



AKUSTYKA BUDOWLANA I ŚRODOWISKOWA

dr inż. Leszek DULAK ul. Wadowicka 13/38, 43-300 Bielsko-Biała

BRE BANK S.A. – WBE/ Łódź, Nr rachunku: 13 1140 2004 0000 3202 4241 9715

NIP: 547-182-16-09

tel. kom.: (+48) 509 74 88 78

email: dulakl@o2.pl

Określenie na podstawie obliczeń
izolacyjności akustycznej od dźwięków
powietrznych i uderzeniowych
stropu zespolonego żebrowego **KONBET S-PANEL**
produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K.

*Wymagania i prognoza izolacyjności akustycznej na podstawie obliczeń dla stropów **KONBET S-PANEL***

Zamawiający:

KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K

ul. św. Wincentego 11

61-003 Poznań

Wykonawca:

AKUBUD

Akustyka budowlana i środowiskowa

ul. Wadowicka 13/38

43-300 Bielsko-Biała

dr inż. Leszek Dulak

Dulak
akustyk budowlany

AKUBUD

akustyka budowlana i środowiskowa

43-300 Bielsko-Biała, ul. Wadowicka 13/38

NIP 547-182-16-09 tel. 509 748 878

Bielsko-Biała – czerwiec 2020



SPIS TREŚCI

1. Podstawa formalna i merytoryczna opracowania.....	4
2. Przedmiot opracowania	4
3. Cel i zakres opracowania	4
4. Wymagania ustawowe dotyczące izolacyjności akustycznej	4
5. Wymagana izolacyjność akustyczna wg PN-B-02151-3:2015-10 [10].....	6
6. Izolacyjność akustyczna w kontekście wymagań.....	9
6.1. Prognoza izolacyjności od dźwięków powietrznych	12
6.2. Prognoza izolacyjności od dźwięków uderzeniowych	12
7. Metodyka wykonanych obliczeń	13
7.1. Obliczenia ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej R_w oraz widmowych wskaźników adaptacyjnych C i C_{tr} wg instrukcji [29].	14
7.2. Obliczenia równoważnego ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego dla stropu bez dodatkowych warstw $L_{n,w,eq}$ wg PN-EN 12354-2:2002 [15].....	14
8. Charakterystyka stropów produkcji KONBET POZNAŃ i wyniki obliczeń izolacyjności akustycznej	14
9. Porównanie wyników obliczeń z wymaganiami zawartymi w PN-B-02151-3:2015-10 [10]	17
10. Wnioski	21
LITERATURA	22

1. Podstawa formalna i merytoryczna opracowania

Podstawę formalną opracowania p.t. „Izolacyjność od dźwięków powietrznych i dźwięków uderzeniowych stropów z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K.” stanowiła akceptacja oferty nr AK-OF/083/2020 złożonej przez firmę AKUBUD Akustyka Budowlana i Środowiskowa z siedzibą w Bielsku-Białej ul. Wadowicka 13/38. Akceptacja słowna oferty przekazana została w rozmowie telefonicznej w dniu 27.05.2020 r. przez Prezesa Zarządu KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K.

Podstawę merytoryczną stanowiły ustawy, rozporządzenia, normy oraz literatura fachowa w zakresie realizowanym w niniejszym opracowaniu jak również informacje techniczne i rysunki udostępnione przez Zleceniodawcę.

2. Przedmiot opracowania

Przedmiot opracowania stanowiły stropy z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K.:

- KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/180;
- KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/200;
- KONBET S-PANEL z pianobetonem 160/200;
- KONBET S-PANEL z pianobetonem 160/220;
- KONBET S-PANEL bez pianobetonu 140/180;
- KONBET S-PANEL bez pianobetonu 140/200;
- KONBET S-PANEL bez pianobetonu 160/200;
- KONBET S-PANEL bez pianobetonu 160/220.

3. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania było określenie na podstawie obliczeń wskaźników dotyczących izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych stropów produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. oraz przedstawienie wymagań krajowych w zakresie izolacyjności akustycznej dotyczących w/w stropów.

Zakres opracowania:

- Wstęp teoretyczny dotyczący wymagań w zakresie izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych stropów.
- Obliczenie ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej R_w oraz przyjęcie widmowych wskaźników adaptacyjnych C i C_{tr} wg instrukcji ITB 369/2002 [29].
- Określenie wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1}$, $R_{A,2}$ wg PN-EN ISO 717-1:2013 [12].
- Obliczenia równoważnego ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego dla stropu bez dodatkowych warstw $L_{n,w,eq}$ wg PN-EN 12354-2:2002 [15].

4. Wymagania ustawowe dotyczące izolacyjności akustycznej

Ustawa Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. Dz. U. Nr 49, poz. 414 [1] wraz z późniejszymi zmianami, w artykule 5.1. stanowi, że „*Obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany*

okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając spełnienie podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych określonych w załączniku I do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. [6] ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającego dyrektywę Rady 89/106/EEG (Dz. Urz. UE L 88 z 04.04.2011, str. 5, ze zm.), dotyczących:

- a) nośności i stateczności konstrukcji,
- b) bezpieczeństwa pożarowego,
- c) higieny, zdrowia i środowiska,
- d) bezpieczeństwa użytkowania i dostępności obiektów,
- e) ochrony przed hałasem,**
- f) oszczędności energii i izolacyjności cieplnej,
- g) zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych.”

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie Dz. U. 2002, nr 75, poz. 690 [3], wraz z rozporządzeniami zmieniającymi, w dziale IX poświęconym ochronie przed hałasem i drganiami w §323 stwierdza się co następuje; „budynki i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby poziom hałasu, na który będą narażeni użytkownicy lub ludzie znajdujący się w ich sąsiedztwie, nie stanowił zagrożenia dla ich zdrowia, a także umożliwiał im pracę, odpoczynek i sen w zadowalających warunkach”. Zgodnie z paragrafem §323 rozporządzenia pomieszczenia w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy chronić przed hałasem:

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

To samo rozporządzenie [3] w dalszej części, a mianowicie w §326 ustęp 2, określa dla jakich elementów i przegród w budynku należy stosować wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej:

- 1) ścian zewnętrznych, stropodachów, ścian wewnętrznych, okien w przegrodach zewnętrznych i wewnętrznych oraz drzwi w przegrodach wewnętrznych — od dźwięków powietrznych,
- 2) stropów i połóg — od dźwięków powietrznych i uderzeniowych,**
- 3) podestów i biegów klatek schodowych w obrębie lokali mieszkalnych — od dźwięków uderzeniowych.

Dodatkowo zgodnie z zapisami rozporządzenia w budynku mieszkalnym wielorodzinnym izolacja akustyczna stropów międzymieszkaniowych powinna zapewniać zachowanie przez te stropy właściwości akustycznych, o których mowa w ust. 2 pkt 2, bez względu na rodzaj zastosowanej nawierzchni podłogowej. W praktyce zapis ten determinuje konieczność stosowania podłóg pływających.

Załącznik 1 rozporządzenia [3] zawiera wykaz polskich norm powołanych w zakresie ochrony przed hałasem i drganiami. Normy te i wymagania w nich zawarte z racji zacytowania w rozporządzeniu należy traktować jako nieodzowne w celu spełnienia wymagań ustawowych:

- PN-B-02170:2016-12 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez
- podłogi na budynki [7].
- PN-B-02171:2017-06 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach [9].
- PN-B-02151-02:1987 Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach - Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach [8].

- 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 [10].

5. Wymagana izolacyjność akustyczna wg PN-B-02151-3:2015-10 [10]

W tablicy 1 przedstawiono, zaczerpnięte z normy [10] najistotniejsze z punktu widzenia tematyki opracowania nazwy i symbole związane z wymaganiami w zakresie izolacyjności akustycznej. Należy zwrócić uwagę, że w przypadku stropów w obrębie mieszkania wymagania dotyczą wartości projektowego wskaźnika oceny ($R_{A,1,R}$, $L_{n,w,R}$) w przeciwieństwie do pozostałych przegród dla których należy określić wartość wskaźnika oceny przybliżonej ($R'_{A,1}$, $R'_{A,2}$, $D_{nT,A1}$, $D_{nT,A2}$, $L'_{n,w}$) a więc wartość uwzględniającą przenoszenie pośrednie dźwięku. Nieprzekroczenie wartości granicznych wskaźników (kolumna 4, tablica 1) podanych w normie oznacza spełnienie wymagań w zakresie izolacyjności akustycznej.

