

Akustyka przegród poziomych budynków

***Poradnik techniczny
Jak prawidłowo zaprojektować
przegrodę w aspekcie akustyki?***



Po co tyle hałasu o podłogę

Podłoga to nasz grunt pod nogami. Na niej stawiamy pierwsze kroki, by ruszyć w dorosłe życie i pokonywać kilometry codzienności. W domu, biurze, teatrze, sklepie. Jakość podłogi determinuje jakość życia i pracy ludzi. Od prawidłowego zaprojektowania i wykonania podkładu podłogowego zależy komfort osób użytkujących dane pomieszczenie i pomieszczenia sąsiadujące. Przykład? Podłoga, na której ćwiczy sąsiad perkusista z górnego piętra, jest przekaźnikiem dźwięków na niższe kondygnacje. To głośne sąsiedztwo może sprawiać dyskomfort, jeśli nie jesteśmy fanami rocka.

Przepisy zawarte w polskich warunkach technicznych (WT) określają minimalne poziomy izolacyjności akustycznej dla poszczególnych przegród oddzielających pomieszczenia o konkretnych funkcjach użytkowych (norma PN-B-02151-3:2015-10). Stosowanie wskazanych przepisów jest obowiązkowe, dlatego warto zapoznać się dobrze z wytycznymi dotyczącymi prawidłowego projektowania i wykonania przegrody akustycznej oraz doboru odpowiednich materiałów.

W niniejszym poradniku znajdą Państwo rozwiązania umożliwiające spełnienie wymagań normowych dotyczących izolacyjności akustycznej stropów w budynkach. Przeprowadziliśmy szereg obliczeń z wykorzystaniem różnych materiałów używanych do konstruowania przegród poziomych budynków.

Dołożyliśmy wszelkich starań, aby finalny materiał był jak najbardziej użyteczny i stanowił wsparcie w projektowaniu przegród poziomych pod kątem izolacyjności akustycznej. Nasze opracowanie nie wyczerpuje wszystkich możliwych przypadków. W razie wątpliwości zalecamy oddanie przegrody do indywidualnych przeliczeń.

Zachęcamy do korzystania z systemowych rozwiązań podkładów podłogowych Lafarge.

Z pozdrowieniami dla wykonawców, inwestorów i użytkowników!

Zespół Lafarge

Cicho sza... Niniejszy materiał powstał przy wsparciu specjalisty ds. akustyki.

Dr inż. Agata Szeląg

Pasjonatka akustyki i muzyki, autorka wielu artykułów naukowych i dokumentów patentowych. Adiunkt badawczo-dydaktyczny w Laboratorium Inżynierii Wiatrowej Politechniki Krakowskiej. Właścicielka firmy SzA Pracownia Akustyczna, w której zajmuje się problematyką szkodliwego hałasu i drgań uciążliwych dla ludzi. Dzięki bliskiej współpracy z sektorem biznesowym i naukowym oraz realizacji licznych grantów badawczo-rozwojowych wdraża najnowocześniejsze rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe w wykonywanych projektach. Prowadzi szkolenia mające na celu zwiększanie świadomości inwestorów, architektów i inżynierów z branży budowlanej dotyczącej zapewnienia właściwych warunków akustycznych w otoczeniu ludzi.



Wprowadzenie dotyczące izolacyjności akustycznej stropów

Izolacyjność akustyczna stropów w kontekście wymagań prawnych



Przejście dźwięku z pomieszczenia, w którym znajduje się źródło hałasu, do innego pomieszczenia określane jest jako „**transmisja dźwięku**”. Miarą skuteczności przegrody w ograniczaniu przenikania dźwięku jest jej **izolacyjność akustyczna, wyrażana w decybelach [dB]**. W przypadku stropów ich właściwości dźwiękoizolacyjne określane są poprzez izolacyjność akustyczną od dźwięków powietrznych oraz poziom dźwięków uderzeniowych. Metodyka pomiaru izolacyjności akustycznej w warunkach laboratoryjnych oraz terenowych została opisana w poszczególnych częściach norm z serii PN-EN ISO 140, na które powołuje się Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku

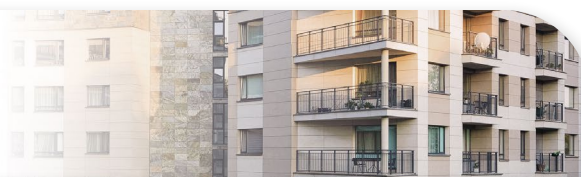
w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami. W przypadku badań terenowych powyższe normy mają swoją aktualizację w serii PN-EN ISO 16283, która wprowadza również dodatkowe sposoby uśredniania wyników pomiarowych oraz procedurę pomiaru poziomu dźwięku dla niskich częstotliwości, tj. poniżej 100 Hz. Izolacyjność akustyczna wyrażana jest w funkcji częstotliwości dźwięku padającego na przegrodę. Do celów projektowych stosuje się jednak jednoliczbowe wskaźniki izolacyjności akustycznej, obliczane z widma izolacyjności zgodnie z procedurą opisaną w normach PN-EN ISO 717-1 i PN-EN ISO 717-2.



Izolacyjność akustyczna stropu od dźwięków powietrznych

odnosi się do różnicy poziomu ciśnienia akustycznego po jego obu stronach. Zgodnie z wymaganiami normy PN-B-02151-3:2015-10 miarą odporności stropu na przenikanie dźwięku powietrznego jest jednoliczbowy wskaźnik przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1} . Jego wysoka wartość świadczy o dobrych właściwościach dźwiękoizolacyjnych przegrody. W tabelach 1–6 zestawiono normowe wartości wskaźników R_{A1} dla wybranych stropów w zależności od funkcji budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń. Należy podkreślić, że są to wartości minimalne zgodnie z wymaganiami prawnymi, a spełnienie tych wymagań wcale nie musi oznaczać, że w pomieszczeniu będziemy czuć się komfortowo.

