

## **PROJEKT ARCHITEKTONICZNO – BUDOWLANY**

**OBIEKT: HALA SPORTOWO – WIDOWISKOWA 36 x 45 m**

**LOKALIZACJA:**

**INWESTOR:**

---

**GENERALNY PROJEKTANT:** **mp project sp. z o.o.**  
**30-149 Kraków, ul. Balicka 134**  
**tel. (12) 661 82 35**  
**e-mail1: biuro@mpproject.pl**  
**e-mail2: anna.dylewska@me.com**

**AUTOR PROJEKTU: MIKOŁAJ JAROSZ**

**BRANŻA: ARCHITEKTURA – SYSTEM DLA AKUSTYKI**

**DATA OPRACOWANIA  
PROJEKTU GOTOWEGO:**

**Kraków, luty 2019**

# **ZALECENIA**

**DOTYCZĄCE UŻYCIA MATERIAŁÓW DŹWIĘKOCHŁONNYCH  
w SALI SPORTOWEJ 36 x 45**

**MIKOŁAJ JAROSZ  
LUTY, 2017**

## 1. Cel i podstawa opracowania

Celem opracowania jest wskazanie rozwiązań technicznych, które pozwolą zapewnić w projektowanej sali warunki akustyczne właściwe dla jej funkcji.

Przy przygotowaniu niniejszego opracowania wykorzystano:

- projekt budowlany wykonany przez MP Projekt z Krakowa
- normę PN-B-02151-4:2015-06

## 2. Opis sali

Sala sportowa o wymiarach 44,55 m x 25,45 m i kubaturze ok. 14.220 m<sup>3</sup>. Ściany murowane i tynkowane. Podłoga sportowa na legarach. Dach o konstrukcji z drewna klejonego przykryty blachą trapezową. Doświetlenie hali poprzez okna zlokalizowane w ścianach szczytowych i jednej ze ścian podłużnych. Przy jednej ze podłużnych ścian, zaprojektowano stałe trybuny ze 261 miejscami siedzącymi. Podłoga widowni wykończona wykładziną dywanową. Dodatkowo przewidziano składane trybuny dla 92 widzów.

## 3. Wymagania

Sale sportowe lokalizowane przy szkołach muszą najczęściej łączyć różne funkcje:

- zajęcia wychowania fizycznego
- zawody
- imprezy niesportowe (np. akademie, występy artystyczne, koncerty)
- egzaminy

Dla poprawnego przeprowadzenia w/w imprez niezbędne jest zapewnienie dobrej zrozumiałości mowy poprzez ograniczenie pogłosu i poziomu tła akustycznego. Ogólny poziom hałasu musi być także ograniczony dla zmniejszenia wysiłku głosowego nauczycieli WF. Krótki czas pogłosu jest także bardzo pożądanym, jeśli w sali mają się odbywać egzaminy.

Norma PN-B-02151-4 zaleca dla hal sportowych o kubaturze większej niż 5000 m<sup>3</sup> czas pogłosu nie dłuższy niż **1,8 s**. Powyższe wymaganie powinno być spełnione we wszystkich pasmach oktawowych o środkowych częstotliwościach 250, 500, 1000, 2000 i 4000 Hz. Dla pasma o środkowej częstotliwości 125 Hz wymaganie nie zostało określone ale czas pogłosu w tym paśmie powinien być w miarę możliwości o zbliżonej długości do tego z zakresu 250 – 4000 Hz.

Przedmiotowa sala sportowa przy pozostawieniu twardego wykończenia (tynk, szkło, podłoga sportowa, blacha, GK) charakteryzowałaby się czasem pogłosu na poziomie ok. 7 s (1 kHz).

## 4. Rozwiązania

### Sufity

Sufit dźwiękochłonny instalowany w polach pomiędzy dźwigarami a płatwiami - równolegle do połaci dachowych. W poszczególnych polach instalowane ekrany o wymiarach 6000/2400. Do blachy trapezowej podwieszany ruszt z profili T24. Odległość

rusztu od lica blachy trapezowej powinna wynosić ok. 200 mm. Wzmocnione (grubość blachy  $\geq 0,48$  mm) profile główne (nr 2 na poniższym szkicu) instalowane równoległe do płatwi w rozstawie co 600 mm (z pozostawieniem marginesu szerokości ok. 200 mm po obu stronach każdej płatwi). Profile główne podwieszane za pomocą sztywnych wieszaków w profilu kątowych (nr 4) w rozstawie co 1200 mm. Profile główne spięte profilami poprzecznymi T24 o długości 600 mm (nr 3) w rozstawie co 1200 mm. Ruszt wykonany tak, aby dany ekran był podwieszony pośrodku pola tworzonego przez płatwie.