Tablica 1. Wskaźniki charakteryzujące izolacyjność akustyczną stropów w budynku, w dB [10].

Lp.	Przegroda	Rodzaj dźwięków zakłócających	Wskaźnik izolacyjności akustycznej przegrody w budynku		Wskaźnik izolacyjności akustycznej elementów budowlanych przeznaczonych do zastosowania w budynku jako przegroda	
			nazwa i symbol	Metoda obliczania wskaźnika	nazwa i symbol	Metoda obliczania wskaźnika
1	2	3	4	5	6	7
3	strop między pomieszczeniami z wyjątkiem stropów w obrębie mieszkania oraz podesty schodowe	powietrzne	wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,1}$, wskaźnik oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A1}$ ^{a)}	PN-EN ISO 717-1 PN-EN ISO 717-1	wskaźnik ważony izolacyjności od dźwięków powietrznych i widmowe wskaźniki adaptacyjne $R_w(C i C_{tr})$ lub wskaźnik oceny izolacyjności od dźwięków powietrznych $R_{A,1}$	PN-EN ISO 717-1 PN-EN ISO 717-1
		uderzeniowe	wskaźnik ważony przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$	PN-EN ISO 717-2	wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w}$	PN-EN ISO 717-2
4	stropy w obrębie mieszkania	powietrzne	projektowy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej $R_{A,1,R}$	PN-EN ISO 717-1	wskaźnik ważony izolacyjności od dźwięków powietrznych i widmowe wskaźniki adaptacyjne $R_w(C i C_{tr})$ lub wskaźnik oceny izolacyjności od dźwięków powietrznych $R_{A,1}$	PN-EN ISO 717-1 PN-EN ISO 717-1
		uderzeniowe	projektowy wskaźnik poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w,R}$	PN-EN ISO 717-2	wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w}$	PN-EN ISO 717-2

^{a)} Wskaźnik oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A1}$ należy stosować, gdy powierzchnia przegrody S, wspólna w obu przyległych pomieszczeniach, jest mniejsza od 10 m².

^{b)} Daną konstrukcję lub element przegrody należy oceniać łącznie z przegrodą, z którą jest powiązana.

^{c)} Jeżeli hałas zewnętrzny pochodzi od źródła, dla którego przyjmuje się widmowy wskaźnik adaptacyjny C, to zgodnie z PN-EN ISO 717-1, zamiast wskaźnika oceny uwzględniającego widmowy wskaźnik adaptacyjny C_{tr} należy stosować wskaźnik oceny uwzględniający widmowy wskaźnik adaptacyjny C.

Poniżej w tablicy 2 podano wymagania dotyczące minimalnych wartości wskaźników izolacyjności od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynkach mieszkalnych, w tablicy 3 podano z kolei dla tych samych budynków maksymalne wartości wskaźnika ważonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego.

Tablica 2. Izolacyjność od dźwięków powietrznych stropów w budynkach mieszkalnych [10].

Lp.	Rodzaj przegrody	Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika, dB
1	2	3	4
I	Budynki wielorodzinne		
I.1	Strop między mieszkaniami	$R'_{A,I}{}^{a)}$	$\geq 51^{b)}$
I.4	Strop między mieszkaniem a garażem, pomieszczeniem technicznym, handlowym, usługowym, pomieszczeniem klubu, kawiarni, restauracji, w których nie jest prowadzona działalność rozrywkowa z udziałem muzyki i/lub tańca	$R'_{A,I}{}^{a)}$	$\geq 58^{c)}$
I.5	Strop między mieszkaniem a: - salą klubową kawiarnianą, restauracyjną, w których prowadzona jest działalność z udziałem muzyki i/lub tańca - pomieszczeniem, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci zarówno dźwięków powietrznych i materiałowych ^{d)} ^{e)}	$R'_{A,I}$	$\geq 65^{c)}$
I.6	W budynku wielofunkcyjnym - strop oddzielający część mieszkalną od części biurowej	$R'_{A,I}$	$\geq 58^{c)}$
I.7	Przegrody wewnętrzne w obrębie mieszkania		
I.7.3	- strop w mieszkaniu wielopoziomowym (dwupoziomowym)	$R_{A,I,R}$	≥ 45
II	Budynki jednorodzinne		
II.2	Stropy wewnętrzne w obrębie budynku, bez względu na rodzaj zabudowy	$R_{A,I,R}$	jak w I.7.3
^{a)} Dotyczy wskaźnika wspólnej powierzchni przegrody dzielącej pomieszczenia; jeżeli wspólna powierzchnia przegrody S jest mniejsza niż 10 m^2 , wymaganie dotyczy wskaźnika oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A,I}$ ^{b)} Stropy między pomieszczeniami sanitarnymi mogą mieć wartość $R'_{A,I}$ mniejszą o 2 dB. ^{c)} Równocześnie należy spełnić wymaganie wg PN-B-02151-2 dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu ^{d)} Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp. ^{e)} Nie zaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń w budynkach mieszkalnych.			

Tablica 3. Dopuszczalny poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach mieszkalnych (izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropów) [10].

Lp.	Rodzaj przegrody	Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika, dB
1	2	3	4
I	Budynki wielorodzinne		
I.1	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między mieszkaniami ^{a) b) c)}	$L'_{n,w}$	≤ 55
I.2	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do mieszkania z pomieszczeń komunikacji ogólnej: korytarzy, holi, podestów ^{c)}	$L'_{n,w}$	≤ 55
I.3	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do mieszkania z garażu, z pomieszczenia technicznego budynku, pomieszczenia handlowego, usługowego ^{d)} , z sali klubowej kawiarnianej, restauracyjnej, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca ^{c)}	$L'_{n,w}$	$\leq 48^{e)}$
I.4	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do mieszkania: - z sali klubowej, kawiarnianej, restauracyjnej, w których prowadzona jest działalność z udziałem muzyki i/lub tańca, - z pomieszczenia, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych ^{c) f) g)}	$L'_{n,w}$	$\leq 38^{e)}$
I.5	Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropu w obrębie mieszkania	$L_{n,w,R}$	≤ 58
II	Budynki jednorodzinne		
1	2	3	4
II.1	Poziom dźwięków uderzeniowych przenikających między budynkami przy zabudowie bliźniaczej lub szeregowej (do pomieszczeń mieszkalnych jednego budynku z przyległego budynku: ze stropów, wewnętrznych klatek schodowych, z podestów, biegów schodowych, z pomieszczeń technicznych itp.)	L'_{nw}	≤ 53
II.2	Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropu (wraz z podłogą) w obrębie budynku jednorodzinnego wielopokojowego.	$L_{n,w,R}$	≤ 58
^{a)} Dopuszczalny ważony wskaźnik przybliżonego znormalizowanego poziomu uderzeniowego, $L'_{n,w}$ odnosi się do wszystkich pomieszczeń mieszkania z wyjątkiem pomieszczeń sanitarnych. W pomieszczeniach sanitarnych wskaźnik ten może być o 2 dB większy. ^{b)} W przypadku stropów w pomieszczeniach sanitarnych wymagane przenoszenia dźwięku uderzeniowego do pokoju „obcego mieszkania”. ^{c)} Wymaganie dotyczy wszystkich kierunków rozprzestrzeniania dźwięku w budynkach. W przypadku mieszkań wielopokojowych dotyczy także przenoszenia dźwięków z wewnętrznych stropów i wewnętrznych klatek schodowych. ^{d)} Jeżeli w pomieszczeniu usługowym prowadzone są takie czynności jak: przetaczanie wózków, rzucanie ciężkimi przedmiotami, uderzenia w twarde podłoże, to należy przyjąć wymagania wg I.4. ^{e)} Równocześnie należy spełnić wymaganie wg PN-B-02151-2 dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu. ^{f)} Na przykład kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp. ^{g)} Nie zaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń w budynkach mieszkalnych.			

W analogiczny sposób jak w tablicy 2 i 3 w normie przedstawiono wymagania dotyczące dźwiękoizolacyjności przegród wewnętrznych w budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Zestawienie budynków niemieszkalnych dla których ustanowiono wymagania przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4. Rodzaje grup budynków niemieszkalnych dla których ustanowiono wymagania dotyczące dźwiękoizolacyjności w normie [10].

