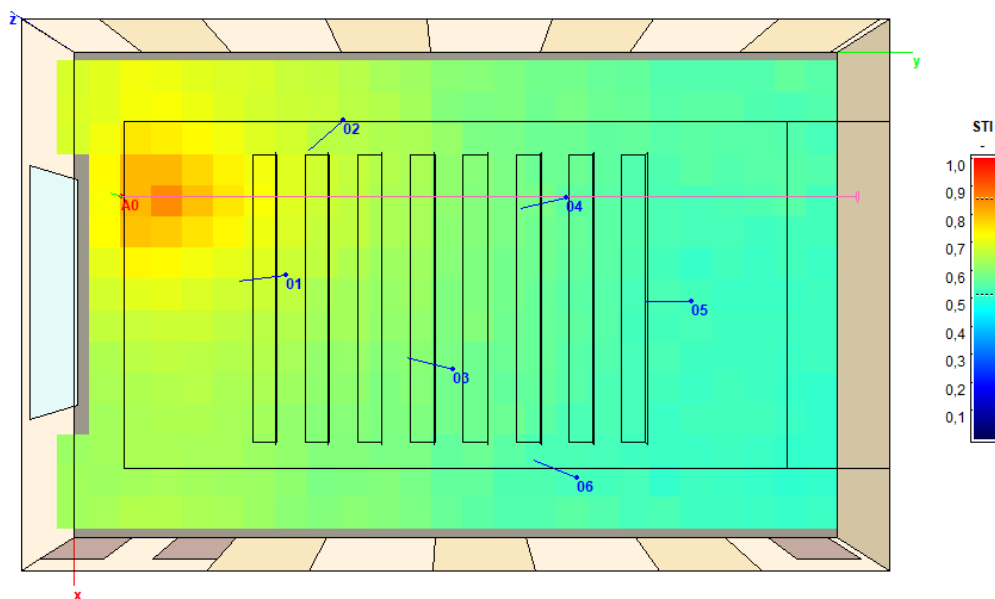
Sala edukacyjna 0.09

Rys. 4.7 Rozkład wartości parametru STI na powierzchni sali edukacyjnej 0.09 na parterze, dla pierwszego położenia źródła dźwięku.



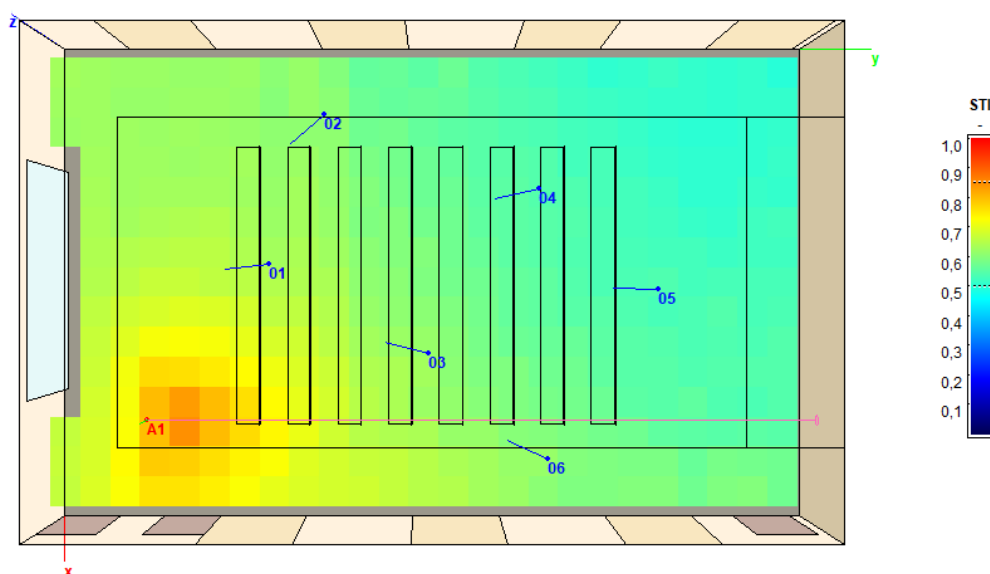
Sala edukacyjna 0.09

Rys. 4.8 Rozkład wartości parametru STI na powierzchni sali edukacyjnej 0.09 na parterze, dla drugiego położenia źródła dźwięku.