TAB. 1. **Budynki mieszkalne wielorodzinne**



Funkcja budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń		Minimalna wartość wskaźnika R_{A1} [dB] ¹
Mieszkanie	Mieszkanie	51
	Garaż, pomieszczenie techniczne, handlowe, usługowe, restauracja, etc., w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	58 ²
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	65 ²
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	65 ²
	Pomieszczenia biurowe	58

TAB. 2. **Hotele, budynki zakwaterowania turystycznego, budynki zamieszkania zbiorowego**



Funkcja budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń		Minimalna wartość wskaźnika R_{A1} [dB] ¹
Pokój hotelowy/mieszkalny	Pokój hotelowy/mieszkalny	50
	Pomieszczenie administracyjne	50
	Garaż lub pomieszczenie techniczne z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	58 ²
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	58 ²
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	65 ²
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	65 ²

TAB. 3. **Żłobki, przedszkola, szkoły**



Funkcja budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń		Minimalna wartość wskaźnika R_{A1} [dB] ¹
Sala dla dzieci/sala lekcyjna	Sala dla dzieci/sala lekcyjna, świetlica	50
	Obszar komunikacji ogólnej	50
	Pomieszczenie sanitarne, kuchnia, stołówka	50
	Pomieszczenia administracyjne	50
	Mieszkanie	58 ²
	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi, pomieszczenia do zajęć edukacyjnych, takich jak WF, muzyka, pracownia techniczna z hałaśliwymi urządzeniami	58 ²

Wybrane wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej stropów od dźwięków powietrznych zgodnie z normą **PN-B-02151-3:2015-10**, w zależności od funkcji budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń

TAB. 4. **Szkoły wyższe i placówki badawcze**



Funkcja budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń		Minimalna wartość wskaźnika R_{A1} [dB] ¹
 Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Stropy pomiędzy salami wykładowymi, audytorcjnymi, konferencyjnymi, pokojami pracowników naukowych i dydaktycznych, pracowniami laboratoryjnymi bez urządzeń będących źródłem zakłóceń akustycznych, między ww. pomieszczeniami i pomieszczeniami administracyjnymi	50
	Pomieszczenia ze źródłami hałasu (techniczne, laboratoryjne)	55 ²

TAB. 5. **Szpital i zakłady opieki medycznej**



Funkcja budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń		Minimalna wartość wskaźnika R_{A1} [dB] ¹
 Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Stropy pomiędzy salami łóżkowymi, gabinetami lekarskimi, pomieszczeniami IOM, pomieszczeniami pielęgniarek, etc.	50
	Pomieszczenia ze źródłami zakłóceń akustycznych (gabinet zabiegowy, sala zajęć rehabilitacyjnych)	55 ²
	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi	60 ²

TAB. 6. **Budynki biurowe**



Funkcja budynku i oddzielanych stropem pomieszczeń		Minimalna wartość wskaźnika R_{A1} [dB] ¹
 Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Stropy pomiędzy pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, pokojami do rozmów poufnych, etc.	50
	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi, pomieszczenia usługowe, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	55 ²
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	60 ²

¹ Jeżeli wspólna powierzchnia przegrody dzielącej pomieszczenia jest mniejsza niż 10 m², to wymaganie dotyczy wskaźnika oceny wzorcowej różnicy poziomów D_{nTA1} .

² Równocześnie należy spełnić wymagania normy PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczenia ze źródłem hałasu.



Parametrem akustycznym charakteryzującym izolacyjność stropu od dźwięków uderzeniowych jest **poziom uderzeniowy**. Cytując normę PN-E N ISO 140-7, jest to **poziom ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu odbiorczym podczas pobudzania danego stropu znormalizowanym źródłem dźwięku uderzeniowego, czyli tzw. stukaczem**. Podczas pomiaru możemy wyznaczać transmisję dźwięku uderzeniowego w dowolnym kierunku (por. rys. 1). Zgodnie z wymaganiami normy PN-B-02151-3:2015-10 miarą odporności stropu na przenikanie dźwięku uderzeniowego jest wskaźnik przybliżonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego $L_{n,w}$. Jego niska wartość świadczy o **dobrej odporności przegrody na przenikanie dźwięków uderzeniowych**. W tabelach 7-12 zestawiono normowe (maksymalne) wartości wskaźników $L_{n,w}$ dla wybranych stropów w zależności od funkcji budynku i pomieszczeń chronionych, a także od kierunku transmisji dźwięków uderzeniowych.

TAB. 7. **Budynki mieszkalne wielorodzinne**



Funkcja budynku i pomieszczeń		Maksymalna wartość wskaźnika $L_{n,w}$ [dB]
Pomieszczenie chronione akustycznie	Pomieszczenie ze źródłem hałasu uderzeniowego	
Mieszkanie	Mieszkanie, komunikacja ogólna	55
	Garaż, pomieszczenie techniczne, handlowe, usługowe, restauracja, etc., w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	48 ¹
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	38 ¹
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	38 ¹

TAB. 8. **Hotele, budynki zakwaterowania turystycznego, budynki zamieszkania zbiorowego**



Funkcja budynku i pomieszczeń		Maksymalna wartość wskaźnika $L_{n,w}$ [dB]
Pomieszczenie chronione akustycznie	Pomieszczenie ze źródłem hałasu uderzeniowego	
Pokój hotelowy	Pokój hotelowy	55
	Pomieszczenie administracyjne	55
Pokój mieszkalny w budynkach zakwaterowania turystycznego i zamieszkania zbiorowego	Pokój mieszkalny w budynkach zakwaterowania turystycznego i zamieszkania zbiorowego	58
Pokój hotelowy/mieszkalny	Komunikacja ogólna	55
Pokój hotelowy/mieszkalny	Garaż lub pomieszczenie techniczne z urządzeniami instalacyjnymi wyposażenia budynku	48 ¹
	Restauracja, sala klubowa, etc., w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	48 ¹
Pokój hotelowy i pokój mieszkalny w budynkach zakwaterowania turystycznego	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	43 ¹
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	43 ¹
Pokój mieszkalny w budynkach zamieszkania zbiorowego	Restauracja, sala klubowa, etc., w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	45 ¹
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	45 ¹