W tak powstały ruszt wkładane panele dźwiękochłonne o wymiarach 1200/600 (nr 1). Panele ułożone dłuższym bokiem prostopadłe do dźwigarów i zabezpieczone przed wybijaniem za pomocą usztywniaczy przeciwuderzeniowych (nr 5). Na jedną płytę 1200/600 powinny przypadać trzy takie usztywniacze.

Sufit (panele dźwiękochłonne wraz z konstrukcją) odporny na uderzenia piłką. Kategoria odporności na uderzenia 2A wg normy EN 13964, aneks D (oraz DIN 18 032 cz.3).

Płyty z wełny szklanej o grubości 35 mm, o formacie 1200/600. Lico płyt pokryte tkaniną z włókna szklanego o dużej odporności mechanicznej, tył płyty wykończony welonem szklanym. Krawędź płyt prosta. Powierzchnia licowa umożliwiaющая czyszczenia na sucho i przecierania na mokro raz w tygodniu. Płyty odporne na wilgoć do 95% przy 30°C (zgodnie z normą ISO 4611). Materiał niepalny wg badań i klasyfikacji EN ISO 1182.

Łączna waga systemu (bez profili podkonstrukcji) to ok. 4 kg/m<sup>2</sup>.

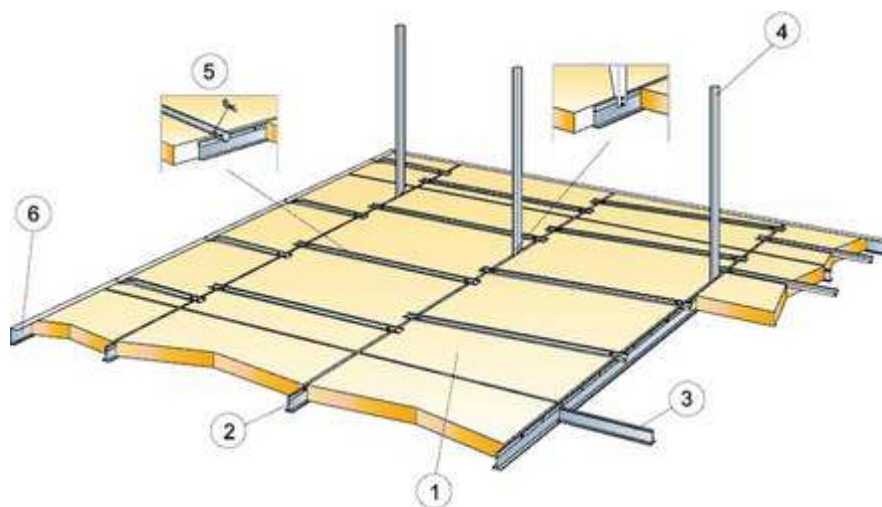
Właściwości akustyczne

Klasa pochłaniania dźwięku A dla c.w.k. 200 mm wg EN ISO 11654,  $\alpha_w = 1,00$ .

Praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku dla c.w.k. 200 mm podano poniżej:

Częst.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
$\alpha_p$	0,50	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00

Łączna powierzchnia paneli dźwiękochłonnych na suficie wyniesie ok. 1065 m<sup>2</sup> (ok. 80% powierzchni dachu).



## Ściany

Na ścianach instalowane dźwiękochłonne panele ściennie o wymiarach 1200/2700 mm. Panele zestawiane w ekrany i montowane na dodatkowym ruszcie z łąt 40/40 wypełnionym wełną szklaną o gęstości ok. 15 kg/m<sup>3</sup> (zabieg taki pozwala na zwiększenie pochłaniania dźwięku w niskich częstotliwościach). Łaty montowane poziomo w odstępach osiowych co 400 mm. Panele dźwiękochłonne montowane do rusztu za pomocą profili typu omega (nr 6 na poniższym szkicu). Ekrany po obwodzie wykończone profilami ceowymi o szerokości 82 mm (ceowniki obejmujące jednocześnie panele ściennie i ruszt).

Panele ściennie odporne na uderzenia piłką. Kategoria odporności na uderzenia 1A wg normy EN 13964, aneks D (oraz DIN 18 032 cz.3).

