


WYTYCZNE AKUSTYCZNE

NAZWA INWESTYCJI	Adaptacja, przebudowa, nadbudowa i rozbudowa nieruchomości przy ul. Sienkiewicza 32A w Miechowie (dz. nr ewid 378/5) na potrzeby Państwowej Szkoły Muzycznej I stopnia im. Michała Kleofasa Ogińskiego
INWESTOR	Państwowa Szkoła Muzyczna I stopnia im. Michała Kleofasa Ogińskiego ul. Gen. Wł Sikorskiego 15B, 32-200 Miechów
GENERALNY PROJEKTANT	LEM Studio Architektoniczne sp. z o.o. ul. Zabłocie 39, 30-701 Kraków
BRANŻOWY PROJEKTANT	 bartłomiej zdeb, 30-079 Kraków, ul. Królewska 92/127, tel. 602.674.393
PROJEKTANT	mgr inż. Bartłomiej ZDEB inż. Dominika WOŹNIAK
BRANŻA	Akustyka
FAZA	Wytyczne
DATA OPRACOWANIA	10.2021

KLAUZULA: Niniejsze opracowanie stanowi własność intelektualną autora i jest chronione prawem autorskim wynikającym z Ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U. 1994 nr 24 poz 83 z późniejszymi zmianami). Całość opracowania lub jego części nie mogą być kopiowane, udostępniane w żadnej formie bez pisemnej zgody właściciela praw autorskich. Opracowanie to może być wykorzystane wyłącznie dla celu, dla którego zostało wydane.

Spis treści

1. WSTĘP.....	5
1.1. Lokalizacja i charakterystyka inwestycji.....	5
1.2. Cel i zakres opracowania.....	5
2. PODSTAWA OPRACOWANIA.....	5
3. ZAŁOŻENIA I WYMAGANIA W ZAKRESIE AKUSTYKI.....	6
3.1. Wymagania w zakresie poziomu dźwięku w pomieszczeniach.....	6
3.2. Wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród.....	6
3.2.1. Przegrody zewnętrzne – izolacyjność od dźwięków powietrznych.....	6
3.2.2. Drzwi zewnętrzne i okna w klatkach schodowych.....	7
3.2.3. Przegrody wewnętrzne – izolacyjność od dźwięków powietrznych.....	8
3.2.4. Obudowy wewnętrzne – izolacyjność od dźwięków powietrznych.....	11
3.2.5. Przegrody wewnętrzne – izolacyjność od dźwięków uderzeniowych.....	11
3.3. Wymagania w zakresie warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy.....	14
4. AKUSTYKA ŚRODOWISKA.....	15
5. WARUNKI POGŁOSOWE I ZROZUMIAŁOŚĆ MOWY W POMIESZCZENIACH.....	15
5.1. Zestawienie i parametry materiałów wykończeniowych.....	15
5.2. Wyniki obliczeń akustycznych w wybranych pomieszczeniach.....	18
5.3. Uwagi.....	23
6. ROZWIĄZANIA ZAMIENNE I RÓWNOWAŻNE.....	23
7. ZALECENIA I WYTYCZNE BRANŻOWE.....	24
7.1. Architektura i konstrukcja.....	24
7.2. Wytyczne dla instalacji wentylacji i klimatyzacji.....	24
8. WYTYCZNE DLA WYKONAWCY.....	24
8.1. Zakres badań akustycznych.....	25
9. PODSUMOWANIE i WNIOSKI.....	25

Indeks tabel

Tabela 1 Izolacyjność akustyczna – wskaźniki wymagane i projektowe przegród zewnętrznych w PSM.....	7
Tabela 2 Izolacyjność akustyczna – wskaźniki wymagane i projektowe przegród wewnętrznych w PSM.....	8
Tabela 3 Izolacyjność akustyczna – wymagania poziomu dźwięków uderzeniowych w PSM.....	11
Tabela 4 Czas pogłosu (T), chłonność akustyczna (A) i wskaźnik transmisji mowy (STI) dla pomieszczeń PSM.....	14
Tabela 5 Parametry i właściwości materiałów wykończeniowych projektowanych dla PSM.....	15

Indeks ilustracji

Ilustracja 1 Poprawne połączenie ścianki działowej ze stropem (bez skali).....	10
Ilustracja 2 Poprawne posadowienie ścian działowych na stropie i dylatacja podłogi pływającej (bez skali).....	13
Ilustracja 3 Poprawne połączenie warstw ściennych z warstwami wierzchnimi podłogi pływającej (bez skali).....	13
Ilustracja 4 Obliczeniowy model 3D sali kameralnej.....	18
Ilustracja 5 Wykres czasu pogłosu T w sali kameralnej.....	19
Ilustracja 6 Wskaźnik transmisji mowy STI+N (Mask) w sali kameralnej.....	19
Ilustracja 7 Obliczeniowy model 3D pomieszczenia perkusji.....	20
Ilustracja 8 Wykres czasu pogłosu T w pomieszczeniu perkusji.....	20
Ilustracja 9 Obliczeniowy model 3D sali dydaktycznej indywidualnej.....	21
Ilustracja 10 Wykres czasu pogłosu T w sali dydaktycznej indywidualnej.....	21
Ilustracja 11 Obliczeniowy model 3D sali dydaktycznej zbiorowej.....	22
Ilustracja 12 Wykres czasu pogłosu T w sali dydaktycznej zbiorowej.....	22
Ilustracja 13 Wskaźnik transmisji mowy STI+N (Mask) w sali dydaktycznej zbiorowej.....	23

Indeks rysunków

Numer rysunku	Nazwa rysunku
1	Rzut piwnicy
2	Rzut parteru
3	Rzut piętra 1
4	Rzut poddasza

1. WSTĘP

1.1. Lokalizacja i charakterystyka inwestycji

Niniejsze opracowanie obejmuje wytyczne akustyczne dla budynku Państwowej Szkoły Muzycznej I stopnia im. Michała Kleofasa Ogińskiego w Miechowie. Przedmiotowy budynek zlokalizowany jest przy ul. Sienkiewicza 32A w Miechowie. W ramach inwestycji zaplanowano adaptację, przebudowę, nadbudowę i rozbudowę istniejącego budynku.

1.2. Cel i zakres opracowania

Wytyczne przygotowano na podstawie zlecenia od firmy: LEM Studio Architektoniczne sp. z o.o., ul. Zabłocie 39, 30-701 Kraków. Wytyczne mają na celu wskazanie rozwiązań pozwalających na uzyskanie odpowiednich parametrów akustycznych w kontekście wymagań i zaleceń branżowych dla pomieszczeń szkoły muzycznej w zakresie jak poniżej.

Zakres opracowania obejmuje:

1. Wytyczne do adaptacji akustycznej wewnątrz pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej, tj.: sali kameralnej, sal dydaktycznych do zajęć indywidualnych i sal dydaktycznych do zbiorowych.
2. Wytyczne do adaptacji akustycznej wewnątrz pozostałych pomieszczeń, tj.: gabinetu dyrektora i wicedyrektora, sekretariatu, pokoju nauczycielskiego, księgowości, biblioteki, sali konsumpcyjnej, klatek schodowych oraz korytarzy.
3. Wytyczne w zakresie poziomów dźwięku w ww. pomieszczeniach.
4. Wytyczne w zakresie ochrony przeciwdźwiękowej ww. pomieszczeń.

Zakres opracowania nie obejmuje:

1. Ochrony przed drganiami.

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

1. Zlecenie z pracowni: LEM Studio Architektoniczne Sp. z o.o., ul. Zabłocie 39, 30-701 Kraków.
2. Uzgodnienia, konsultacje, dane materiałowe.
3. Podkłady architektoniczne, opracowanie: LEM Studio Architektoniczne, edycja 09.2021 r.
4. Norma PN-B-02151-02 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
5. Norma PN-B-02151-3:2015 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.
6. Norma 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.
7. Akustyka sal – Andrzej Kulowski.
8. Literatura branżowa.
9. Dane katalogowe projektowanych materiałów.

3. ZAŁOŻENIA I WYMAGANIA W ZAKRESIE AKUSTYKI

W projektowanym budynku ze względu na funkcję dydaktyczną zakłada się użytkowanie w porze dziennej. Zakłada się, że projektowana sala kameralna będzie pełniła dwie funkcje: sali koncertowej oraz sali do prób orkiestry. Za pierwszoplanową funkcję przyjmuje się występy koncertowe i pod tym kątem zaprojektowano adaptację akustyczną. W pozostałych pomieszczeniach zakłada się funkcje zgodnie z opisem jak na załączonych rysunkach. Niniejsze wytyczne zakładają, że decyzja dotycząca konkretnych typów i ilości okładzin ściennych w sali kameralnej i salach dydaktycznych zostanie podjęta na podstawie przeprowadzonych w trakcie budowy badań akustycznych.

3.1. Wymagania w zakresie poziomu dźwięku w pomieszczeniach

W sali kameralnej oraz salach dydaktycznych przeznaczonych do zajęć indywidualnych **sumaryczny** poziom A hałasu powodowanego przez system wentylacji, klimatyzacji, oświetlenie i inne źródła dźwięku (hałasu) nie może przekraczać 25 dBA.

W salach dydaktycznych przeznaczonych do zajęć zbiorowych oraz gabinetach, sekretariacie, pokoju nauczycielskim księgowości i bibliotece **sumaryczny** poziom A hałasu powodowanego przez system wentylacji, klimatyzacji, oświetlenie i inne źródła dźwięku (hałasu) nie może przekraczać 35 dBA.

W sali konsumpcyjnej poziom A hałasu powodowanego przez system wentylacji, klimatyzacji, oświetlenie i inne źródła dźwięku nie może przekraczać **sumaryczny** poziom A hałasu powodowanego przez system wentylacji, klimatyzacji, oświetlenie i inne źródła dźwięku (hałasu) nie może przekraczać 45 dBA.

Za zachowanie wymaganych poziomów A hałasu odpowiedzialny jest projektant branżowy.

3.2. Wymagania w zakresie izolacyjności akustycznej przegród

Wymagania i procedurę wyznaczania izolacyjności akustycznej przegród budowlanych podaje norma **PN-B-02151-3:2015**, zgodnie z którą przegrody zewnętrzne i wewnętrzne w budynkach muszą posiadać odpowiednią izolacyjność akustyczną.