Lp	Rodzaj budynku
1	2
I	Hotele
II	Budynki zakwaterowania turystycznego (hotele turystyczne, pensjonaty, domy wypoczynkowe)
III	Budynki zbiorowego zamieszkania (domy studenckie, internaty i bursy szkolne, hotele robotnicze, domy dziecka, domy opieki społecznej)
IV	Żłobki i budynki szkolnictwa przedszkolnego
V	Szkoły podstawowe i ponadpodstawowe
VI	Budynki szkół wyższych i placówek badawczych
VII	Budynki szpitalne i zakładów opieki medycznej
VIII	Budynki biurowe
IX	Budynki sądów i prokuratur

6. Izolacyjność akustyczna w kontekście wymagań

Ze względu na sposób powstawania i rozprzestrzeniania się dźwięki można podzielić jak przedstawiono poniżej:

- dźwięki powietrzne – powstają i rozprzestrzeniają się w powietrzu,
- dźwięki materiałowe – rozprzestrzeniają się w ośrodku stałym w wyniku oddziaływania na ten ośrodek dźwięków powietrznych lub drgań mechanicznych
- dźwięki uderzeniowe – są specyficzną formą dźwięków materiałowych, powstających w wyniku pobudzania do drgań stropu podczas jego użytkowania.

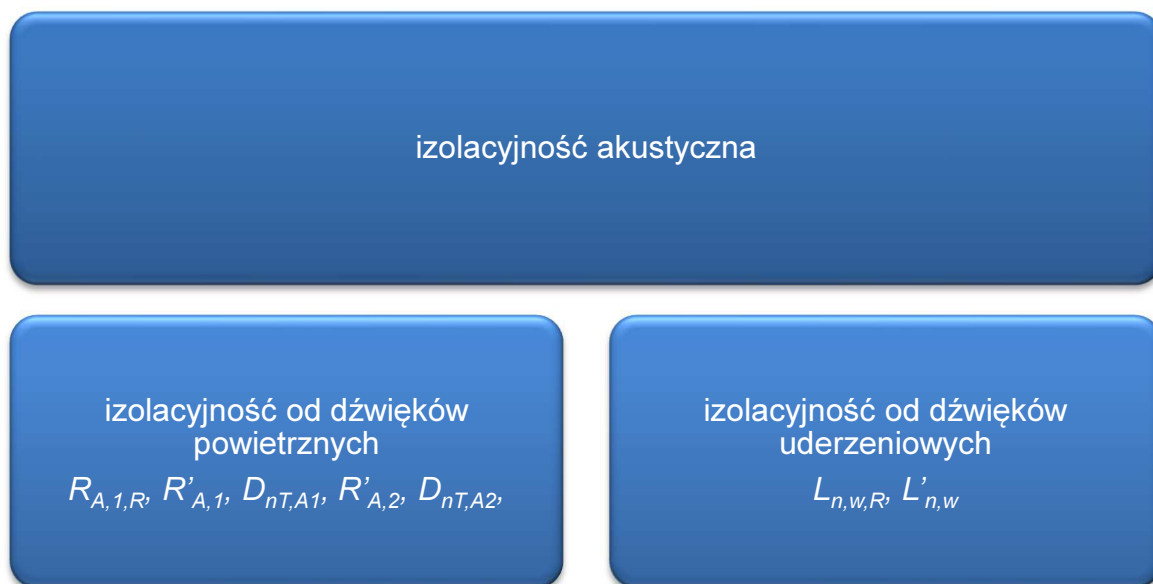


Rys. 1. Schematyczne przedstawienie podziału stosowanego przy analizie dźwięków występujących w budynku.

Analogicznie do tego podziału wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej możemy podzielić na dwie grupy [10]:

- izolacyjność od dźwięków powietrznych - odporność przegrody na przenoszenie dźwięków powietrznych, którą możemy wyrazić za pomocą wskaźników $R_{A,1,R}$, $R'_{A,1}$, $D_{nT,A1}$, $R'_{A,2}$, $D_{nT,A2}$,

- izolacyjność od dźwięków uderzeniowych - odporność przegrody na przenoszenie dźwięków uderzeniowych, którą możemy wyrazić za pomocą wskaźnika $L_{n,w,R}$, $L'_{n,w}$.

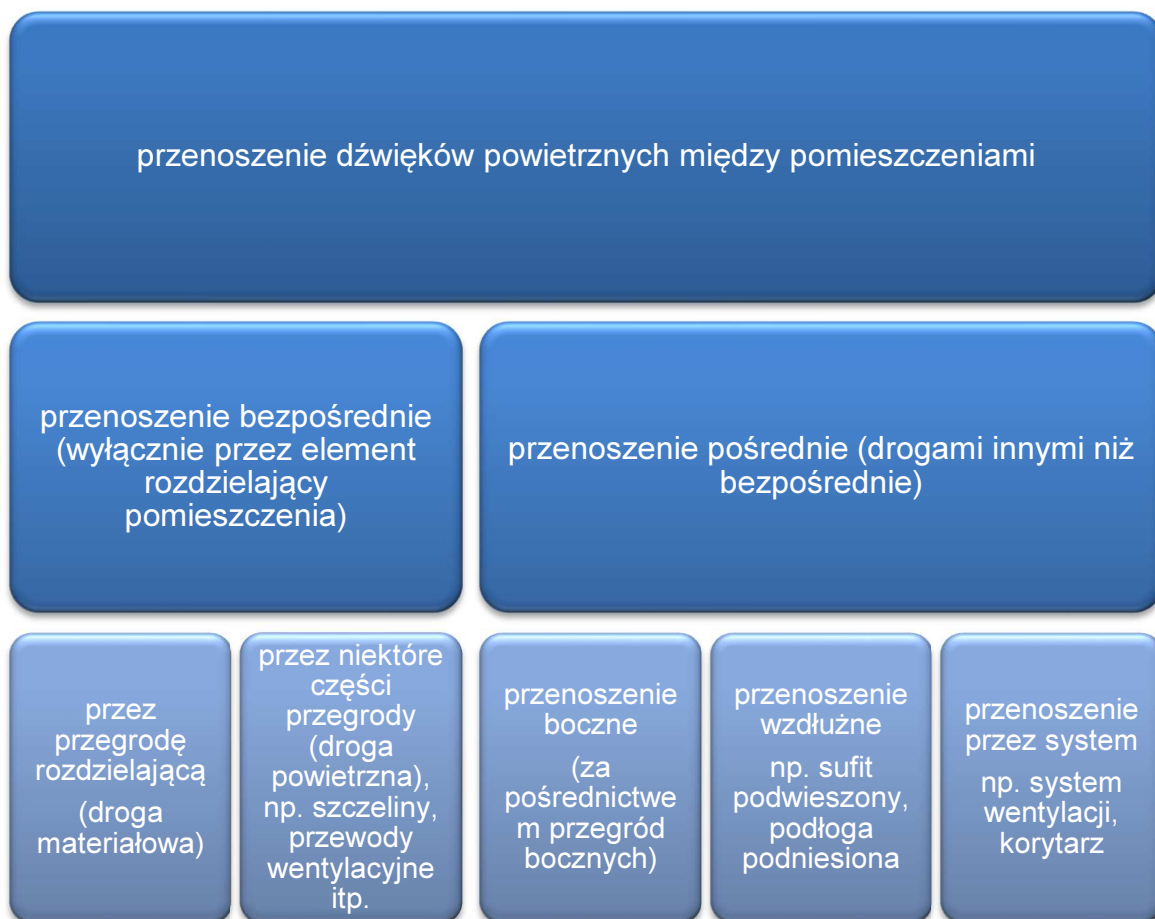


Rys. 2. Schematyczne przedstawienie podziału stosowanego przy analizie izolacyjności akustycznej przegród w budynku z punktu widzenia wymagań normowych [10].