TAB. 9. **Żłobki, przedszkola, szkoły**

Funkcja budynku i pomieszczeń		Maksymalna wartość wskaźnika $L_{n,w}$ [dB]
Pomieszczenie chronione akustycznie	Pomieszczenie ze źródłem hałasu uderzeniowego	
Sala dla dzieci	Sala dla dzieci	55
Sala lekcyjna/pokój nauczycielski	Sala lekcyjna/pokój nauczycielski	58
Sala dla dzieci/sala lekcyjna	Obszar komunikacji ogólnej, świetlica	55
Sala dla dzieci	Pomieszczenia administracyjne	55
Sala lekcyjna/pokój nauczycielski	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi, pomieszczenia do zajęć edukacyjnych, takich jak WF, muzyka, pracownia techniczna z hałaśliwymi urządzeniami	48 ¹
Mieszkanie	Sala dla dzieci/sala lekcyjna	43 ¹

TAB. 10. **Szkoły wyższe i placówki badawcze**

Funkcja budynku i pomieszczeń		Maksymalna wartość wskaźnika $L_{n,w}$ [dB]
Pomieszczenie chronione akustycznie	Pomieszczenie ze źródłem hałasu uderzeniowego	
Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających pomiędzy salami wykładowymi, audytoryjnymi, konferencyjnymi, pokojami pracowników naukowych i dydaktycznych, pracowniami laboratoryjnymi bez urządzeń będących źródłem zakłóceń akustycznych, z obszarów komunikacji i pomieszczeń administracyjnych		58
Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Pomieszczenia ze źródłami hałasu (techniczne, laboratoryjne)	48 ¹

Wybrane wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej stropów od dźwięków uderzeniowych zgodnie z normą **PN-B-02151-3:2015-10**, w zależności od funkcji budynku i pomieszczeń

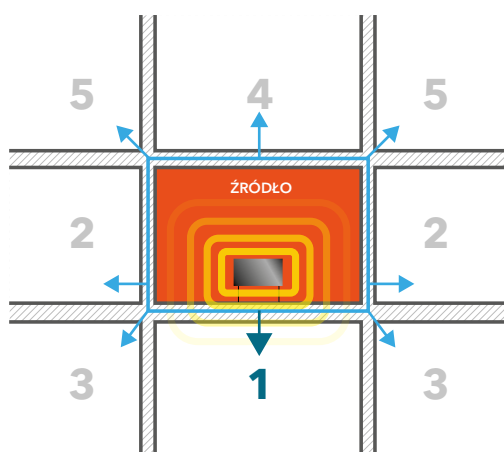
TAB. 11. **Szpitala i zakłady opieki medycznej**

Funkcja budynku i pomieszczeń		Maksymalna wartość wskaźnika $L_{n,w}$ [dB]
Pomieszczenie chronione akustycznie	Pomieszczenie ze źródłem hałasu uderzeniowego	
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających pomiędzy salami łóżkowymi, gabinetami lekarskimi, pomieszczeniami pielęgniarek, etc.	58
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń IOM i pomieszczeń w zespole operacyjnym ze wszystkich innych pomieszczeń	53
Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Komunikacja ogólna	58
	Pomieszczenia ze źródłami zakłóceń akustycznych (gabinet zabiegowy, sala zajęć rehabilitacyjnych)	43 ¹
	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi	48 ¹

TAB. 12. **Budynki biurowe**

Funkcja budynku i pomieszczeń		Maksymalna wartość wskaźnika $L_{n,w}$ [dB]
Pomieszczenie chronione akustycznie	Pomieszczenie ze źródłem hałasu uderzeniowego	
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających pomiędzy pomieszczeniami biurowymi, salami konferencyjnymi, pokojami do rozmów poufnych, salami spotkań, etc.	60
Wszystkie pomieszczenia wyszczególnione w ramce powyżej	Komunikacja ogólna	58
	Pomieszczenia techniczne z urządzeniami instalacyjnymi	48 ¹
	Pomieszczenia usługowe, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	53 ¹
	Garaż, pomieszczenie handlowe	53 ¹
	Pomieszczenia usługowe, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca	43 ¹
	Pomieszczenie, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych	43 ¹
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających pomiędzy zespołami pomieszczeń biurowych wykorzystywanych przez różnych użytkowników	53
	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających z części biurowej budynku do części o przeznaczeniu mieszkalnym	48

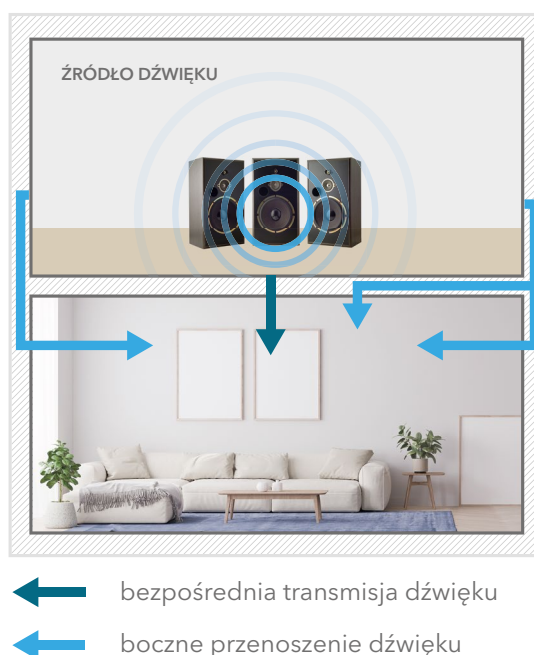
¹ Równocześnie należy spełnić wymagania normy PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczenia ze źródłami hałasu.



Rys. 1. Kierunki wyznaczania transmisji dźwięków uderzeniowych podczas pomiarów akustycznych

Normowe wskaźniki izolacyjności akustycznej stropu od dźwięków powietrznych R_{A1} oraz uderzeniowych $L_{n,w}$ uwzględniają wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na ich wartość liczbową. **Boczne przenoszenie dźwięku** jest formą transmisji energii akustycznej z pomieszczenia ze źródłem dźwięku do innych pomieszczeń budynku wszystkimi drogami, poza bezpośrednią przegrodą dzielącą te wnętrza (rys. 2). Wyniki terenowych pomiarów izolacyjności akustycznej stropu zawierają straty izolacyjności wynikające z bocznej transmisji dźwięku. W przypadku pomiarów prowadzonych w laboratorium, w związku z dylatacją od siebie komór nadawczej i odbiorczej, przenoszenie boczne jest pomijalnie małe. Aby rozróżnić wyniki badań terenowych od laboratoryjnych, te pierwsze w swoim oznaczeniu posiadają określenie „prim”

w nazwie wskaźnika. Wyniki uzyskane podczas badań laboratoryjnych definiują natomiast wskaźniki R_{A1} oraz $L_{n,w}$. Aby na etapie projektowania stropu obliczyć jego rzeczywistą izolacyjność w budynku bazując na kartach produktowych i podanych w nich laboratoryjnych wskaźnikach izolacyjności, konieczna jest znajomość konstrukcji całego budynku, a zwłaszcza rodzaju i wymiarów sąsiadujących z danym stropem przegród budowlanych.