3.2.1. Przegrody zewnętrzne – izolacyjność od dźwięków powietrznych

Wymagane wskaźniki oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A2} przegród zewnętrznych wyznaczono na podstawie rysunków, miarodajnych poziomów hałasu, założeń projektowych oraz normy PN-B-02151-3:2015. Dla sali kameralnej i sal dydaktycznych izolacyjność akustyczną przegród zewnętrznych wyznaczono dla poziomu odniesienia $LA_{wew}=25$ dB. Wymagane wskaźniki izolacyjności akustycznej poszczególnych części (elementów) przegród zewnętrznych wyznaczono przy projektowych wskaźnikach części pełnej jak niżej:

- Dla pionowej części pełnej przegrody (ścian) przyjęto projektowane przegrody murowane z cegły o gr. minimum 62 cm o projektowym wskaźniku izolacyjności akustycznej (wyznaczonym z prawa masy) **$RA_{2,R,p} \geq 61$ dB**
- Dla poziomej części pełnej przegrody (stropodach) przyjęto projektowane przegrody o konstrukcji: blacha gr. 0,7 mm + mata Tecsound 100 gr. 5,3 mm + pełne deskowanie/płytowanie drewno/płyta o gr. 30 mm gęstości min. 600 kg/m³ + konstrukcja (krokiew) + w konstrukcji wełna gr. 40 cm i gęstości min. 40 kg/m³ + płyta 2xGK 25 mm typu aku (płyta 13 kg/m²) np. płyty Rigips AKU mocowane na wieszakach akustycznych, o projektowym wskaźniku izolacyjności akustycznej **$RA_{2,R,p} \geq 53$ dB**

Projektowe i wymagane wskaźniki izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 1 Izolacyjność akustyczna – wskaźniki wymagane i projektowe przegród zewnętrznych w PSM

Przegrody zewnętrzne		Wymagany wskaźnik izolacyjności akustycznej	Projektowy wskaźnik izolacyjności akustycznej	
		Pomieszczenie	Pomieszczenie – część ściany	
Rodzaj pomieszczenia	Piętro	R'A ₂ [dB]	pełna	okno/drzwi
			RA _{2,R p} [dB]	RA _{2,R o} [dB]
Pomieszczenia perkusyjne	-1	≥ 40 dB	61	38
Sala kameralna	0	≥ 40 dB	61	38
Sale dydaktyczne	0; 1	≥ 40 dB	61	38
Sale dydaktyczne	2	≥ 42 dB	53	38
Sala konsumpcyjna	-1	≥ 30 dB	61	28
Pokój nauczycielski, pokoje biurowe	1	≥ 30 dB	61	28
Biblioteka	2	≥ 30 dB	53	28

gdzie:

R'A₂ – wymagany minimalny wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R' przegrody zewnętrznej (uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C_{tr})

RA_{2,R p} – projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej RA₂, części pełnej przegrody zewnętrznej, gdzie:

RA_{2,R p} = RA_{2,p} - 2dB, a RA_{2,p} = RW_p + C_{tr}

RA_{2,R o} – projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej RA₂, części przeszklonej (okna, drzwi balkonowych, itp.) przegrody zewnętrznej, gdzie: RA_{2,R o} = RA_{2,o} - 2dB, a RA_{2,o} = RW_o + C_{tr}

UWAGI:

1. Przez pojęcie stolarki okiennej należy rozumieć cały system, tzn. pakiet szyb (wypełnienia przezielne lub nieprzezielne) wraz z konstrukcją ślusarską, systemem mocowania, warstwami izolacji. Wymagania akustyczne stawiane są dla systemu, a nie dla wypełnienia.
2. Wymagane wskaźniki izolacyjności akustycznej systemu stolarki okiennej muszą odpowiadać projektowanemu systemowi montażu, co musi być potwierdzone badaniami w akredytowanym laboratorium akustycznym.
3. Dostawca stolarki okiennej **MUSI PRZEDSTAWIĆ** stosowne raporty badań wskaźników izolacyjności akustycznej wykonane w laboratorium akredytowanym, potwierdzające spełnienie powyższych wymagań. Montaż ściśle wg wytycznych Producenta.
4. **Wszystkie uszczelnienia przebić instalacji przez przegrody budowlane muszą posiadać izolacyjność akustyczną równą co najmniej izolacyjności przegród, przez które przechodzą.**

3.2.2. Drzwi zewnętrzne i okna w klatkach schodowych

Dla drzwi zewnętrznych do klatek schodowych i korytarzy nie stawia się wymagań w zakresie izolacyjności akustycznej, przy czym zaleca się zainstalować drzwi zewnętrzne oraz okna w klatkach schodowych o projektowych wskaźnikach oceny izolacyjności akustycznej właściwej **RA_{2,o,R} ≥ 25 dB**. Należy zainstalować stolarkę drzwiową z obwodowymi uszczelkami przylgowymi. Jeśli drzwi będą wyposażone w samozamykacz, to powinien on być tak wyregulowany, aby skrzydło drzwi domykało się cicho bez efektu trzaskania. Należy zwrócić uwagę na sposób i dokładność montażu. System montażu i ościeżnica nie może przekazywać drgań na konstrukcję budynku.

3.2.3. Przegrody wewnętrzne – izolacyjność od dźwięków powietrznych

Wymaganą izolacyjność akustyczną $R'A1$ od dźwięków powietrznych wewnętrznych przegród budowlanych przyjęto wg założeń projektowych, zaleceń branżowych dla pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej oraz normy PN-B-02151-3:2015.

Wymagane wskaźniki izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 2 Izolacyjność akustyczna – wskaźniki wymagane i projektowe przegród wewnętrznych w PSM

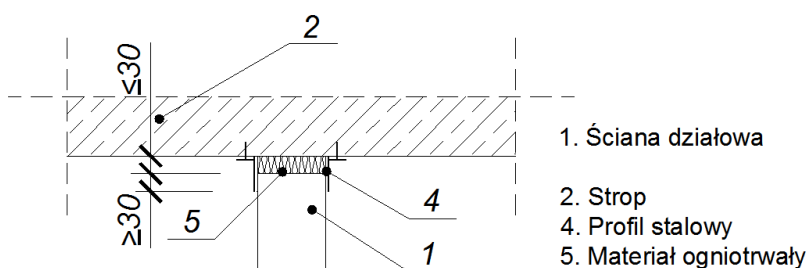
Ozn.	Pomieszczenie 1 – Pomieszczenie 2 Opis przegrody	Wymagany wskaźnik $R'A1$ / $RA1,R$	Uwagi
Strop -1/0	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / sala kameralna Strop ceglany kolebkowy o gr. 24 cm + zasyp pachwin keramzytem drobnoziarnistym + warstwa wyrównawcza + 10 mm płyta OSB (lub podobne) + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 100 kg/m ² (grubość 50 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	$R'A1 \geq 60$	Spełnia wymagania
Strop 0/+1	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / sala kameralna / pomieszczenie biurowe / pokój nauczycielski Strop ceglany Kleina o gr. 12 cm + zasyp pachwin keramzytem drobnoziarnistym + warstwa wyrównawcza + 10 mm płyta OSB (lub podobne) + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 200 kg/m ² (grubość 100 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	$R'A1 \geq 60$	Patrz uwagi poniżej
Strop +1/+2	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / pomieszczenie biurowe Strop Rector (belki stropowe RS 20 cm + pustaki betonowe RP 20 cm, strop na belkach potrójnych, nadbeton gr. 10 cm) o całkowitej grubości 30 cm i masie powierzchniowej 508 kg/m ² + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 100 kg/m ² (grubość 50 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	$R'A1 \geq 60$	Spełnia wymagania
Ściana	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / pomieszczenie biurowe / pokój nauczycielski Ściana istniejąca murowana z cegły o gr. minimum 48 cm	$R'A1 \geq 60$	Spełnia wymagania
Ściana	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / pomieszczenie biurowe Ściana murowana z bloczków silikatowych o gr. 18 cm (+tynk) o wskaźniku $RA1 \geq 57$ dB i masie powierzchniowej >385 kg/m ² , np. H+H Silikat A18 Plus 25-2200 (lub równoważne) + 1 cm odsunięcia + okładzina dźwiękoizolacyjna o wskaźniku $\Delta R_w \geq 8$ dB i gr. min. 7,5 cm: 2 x płyta 1,25 cm GK AKU, profil CW50, w profilach wełna gr. 5 cm, np. okładzina Rigips typu 3.22.00 AKU (lub równoważne) UWAGA! Okładziny wykonać przed podłogami pływającymi tj. strop – strop	$R'A1 \geq 60$	Spełnia wymagania