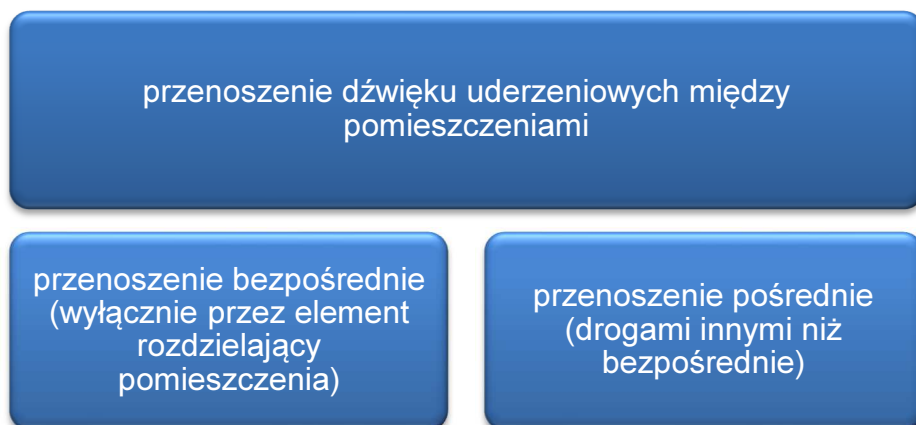
Parametry dźwiękoizolacyjne stropów wyznaczone w laboratorium dotyczą sytuacji w której jedyną drogą przenoszenia dźwięku jest droga bezpośrednia (przez przegrodę rozdzielającą pomieszczenia): $R_{A,1}$, $R_{A,2}$, $L_{n,w}$.

W praktyce, w budynkach oprócz drogi bezpośredniej występują drogi pośrednie przenoszenia dźwięku. W takim przypadku mówimy o izolacyjności akustycznej przybliżonej: $R'_{A,1}$, $D_{nT,A1}$, $R'_{A,2}$, $D_{nT,A2}$, $L'_{n,w}$.

Na rys. 3 przedstawiono schemat dotyczący dróg przenoszenia dźwięków powietrznych mogących wystąpić w budynku. Na rys. 4 z kolei przedstawiono schemat dotyczący dróg przenoszenia dźwięków uderzeniowych, mogących wystąpić w budynku.



Rys. 3. Schemat przenoszenia dźwięków powietrznych między pomieszczeniami [14].



Rys. 4. Schemat przenoszenia dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami [15].

Wyznaczenie parametrów dźwiękoizolacyjnych stropów w budynku można wykonać za pomocą pomiarów in situ [19]–[27].

Określenie tych samych parametrów na etapie projektu, kiedy budynek jeszcze nie istnieje wymaga z oczywistych względów użycia metod teoretycznych uwzględniających drogi pośrednie przenoszenia dźwięku.

6.1. Prognoza izolacyjności od dźwięków powietrznych

W sposób uproszczony można określić wartości wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,1}$ za pomocą „metody szacunkowej” opracowanej przez Zakład Akustyki Instytutu Techniki Budowlanej i przedstawionej w instrukcji [33]. Pozwala ona w łatwy sposób oszacować prognozowane wartości wskaźników dla szeregu rozwiązań istniejących na rynku. Przedstawiona poniżej „metoda szacunkowa” dotyczy określenia wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej $R'_{A,1}$ poprzez przyjęcie bocznego przenoszenia dźwięku jako stabelaryzowanej wartości poprawki K_a , wg wzoru [33]:

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

gdzie:

$R_{A,1,R}$ - wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej, projektowy w dB,

K_a – poprawka określająca wpływ bocznego przenoszenia dźwięku, na wartość wskaźnika $R'_{A,1}$ w dB.

Wartość wskaźnika $R_{A,1,R}$ należy przyjąć jako skorygowaną wartość wskaźnika $R_{A,1}$ wg poniższej zależności [33]:

$$R_{A,1,R} = R_{A,1} - 2, \quad dB \quad (2)$$

Wartości poprawki K_a , przyjąć należy z tablic [33] w zależności od parametrów materiałowych przegrody rozdzielającej i przegród bocznych oraz parametrów geometrycznych pomieszczenia odbiorczego. Wartości wskaźnika $R_{A,1}$ zaleca się przyjmować jako wyznaczone na podstawie badań laboratoryjnych.

6.2. Prognoza izolacyjności od dźwięków uderzeniowych

Przedstawiona poniżej „metoda uproszczona” [15], [34] dotyczy określenia wskaźnika ważonego przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$ poprzez przyjęcie bocznego przenoszenia dźwięku jako stabelaryzowanej wartości poprawki K oraz zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogę znajdującą się na stropie, wg wzoru [34]:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_{w,R} + K, \quad dB \quad (3)$$

gdzie:

$L_{n,w,eq}$ – równoważny ważony wskaźnik poziomu uderzeniowego znormalizowanego dla stropu bez dodatkowych warstw w dB,

$\Delta L_{w,R}$ – projektowy ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogę w dB,

K – poprawka uwzględniająca przenoszenie dźwięków uderzeniowych przez jednorodne elementy boczne w dB, (tablica 4).

Wartość wskaźnika $\Delta L_{w,R}$ należy przyjąć jako skorygowaną wartość wskaźnika ΔL_w wg poniższej zależności [34]:

$$\Delta L_{w,R} = \Delta L_w - 2, \quad dB \quad (4)$$

Wartości wskaźnika $L_{n,w,eq}$ zaleca się przyjmować jako wyznaczone na podstawie badań laboratoryjnych.

W przypadku braku danych pomiarowych, dla stropów masywnych jednorodnych, dopuszcza się korzystanie z wzorów empirycznych „prawa masy” [15].

Średnią masę powierzchniową przegród bocznych, od której zależy wartość poprawki K należy obliczać z wyrażenia:

$$m_{b,śr} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n S_{bi}} \sum_{i=1}^n (m_{bi} \cdot S_{bi}), \quad \text{kg/m}^2 \quad (5)$$

gdzie:

m_{bi} – masa powierzchniowa i-tej przegrody bocznej, kg/m²,

S_{bi} – powierzchnia i-tej przegrody bocznej (po odliczeniu powierzchni otworów drzwiowych lub okiennych w przegrodzie), m²,

n – liczba uwzględnionych przegród bocznych.

W tablicy 5 przedstawiono wartości poprawki K uwzględniającej przenoszenie dźwięków uderzeniowych przez jednorodne elementy boczne [15].

Tablica 5. Poprawka K dotycząca przenoszenia bocznego dźwięku uderzeniowego w dB [15].

Średnia masa powierzchniowa elementu rozdzielającego (stropu), kg/m ²	Średnia masa powierzchniowa jednorodnych elementów bocznych nie pokrytych dodatkowymi warstwami, kg/m ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

7. Metodyka wykonanych obliczeń

W celu określenia wskaźników dotyczących izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych stropów produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. zastosowano metodykę obliczeniową przedstawioną poniżej. Dostępne modele obliczeniowe zweryfikowano poprzez porównanie wyników obliczeniowych uzyskanych przy ich zastosowaniu z wynikami badań laboratoryjnych [36]. Weryfikację przeprowadzono dla stropów posiadających potwierdzone badaniami laboratoryjnymi wartości wskaźników dźwiękoizolacyjnych [29].

7.1. Obliczenia ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej R_w oraz widmowych wskaźników adaptacyjnych C i C_{tr} wg instrukcji [29].

$$R_{w,R} = 30,9 \lg m' - 24,6 \text{ dB} \quad (6)$$

natomiast:

$$C = -1,5 \text{ dB} \quad (7)$$

$$C_{tr} = -5,0 \text{ dB} \quad (8)$$

7.2. Obliczenia równoważnego ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego dla stropu bez dodatkowych warstw $L_{n,w,eq}$ wg PN-EN 12354-2:2002 [15].

Metodyka ta może być stosowana do celów projektowych jeżeli brak jest wyników badań laboratoryjnych stropów. Wartość wskaźnika $L_{n,w,eq}$ można oszacować za pomocą wzoru:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \cdot \log(m'), \text{ dB} \quad (9)$$

8. Charakterystyka stropów produkcji KONBET POZNAŃ i wyniki obliczeń izolacyjności akustycznej

Obliczenia wskaźników izolacyjności akustycznej przeprowadzono dla stropów z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. przedstawionych w tablicy 6 (KONBET S-PANEL z pianobetonem) i tablicy 7 (KONBET S-PANEL bez pianobetonu).

Tablica 6. Zestawienie stropów **KONBET S-PANEL z pianobetonem** z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K., dla których przeprowadzono obliczenia wskaźników izolacyjności akustycznej [35].