Rys. 2. Wybrane drogi transmisji dźwięku między pomieszczeniami oddzielonymi stropem

Metody ograniczania transmisji dźwięku przez strop



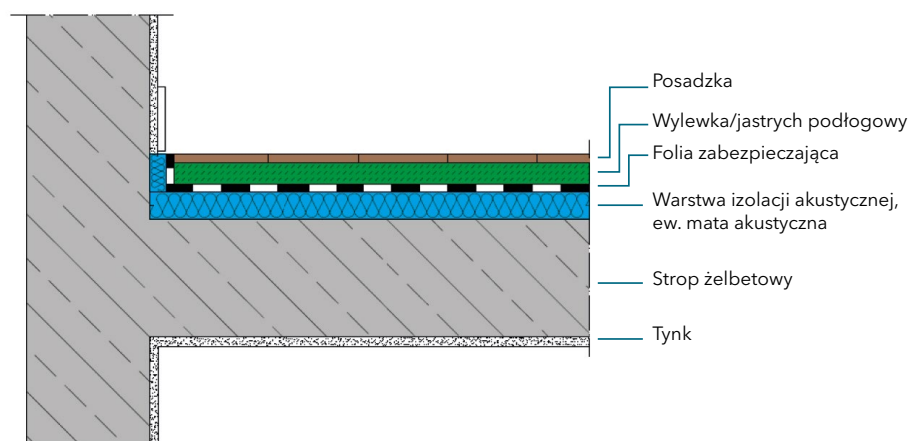
Izolacyjność akustyczna stropu zależy od wielu czynników, zarówno materiałowych, jak i konstrukcyjnych. Jednym z najważniejszych jest **masa powierzchniowa przegrody**. Jej wysoka wartość pozwala zapewnić dobrą izolacyjność akustyczną. Aby zredukować transmisję dźwięków powietrznych do poziomów określonych przez normę PN-B-0251-3:2015-10, konieczne jest stosowanie stropów o masie powierzchniowej nie mniejszej niż 500-600 kg/m², co w przypadku stropów żelbetonowych odpowiada ich grubości około 20-25 cm. Aby natomiast zredukować transmisję dźwięków uderzeniowych, należy na stropach wykonać **podłogę pływającą**. Jest to niezmiernie istotne zwłaszcza w przypadku budynków mieszkalnych, gdzie zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami, „izolacja akustyczna stropów międzymieszkaniowych powinna zapewniać zachowanie przez te stropy właściwości akustycznych (...) bez względu na rodzaj zastosowanej nawierzchni podłogowej”. Główną ideą podłogi pływającej jest **układ masa-sprężyna**. W konsekwencji im bardziej miękka sprężyna, tym lepsze tłumienie hałasu uderzeniowego. Analogiczna zależność występuje w przypadku masy – im jest ona większa, tym lepiej izolowane są dźwięki uderzeniowe. Aby układ podłogi pływającej mógł poprawnie zadziałać, strop międzykon-

dygnacyjny powinien być przynajmniej pięć razy cięższy od podłogi pływającej. Przykładowe poprawne uwarstwienie podłogi pływającej przedstawiono na rys. 3. Fakt, że w pomieszczeniu wykonano podłogę pływającą, nie świadczy jeszcze o dobrej izolacyjności stropu od dźwięków uderzeniowych. Na etapie projektowania i wykonywania podłogi pływającej nierzadko popełniane jest mnóstwo błędów. Jednym z nich jest wybór niewłaściwego materiału na warstwę sprężystą albo brak w projekcie wytycznych materiałowych dla tej warstwy. Równie istotnym zaniedbaniem na etapie projektowania oraz wykonywania podłóg pływających jest brak zabezpieczenia układu przed powstaniem sztywnych mostków akustycznych w kontakcie ze ścianami bocznymi oraz z elementami prowadzonej po stropie instalacji technicznej. Konsekwencją takich działań będzie istotne obniżenie skuteczności tłumienia dźwięków uderzeniowych przez strop.

„Izolacja akustyczna stropów międzymieszkaniowych powinna zapewniać zachowanie przez te stropy właściwości akustycznych (...) bez względu na rodzaj zastosowanej nawierzchni podłogowej”.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury
z dnia 12 kwietnia 2002 roku

Rys. 3. Przekrój przez strop z poprawnie wykonanymi warstwami podłogi pływającej



Jak zaprojektować przegrodę poziomą w budynku w aspekcie izolacji akustycznej?

Jak korzystać z poradnika?

Aby poprawnie dobrać warstwy przegrody pod kątem izolacyjności akustycznej, należy odnaleźć właściwy rodzaj stropu – projektowany lub już istniejący. W poradniku przygotowaliśmy nasze obliczenia akustyczne dla stropów żelbetowych zarówno monolitycznych, jak i prefabrykowanych z elementów wielkowymiarowych jak i elementów drobnowymiarowych. Po odnalezieniu właściwego dla nas rodzaju stropu i sprawdzeniu jego grubości odczytujemy masę powierzchniową elementu konstrukcyjnego, która nas interesuje, na przecięciu linii poziomej dla ciężaru naszego stropu oraz linii pionowej określającej grubość i rodzaj warstwy podposadzkowej oraz rodzaj i grubość jastrychu (w naszym przypadku może to być jastrych cementowy iX CPP20 lub jastrych anhydrytowy Agilia Sols A) odczytujemy poziom izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych R_{A1} . W kolejnej tabeli poświęconej dźwiękom uderzeniowym odczytujemy w taki sam sposób wartości izolacji akustycznej od dźwięków uderzeniowych $L_{n,w}$.