Ozn.	Pomieszczenie 1 – Pomieszczenie 2 Opis przegrody	Wymagany wskaźnik R'A1 / RA1,R	Uwagi
Ściana	Sala kameralna – sala dydaktyczna Ściana murowana z bloczków silikatowych o gr. 18 cm (+tynk) o wskaźniku RA1 ≥ 57 dB i masie powierzchniowej >385 kg/m ² , np. H+H Silikat A18 Plus 25-2200 (lub równoważne) + 1 cm odsunięcia + okładzina dźwiękoizolacyjna o wskaźniku ΔRw ≥ 8 dB i gr. min. 7,5 cm: 2 x płyta 1,25 cm GK AKU, profil CW50, w profilach wełna gr. 5 cm, np. okładzina Rigips typu 3.22.00 AKU (lub równoważne) UWAGA! Okładziny wykonać przed podłogami pływającymi tj. strop – strop	R'A1 ≥ 60	Spełnia wymagania
Ściana	Pomieszczenie biurowe – pomieszczenie biurowe Ściana działowa lekka GK o gr. 12,5 cm i wskaźniku RA1 ≥ 58 dB, np. Rigips 3.40.05 AKU (lub równoważne) UWAGA! Ściany wykonać przed podłogami pływającymi, tj. strop – strop	R'A1 ≥ 40	Spełnia wymagania
Ściana	Pomieszczenie biurowe – pomieszczenie biurowe Ściana istniejąca murowana z cegły o gr. minimum 62 cm	R'A1 ≥ 40	Spełnia wymagania
Drzwi pomiędzy pom. biurowymi	Drzwi pomiędzy pomieszczeniami biurowymi, pełne, jednoskrzydłowe z ościeżnicą o wskaźniku RA1 ≥ 42 dB i RA1,R ≥ 40 dB	RA1,R ≥ 40	Spełnia wymagania
Ściana	Pokój nauczycielski – pomieszczenie biurowe Ściana działowa lekka GK o gr. 12,5 cm i wskaźniku RA1 ≥ 58 dB, np. Rigips 3.40.05 AKU (lub równoważne) UWAGA! Ściany wykonać przed podłogami pływającymi, tj. strop – strop	R'A1 ≥ 48	Spełnia wymagania
Ściana bez drzwi	Korytarz, klatka schodowa – sala dydaktyczna Ściana istniejąca murowana z cegły o gr. minimum 30 cm	R'A1 ≥ 50	Spełnia wymagania
Ściana bez drzwi	Korytarz, klatka schodowa – sala dydaktyczna Ściana murowana z bloczków silikatowych o gr. 18 cm (+tynk) o wskaźniku RA1 ≥ 57 dB i masie powierzchniowej >385 kg/m ² , np. H+H Silikat A18 Plus 25-2200 (lub równoważne)	R'A1 ≥ 50	Spełnia wymagania
Ściana bez drzwi	Korytarz – sala dydaktyczna (poddasze) Ściana murowana z bloczków silikatowych o gr. 25 cm (+tynk) o wskaźniku RA1 ≥ 58 dB, np. H+H Silikat A25 (lub równoważne) + system dźwiękoizolacyjny o gr. 33 cm: 4x płyta 1,25 cm GK AKU, profil CW50, w profilach wełna 2 x 50 mm, analogicznie jak okładzina Rigips typu 3.41.053 AKU (lub równoważne)	R'A1 ≥ 50	Spełnia wymagania
Drzwi do sal dydaktycznych	Drzwi pełne, jednoskrzydłowe z ościeżnicą o wskaźniku RA1 ≥ 44 dB i RA1,R ≥ 42 dB np. WL-DDp A6 (lub równoważne)	RA1,R ≥ 42	Spełnia wymagania
Ściana bez drzwi	Korytarz, hol – sala kameralna Ściana istniejąca murowana z cegły o gr. minimum 60 cm	R'A1 ≥ 50	Spełnia wymagania
Drzwi do sali kameralnej	Drzwi pełne, jednoskrzydłowe z ościeżnicą o wskaźniku RA1 ≥ 44 dB i RA1,R ≥ 42 dB np. WL-DDp A6 (lub równoważne)	RA1,R ≥ 42	Spełnia wymagania
Drzwi do sali kameralnej	Drzwi pełne, dwuskrzydłowe z ościeżnicą o wskaźniku RA1 ≥ 44 dB i RA1,R ≥ 42 dB np. WL-DDp A6 (lub równoważne)	RA1,R ≥ 42	Spełnia wymagania
Ściana bez drzwi	Korytarz – pomieszczenie biurowe Ściana istniejąca murowana z cegły o gr. minimum 70 cm	R'A1 ≥ 40	Spełnia wymagania

Ozn.	Pomieszczenie 1 – Pomieszczenie 2 Opis przegrody	Wymagany wskaźnik R'A1 / RA1,R	Uwagi
Ściana bez drzwi	Korytarz – pomieszczenie biurowe Ściana lekka GK o gr. 12,5 cm i wskaźniku RA1 ≥ 58 dB, np. Rigips 3.40.05 AKU (lub równoważne) UWAGA! Ściany wykonać przed podłogami pływającymi, tj. strop – strop	R'A1 ≥ 40	Spełnia wymagania
Drzwi korytarzowe do pom. biurowych	Drzwi pełne , jednoskrzydłowe z ościeżnicą o wskaźniku RA1 ≥ 32 dB i RA1,R ≥ 30 dB	RA1,R ≥ 30	Spełnia wymagania
Ściana bez drzwi	Korytarz – pokój nauczycielski Ściana istniejąca murowana z cegły o gr. minimum 60 cm	R'A1 ≥ 48	Spełnia wymagania
Drzwi do pokoju nauczycielskiego	Drzwi pełne , jednoskrzydłowe z ościeżnicą o wskaźniku RA1 ≥ 37 dB i RA1,R ≥ 35 dB	RA1,R ≥ 35	Spełnia wymagania
Ściana szachtu	Szacht – sala dydaktyczna / pomieszczenie biurowe Ściana murowana z bloczków silikatowych o gr. 18 cm (+tynk) o wskaźniku RA1 ≥ 57 dB i masie powierzchniowej >385 kg/m ² , np. H+H Silikat A18 Plus 25-2200 (lub równoważne)	R'A1 ≥ 55	Spełnia wymagania
Zamurowania AKU	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / korytarz Sala kameralna – korytarz Dawne nisze ściennie, otwory drzwiowe, otwory okienne zamurować: tynk 2 cm + bloczki silikatowe o gr. 18 cm o wskaźniku RA1 ≥ 57 dB i masie powierzchniowej >385 kg/m ² , np. H+H Silikat A18 Plus 25-2200 (lub równoważne) + tynk 2 cm + wełna 5 cm + pustka + bloczki silikatowe o gr. 18 cm o wskaźniku RA1 ≥ 57 dB i masie powierzchniowej >385 kg/m ² , np. H+H Silikat A18 Plus 25-2200 (lub równoważne) + tynk 2 cm	-	-
Uwagi: <ol style="list-style-type: none"> Strop ceglany Kleina – w trakcie budowy zostanie oceniony stan techniczny i akustyczny stropu. W zależności od oceny zostaną sformułowane dodatkowe wytyczne dotyczące zabezpieczenia akustycznego tego stropu. 			

Poniższy rysunek przedstawia przykład poprawnego połączenia ścianki działowej ze stropem.

Ilustracja 1 Poprawne połączenie ścianki działowej ze stropem (bez skali)



UWAGI:

- Wszystkie ściany działowe rozdzielające pomieszczenia posadowione będą poniżej warstw podłóg pływających w taki sposób, że „przecinają” wylewki podłóg pływających.
- Wszystkie ściany działowe rozdzielające pomieszczenia dochodzą do stropów / stropodachów konstrukcyjnych.
- Przeprowadzenie przez ściany lub w ścianach elementów takich jak kanały instalacji wentylacji, przepusty instalacyjne, bruzdy na instalacje, puszki instalacyjne, wyłączniki, itp. obniża izolacyjność akustyczną takiej

konstrukcji. Ww. elementy muszą być zainstalowane i zabezpieczone akustycznie ściśle wg wytycznych Producentów. Przepusty instalacyjne zabezpieczyć wełną mineralną i płytami GK.

4. W osi wszystkich drzwi wewnętrznych **musi być wykonana dylatacja podłogi pływającej** wraz z warstwami wierzchnimi.
5. Wszystkie urządzenia mogące przenosić drgania na konstrukcję budynku i wymagają zainstalowania na ścianach muszą być zainstalowane na wibroizolowanych uchwytach, konstrukcjach.
6. Wszystkie przejścia instalacji przez przegrody budowlane muszą posiadać izolacyjność akustyczną równą co najmniej izolacyjności przegród, przez które przechodzą.
7. Nie dopuszcza się bruzdowania ścian między salami dydaktycznymi.

3.2.4. Obudowy wewnętrzne – izolacyjność od dźwięków powietrznych

Kanał nawiewny w sali kameralnej wykonać z samonośnych płyt z wełny o grubości 4 cm np. typu Climaver (lub równoważny), kanał obudować sztywną obudową wykonaną z płyt GK. Dopuszcza się inny sposób z zastrzeżeniem, że wnętrze kanału musi być wyłożone wełną o grubości minimum 5 cm.

Obudowę szachtu instalacyjnego z kanałami wentylacyjnymi przy osi 5 wykonać jako murowaną z z bloczków silikatowych o gr. 18 cm (+tynk) o wskaźniku $RA1 \geq 57$ dB i masie powierzchniowej >385 kg/m², np. H+H Silikat A18 Plus 25-2200 (lub równoważne).

Na widocznych belkach konstrukcji dachu (jętkach, itp.) na poddaszu należy zainstalować obudowy. Konstrukcja obudowy: 2 x płyta 1,25 cm GK AKU np. Rigips Pro Aku (lub równoważne), konstrukcja metalowa (drewniana) mocowana na uchwytach/wieszakach akustycznych, w konstrukcji wełna gr. minimum 5 cm o gęstości ~ 14 kg/m³.

Wszystkie przejścia instalacji przez przegrody budowlane muszą posiadać izolacyjność akustyczną równą co najmniej izolacyjności przegród, przez które przechodzą.

3.2.5. Przegrody wewnętrzne – izolacyjność od dźwięków uderzeniowych

Dopuszczalne poziomy dźwięków uderzeniowych $L'_{n,w}$ przenikających do pomieszczeń chronionych przyjęto wg założeń projektowych, zaleceń branżowych dla pomieszczeń o akustyce kwalifikowanej oraz normy PN-B-02151-3:2015.

Wymagania poziomu dźwięków uderzeniowych przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 3 Izolacyjność akustyczna – wymagania poziomu dźwięków uderzeniowych w PSM

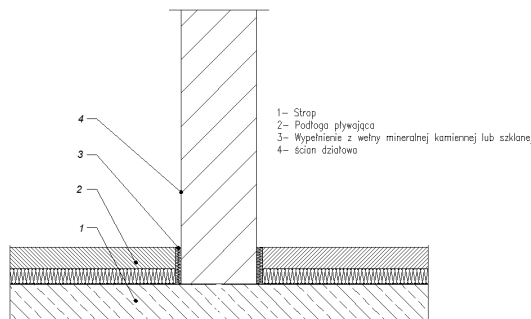
Ozn. / Segment	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między pomieszczenie 1 – pomieszczenie 2 w dowolnym układzie Opis przegrody	Wymagania normy [dB] $L'_{n,w} / L_{n,w,R}$	Uwagi
Płyta -1	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna (w kierunku poziomym) Płyta żelbetowa o gr. 30 cm + styropian twardy + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 100 kg/m ² (grubość 50 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	$L'_{n,w} \leq 45$	Spełnia wymagania

Ozn. / Segment	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między pomieszczenie 1 – pomieszczenie 2 w dowolnym układzie Opis przegrody	Wymagania normy [dB] L'n,w / L'n,w,R	Uwagi
Płyta -1	Korytarz – sala dydaktyczna (w kierunku poziomym) Płyta żelbetowa o gr. 30 cm + styropian twardy + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 100 kg/m ² (grubość 50 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	L'n,w ≤ 50	Spełnia wymagania
Strop -1/0	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / sala kameralna (w dowolnym kierunku) Strop ceglany kolebkowy o gr. 24 cm + zasyp pachwin keramzytem drobnoziarnistym + warstwa wyrównawcza + 10 mm płyta OSB (lub podobne) + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 100 kg/m ² (grubość 50 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	L'n,w ≤ 45	Spełnia wymagania
Strop -1/0	Korytarz, klatka schodowa, hol – sala dydaktyczna / sala kameralna (w dowolnym kierunku) Strop ceglany kolebkowy o gr. 24 cm + zasyp pachwin keramzytem drobnoziarnistym + warstwa wyrównawcza + 10 mm płyta OSB (lub podobne) + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 100 kg/m ² (grubość 50 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	L'n,w ≤ 50	Spełnia wymagania
Strop 0/+1	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / sala kameralna / pomieszczenie biurowe / pokój nauczycielski (w dowolnym kierunku) Strop ceglany Kleina o gr. 12 cm + zasyp pachwin keramzytem drobnoziarnistym + warstwa wyrównawcza + 10 mm płyta OSB (lub podobne) + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 200 kg/m ² (grubość 100 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	L'n,w ≤ 45	Spełnia wymagania
Strop 0/+1	Korytarz, klatka schodowa, hol – sala dydaktyczna / sala kameralna / pomieszczenie biurowe / pokój nauczycielski (w dowolnym kierunku) Strop ceglany Kleina o gr. 12 cm + zasyp pachwin keramzytem drobnoziarnistym + warstwa wyrównawcza + 10 mm płyta OSB (lub podobne) + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (np. płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 200 kg/m ² (grubość 100 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	L'n,w ≤ 50	Spełnia wymagania