Lp.	Grubość stropu mm	Symbol Stropu	Szkic	masa pow. kg/m ²
1	2	3	4	5
1.	180	KONBET S-PANEL 140/180		363
2.	200	KONBET S-PANEL 140/200		411
3.	200	KONBET S-PANEL 160/200		392
4.	220	KONBET S-PANEL 160/220		439

Tablica 7. Zestawienie stropów **KONBET S-PANEL bez pianobetonu** z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K., dla których przeprowadzono obliczenia wskaźników izolacyjności akustycznej [35].

Lp.	Grubość stropu mm	Symbol Stropu	Szkic	masa pow. kg/m ²
1	2	3	4	5
1.	180	KONBET S-PANEL 140/180		432
2.	200	KONBET S-PANEL 140/200		480
3.	200	KONBET S-PANEL 160/200		480
4.	220	KONBET S-PANEL 160/220		528

Wyniki obliczeń wg metodyki przedstawionej w pkt. 7, wskaźników dotyczących izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych stropów produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. przedstawiono w tablicy 8.

Tablica 8. Zestawienie wartości jednoliczbowego ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej projektowej $R_{w,R}$, widmowych wskaźników adaptacyjnych C i $C_{t,r}$, wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej projektowej $R_{A,1,R}$ i $R_{A,2,R}$ oraz wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w,eq}$ dla stropów z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. na podstawie obliczeń. Wartości z indeksem R dotyczą wskaźników skorygowanych o 2 dB do wartości projektowych zgodnie z [10], [33].

L.p.	Nazwa	Grubość stropu	Masa powierz.	$R_{w,R}$ (C ; $C_{t,r}$)	$R_{A,1,R}$	$R_{A,2,R}$	$L_{n,w,eq}$
		cm	kg/m ²	dB			
1.	KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/180	18	363	54,5 (-1,5 ; -5,0)	53,0	49,5	74,4
2.	KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/200	20	411	56,2 (-1,5 ; -5,0)	54,7	51,2	72,5
3.	KONBET S-PANEL z pianobetonem 160/200	20	392	55,5 (-1,5 ; -5,0)	54,0	50,5	73,2
4.	KONBET S-PANEL z pianobetonem 160/220	22	439	57,1 (-1,5 ; -5,0)	55,6	52,1	71,5
5.	KONBET S-PANEL bez pianobetonu 140/180	18	432	56,8 (-1,5 ; -5,0)	55,3	51,8	71,8
6.	KONBET S-PANEL bez pianobetonu 140/200	20	480	58,3 (-1,5 ; -5,0)	56,8	53,3	70,2
7.	KONBET S-PANEL bez pianobetonu 160/200	20	480	58,3 (-1,5 ; -5,0)	56,8	53,3	70,2
8.	KONBET S-PANEL bez pianobetonu 160/220	22	528	59,5 (-1,5 ; -5,0)	58,0	54,5	68,7

9. Porównanie wyników obliczeń z wymaganiami zawartymi w PN-B-02151-3:2015-10 [10]

W celu porównania wyników obliczeń wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej projektowej $R_{A,1,R}$ oraz wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w,eq}$ dla analizowanych stropów produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. z wymaganiami normowymi [10] należy uwzględnić przenoszenie pośrednie dźwięku między pomieszczeniami rozdzielonymi stropem (pkt. 6 opracowania). Na potrzeby opracowania przyjęto przykładowy układ pomieszczeń i dane geometryczne, które przedstawiono na rys. 5. Założono powtarzalny układ ścian pod i nad stropem (w pomieszczeniu odbiorczym i nadawczym). Obliczenia przeprowadzono dla każdego ze stropów ujętych w tablicy 7. Zastosowano „model uproszczony” wg PN-EN 12354-1:2002 [14] i PN-EN 12354-2:2002 [15]. Przyjęto złącza sztywne „krzyżowe” lub „teowe” adekwatnie do sytuacji obliczeniowej.

Aby pokazać wpływ dróg bocznych (przez ściany) na izolacyjność akustyczną między pomieszczeniami przez strop do obliczeń przyjęto dwa warianty materiałowe ścian:

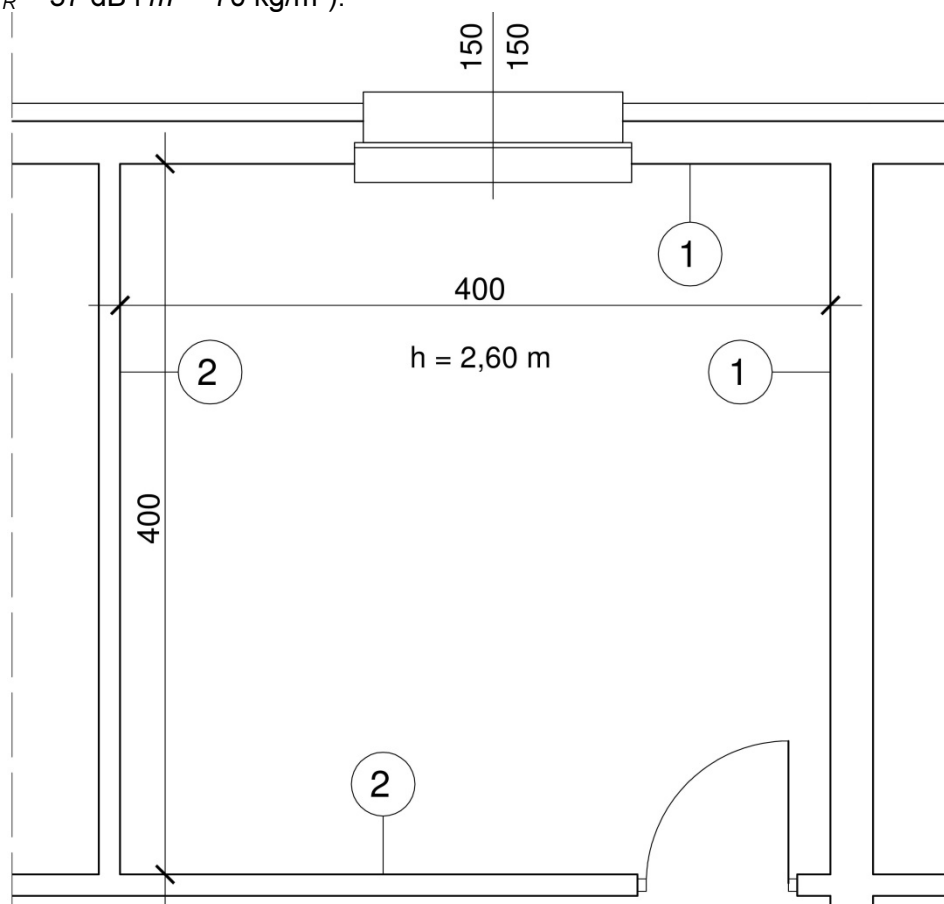
WARIANT I)

- ściana 1 – murowana z elementów wapienno-piaskowych (silikatowych) o gr. 24 cm ($R_{A,1,R} = 52$ dB i $m' = 335$ kg/m²),
- ściana 2 - murowana z elementów wapienno-piaskowych (silikatowych) o gr. 12 cm ($R_{A,1,R} = 45$ dB i $m' = 190$ kg/m²).

WARIANT II)

- ściana 1 – murowana z bloczków z betonu komórkowego o gr. 24 cm ($R_{A,1,R} = 45$ dB i $m' = 135$ kg/m²),

- ściana 2 - murowana z bloczków z betonu komórkowego o gr. 12 cm ($R_{A,1,R} = 37$ dB i $m' = 70$ kg/m²).