Przykład: Rozważany przykład ma następujące parametry: strop żelbetowy 18 cm, Airium 40 mm, podkład podłogowy anhydrytowy Agilia Sols A 50 mm, izolacyjność akustyczna od dźwięków uderzeniowych 40 $L_{n,w}$ [dB]

Masa powierzchniowa stropów żelbetowych monolitycznych w zależności od grubości stropu

Masa powierzchniowa (kg/m ²)	Strop monolityczny żelbetowy
250	10-12 cm
300	12-14 cm
350	14-16 cm
400	16-18 cm
450	18-20 cm
500	20-22 cm
550	22-24 cm
600	24-26 cm
650	26-29 cm

KROK 1

Projektowany przez nas strop to strop monolityczny żelbetowy o grubości 18 cm – jego masa powierzchniowa wynosi 450 kg/m².

Grubość Airium o gęstości 250 kg/m ³ (mm)	40	40	40
Mata polietylenowa (Goldflex) o grubości (mm)	5	5	5
Grubość wylewki iX lub ASA (mm)	40	50	60

KROK 2

Odnajdujemy projektowane warstwy podłogi. W naszym przypadku zaprojektowaliśmy warstwę podposadzkową AIRIUM o grubości 40 mm oraz posadzkę anhydrytową Agilia Sols A o grubości 50 mm.

Stropy o masie powierzchniowej 250 kg/m ²	58	57	56
Stropy o masie powierzchniowej 300 kg/m ²	55	54	53
Stropy o masie powierzchniowej 350 kg/m ²	53	52	51
Stropy o masie powierzchniowej 400 kg/m ²	51	50	49
Stropy o masie powierzchniowej 450 kg/m ²	49	48	47
Stropy o masie powierzchniowej 500 kg/m ²	47	46	45
Stropy o masie powierzchniowej 550 kg/m ²	46	45	44
Stropy o masie powierzchniowej 600 kg/m ²	45	44	43
Stropy o masie powierzchniowej 650 kg/m ²	44	43	42

KROK 3

Na przecięciu dwóch linii (w naszym przypadku jest to 48 dB) odczytujemy izolacyjność akustyczną od dźwięków uderzeniowych $L_{n,w}$ [dB]. W identyczny sposób sprawdzamy izolacyjność akustyczną od dźwięków powietrznych.

W taki sam sposób jesteśmy w stanie zaprojektować przegrodę – różnica polega na tym, że wychodzimy z wymaganej w naszym przypadku izolacyjności dla przegrody, którą chcemy uzyskać.

***Stropy żelbetowe
monolityczne
i prefabrykowane***



Masę powierzchniową
przyjęto dla betonu
o gęstości 2200-2500 kg/m³.

Masa powierzchniowa (kg/m ²)	Strop monolityczny żelbetowy	Strop prefabrykowany typu HS
250	10-12 cm	14-16 cm
300	12-14 cm	16-19 cm
350	14-16 cm	19-25 cm
400	16-18 cm	25-31 cm
450	18-20 cm	31-36 cm
500	20-22 cm	36-41 cm
550	22-24 cm	41-46 cm
600	24-26 cm	46-51 cm
650	26-29 cm	51-55 cm

Notatki

Masę powierzchniową
przyjęto dla betonu
o gęstości 2200-2500 k

Stropy żelbetowe monolityczne i prefabrykowane

[illegible]

Masa powierzchniowa stropów żelbetowych monolitycznych i prefabrykowanych w zależności od grubości stropu

Masa powierzchniowa (kg/m ²)	Strop monolityczny żelbetowy	Strop prefabrykowany typu HS
250	10-12 cm	14-16 cm
300	12-14 cm	16-19 cm
350	14-16 cm	19-25 cm
400	16-18 cm	25-31 cm
450	18-20 cm	31-36 cm
500	20-22 cm	36-41 cm
550	22-24 cm	41-46 cm
600	24-26 cm	46-51 cm
650	26-29 cm	51-55 cm

Masę powierzchniową
przyjęto dla betonu
o gęstości 2200-2500 kg/m³.

Notatki

Masa powierzchniowa stropów żelbetowych monolitycznych i prefabrykowanych w zależności od grubości stropu

Masa powierzchniowa (kg/m²)	Strop monolityczny żelbetowy	Strop prefabrykowany typu HS
250	10-12 cm	14-16 cm
300	12-14 cm	16-19 cm
350	14-16 cm	19-25 cm
400	16-18 cm	25-31 cm
450	18-20 cm	31-36 cm
500	20-22 cm	36-41 cm
550	22-24 cm	41-46 cm
600	24-26 cm	46-51 cm
650	26-29 cm	51-55 cm

Masę powierzchniową
przyjęto dla betonu
o gęstości 2200-2500 kg/m³.

* Na rynku istnieje wiele rodzajów styropianów o różnych parametrach. Zdecydowaliśmy się odnosić do sztywności dynamicznej styropianu, a nie grubości warstwy podposadzkowej wykonanej ze styropianu EPS.

Notatki



Tab. 16

Stropy żelbetowe monolityczne i prefabrykowane

[illegible]

Mata polietylenowa (Ethafoam) o grubości (mm)	Grubość AIRUM o gęstości 250 kg/m ³ (mm)															
	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Grubość wylewki IX lub ASA (mm)	R _{A1} [dB] stopie z warstwami podłogowymi															
	58	59	60	61	59	60	61	59	60	61	59	60	61	59	60	61
Stropy o masie powierzchniowej 250 kg/m ²	58	59	60	61	59	60	61	59	60	61	59	60	61	59	60	61
Stropy o masie powierzchniowej 300 kg/m ²	58	59	60	61	59	60	61	59	60	61	59	60	61	59	60	61
Stropy o masie powierzchniowej 350 kg/m ²	59	59	60	61	59	60	61	59	60	61	59	60	61	59	60	61
Stropy o masie powierzchniowej 400 kg/m ²	59	60	61	61	60	61	60	61	60	61	62	60	61	62	62	63
Stropy o masie powierzchniowej 450 kg/m ²	60	61	62	62	60	61	62	62	61	62	62	61	62	62	63	64
Stropy o masie powierzchniowej 500 kg/m ²	62	63	63	62	62	63	62	62	63	62	63	62	63	63	64	65
Stropy o masie powierzchniowej 550 kg/m ²	63	63	64	65	63	64	65	63	64	64	65	63	64	65	66	67
Stropy o masie powierzchniowej 600 kg/m ²	64	65	65	66	64	65	65	66	64	65	66	64	65	66	67	68
Stropy o masie powierzchniowej 650 kg/m ²	65	66	66	67	65	66	67	65	66	67	66	66	67	67	68	69