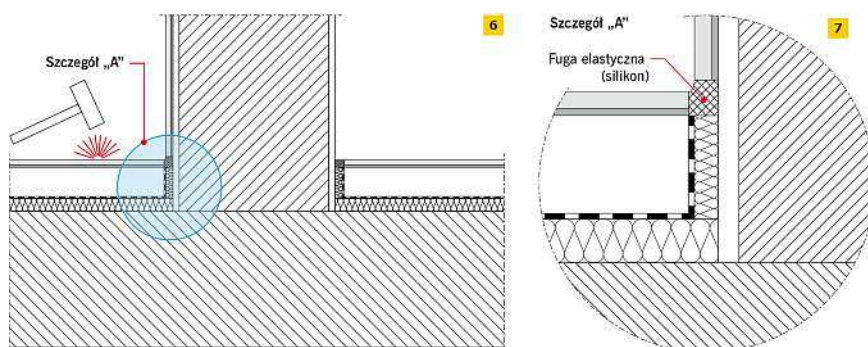
Ozn. / Segment	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między pomieszczenie 1 – pomieszczenie 2 w dowolnym układzie Opis przegrody	Wymagania normy [dB] $L'_{n,w}$ / $L_{n,w,R}$	Uwagi
Strop +1/+2	Sala dydaktyczna – sala dydaktyczna / pomieszczenie biurowe / pokój nauczycielski (w dowolnym kierunku) Strop Rector (belki stropowe RS 20 cm + pustaki betonowe RP 20 cm, strop na belkach potrójnych, nadbeton gr. 10 cm) o całkowitej grubości 30 cm i masie powierzchniowej 508 kg/m ² + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 100 kg/m ² (grubość 50 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	$L'_{n,w} \leq 45$	Spełnia wymagania
Strop +1/+2	Korytarz, klatka schodowa – sala dydaktyczna / pomieszczenie biurowe / pokój nauczycielski (w dowolnym kierunku) Strop Rector (belki stropowe RS 20 cm + pustaki betonowe RP 20 cm, strop na belkach potrójnych, nadbeton gr. 10 cm) o całkowitej grubości 30 cm i masie powierzchniowej 508 kg/m ² + izolacja akustyczna o sztywności dynamicznej $SD \leq 6$ MN/m ³ , np. Highmat gr. 30 mm z wełną Fybro 30 (lub równoważne) + szalunek tracony 10 mm (płyta cementowo - włóknowa, płyta OSB itp.) + folia budowlana (hydroizolacja) + wylewka betonowa o masie powierzchniowej 100 kg/m ² (grubość 50 mm, gęstość 2000 kg/m ³)	$L'_{n,w} \leq 50$	Spełnia wymagania

Poniższa ilustracja przedstawia przykład poprawnego rozwiązania podłogi pływającej.

Ilustracja 2 Poprawne posadowienie ścian działowych na stropie i dylatacja podłogi pływającej (bez skali)



Ilustracja 3 Poprawne połączenie warstw ściennych z warstwami wierzchnimi podłogi pływającej (bez skali)



Powyższe ilustracje przedstawiają przykłady wykonania wylewek podłóg pływających oraz sposobu wykonania warstw wierzchnich.

UWAGI:

1. W podłogach pływających nie dopuszcza się stosowania styropianów akustycznych jako warstwa akustyczna (elastyczna).
2. Urządzenia technicznego wyposażenia budynku muszą być instalowane na wibroizolatorach – patrz punkt Zalecenia i wytyczne branżowe.
3. Po obwodzie wylewka podłogi na pełnej wysokości w każdym pomieszczeniu będzie oddylatowana od ścian pasem z wełny RST gr. 12 mm.
4. Warstwy wierzchnie wylewek i podłóg nie mogą być połączone ze ścianami sztywną fugą, lecz fugą trwale elastyczną (np. silikon).
5. Cokoły jeśli występują to nie mogą być połączone sztywną fugą z wierzchnią warstwą podłogi, lecz fugą trwale elastyczną (silikon lub akryl).
6. W osi wszystkich drzwi wewnętrznych należy wykonać dylatację podłogi pływającej wraz z warstwami wierzchnimi.
7. Konstrukcję podłogi pływającej należy wykonać przy użyciu materiałów i w sposób zgodny z instrukcją Producenta.

Wszystkie urządzenia mogące przenosić drgania na konstrukcję budynku i posadowione na stropach muszą być wibroizolowane. Części stropów, na których będą zainstalowane urządzenia zdylatować od pozostałej części stropu / podłóg pływających.

Wszystkie przejścia instalacji przez przegrody budowlane muszą posiadać izolacyjność akustyczną równą co najmniej izolacyjności przegród, przez które przechodzą.

3.3. Wymagania w zakresie warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy

W tabeli poniżej przedstawiono wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach, wyznaczone na podstawie założeń projektowych oraz normy PN-B-02151-4:2015.

Tabela 4 Czas pogłosu (T), chłonność akustyczna (A) i wskaźnik transmisji mowy (STI) dla pomieszczeń PSM

Pomieszczenie		Czas pogłosu, T	Chłonność akustyczna, A	Wskaźnik STI
Sala kameralna		0,90 s	-	≥ 0,6
Pomieszczenia perkusyjne		0,30 s – 0,45 s	-	-
Sale dydaktyczne indywidualne o kubaturze, V:	poniżej 40 m ³	0,40 s	-	-
	40 – 45 m ³	0,45 s		
	45 – 65 m ³	0,50 s		
	65 – 85 m ³	0,55 s		
	powyżej 85 m ³	0,60 s		
Sale dydaktyczne zbiorowe		0,60 s	-	≥ 0,6
Sala chóru, sala rytmiki		0,80 s	-	≥ 0,6
Pokój nauczycielski, pokoje biurowe, biblioteka, sala konsumpcyjna		≤ 0,60 s	-	-
Korytarze		-	≥ 1,0 x S (S = powierzchnia, m ²)	-
Klatki schodowe		-	≥ 0,4 x S (S = powierzchnia, m ²)	-

Wyznaczenie parametrów akustycznych przedstawiono w dalszej części opracowania.

4. AKUSTYKA ŚRODOWISKA

Poza zakresem opracowania.

5. WARUNKI POGŁOSOWE I ZROZUMIAŁOŚĆ MOWY W POMIESZCZENIACH

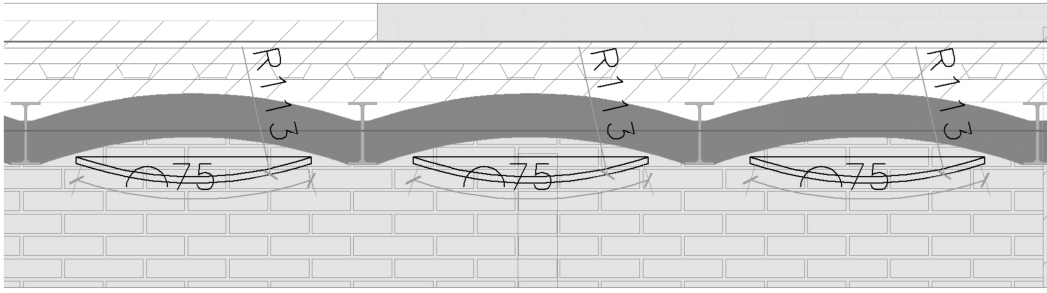
Symulacje komputerowe pomieszczeń wykonano w oprogramowaniu EASE wersja 4.4.70 (licencja dla: Bartłomiej Zdeb dB systemy dźwiękowe) przy użyciu modułu AURA Mapping wykorzystującego metodę promieniową. Komputerowe modele 3D pomieszczeń wykonano na podstawie dostarczonych rysunków. W modelach 3D poszczególnym powierzchniom nadano właściwości pochłaniania i rozpraszania materiałów najlepiej odzwierciedlających projektowane materiały. W dalszych punktach przedstawiono modele analizowanych pomieszczeń i wyniki przeprowadzonych obliczeń oraz materiały wraz z parametrami akustycznymi.

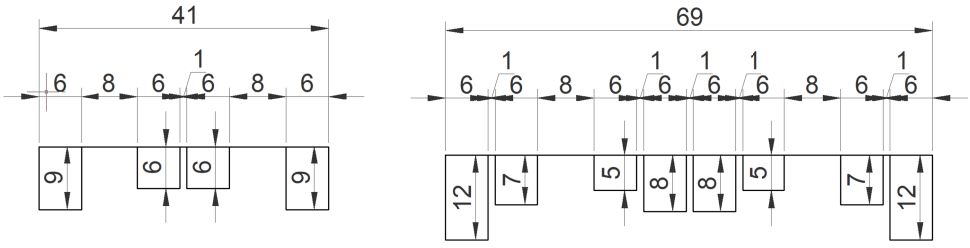
5.1. Zestawienie i parametry materiałów wykończeniowych

Prezentowane w dalszej części opracowania wyniki obliczeń akustycznych uzyskano przy zastosowaniu materiałów wykończeniowych charakteryzujących się określonymi parametrami akustycznymi, ilościami i lokalizacją, które wstępnie dobrano pod kątem spełnienia wymagań. W poniższych tabelach przedstawiono rozwiązania projektowe i parametry techniczne projektowanych materiałów. Lokalizacja materiałów wg rysunków.