Płyty z wełny szklanej o grubości 40 mm, o formacie 2700/1200. Lico płyt pokryte tkaniną z włókna szklanego o dużej odporności mechanicznej, tył płyty wykończony welonem szklanym. Krawędź prosto cięta. Powierzchnia licowa umożliwiająca czyszczenia na sucho i przecierania na mokro raz w tygodniu. Płyty odporne na wilgoć do 95% przy 30°C (zgodnie z normą ISO 4611). Materiał niepalny wg badań i klasyfikacji EN ISO 1182.

Łączna waga systemu to 4 kg/m<sup>2</sup>.

### Właściwości akustyczne

Klasa pochłaniania dźwięku A dla c.w.k. 43 mm wg EN ISO 11654,  $\alpha_w = 1,00$ .

Praktyczne współczynniki pochłaniania dźwięku dla c.w.k. 43 mm podano poniżej:

Częst.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
$\alpha_p$	0,15	0,65	1,00	1,00	1,00	1,00

Przy montażu paneli z dodatkową 40 mm warstwą wełny szklanej wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku wyniosą:

Częst.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
$\alpha_p$	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

## Rozmieszczenie

### Ściana podłużna (oś G)

Pomiędzy osiami 1 i 2 oraz 7 i 8 instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 4800 mm x 2700 mm. Każdy ekran złożony z 4 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo. Ekrany instalowane od wysokości +2,00 do +4,70.

Pomiędzy osiami 2 i 3 oraz 6 i 7 instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 3600 mm x 2240 mm. Każdy ekran złożony z 3 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo i dociętych do wysokości 2240 mm. Ekrany instalowane od wysokości +2,00 do +4,24.

Pomiędzy osiami 3 i 4, 4 i 5 oraz 5 i 6 instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 4800 mm x 2240 mm. Każdy ekran złożony z 4 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo i dociętych do wysokości 2240 mm. Ekrany instalowane od wysokości +2,00 do +4,24.

#### Ściana szczytowa (oś 1)

Pomiędzy osiami C i D oraz F i G instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 6000 mm x 2700 mm. Każdy ekran złożony z 5 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo. Ekrany instalowane od wysokości +2,00 do +4,70.

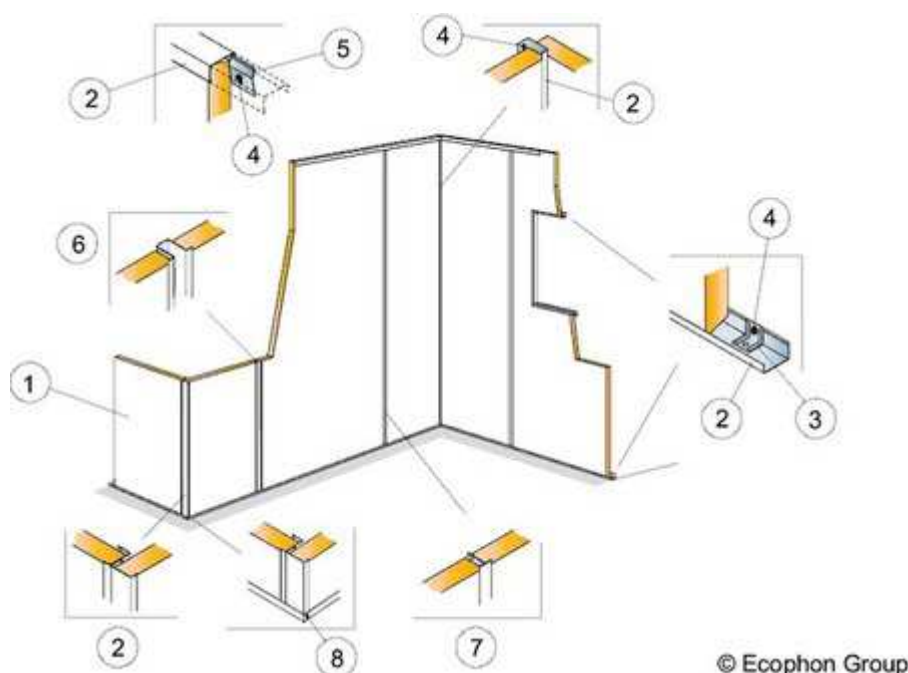
Pomiędzy osiami D i E oraz E i F instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 6000 mm x 2240 mm. Każdy ekran złożony z 5 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo i dociętych do wysokości 2240 mm. Ekrany instalowane od wysokości +2,00 do +4,24.