Masa powierzchniowa stropów żelbetowych monolitycznych i prefabrykowanych w zależności od grubości stropu

Masa powierzchniowa (kg/m²)	Strop monolityczny żelbetowy	Strop prefabrykowany typu HS
250	10-12 cm	14-16 cm
300	12-14 cm	16-19 cm
350	14-16 cm	19-25 cm
400	16-18 cm	25-31 cm
450	18-20 cm	31-36 cm
500	20-22 cm	36-41 cm
550	22-24 cm	41-46 cm
600	24-26 cm	46-51 cm
650	26-29 cm	51-55 cm

Masę powierzchnię
przyjęto dla betonu
o gęstości 2200-2500 kg/m³.



Dźwięki
powietrzne R_{A1}

Tab. 17

Stropy żelbetowe monolityczne i prefabrykowane

Grubość ARIUM o gęstości 250 kg/m ³ (mm)	40	40	40	40	40	40	60	60	60	60	60	80	80	80	80	100	100	100	100
Szywność dynamiczna styropianu* (MN/m ²)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Grubość wylewki IX lub ASA (mm)	40	50	60	70	40	50	60	60	60	50	40	50	60	70	40	50	60	70	70
R_{A1} [dB] stropu z warstwami podłogowymi																			
Stropy o masie powierzchniowej 250 kg/m ²	65	66	67	68	65	66	67	67	66	66	66	67	67	67	66	66	67	68	68
Stropy o masie powierzchniowej 300 kg/m ²	65	66	67	68	65	66	67	67	66	66	66	67	67	67	66	66	67	68	68
Stropy o masie powierzchniowej 350 kg/m ²	65	66	67	68	65	66	67	67	66	66	66	67	67	67	66	65	66	67	68
Stropy o masie powierzchniowej 400 kg/m ²	64	66	67	68	65	66	67	67	66	66	66	67	67	67	66	65	66	68	68
Stropy o masie powierzchniowej 450 kg/m ²	65	66	68	68	65	66	68	68	66	67	66	67	68	67	66	66	67	68	69
Stropy o masie powierzchniowej 500 kg/m ²	66	68	69	70	67	68	69	70	68	69	68	69	70	69	67	67	68	69	70
Stropy o masie powierzchniowej 550 kg/m ²	68	69	70	71	68	69	70	71	68	69	69	70	71	70	68	69	70	71	72
Stropy o masie powierzchniowej 600 kg/m ²	69	70	72	72	69	71	72	72	69	71	70	71	72	72	70	70	71	72	73
Stropy o masie powierzchniowej 650 kg/m ²	70	72	73	74	70	72	73	74	70	72	71	72	73	74	71	72	73	74	74

* Na rynku istnieje wiele rodzajów styropianów o różnych parametrach. Zdecydowaliśmy się odnosić do sztywności dynamicznej styropianu, a nie grubości warstwy podposadzkowej wykonanej ze styropianu EPS.

Masa powierzchniowa stropów żelbetowych monolitycznych i prefabrykowanych w zależności od grubości stropu

Masa powierzchniowa (kg/m ²)	Strop monolityczny żelbetowy	Strop prefabrykowany typu HS
250	10-12 cm	14-16 cm
300	12-14 cm	16-19 cm
350	14-16 cm	19-25 cm
400	16-18 cm	25-31 cm
450	18-20 cm	31-36 cm
500	20-22 cm	36-41 cm
550	22-24 cm	41-46 cm
600	24-26 cm	46-51 cm
650	26-29 cm	51-55 cm

Masę powierzchniową
przyjęto dla betonu
o gęstości 2200-2500 kg/m³.

Notatki

Stropy gęstożebrowe

Stropy gęstożebrowe zbudowane są z warstwy pustaków ułożonych na belkach stropowych. Na wierzchu pustaków układa się 3–8-centymetrową warstwę nadbetonu oraz niewielką ilość w żebrach powstających po zabetonowaniu przestrzeni między rzędami pustaków. Taka konstrukcja stropu jest dość lekka, a niewypełnione pustki w pustakach działają jak pudła rezonansowe. W konsekwencji strop gęstożebrowy bardzo dobrze przenosi dźwięki uderzeniowe oraz powietrzne i niemal zawsze wymaga dodatkowej izolacji akustycznej. W przypadku stropów najlżejszych może się okazać, że wierzchnie warstwy wykończeniowe będą niewystarczające w kontekście zapewnienia wymaganych parametrów akustycznych stropu i konieczne będzie wykonanie dodatkowych zabezpieczeń, np. sufitów podwieszanych.

Tab. 18
Stropy gęstożebrowe

Grubość AIRUM o gęstości 250 kg/m³ (mm)		Mata polietylenowa (Ethafoam) o grubości (mm)																			
		40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
Grubość wylewki IX lub ASA (mm)																					
Δ Lw [dB]																					
Warstwy podłogowe na stropie 250 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm																					
Warstwy podłogowe na stropie 300 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm																					
Warstwy podłogowe na stropie 350 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm																					
L _{n,w} [dB]																					
Strop 250 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi																					
Strop 300 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi																					
Strop 350 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi																					

Masa powierzchniowa (kg/m ²)	Grubość (cm)
250	20
250	25
250	30
300	20
300	25
300	30
350	20
350	25
350	30



Tab. 19

Stropy gęstożebrowe

Grubość AIRIUM o gęstości 250 kg/m³ (mm)		40	40	40	40	40	60	60	60	60	60	80	80	80	80	80	100	100	100
Sztywność dynamiczna styropianu* (MN/m³)		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Grubość wylewki IX lub ASA (mm)		40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	70
Δ Lw [dB]																			
Warstwy podłogowe na stropie 250 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm		31	32	33	33	31	32	33	33	33	33	31	32	33	34	31	32	33	34
Warstwy podłogowe na stropie 300 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm		31	32	33	34	31	32	33	34	34	34	32	33	34	34	32	33	34	34
Warstwy podłogowe na stropie 350 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm		31	33	34	34	32	33	34	35	35	35	32	33	34	35	32	33	34	35
L_{n,w} [dB]																			
Strop 250 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi		49	48	47	47	49	48	47	47	47	47	49	48	47	46	49	48	47	46
Strop 300 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi		46	45	44	43	46	45	44	44	43	43	45	44	43	43	45	44	43	43
Strop 350 kg/m³, grubość 20, 25, 30 cm z warstwami podłogowymi		44	42	41	41	43	42	41	40	40	42	43	42	41	40	43	42	41	40

* Na rynku istnieje wiele rodzajów styropianów o różnych parametrach. Zdecydowaliśmy się odnosić do sztywności dynamicznej styropianu, a nie grubości warstwy podposadzkowej wykonanej ze styropianu EPS.