Tabela 5 Parametry i właściwości materiałów wykończeniowych projektowanych dla PSM

Oznaczenie materiału	Materiały – opis, parametry i praktyczny współczynnik pochłaniania (α_p) w funkcji częstotliwości						
OA1	Ściany – okładzina akustyczna – jednokierunkowe dyfuzory oparte o sekwencję residuum kwadratowego o liczbie $n=7$ wykonane z materiału drewnopochodnego. Wymiary (wysokość x szerokość x głębokość) 600x600x100 mm, np. RPG QRD-734F (lub równoważne). Montaż bezpośredni. CWK=100 mm. Rzędna dolna = 70 cm npp, rzędna górna = 190 cm npp. Lokalizacja wg rysunków.						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz	
	Wsp. pochłaniania	0,23	0,24	0,35	0,23	0,20	0,20 / 0,18
	Wsp. scatteringu	-	-	0,58	0,78	0,71	0,65
OA1.1	Ściany – okładzina akustyczna – jednokierunkowe dyfuzory oparte o sekwencję residuum kwadratowego o liczbie $n=7$ wykonane z materiału drewnopochodnego. Wymiary (wysokość x szerokość x głębokość) 600x600x245 mm, np. RPG QRD-734 (lub równoważne). Montaż bezpośredni. CWK=245 mm. Lokalizacja wg rysunków.						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz	
	Wsp. pochłaniania	0,23	0,24	0,35	0,23	0,20	0,20 / 0,18
	Wsp. scatteringu	0,15	0,36	0,69	0,69	0,86	0,70 / 0,84
OA2	Ściany – okładzina akustyczna – wykonana z perforowanych paneli drewnopochodnych o gr. 17 mm z wełną gr. 50 mm i flizeliną akustyczną, mikroperforacja nieregularna \varnothing 1,5 mm w rozstawie 5 mm / 2,5 mm, stopień perforacji 14,1%, np. systemowe panele Lambri LAWAPAN H (lub równoważne). Montaż na podkonstrukcji. CWK=67 mm. Lokalizacja wg rysunków.						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz	
	Wsp. pochłaniania	0,44	0,48	0,55	0,62	0,72	0,62

Oznaczenie materiału	Materiały – opis, parametry i praktyczny współczynnik pochłaniania (α_p) w funkcji częstotliwości					
OA3	Ściany – okładzina akustyczna – wykonana z perforowanych paneli drewnopochodnych o gr. 17 mm z wełną gr. 50 mm i flizeliną akustyczną, perforacja regularna \varnothing 7 mm w rozstawie 16 mm, stopień perforacji 15%, np. systemowe panele Lambri LAWAPAN B (lub równoważne). Montaż na podkonstrukcji. CWK=67 mm. Lokalizacja wg rysunków.					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
Wsp. pochłaniania	0,39	0,70	0,84	0,76	0,66	0,66
OA4	Ściany – okładzina akustyczna – wykonana z nieperforowanych paneli drewnopochodnych bez wełny o gr. 17 mm np. systemowe nieperforowane panele Lambri LAWAPAN (lub równoważne). Montaż na podkonstrukcji. CWK=67 mm. Lokalizacja wg rysunków.					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
Wsp. pochłaniania	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04 / 0,02
OA5	Sufit – sufit podwieszany – wykonany z perforowanych i nieperforowanych płyt GK bez wełny o wymiarach (wysokość x szerokość x głębokość) 600x600x10 mm w stosunku 1:1. Płyty perforowane z flizeliną akustyczną, perforacja \varnothing 6 mm w rozstawie 15 mm, stopień perforacji 12%, np. płyty perforowane Rigips Gyptone Point 11 w krawędzi D2 (lub równoważne) + płyty nieperforowane Rigips Gyptone Base 31 w krawędzi D2 (lub równoważne). Montaż na podkonstrukcji. CWK=200 mm. Lokalizacja wg rysunków.					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
Wsp. pochłaniania	0,30	0,35	0,40	0,35	0,33	0,30
OA6	Sufit – wykonany z płyt z wełny o wymiarach (wysokość x szerokość x głębokość) 600x600x20 mm, powierzchnia licowa, krawędzie malowane, ciężar systemu ok. 2,5 kg/m ² , bezpieczeństwo pożarowe klasa A2-s1,d0, np. Ecophon Focus SQ (lub równoważne). Montaż bezpośredni na systemowym kleju z odstępami 8 mm. CWK=20 mm.					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
Wsp. pochłaniania	0,05	0,35	0,70	0,95	1,00	1,00
OA7	Sufit – sufit podwieszany – wykonany z giętych i sklepanych płyt gipsowo-włóknowych o sumarycznej grubości minimum 18 mm i masie powierzchniowej minimum 18 kg/m ² . Długość łuku ~ 750 mm, promień gięcia ~1130 mm. Od strony niewidocznej co 300 mm usztywnienia w formie żeber, pomiędzy ułożona wełna gr. 50 mm. Montaż na podkonstrukcji. CWK zmienna. Schemat poniżej. Lokalizacja wg rysunków.					
						
OA8	Ściany – okładzina akustyczna – wykonana z perforowanych paneli drewnopochodnych o gr. 16 mm z wełną gr. 30 mm, pustką powietrzną 10 mm i flizeliną akustyczną. Perforacja regularna \varnothing 5 mm (strona niewidoczna \varnothing 10 mm) w rozstawie 16 mm, stopień perforacji 7%, np. systemowe panele Lambri LAWAPAN A (lub równoważne). Montaż na podkonstrukcji. CWK=67 mm. Lokalizacja wg rysunków.					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
Wsp. pochłaniania	0,13	0,59	0,99	0,97	0,69	0,49 / 0,35

Oznaczenie materiału	Materiały – opis, parametry i praktyczny współczynnik pochłaniania (α_p) w funkcji częstotliwości					
OA9	Ryflowanie ścian, elementy ryflowania ścian ceglanych wykonane z cegieł wg poniższych schematów.					
						
Wsp. pochłaniania	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07 / 0,10
Podłoga sceny w sali kameralnej	Deski drewniane (okrętówka) grubości minimum 50 mm na legarach. Na podłodze pod sceną ułożyć luźno wełnę gr. 50 mm w ilości 50% powierzchni sceny.					
Wsp. pochłaniania	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
	0,20	0,15	0,10	0,08	0,08	0,05
Krzesła w sali kameralnej	Krzesła w sali kameralnej – krzesła z cienką tapicerką od wewnętrznej strony siedziska i oparcia. Zewnętrzna strona siedziska i oparcia bez tapicerki. Siedzisko i oparcie perforowane.					
Wsp. pochłaniania	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
	0,19	0,37	0,56	0,67	0,61	0,59
Sufit w korytarzu (piętro 1, poddasze)	Sufit podwieszany wykonany z wolnowiszących wysp wykonanych z wełny o dużej gęstości o wymiarach (wysokość x szerokość x głębokość) 1200x1200x40 mm, powierzchnia licowa, krawędzie malowane, ciężar systemu ok. 6,5 kg (4,5 kg/m ²), bezpieczeństwo pożarowe klasa A2-s1,d0, np. Ecophon Solo Square / Rectangle (lub równoważne). Montaż na systemowych zawieszach (linkach). CWK=200 mm.					
Chłonność akustyczna, Aobj	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	0,50	1,10	1,90	2,25	2,25	1,90
Sufit w korytarzu (piwnica, parter) oraz w sali konsumpcyjnej	Sufit podwieszany wykonany z wolnowiszących wysp w postaci wklęsłego lub wypukłego prostokąta o wymiarach (wysokość x szerokość x głębokość) 1910x1180x35 mm, waga (z zawieszami) 16 kg, np. Knauf AMF THERMATEX Sonic Arc (lub równoważne). Montaż na systemowych zawieszach. CWK=300 mm.					
Chłonność akustyczna, Aobj	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	0,50	1,70	2,20	3,00	3,60	3,80
Sufit na klatkę schodową, w bibliotece	Sufit – wykonany z płyt z wełny o wymiarach (wysokość x szerokość x głębokość) 600x600x20 mm, powierzchnia licowa, krawędzie malowane, ciężar systemu - ok. 2,5 kg/m ² , bezpieczeństwo pożarowe klasa A2-s1,d0, np. Ecophon Focus SQ (lub równoważne). Montaż bezpośredni na kleju z odstępami 8 mm. CWK=20 mm.					
Wsp. pochłaniania	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
	0,05	0,35	0,70	0,95	1,00	1,00
Sufit w g. dyrektora, g. wicedyrektora, pokoju nauczycielskim, sekretariacie, księgowości	Sufit podwieszany wykonany z płyt z wełny o wymiarach (wysokość x szerokość x głębokość) 600x600x20 mm lub 1200x600x20 mm, krawędzie malowane, ukryta konstrukcja nośna oraz symetryczne skośnie przycięte krawędzie, ciężar systemu (łącznie z konstrukcją) - ok. 3-4 kg/m ² , bezpieczeństwo pożarowe klasa A2-s1,d0, np. Ecophon Focus Ds (lub równoważne). CWK = 200 mm. Montaż na systemowej konstrukcji.					
Wsp. pochłaniania	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 / 8000 Hz
	0,50	0,85	0,85	0,85	1,00	1,00