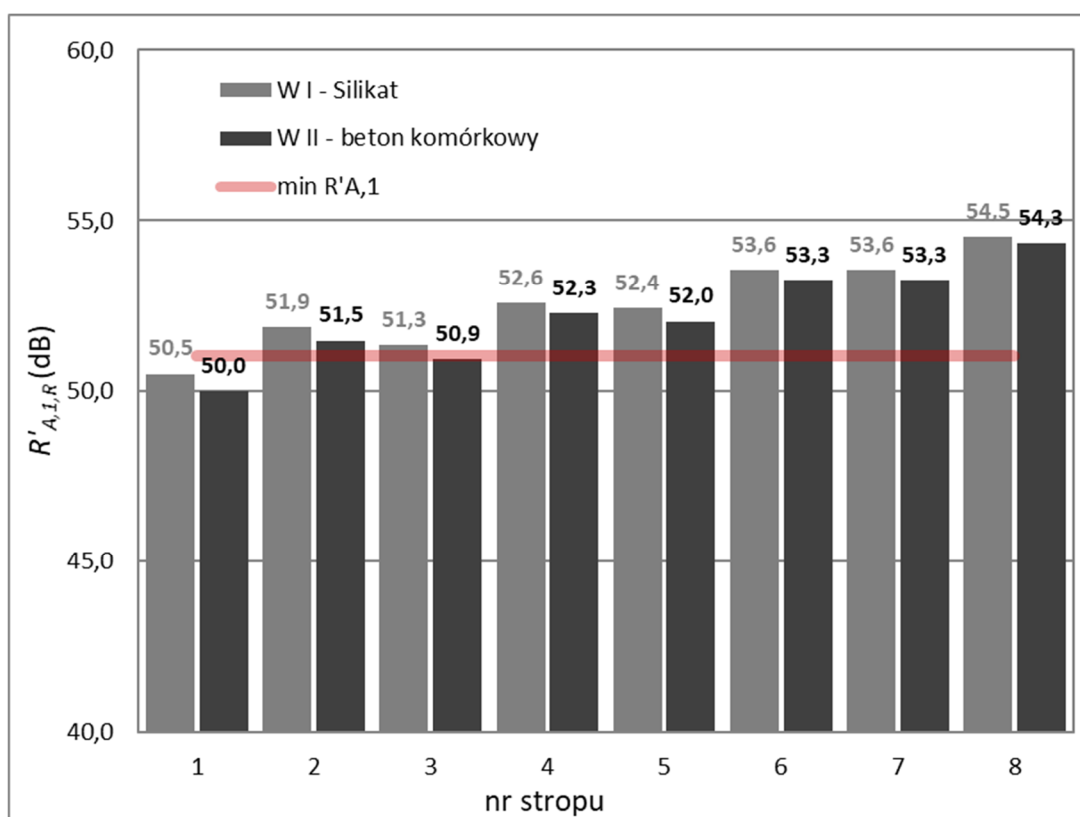
Rys. 5. Przykładowy układ pomieszczeń i dane geometryczne przyjęte na potrzeby obliczeń wpływu bocznego przenoszenia dźwięku.

Wyniki obliczeń pokazano w tablicy 9.

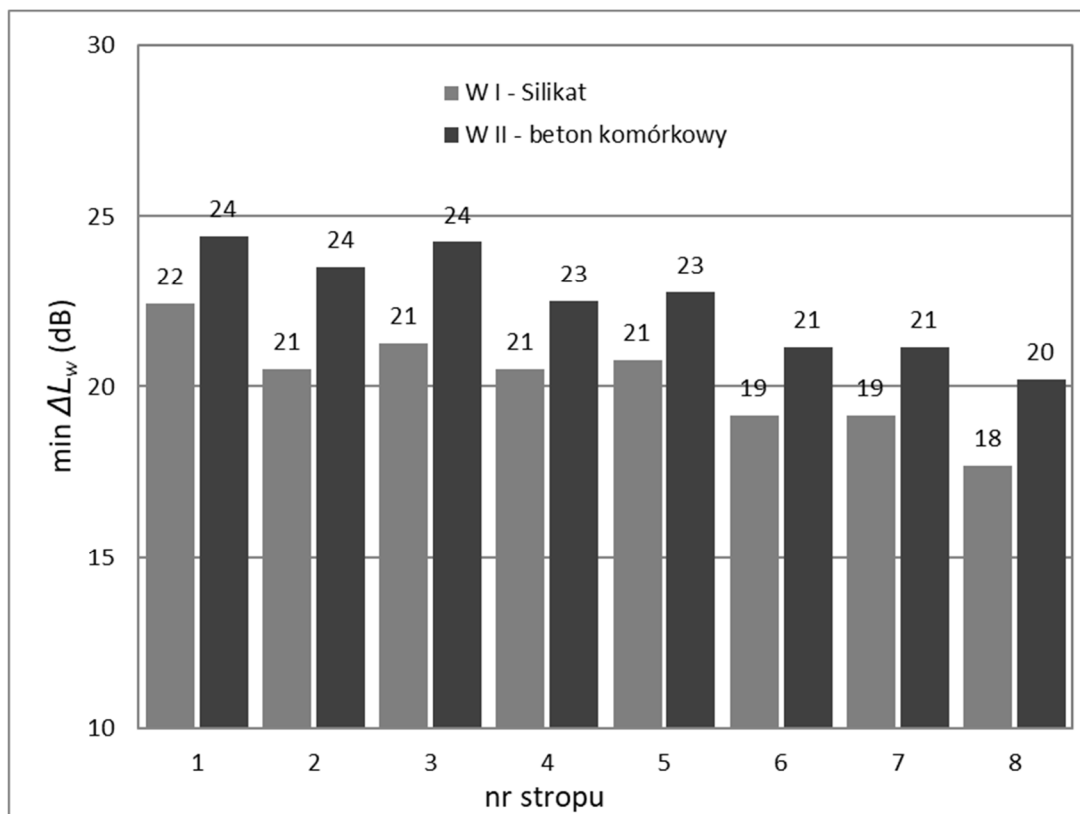
Na rys. 6 obliczone wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej $R'_{A,1}$ stropów porównano z wymaganiami dla stropów rozdzielających mieszkania w budynkach wielorodzinnych $R'_{A,1} \geq 51$ dB [10]. Na rys. 7 przedstawiono z kolei obliczoną minimalną wartość ważonego wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego ΔL_w podłogi jaka powinna zostać zastosowana na stropie aby spełnione zostały wymagania dotyczące rozdzielania mieszkań w budynkach wielorodzinnych $L'_{n,w} \leq 55$ dB [10]. Na rys. 8 przedstawiono obliczone wartości wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w,eq}$ (wartości dla stropu bez podłogi lecz z uwzględnieniem przenoszenia bocznego i poprawki 2 dB) porównane z wymaganiami dla stropów rozdzielających mieszkania w budynkach wielorodzinnych $L'_{n,w} \leq 55$ dB [10]. Wysokość poszczególnych słupków ponad prostą, oznaczającą wymaganie normowe, należy interpretować jako wymaganą minimalną wartość wskaźnika ΔL_w dla podłogi.

Tablica 9. Zestawienie wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej $R'_{A,1}$ oraz wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w}$ dla stropów produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. dla dwu wariantów ścian oraz parametrów geometrycznych pomieszczeń przedstawionych na rys. 5. Obliczenia wg PN-EN 12354-1:2002 [14] i PN-EN 12354-2:2002 [15].