Masa powierzchniowa stropów gęstożebrowych w zależności od grubości stropu

Masa powierzchniowa (kg/m ²)	Grubość (cm)
250	20
250	25
250	30
300	20
300	25
300	30
350	20
350	25
350	30

Notatki

Stropy gęstożebrowe

Grubość AIRUM o gęstości 250 kg/m³ (mm) Mata polietylenowa (Goldflex) o grubości (mm)		R _{A,1} [dB]																			
		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Grubość wylewki IX lub ASA (mm)		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
Strop 250 kg/m³, grubość 20 cm z warstwami podlogowymi		46	46	47	46	46	47	46	46	47	46	46	47	46	46	47	48	47	47	48	47
Strop 250 kg/m³, grubość 25 cm z warstwami podlogowymi		45	45	46	45	45	46	45	46	45	46	45	46	46	47	47	46	46	47	46	47
Strop 250 kg/m³, grubość 30 cm z warstwami podlogowymi		44	44	44	44	44	44	44	45	44	44	45	44	45	45	46	45	46	45	46	46
Strop 300 kg/m³, grubość 20 cm z warstwami podlogowymi		50	50	51	50	50	51	50	50	51	50	51	50	51	51	52	53	51	52	52	53
Strop 300 kg/m³, grubość 25 cm z warstwami podlogowymi		49	49	50	49	49	50	49	50	49	50	49	50	50	50	51	51	52	50	51	52
Strop 300 kg/m³, grubość 30 cm z warstwami podlogowymi		48	48	49	48	48	49	48	49	48	49	48	49	49	49	50	51	49	50	51	51
Strop 350 kg/m³, grubość 20 cm z warstwami podlogowymi		53	53	54	53	54	54	53	54	54	53	54	54	54	55	56	54	55	56	54	56
Strop 350 kg/m³, grubość 25 cm z warstwami podlogowymi		52	52	53	52	53	53	52	53	53	52	53	53	53	54	55	53	54	55	54	55
Strop 350 kg/m³, grubość 30 cm z warstwami podlogowymi		51	51	52	51	52	52	51	52	52	52	51	52	52	53	54	52	53	54	52	54

[illegible]

Masa powierzchniowa (kg/m ²)	Grubość (cm)
250	20
250	25
250	30
300	20
300	25
300	30
350	20
350	25
350	30

Notatki

[illegible]



Tab. 21

Stropy gęstożebrowe

Grubość AIRUM o gęstości 250 kg/m³ (mm)	40	40	40	40	40	60	60	60	60	80	80	80	80	100	100	100	100
	Szybywność dynamiczna styropianu* (MN/m²)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Grubość wylewki iX lub ASA (mm)	40	50	60	70	40	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
R _{k,1} [dB]																	
Strop 250 kg/m³, grubość 20 cm z warstwami podlogowymi	50	51	52	53	51	52	52	53	53	51	52	53	53	51	52	53	53
Strop 250 kg/m³, grubość 25 cm z warstwami podlogowymi	49	50	51	52	50	51	51	52	52	50	51	52	52	50	51	52	52
Strop 250 kg/m³, grubość 30 cm z warstwami podlogowymi	48	49	50	51	49	50	50	51	51	49	50	51	51	49	50	51	51
Strop 300 kg/m³, grubość 20 cm z warstwami podlogowymi	55	56	57	58	55	56	57	58	58	55	56	57	58	56	57	58	58
Strop 300 kg/m³, grubość 25 cm z warstwami podlogowymi	54	55	56	57	54	55	56	57	57	54	55	56	57	55	56	57	57
Strop 300 kg/m³, grubość 30 cm z warstwami podlogowymi	53	54	55	56	53	54	55	56	56	53	54	55	56	54	55	56	56
Strop 350 kg/m³, grubość 20 cm z warstwami podlogowymi	58	59	60	61	58	59	60	61	61	59	60	61	62	59	60	61	62
Strop 350 kg/m³, grubość 25 cm z warstwami podlogowymi	57	58	59	60	57	59	60	60	60	58	59	60	61	58	59	60	61
Strop 350 kg/m³, grubość 30 cm z warstwami podlogowymi	56	57	58	59	56	58	59	59	59	57	58	59	60	57	58	59	60

Masa powierzchniowa stropów gęstożebrowych w zależności od grubości stropu

Masa powierzchniowa (kg/m²)	Grubość (cm)
250	20
250	25
250	30
300	20
300	25
300	30
350	20
350	25
350	30

Notatki

Stropy drewniane

Ze względu na niewielką masę powierzchniową oraz brak jednorodności pokrycia całej powierzchni, stropy drewniane charakteryzują się niskimi właściwościami dźwiękoizolacyjnymi, zarówno w kontekście ich izolacyjności od dźwięków powietrznych, jak i uderzeniowych. Dodatkowy dyskomfort akustyczny występujący podczas użytkowania tego typu stropów to skrzypienie samej konstrukcji stropowej. Aby zapewnić spełnienie wymagań normowych dotyczących parametrów akustycznych stropów drewnianych, oprócz pływających warstw podłogowych stosuje się wibroizolacyjne przekładki pomiędzy podłogą a legarami oraz dźwiękoizolacyjne sufity podwieszane, montowane na niezależnej podkonstrukcji, przytwierdzone do stropu za pomocą wieszaków akustycznych.