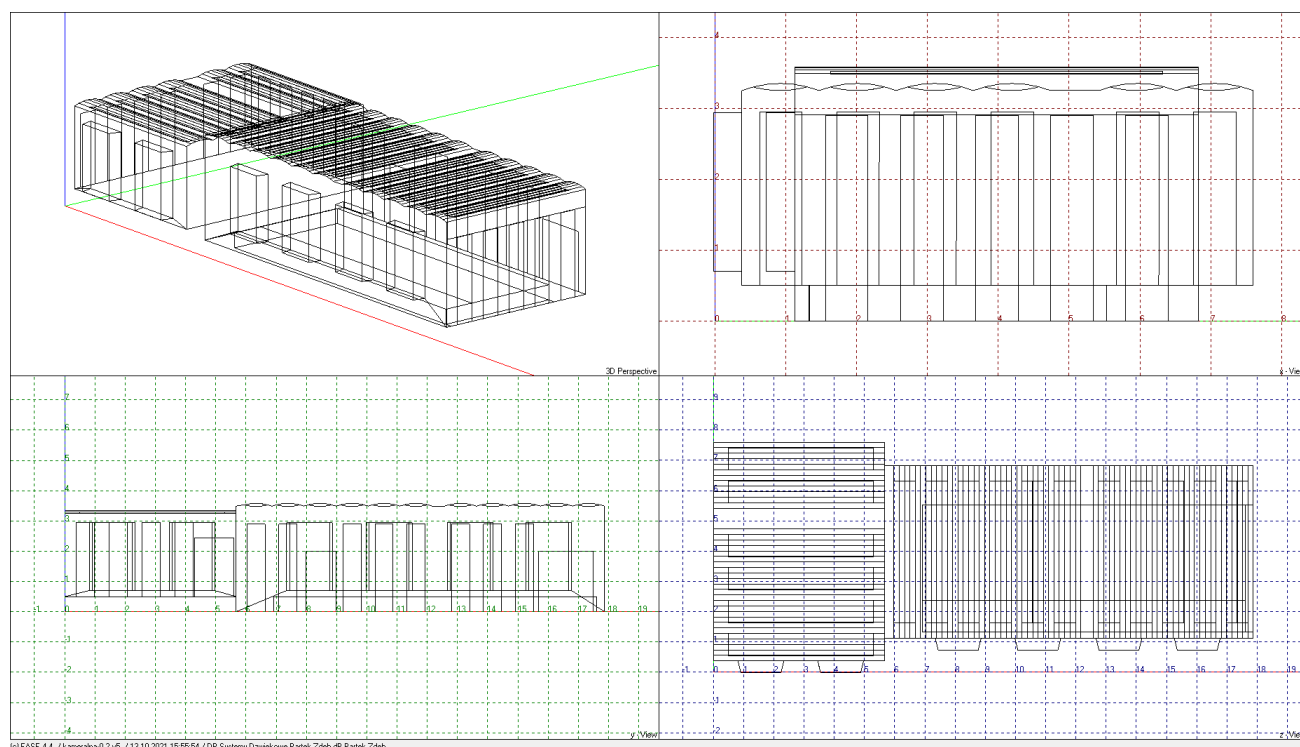
Oznaczenie materiału	Materiały – opis, parametry i praktyczny współczynnik pochłaniania (α_p) w funkcji częstotliwości
<p>CWK = całkowita wysokość konstrukcyjna</p> <p>Wartości pogłosowego współczynnika pochłaniania pozostałych materiałów, tj. drzwi, okna, tynk, kotary itp. przyjęto z bazy danych programu EASE jak dla materiałów o najbardziej zbliżonych parametrach.</p> <p>Wartości pogłosowego współczynnika pochłaniania wyznaczone wg PN-EN ISO 11654 i potwierdzone badaniami przeprowadzonymi w akredytowanym laboratorium zgodnie z PN-EN ISO 354.</p>	

5.2. Wyniki obliczeń akustycznych w wybranych pomieszczeniach

Sala kameralna

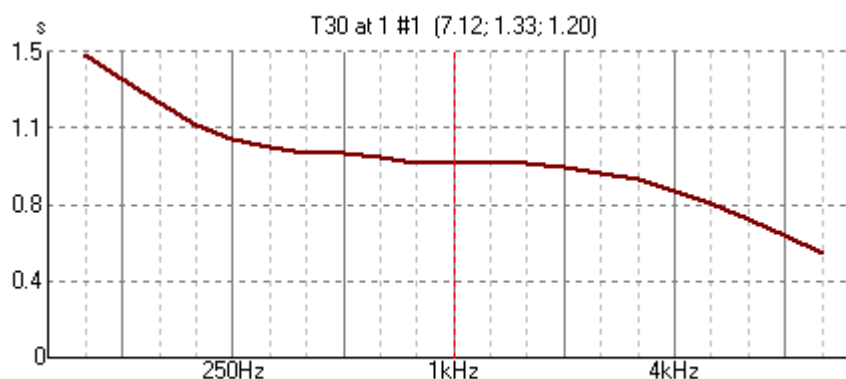
Sala kameralna ze sceną i widownią na 96 widzów. Widownia składana. Pole powierzchni ograniczających pomieszczenie: $\sim 537 \text{ m}^2$, kubatura: $\sim 350 \text{ m}^3$, współczynnik kubaturowy 3,6 os/m^3 , (zalecany współczynnik 6-10 os/m^3). W obliczeniach akustycznych uwzględniono 100% wypełnienie słuchaczami.

Ilustracja 4 Obliczeniowy model 3D sali kameralnej



Wyniki obliczeń czasu pogłosu T

Ilustracja 5 Wykres czasu pogłosu T w sali kameralnej



(c) EASE 4.4 / kameralna-0.2 v5 / 14.10.2021 09:24:47 / DB Systemy Dzwikowe Bartek Zde

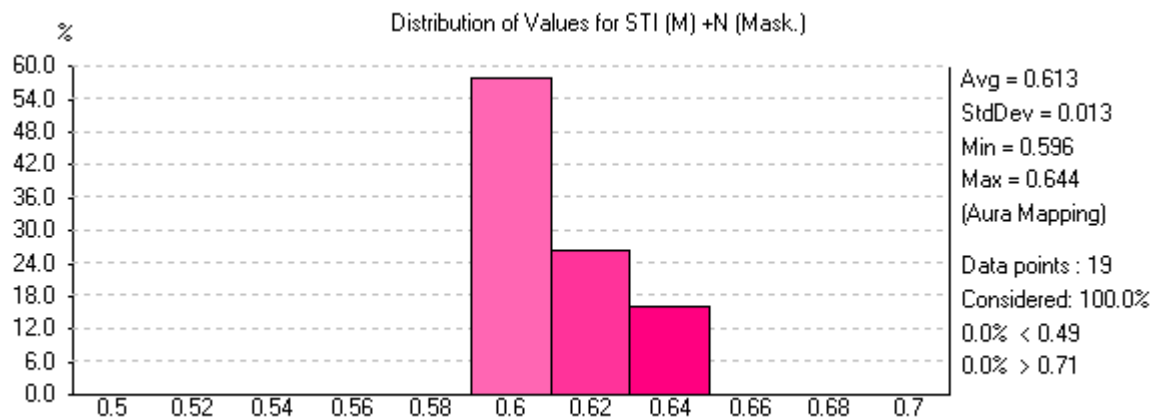
Uzyskany czas pogłosu T spełnia założenia.

Wyniki obliczeń wskaźnika transmisji mowy STI

Obliczenia wskaźnika transmisji mowy STI wykonano dla przekazu bezpośredniego (bez wspomagania sprzętem elektroakustycznym) przy użyciu modelu osoby płci męskiej mówiącej podniesionym głosem, zlokalizowanym na wysokości ~150 cm nad sceną.

Na poniższej ilustracji przedstawiono dystrybucję wskaźnika STI dla przekazu bezpośredniego.

Ilustracja 6 Wskaźnik transmisji mowy STI+N (Mask) w sali kameralnej



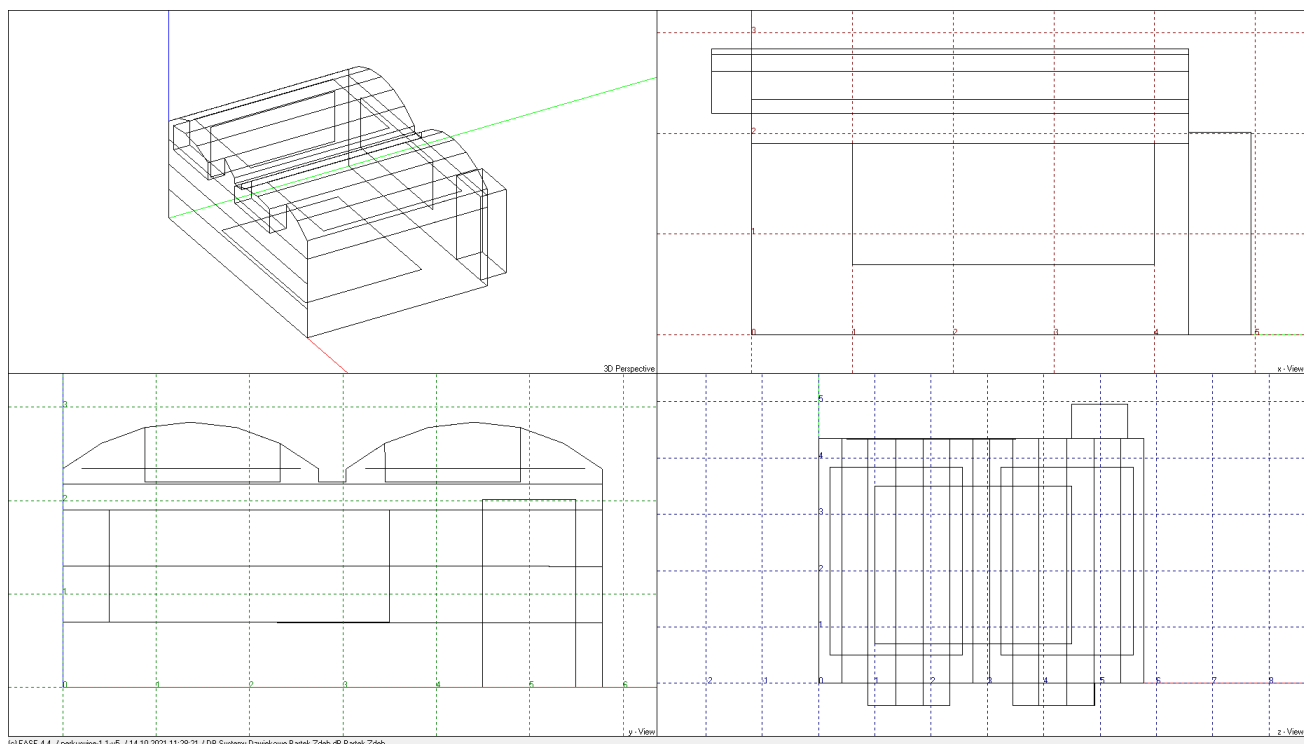
[c] EASE 4.4 / kameralna-0.2 v5 / 14.10.2021 09:49:15 / DB Systemy Dzwiekowe Bartek Zdeb dB Bartek Zdeb

Szacowana średnia zrozumiałość mowy wyrażona wskaźnikiem STI+N (Mask) = 0,61 i spełnia postawione założenia.

Pomieszczenie perkusji

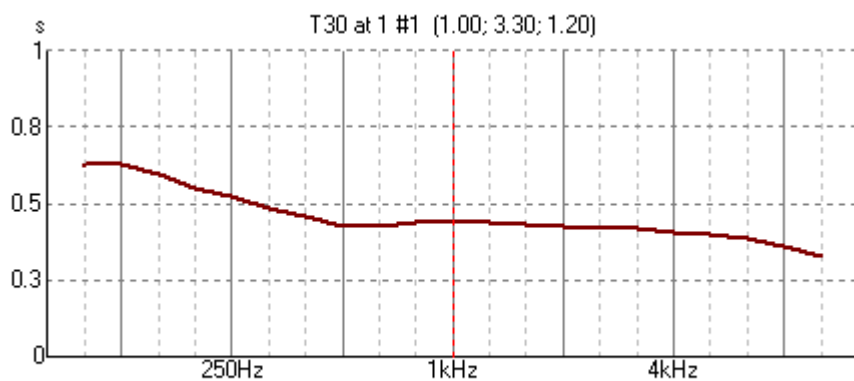
Pomieszczenie perkusji ozn. wg rysunku -1.1 o kubaturze $\sim 68 \text{ m}^3$.