Sala wielofunkcyjna U.02

Rys. 4.9 Rozkład wartości parametru STI na powierzchni sali wielofunkcyjnej U.02 na poziomie -1, dla pierwszego położenia źródła dźwięku.



Sala wielofunkcyjna U.02

Rys. 4.10 Rozkład wartości parametru STI na powierzchni sali wielofunkcyjnej U.02 na poziomie -1, dla drugiego położenia źródła dźwięku.

Wymagania normowe dotyczące wskaźnika transmisji mowy są spełnione dla pomieszczenia sali edukacyjnej. Na podstawie wyżej zamieszczonych rysunków widać, że wartości STI na całej powierzchni pomieszczenia, w przypadku sali edukacyjnej, są większe niż podana w Tab. 4.1 wartość 0,6. Dla pomieszczenia sali widowiskowej U.02 w tylnej części sali wyniki obliczeń znajdują się trochę poniżej wartości 0,6. W związku z tym, w sali widowiskowej należy stosować system nagłośnienia, aby móc zapewnić prawidłową zrozumiałość mowy. Na Rys. 4.9 oraz Rys. 4.10 przedstawiono wartości STI dla sytuacji, gdy mówca nie wspomaga się sprzętem nagłośnieniowym. W niniejszym operacie nie wykonywano obliczeń dla sytuacji, gdy mamy nagłośnienie.

5 PODSUMOWANIE

W niniejszym operacie przeprowadzono analizę akustyczną obiektu wystawienniczo-edukacyjnego projektowanego we wsi Wólka Okrąglik, gmina Kosów Lacki. W ramach opracowania określono wymagania przegród wewnętrznych, a następnie na drodze obliczeń sprawdzono ich spełnienie przy obecnych założeniach projektowych. Ponadto, w opracowaniu przeprowadzono analizę akustyki wewnątrz wybranych pomieszczeń oraz dobrano odpowiednią adaptację akustyczną, aby móc spełnić wymagania normowe.

W poniższych rozdziałach przedstawiono wytyczne dot. konstrukcji przegród wewnętrznych oraz aranżacji wnętrz pod kątem adaptacji akustycznej. Celem spełnienia wymagań akustycznych należy przestrzegać podanych wytycznych. Dodatkowo budynek należy wykonać zgodnie ze sztuką budowlaną i wszelką starannością, aby uniknąć niepoprawnie wykonanych przegród/łączy mogących negatywnie wpłynąć na izolacyjność akustyczną, tym samym doprowadzić do niespełnienia wymagań normowych.

5.1 Wytyczne przegród wewnętrznych i drzwi

W rozdziale 2.3 przedstawiono wyniki izolacyjności akustycznej różnych typów przegród o konstrukcji, jak w projekcie [12]. W przypadku, gdy dana przegroda nie spełniała wymagań dodawano do niej dodatkową warstwę izolacyjną lub proponowano zamienne rozwiązanie.

W Tab. 5.1 przedstawiono wytyczne dla przegród wewnętrznych rozdzielających poszczególne typy pomieszczeń. W celu zgodności z wykonanym modelem zasugerowano systemy poszczególnych producentów o zdefiniowanych parametrach akustycznych. Wytyczne sformułowano m. in. w oparciu o **wyniki obliczeń z rozdziału 2.3, których podsumowanie zawarto w Tab. 2.17.**

Tab. 5.1 Zalecenia odnośnie materiałów i sposobu wykonania przegród wewnętrznych pomiędzy danymi typami pomieszczeń. Oznaczenia kolorystyczne zgodne z Tab. 2.17.