#### Ściana szczytowa (oś 8)

Pomiędzy osiami C i D oraz F i G instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 6000 mm x 2700 mm. Każdy ekran złożony z 5 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo. Ekrany instalowane od wysokości +2,00 do +4,70.

Pomiędzy osiami D i E oraz E i F instalowane (pomiędzy pilastrami) ekrany o wymiarach (szerokość x wysokość) 6000 mm x 2240 mm. Każdy ekran złożony z 5 paneli 1200/2700 ułożonych pionowo i dociętych do wysokości 2240 mm. Ekrany instalowane od wysokości +2,00 do +4,24.

Łączna powierzchnia paneli ściennych wyniesie 193 m<sup>2</sup>.

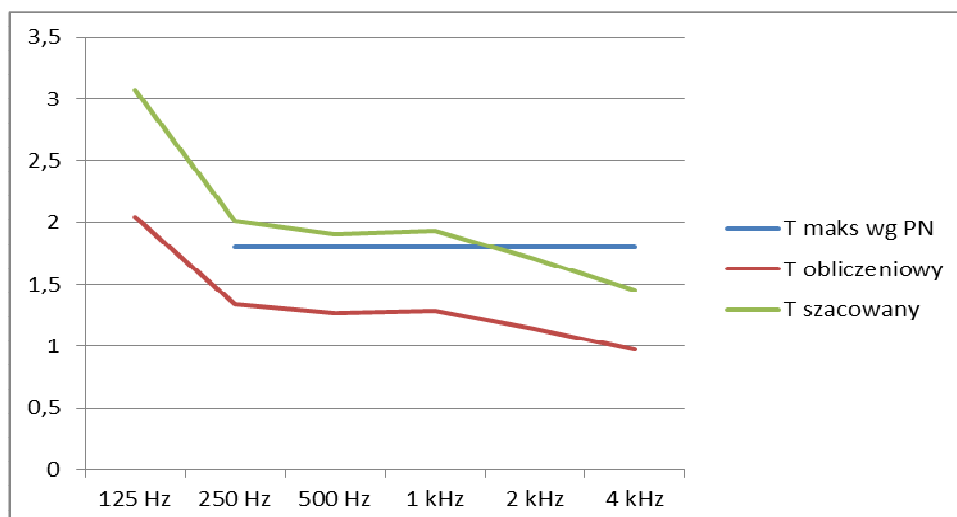


## 5. Rezultaty

Czas pogłosu w pomieszczeniu zależy od jego chłonności akustycznej, rozmieszczenia materiałów dźwiękochłonnych, a także stopnia rozproszenia dźwięku przez meble i wyposażenie. Przy założeniu doskonałego rozproszenia dźwięku we wnętrzu, przy wykończeniu j.w. obliczeniowy (Knudsen) czas pogłosu wyniósłby:

Częstotliwość	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Czas pogłosu [s]	2,05	1,34	1,27	1,29	1,14	0,97

Ponieważ uzyskanie w pełni rozproszonego pola dźwiękowego w normalnej sali sportowej jest praktycznie niemożliwe (ze względu na brak elementów rozpraszających dźwięk i nierównomierne rozłożenie materiałów dźwiękochłonnych) należy przyjąć, że czas pogłosu w sali może być o ok. 40-50% dłuższy od obliczeniowego. Wynika z tego, że spodziewany czas pogłosu w pasmach 250-1000 Hz, może nieznacznie przekroczyć poziom 1,8 s.



Zwiększenie chłonności akustycznej skutkuje słabszym wzmocnieniem dźwięku przez pomieszczenie. Pomieszczenie wytłumione materiałami dźwiękochłonnymi będzie więc w czasie prowadzenia zajęć cichsze niż to wykończone twardymi materiałami. Dla przedmiotowej sali redukcja poziomu dźwięku wyniesie:

Częstotliwość	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 Khz
$\Delta L$	- 3,4 dB	- 6,3 dB	- 6,4 dB	- 6,4 dB	- 5,0 dB	- 4,0 dB

Rzeczywista redukcja poziomu dźwięku będzie o 2-3 dB większa, ze względu na odruchową zmianę zachowania uczniów w cichszym otoczeniu.

Mikołaj Jarosz