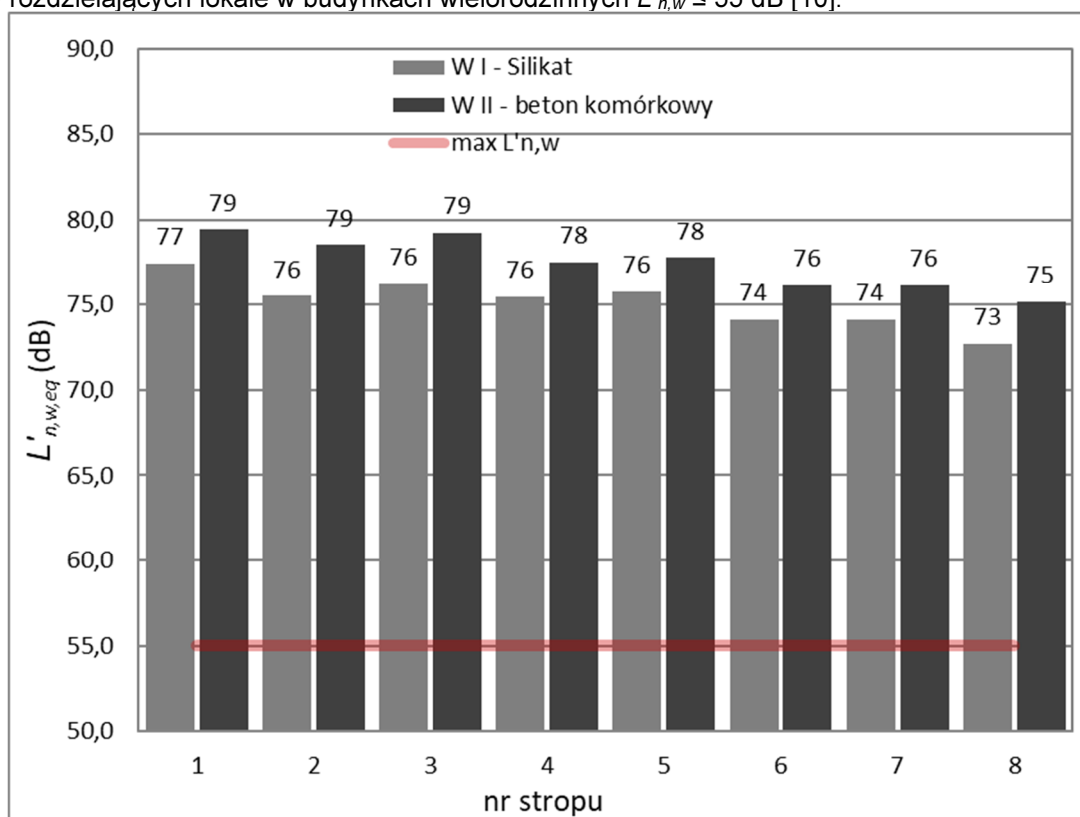
Parametry techniczne stropu					Wariant I				Wariant II			
Lp.	Nazwa	Masa m'	$R_{A,1,R}$	$L_{n,w,eq}$	K_a	K	$R'_{A,1}$	$\min \Delta L_w$	K_a	K	$R'_{A,1}$	$\min \Delta L_w$
		kg/m ²	dB									
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/180	363	53,0	74,4	2,5	1	50,5	22	3,0	3,0	50,0	24
2.	KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/200	411	54,7	72,5	2,8	1	51,9	21	3,2	4,0	51,5	24
3.	KONBET S-PANEL z pianobetonem 160/200	392	54,0	73,2	2,7	1	51,3	21	3,1	4,0	50,9	24
4.	KONBET S-PANEL z pianobetonem 160/220	439	55,6	71,5	3,0	2	52,6	21	3,3	4,0	52,3	23
5.	KONBET S-PANEL bez pianobetonu 140/180	432	55,3	71,8	2,9	2	52,4	21	3,3	4,0	52,0	23
6.	KONBET S-PANEL bez pianobetonu 140/200	480	56,8	70,2	3,2	2	53,6	19	3,5	4,0	53,3	21
7.	KONBET S-PANEL bez pianobetonu 160/200	480	56,8	70,2	3,2	2	53,6	19	3,5	4,0	53,3	21
8.	KONBET S-PANEL bez pianobetonu 160/220	528	58,0	68,7	3,5	2	54,5	18	3,7	4,5	54,3	20



Rys. 6. Prognozowane wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej $R'_{A,1}$ stropów porównane z wymaganiami dla stropów rozdzielających lokale w budynkach wielorodzinnych $R'_{A,1} \geq 51$ dB.



Rys. 7. Prognozowana minimalna wartość ważonego wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego ΔL_w podłogi jaka powinna zostać zastosowana na każdym ze stropów aby spełnione zostały wymagania dotyczące stropów rozdzielających lokale w budynkach wielorodzinnych $L'_{n,w} \leq 55$ dB [10].



Rys. 8. Prognozowana wartość wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w,eq}$ (wartości dla stropów bez podłogi lecz z uwzględnieniem przenoszenia bocznego w budynku i poprawki 2 dB) porównana z wymaganiami dla stropów rozdzielających mieszkania w budynkach wielorodzinnych $L'_{n,w} \leq 55$ dB [10].

10. Wnioski

Na podstawie przedstawionych w opracowaniu wyników prognozy dotyczącej izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych stropów **KONBET S-PANEL** z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji **KONBET POZNAŃ** Sp. z o.o. Sp. K. (tab. 6 i 7) sformułować można poniższe wnioski:

a) Możliwość stosowania w/w stropów w budynkach w kontekście spełnienia wymagań dotyczących izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych zależy jest od ich masy powierzchniowej, zatem od grubości stropu oraz sposobu wypełnienia środkowych nisz (betonem zwykłym w odmianie **KONBET S-PANEL z pianobetonem** lub betonem lekkim w odmianie **KONBET S-PANEL bez pianobetonu**). Masa powierzchniowa w głównej mierze decyduje o właściwościach dźwiękoizolacyjnych przegród budowlanych. Z oczywistych względów możliwości stosowania w/w stropów uzależnione są także od rodzaju budynku i funkcji pomieszczeń rozdzielonych stropem, ponieważ od tego zależy poziom wymagań wg PN-B-02151-3:2015-10 [10]. Weryfikacja parametrów dźwiękoizolacyjnych pod kątem spełnienia wymagań normowych [10] wymaga wykonania obliczeń zgodnie z informacjami przedstawionymi w punkcie 7 opracowania.

b) Wyniki obliczeń przedstawione w tablicy 8 dotyczą stropów bez podłóg.

c) Na podstawie obliczeniowej prognozy (pkt. 8 i 9) wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej, stwierdzić należy, że dla sytuacji dotyczącej **stropu między mieszkaniami**, dla której minimum normowe [10] wynosi $R'_{A,1} \geq 51$ dB, wszystkie stropy **KONBET S-PANEL bez pianobetonu** spełniają wymagania. Dotyczy to zarówno wariantu I wykonania ścian (ściany masywne silikatowe) jak i wariantu II (ściany lekkie wykonane z betonu komórkowego). Stropy osiągają następujące wartości wskaźnika $R'_{A,1}$:

- **52,4 dB ÷ 54,5 dB** - wariant I wykonania ścian (tab. 9, kolumna 8, wiersz 5÷8);
- **52,0 dB ÷ 54,3 dB** - wariant II wykonania ścian (tab. 9, kolumna 12, wiersz 5÷8).

Spośród stropów **KONBET S-PANEL z pianobetonem** wymagań nie spełnia jedynie strop o najmniejszej grubości (**KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/180**), osiągając wartości wskaźnika $R'_{A,1}$:

- **50,5 dB** - wariant I wykonania ścian (tab. 9, kolumna 8, wiersz 1);
- **50,0 dB** - wariant II wykonania ścian (tab. 9, kolumna 12, wiersz 1).

Pozostałe stropy **KONBET S-PANEL z pianobetonem** w wyniku obliczeń dla sytuacji bez podłogi pływającej, osiągają wartości wskaźnika $R'_{A,1} \geq 51$ dB (tab. 9, kolumna 8 i 12, wiersz 2÷4) i tym samym spełniają wymagania normowe jak dla stropu między mieszkaniami [10]:

- **51,9 dB ÷ 52,6 dB** - wariant I wykonania ścian (tab. 9, kolumna 8, wiersz 2÷4);
- **50,9 dB ÷ 52,3 dB** - wariant II wykonania ścian (tab. 9, kolumna 12, wiersz 2÷4).

d) W obliczeniach izolacyjności od **dźwięków powietrznych** jak wcześniej wspomniano nie uwzględniono wpływu podłogi pływającej. W zakresie izolacyjności od dźwięków **powietrznych** wpływ ten ma mniejsze znaczenie niż w przypadku dźwięków uderzeniowych. Na podstawie wyników badań laboratoryjnych dla stropów różnego typu, bez podłogi oraz z podłogą pływającą [29] wzrost wskaźnika $R_{A,1}$ na skutek zastosowania na „gołym” stropie podłogi pływającej ocenić można na $\Delta R_{A,1} = 2\div5$ dB. Rzeczywisty wzrost wskaźnika uzależniony jest nie tylko od rodzaju podłogi pływającej (w głównej mierze jej masy powierzchniowej w kg/m²) ale także od parametrów „gołego” stropu (im wyższa izolacyjność „gołego” stropu tym mniejszy wzrost wskaźnika $R_{A,1}$ na skutek zastosowania podłogi pływającej). Biorąc pod uwagę powyższe informacje można stwierdzić, że o „przydatności” stropu **KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/180** w budownictwie wielorodzinnym, będą decydowały konkretne uwarunkowania konstrukcyjne i architektoniczne (rodzaj przegród bocznych, geometria pomieszczeń oraz masa podłogi pływającej). Możliwość stosowania stropu **KONBET S-PANEL z pianobetonem 140/180** w budownictwie wielorodzinnym powinna zostać

potwierdzona obliczeniami akustycznymi adekwatnie do konkretnej sytuacji projektowej, stwierdzającymi spełnienie wymagań normowych.