Ilustracja 7 Obliczeniowy model 3D pomieszczenia perkusji



Wyniki obliczeń czasu pogłosu T

Ilustracja 8 Wykres czasu pogłosu T w pomieszczeniu perkusji



(c) EASE 4.4 / perkusyjne-1.1-v5 / 14.10.2021 11:30:32 / DB Systemy Dźwiękowe Bartek Zde

Uzyskany czas pogłosu T spełnia założenia.

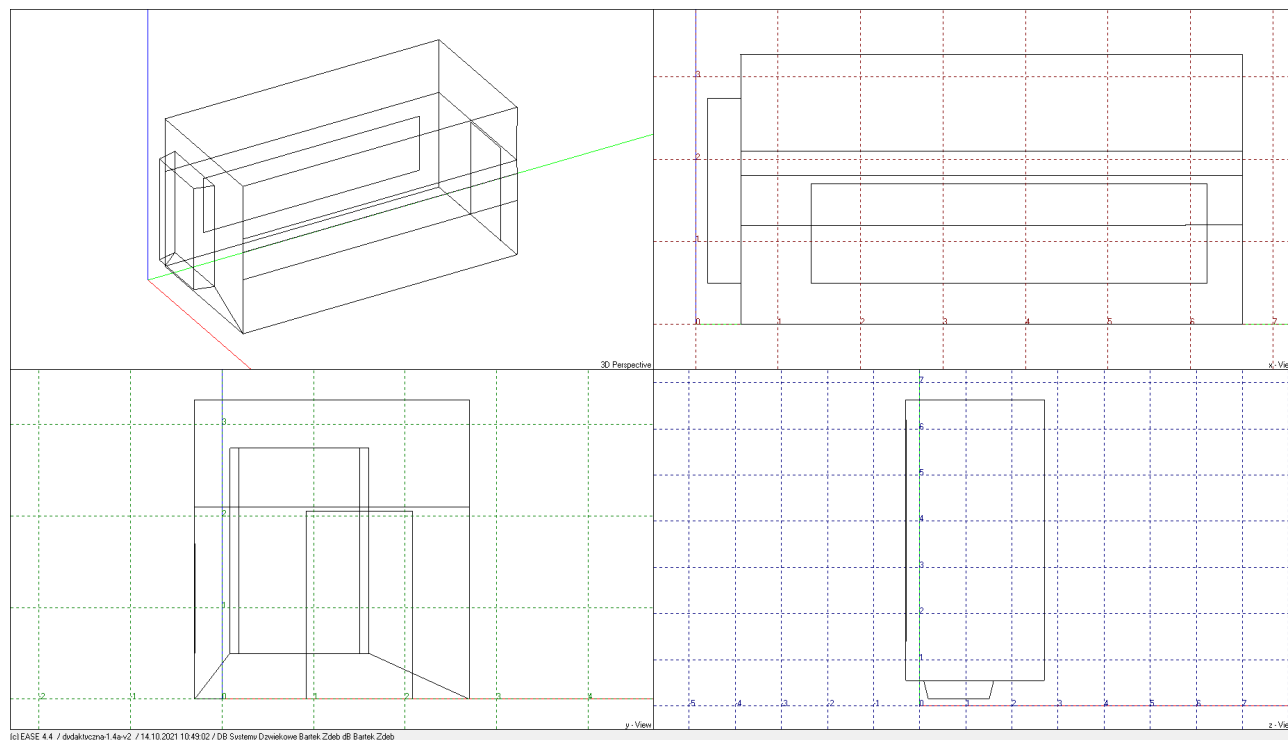
Wyniki obliczeń wskaźnika transmisji mowy STI

W pomieszczeniu nie stawia się wymagań w zakresie wskaźnika transmisji mowy STI .

Sala dydaktyczna indywidualna

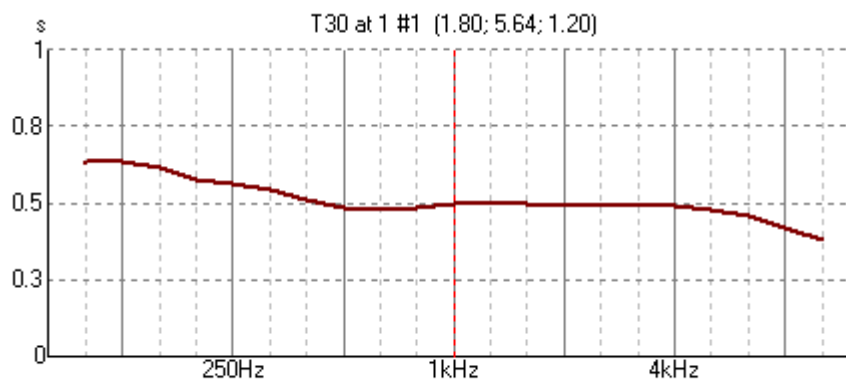
Sala dydaktyczna ozn. wg rysunku 1.4a przeznaczona do zajęć indywidualnych o kubaturze $\sim 60 \text{ m}^3$.

Ilustracja 9 Obliczeniowy model 3D sali dydaktycznej indywidualnej



Wyniki obliczeń czasu pogłosu T

Ilustracja 10 Wykres czasu pogłosu T w sali dydaktycznej indywidualnej



(c) EASE 4.4 / dydaktyczna-1.4a-v2 / 14.10.2021 10:49:49 / DB Systemy Dźwiękowe Bartek Z

Uzyskany czas pogłosu T spełnia założenia.

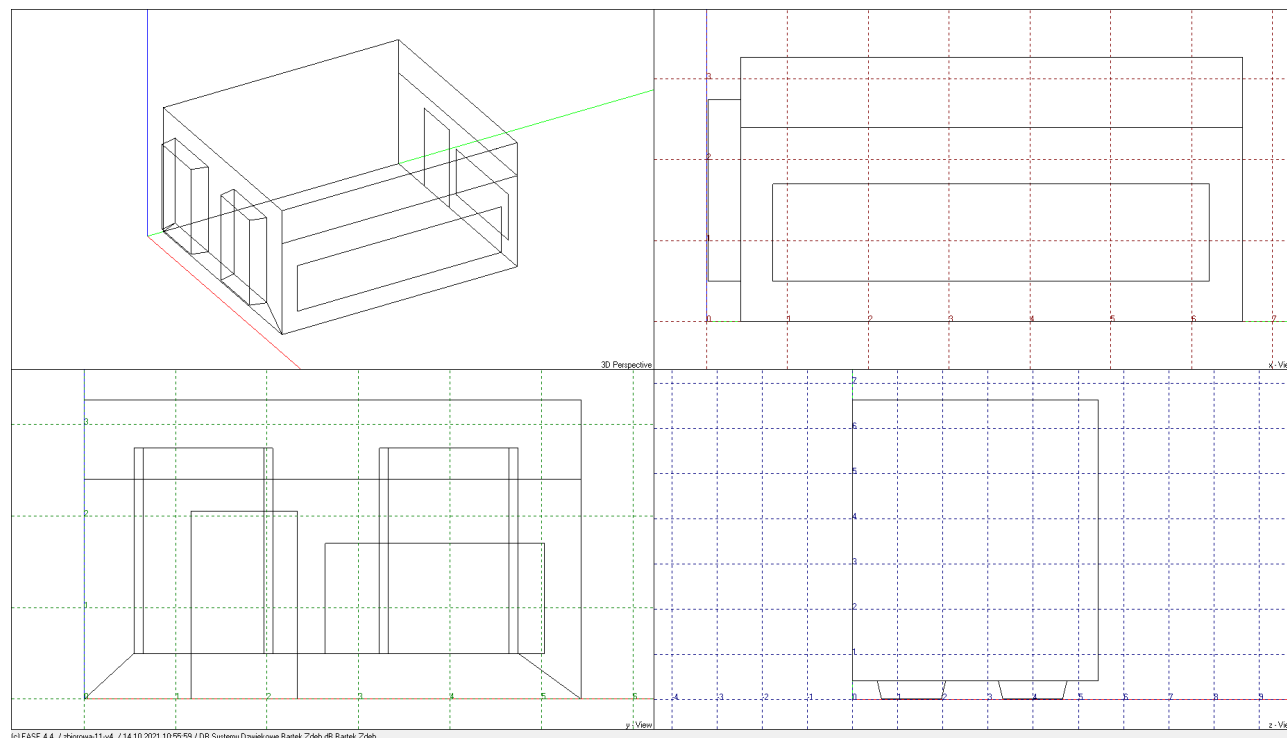
Wyniki obliczeń wskaźnika transmisji mowy STI

W pomieszczeniu nie stawia się wymagań w zakresie wskaźnika transmisji mowy STI .

Sala dydaktyczna zbiorowa

Sala dydaktyczna ozn. wg rysunku 1.1 przeznaczona do zajęć zbiorowych o kubaturze $\sim 110 \text{ m}^3$.

Ilustracja 11 Obliczeniowy model 3D sali dydaktycznej zbiorowej



Wyniki obliczeń czasu pogłosu T

Ilustracja 12 Wykres czasu pogłosu T w sali dydaktycznej zbiorowej



(c) EASE 4.4 / zbiorowa-11-v4 / 14.10.2021 10:57:28 / DB Systemy Dźwiękowe Bartek Zdeb

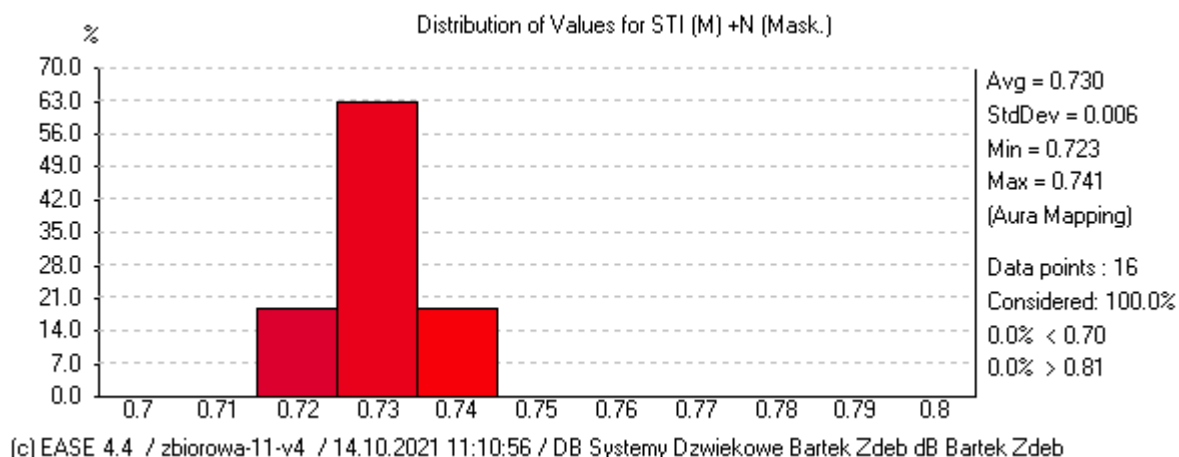
Uzyskany czas pogłosu T spełnia założenia.