Stropy ceramiczne

Stropy ceramiczne mają bardzo dużo odmian, zarówno w kontekście stosowanych materiałów, jak i technologii wykonania. W związku z powyższym nie sposób uogólnić obliczeń ich izolacyjności akustycznej tylko do jednego wariantu. W celu oszacowania izolacyjności akustycznej stropów ceramicznych wykonanych z elementów drobnowymiarowych proponujemy skorzystać z tabeli zamieszczonej w części „Stropy gęstożebrowe”, stosując obliczenia dla stropu o analogicznej masie powierzchniowej. Dokładne obliczenia dla konkretnego typu stropu, a w szczególności płyt stropowych podlegających renowacji (najczęściej dotyczy to stropów Kleina), gdzie wymianie lub naprawie ulegają poszczególne warstwy podłogi oraz wypełnienie stropu, powinien przeprowadzić wykwalifikowany akustyk na bazie faktycznego stanu.

DANE WEJŚCIOWE

1 WYMAGANIA PRAWNE DOTYCZĄCE IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

- a) Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane, art. 5.1. Dz.U. z 2013, poz. 1409
- b) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
- c) PN-B-02151-3:2015-10 - „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych”

2 PODSTAWA OBLICZEŃ

- [A] PN-EN ISO 12354-1:2017-10 - „Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami”
- [B] PN-EN ISO 12354-2:2017-10 - „Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami”
- [C] PN-EN ISO 717-1:2021-06 - „Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków powietrznych”
- [D] PN-EN ISO 717-2:2021-06 - „Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych”
- [E] Poradnik ITB nr 406/2005 - „Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku według PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002”
- [F] Poradnik ITB nr 448/2009 - „Właściwości dźwiękoizolacyjne ścian, dachów, okien i drzwi oraz nawiewników powietrza zewnętrznego”
- [G] Hassan OAB: Building Acoustics and Vibration. Theory and Practice. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2009
- [H] Fahy F, Gardonio P: Sound and Structural Vibration, Elsevier, 2007
- [I] PN-EN 15037-1:2011 - „Prefabrykaty z betonu - Belkovo-pustakowe systemy stropowe. Część 1: Belki”

3 ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ

1.1. Stropy żelbetowe monolityczne i prefabrykowane

Zakładana gęstość betonu w stropie monolitycznym w granicach 2200-2500 kg/m³. Wyniki można przenieść na stropy prefabrykowane kanałowe i sprężone o analogicznych masach powierzchniowych (maksymalne rozbieżności rzędu 1-2 dB).

1.2. Stropy gęstożebrowe

Obliczenia przybliżone, ze względu na fakt, że indywidualny kształt pustki w pustakach istotnie wpływa na częstotliwość rezonansową układu, a co za tym idzie - na charakterystykę izolacyjności akustycznej. Ta natomiast ma wpływ na przyrost izolacyjności akustycznej stropu.

- Sztywność dynamiczna: mata polietylenowa (Goldflex) 5 mm (85 MN/m³), mata polietylenowa (Goldflex) 2 × 5 mm (60 MN/m³), mata polietylenowa (Ethaflex) 5 mm (70 MN/m³), mata polietylenowa (Ethaflex) 2 × 5 mm (45 MN/m³), styropian akustyczny (20 MN/m³)
- Dane materiałowe AIRIUM (gęstość, sztywność dynamiczna) i wylewek ASA i iX (gęstość) według kart katalogowych

[illegible]

Notatki

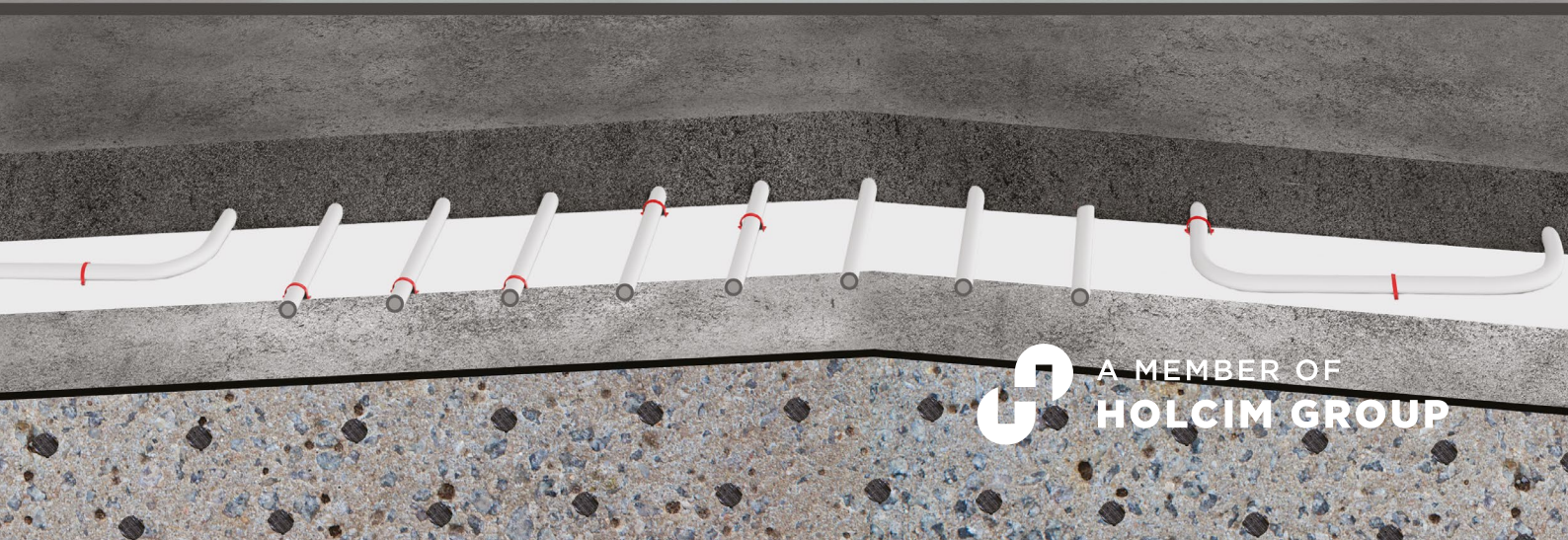
[illegible]

System podkładów podłogowych

AIRIUM™
Nowy wymiar izolacji

Agilia
SOLS A

iX
DO POSADZEK
CPP20



A MEMBER OF
HOLCIM GROUP