Wytyczne dot. przegród wewnętrznych		
Lp.	Przegroda	Wytyczne
1	Ściana między salą konferencyjną a korytarzem	Jak w projekcie, tj. ściana szklana: $R_{A1,R} \geq 53$ dB, przy założeniu, że ściana posadowiona na płycie stropowej, w innym wypadku brak możliwości spełnienia wymagań dla przegrody szklanej
2	Ściana między salą konferencyjną a pomieszczeniem sanitarnym	Ściana z bloczków silikatowych akustycznych o gr. 18 cm, np. Xella Silka E18A+: $R_w (C; C_{tr}) = 57 (-1; -5)$ dB
3	Ściana między pokojem biurowym a korytarzem	Jak w projekcie, tj. ściana z bloczków silikatowych o gr. 12 cm, np. Xella Silka E12: $R_w (C; C_{tr}) = 48 (-1; -4)$ dB
4	Ściana między pokojem biurowym a korytarzem	Jak w projekcie, tj. ściana szklana: $R_{A1,R} \geq 53$ dB, przy założeniu, że ściana posadowiona na płycie stropowej, w innym wypadku brak możliwości spełnienia wymagań dla przegrody szklanej
5	Ściana między pokojami biurowymi	Jak w projekcie, tj. ściana z bloczków silikatowych o gr. 12 cm, np. Xella Silka E12: $R_w (C; C_{tr}) = 48 (-1; -4)$ dB

6	Ściana między pokojem biurowym a klatką schodową	Jak w projekcie, tj. ściana z bloczków silikatowych akustycznych o gr. 18 cm, np. Xella Silka E18: $R_w(C; C_{tr}) = 52(-2; -5)$ dB
7	Ściana między salą edukacyjną a kasami z szatnią	Jak w projekcie, tj. ściana z cegły pełnej o gr. 12 cm + pustka powietrzna + ściana z cegły pełnej o gr. 12 cm
8	Ściana między salą edukacyjną a holem głównym	Jak w projekcie, tj. ściana z cegły pełnej o gr. 12 cm + żelbet 24 cm + ściana z cegły pełnej o gr. 12 cm
9	Ściana między salą wielofunkcyjną a pomieszczeniem technicznym	Jak w projekcie, tj. ściana żelbetowa o gr. 24 cm
10	Strop między salami edukacyjnymi	Jak w projekcie, tj. wylewka betonowa o gr. 10 cm + warstwa izolacji akustycznej (wełna mineralna, np. Steprock) o gr. 5 cm + strop żelbetowy o gr. 25 cm
11	Strop między salą wielofunkcyjną a salą wystaw czasowych	Jak w projekcie, tj. wylewka betonowa o gr. 10 cm + warstwa izolacji akustycznej (wełna mineralna, np. Steprock) o gr. 5 cm + strop żelbetowy o gr. 30 cm
12	Strop między pokojem biurowym a pomieszczeniem technicznym	Jak w projekcie, tj. wylewka betonowa o gr. 10 cm + warstwa izolacji akustycznej (wełna mineralna, np. Steprock) o gr. 5 cm + strop żelbetowy o gr. 25 cm
13	Wełna mineralna podłóg pływających	Obliczenia dot. dźwięków uderzeniowych wykonano dla warstwy wełny mineralnej o sztywności dynamicznej ≤ 20 MN/m ³ . Jest to maksymalna zalecana wartość. Im mniejsza, tym większy komfort akustyczny.
14	Podłoga na gruncie na poziomie -1	Dla podłogi na gruncie jak w projekcie, tj. posadzka betonowa o gr. 10 cm + styropian twardy o gr. 10 cm + chudy beton o gr. 10 cm + podsypka piaskowa, należy zamienić warstwę 10 cm styropianu twardego na warstwę styropianu akustycznego 3 cm + styropianu twardego 7 cm
15	Ściany szachtowe	Izolacyjność ścian szachtowych nie jest normowana, natomiast zakładając poprawny montaż i zabezpieczenie instalacji prowadzonych w szachcie, wystarczające będzie zastosowanie podane w projekcie, tj. bloczki silikatowe o gr. 12 cm, np. Xella Silka E12: $R_w(C; C_{tr}) = 48(-1; -4)$ dB
Wytyczne dot. drzwi wewnętrznych		
16	Drzwi wejściowe do sali konferencyjnej	$R_{A1, R}(R_{A1}) \geq 35$ (37) dB;
17	Drzwi wejściowe do pokoju biurowego	$R_{A1, R}(R_{A1}) \geq 30$ (32) dB,
18	Drzwi wejściowe do sali edukacyjnej oraz sali wielofunkcyjnej	$R_{A1, R}(R_{A1}) \geq 35$ (37) dB
Zalecenia ogólne		