Wyniki obliczeń wskaźnika transmisji mowy STI

Obliczenia wskaźnika transmisji mowy STI wykonano dla przekazu bezpośredniego przy użyciu modelu osoby płci męskiej mówiącej normalnym głosem (widmo mowy wg normy PN-B-02151-4), zlokalizowanym na wysokości 120 cm (nauczyciel w pozycji siedzącej) oraz na wysokości 160 cm (nauczyciel w pozycji stojącej).

Na poniższej ilustracji przedstawiono dystrybucję wskaźnika STI.

Ilustracja 13 Wskaźnik transmisji mowy STI+N (Mask) w sali dydaktycznej zbiorowej



Szacowana średnia zrozumiałość mowy wyrażona wskaźnikiem STI+N (Mask) = 0,73 i spełnia postawione założenia.

5.3. Uwagi

1. Przedstawione na rysunkach lokalizacje materiałów mają charakter poglądowy.
2. Decyzja dotycząca konkretnych typów i ilości okładzin ściennych w sali kameralnej i salach dydaktycznych zostanie podjęta na podstawie przeprowadzonych w trakcie budowy badań akustycznych – patrz punkt WYTYCZNE DLA WYKONAWCY.

6. ROZWIĄZANIA ZAMIENNE I RÓWNOWAŻNE

Projektowane materiały muszą posiadać odpowiednie atesty i dopuszczenia do stosowania w budownictwie na terenie RP. Materiały należy montować zgodnie z instrukcją producenta.

Przedstawione materiały należy traktować jako marki referencyjne. Dopuszcza się zastosowanie rozwiązań zamiennych (równoważnych) o parametrach nie gorszych od przedstawionych w niniejszym opracowaniu.

W opracowaniu podano minimalne wymagania w zakresie funkcjonalności oraz parametrów technicznych i jakościowych, jakim muszą odpowiadać zaprojektowane rozwiązania wraz z podaniem referencyjnych materiałów spełniających te wymagania. Dotrzymanie wyspecyfikowanych parametrów funkcjonalnych poszczególnych materiałów jest konieczne, aby uzyskać zakładany efekt.

Materiały równoważne muszą posiadać parametry funkcjonalne, techniczne i jakościowe nie gorsze niż podane w opracowaniu. Zgodnie z Art. 30 ust. 5 Ustawy Prawo Zamówień Publicznych w trakcie postępowania przetargowego Wykonawca jest zobowiązany wykazać, iż oferowane przez niego rozwiązania spełniają minimalne wymagania określone w niniejszym opracowaniu, zarówno pod względem parametrów funkcjonalnych, technicznych, jakościowych jak i ilościowych.

Wszystkie zmiany i modyfikacje w zakresie opisanych rozwiązań muszą uzyskać pisemną akceptację autorów.

7. ZALECENIA I WYTYCZNE BRANŻOWE

7.1. Architektura i konstrukcja

Należy uwzględnić uwagi i wytyczne przedstawione na rysunkach.

7.2. Wytyczne dla instalacji wentylacji i klimatyzacji

Poniżej przedstawiono ogólne wytyczne i zalecenia:

1. Nie dopuszcza się prowadzenia kanałów, rur, przewodów przez sale. Należy je prowadzić korytarzem.
2. Nie dopuszcza się lokalizowania pomieszczeń technicznych przy (pod, nad, obok) salach dydaktycznych.
3. W instalacji wentylacji należy stosować tłumiki przy centrali (AHU), kanały wykonać z Climaver'u gr. 3 cm i jeśli to konieczne stosować tłumiki. Tłumienie dźwięku w kanale na trasie AHU - sala, sala - sala ≥ 60 dB.
4. Poziomy hałasu od instalacji chłodzenia (klimatyzacji) i ogrzewania nie mogą przekraczać wartości podanych w rozdziale *Wymagania w zakresie poziomu dźwięku w pomieszczeniach*.
5. Nie zaleca się montażu przepustnic bezpośrednio przed elementem końcowym.
6. Na kanałach, które przechodzą przez nieobsługiwane pomieszczenia lub prowadzone są we wspólnym szachcie instalacyjnym należy przewidzieć odpowiednią izolację akustyczną kanałów.
7. Kanały nie mogą przechodzić przez nieobsługiwane pomieszczenia.
8. Wszystkie urządzenia wentylacji (zewnętrzne i wewnętrzne) muszą być zainstalowane na konstrukcjach zapewniających izolację wibroakustyczną.
9. Kanały, kolektory, itp. muszą być mocowane do ścian i stropów na uchwytych z elastyczną uszczelką (wibroizolacją).
10. Połączenia z siecią kanałów, rur muszą być wykonane przy użyciu elastycznych łączników.
11. Na każdej z wewnętrznych ścian studni technicznej (z jednostkami zewnętrznymi klimatyzacji) znajdującej się przy elewacji budynku należy zastosować warstwę materiału dźwiękochłonnego o współczynniku pochłaniania dźwięku minimum 0,8 dla 125Hz i 250 Hz np. wełna o grubości min. 100 mm przykryta blachą o perforacji min. 50%.
12. Obudowy należy wykonać wg rozdziału *Obudowy wewnętrzne*.
13. Wymagania dotyczące poziomów A hałasu w pomieszczeniach, które należy przestrzegać, prezentowane są niniejszym opracowaniu.

Za zachowanie dopuszczalnych poziomów hałasu i drgań pochodzących od technicznego wyposażenia budynku odpowiedzialny jest osobiście Projektant branżowy i Wykonawca.

8. WYTYCZNE DLA WYKONAWCY

Przed rozpoczęciem przedmiotowej inwestycji Wykonawca zleci nadzór akustyczny. Nadzór powinien obejmować doradztwo, uszczegółowienie proponowanych rozwiązań, czuwanie nad kolejnymi etapami inwestycji, przeprowadzenie koniecznych i niezbędnych badań akustycznych (czasu pogłosu i zrozumiałości mowy, izolacyjność akustyczna przegród od dźwięków powietrznych i uderzeniowych) w trakcie budowy, po zakończeniu etapów prac oraz po zakończeniu wszystkich prac.

Przed rozpoczęciem robót Wykonawca sporządzi dokumentację warsztatową każdego pomieszczenia o akustyce kwalifikowanej uwzględniającą aranżację pomieszczeń (uzgodnioną z Użytkownikiem) i wymagania akustyczne. W szczególności Wykonawca wykona rysunki przedstawiające rzuty sufitów podwieszanych i okładzin na sufitach, kłady ścian z podziałem okładzin akustycznych, niezbędne detale.

8.1. Zakres badań akustycznych

Przed rozpoczęciem robót:

1. Badania i ocena akustyczna hałasu zewnętrznego przy elewacjach i w otoczeniu budynku.
2. Badania i ocena akustyczna stropu ceglanego między parterem i 1 piętrem.

W trakcie realizacji robót należy wykonać badania akustyczne. Badania te należy wykonać w kilku etapach.

1. W sali kameralnej wykonać kontrolne badania akustyczne parametrów akustycznych T, EDT, C50, C80, D, STI na następujących etapach budowy:
 - a) w stanie surowym zamkniętym,
 - b) po wykonaniu i montażu dyfuzorów na ścianach i okładzin na suficie, ale przed montażem okładzin akustycznych na ścianach,
 - c) pomiary odbiorowe po całkowitym wykończeniu sali kameralnej.
2. W salach dydaktycznych wykonać kontrolne badania akustyczne parametrów akustycznych T, EDT, C50, C80, D, STI na następujących etapach:
 - a) po wykonaniu i montażu dyfuzorów na ścianach i sufitów podwieszanych, ale przed montażem okładzin akustycznych na ścianach,
 - b) pomiary odbiorowe po całkowitym wykończeniu.

Ponadto, w trakcie realizacji wykonać następujące badania akustyczne:

- a) Pomiary poziomu dźwięku A tła akustycznego w sali kameralnej, salach dydaktycznych i gabinetach.
- b) Pomiary poziomu dźwięku A w sali kameralnej, salach dydaktycznych i gabinetach wytwarzanego przez instalacje technicznego wyposażenia budynku, a w szczególności: instalację wentylacji i klimatyzacji, dźwigi osobowe.
- c) Pomiary izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych wewnętrznych przegród pionowych i poziomych.
- d) Pomiary izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych wewnętrznych przegród poziomych.

Po całkowitym zakończeniu prac należy wykonać odbiorowe badania akustyczne jak wyżej.

Wyniki pomiarów w formie raportu dołączyć do dokumentacji powykonawczej.

9. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione rozwiązania, opisy i rysunki należy traktować jako wytyczne do sporządzenia akustycznego projektu wykonawczego, projektu wnętrza pomieszczeń oraz projektów warsztatowych okładzin akustycznych.

Decyzja dotycząca konkretnych typów i ilości okładzin ściennych w sali kameralnej i salach dydaktycznych zostanie podjęta w czasie budowy na podstawie przeprowadzonych w trakcie budowy badań akustycznych oraz uzgodnień z Użytkownikiem.

Prezentowane wyniki obliczeń i analiz akustycznych mają zastosowanie jedynie dla materiałów lub technologii opisanych w niniejszym opracowaniu. Wszelkie zmiany należy uzgadniać z autorem opracowania pod rygorem nieważności prezentowanych wyników i wniosków.

Dostawcy wszystkich materiałów, systemów i rozwiązań branży akustycznej stosowanych w budynkach MUSZĄ przedstawić aktualne raporty badań akustycznych potwierdzające parametry akustyczne stosowanych technologii, systemów, rozwiązań i materiałów.

Koniec opracowania.

Sprawdził: mgr inż. Bartłomiej Zdeb – specjalista w zakresie akustyki i wibroakustyki