19	Wszystkie ściany i stropy	Ściany powinny być osadzone na stropie (nie na posadzce) oraz wykonane w technologii odpowiadającej parametrom akustycznym przyjętym do obliczeń. W przypadku zastosowania wspólnych szachtów wentylacyjnych, należy zamontować tłumiki pomiędzy wszystkimi kondygnacjami w kanałach wentylacyjnych.
20	Klatki schodowe	Klatki schodowe sąsiadujące z pomieszczeniami chronionymi należy wyciszyć poprzez zastosowanie rozwiązania systemowego (np. Schöck Tronsole) lub poprzez oddylatowanie biegów schodowych od ścian, zastosowaniem podłogi pływającej ze styropianem akustycznym oraz wibroizolatorów biegów schodowych na spocznikach.
21	Szachty windowe	Szachty windowe graniczące z pomieszczeniami chronionymi należy oddylatować.
22	Głośnie pomieszczenia techniczne (np. wentylatornie)	<ol style="list-style-type: none">1. W miarę możliwości oddylatować płytę fundamentową,2. Umieścić możliwie najgrubszą warstwę wełny (min. 5 cm) pod wylewką podłogi pływającej,3. Urządzenia należy posadzić na podkładkach wibroizolacyjnych.
23	Instalacje podłogowe	Instalacje pod posadzką nie powinny stykać się z wylewką ani ścianami. Należy zachować ciągłość warstwy izolacyjnej wełny/styropianu akustycznego. Przejścia przez wylewkę powinny być zaizolowane pianką dylatacyjną.
24	Instalacje elektryczne	Zabrania się montażu puszek elektrycznych symetrycznie po obu stronach ściany. Odległość między puszkami elektrycznymi w tej samej ścianie powinna wynosić co najmniej 1m. Bruzdy na kable powinny być jak najpłytsze, a następnie szczelnie zaspachlowane.
25	Dylatacja obwodowa	Konieczne jest zastosowanie odpowiedniej dylatacji obwodowej oraz zachowanie dylatacji podczas montażu warstw wierzchnich podłogi i ew. zmian lokatorskich. W tym celu zaleca się pozostawić wystającą piankę dylatacyjną podczas odbioru budynku.

5.2 Wytyczne dot. akustyki wewnątrz

W celu spełnienia wymagań PKN, w niniejszym opracowaniu zaproponowano adaptację akustyczną, dla wybranych pomieszczeń. Zastosowano takie rozwiązania, jak:

1. Ścianę akustyczną wykonaną z cegły pełnej, za którą umieszczono warstwę wełny mineralnej. W ścianie, co dwie cegły w poziomie należy zostawić szczelinę ok. 6 cm,
2. Panele fornirowane perforowane o średnicy perforacji 5 mm z warstwą wełny za nimi, montowane na ścianie,
3. Panele fornirowane perforowane o średnicy perforacji 8 mm z warstwą wełny za nimi, montowane na suficie,
4. Panele fornirowane pełne z warstwą wełny mineralnej za nimi, montowane na ścianie i suficie,
5. Lamelle fornirowane z warstwą wełny za nimi, montowane na ścianie,
6. Ścianka mobilna wykończona panelami fornirowanymi perforowanymi o średnicy perforacji 5 mm z warstwą wełny mineralnej za nimi.

Dokładne rozmieszczenie poszczególnych rozwiązań adaptacji opisano w rozdziałach 4.5.2 - 4.5.4. Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku każdego z wymienionych ustrojów akustycznych przedstawiono w rozdziale 4.5.1.