e) Izolacyjność od dźwięków **uderzeniowych** analizowanych stropów z podłogą pływającą uzależniona jest od rodzaju zastosowanej podłogi. Na podstawie przykładowej prognozy wskaźnika ważonego przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$ dla stropów KONBET S-Panel (rys. 7 i 8), ustalono minimalną wartość ważonego wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego ΔL_w dla podłogi jaka powinna zostać zastosowana na stropie aby spełnione zostały wymagania dotyczące rozdzielenia mieszkań w budynkach wielorodzinnych wynoszące $L'_{n,w} \leq 55 \text{ dB}$. W przypadku stropu **KONBET S-PANEL bez pianobetonu** należy przyjąć podłogi pływające charakteryzujące się wartością wskaźnika ΔL_w jak niżej:

- **18 dB ÷ 21 dB** - wariant I wykonania ścian (tab. 9, kolumna 9, wiersz 5÷8);
- **20 dB ÷ 23 dB** - wariant II wykonania ścian (tab. 9, kolumna 13, wiersz 5÷8).

W przypadku stropu **KONBET S-PANEL z pianobetonem** należy przyjąć podłogi pływające charakteryzujące się odpowiednio wyższą wartością wskaźnika ΔL_w :

- **21 dB ÷ 22 dB** - wariant I wykonania ścian (tab. 9, kolumna 9, wiersz 1÷4);
- **23 dB ÷ 24 dB** - wariant II wykonania ścian (tab. 9, kolumna 13, wiersz 1÷4).

f) Należy zaznaczyć, że spełnienie wymagań dotyczących izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych nie zwalnia z obowiązku spełnienia wymagań normy PN-B-02151-2:2018-01 [8] dotyczącej wartości dopuszczalnego poziomu hałasu w pomieszczeniach. W kontekście tych wymagań nie zaleca się przyjmować rozwiązań stropów charakteryzujących się niską masą powierzchniową gdyż skutkuje to niską dźwiękoizolacyjnością w zakresie niskich częstotliwości (dotyczy stropów). Dodatkowo należy nadmienić, że subiektywnie odczuwalne przez człowieka o zdrowym organie słuchu, podwojenie się dokuczliwości hałasu odpowiada wzrostowi poziomu hałasu o 6 dB. Zmiana o 3 dB określana jest jako wyraźnie odczuwalna.

dr inż. Leszek Dulak

Dulak
akustyk budowlany
AKUBUD

akustyka budowlana i środowiskowa
43-300 Bielsko-Biała, ul. Wadowicka 13/38
NIP 547-182-16-09 tel. 509 748 878

LITERATURA

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku „Prawo budowlane” [Dz. U. Nr 49, poz. 414] z późniejszymi zmianami.
- [2] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska [Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627] z późniejszymi zmianami.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz. U. Nr 75, poz. 690] z późniejszymi zmianami.
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [Dz.U. 2007 nr 120, poz. 826] z późniejszymi zmianami.
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 listopada 2010 r. w sprawie sposobu ustalania wartości wskaźnika hałasu L_{DWN} (Dz.U. 2010 nr 215, poz. 1414).
- [6] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EEG.
- [7] PN-B-02170:2016-12 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłogę na budynki.
- [8] PN-B-02151-2:2018-01 Akustyka budowlana -- Ochrona przed hałasem w budynkach -- Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [9] PN-B-02171:2017-06 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.
- [10] 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.
- [11] PN-B-02151-4:2015-06 Akustyka budowlana -- Ochrona przed hałasem w budynkach -- Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.
- [12] PN-EN ISO 717-1:2013 Akustyka - Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych.
- [13] PN-EN ISO 717-2:2013 Akustyka -- Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych -- Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych.
- [14] PN-EN 12354-1:2002 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków powietrznych pomiędzy pomieszczeniami.
- [15] PN-EN 12354-2:2002 Akustyka Budowlana - określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami.
- [16] PN-EN 12354-3:2003 Akustyka budowlana -- Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów -- Część 3: Izolacyjność od dźwięków powietrznych przenikających z zewnątrz.
- [17] PN-B-02153:2002 Akustyka budowlana -- Terminologia, symbole literowe i jednostki.
- [18] PN-B-02156:1987 Akustyka budowlana -- Metody pomiaru poziomu dźwięku A w budynkach.
- [19] PN-EN ISO 140-4:2000 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiary terenowe izolacyjności od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami
- [20] PN-EN ISO 140-5:1999 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiary terenowe izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych ściany zewnętrznej i jej elementów
- [21] PN-EN ISO 140-6:1999 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiary laboratoryjne izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów

- [22] PN-EN ISO 140-7:2000 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiary terenowe izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów
- [23] PN-EN ISO 140-8:1999 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiary laboratoryjne tłumienia dźwięków uderzeniowych przez podłogi na masywnym stropie wzorcowym
- [24] PN-EN ISO 140-12:2001 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 12: Pomiar laboratoryjny izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych podniesionej podłogi pomiędzy dwoma sąsiednimi pomieszczeniami
- [25] PN-EN 20140-3:1999 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiary laboratoryjne izolacyjności od dźwięków powietrznych elementów budowlanych
- [26] PN-EN 20140-9:1998 Akustyka – Pomiary izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiar laboratoryjny izolacyjności od dźwięków powietrznych, dla sufitów podwieszonych z przestrzenią nad sufitem, mierzonej pomiędzy dwoma sąsiednimi pomieszczeniami
- [27] PN-EN 20140-10:1994 Akustyka – Pomiary izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiary laboratoryjne izolacyjności od dźwięków powietrznych małych elementów budowlanych.
- [28] PN-EN 15037-1:2011 Prefabrykaty z betonu -- Belkowo-pustakowe systemy stropowe -- Część 1: Belki.
- [29] Szudrowicz B., Żuchowicz-Wodnikowska B., Tomczyk P.: Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów. Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 369. Warszawa 2002.
- [30] Szudrowicz B. Akustyka budowlana. Budownictwo ogólne tom 2 fizyka budowli Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Piotra Klemma. Arkady Warszawa 2005.
- [31] Żuchowicz-Wodnikowska I.: Zasady doboru podłóg z uwagi na izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropów masywnych. Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 394. Warszawa 2004.
- [32] Szudrowicz B., Tomczyk P.: Właściwości dźwiękoizolacyjne ścian, dachów, okien i drzwi oraz nawiewników powietrza zewnętrznego. Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 448. Warszawa 2009.
- [33] Szudrowicz B.: Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku według PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002. Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 406. Warszawa 2005.
- [34] Szudrowicz B.: Właściwości dźwiękoizolacyjne stropów oraz zasady doboru podłóg z uwagi na izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropów masywnych. Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 463. Warszawa 2011.
- [35] Materiały informacyjne i rysunki stropów produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. udostępnione przez Zleceniodawcę.
- [36] Dulak L.: Możliwości obliczeniowe izolacyjności akustycznej stropów. Mater. Bud. 2017 nr 8, s. 154-156.

Spis tablic

Tablica 1. Wskaźniki charakteryzujące izolacyjność akustyczną stropów w budynku, w dB [10].	6
Tablica 2. Izolacyjność od dźwięków powietrznych stropów w budynkach mieszkalnych [10].	7
Tablica 3. Dopuszczalny poziom dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń chronionych w budynkach mieszkalnych (izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropów) [10].	8
Tablica 4. Rodzaje grup budynków niemieszkalnych dla których ustanowiono wymagania dotyczące dźwiękoizolacyjności w normie [10].	9
Tablica 5. Poprawka K dotycząca przenoszenia bocznego dźwięku uderzeniowego w dB [15].	13
Tablica 6. Zestawienie stropów KONBET S-PANEL z pianobetonem z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K., dla których przeprowadzono obliczenia wskaźników izolacyjności akustycznej [35].	15
Tablica 7. Zestawienie stropów KONBET S-PANEL bez pianobetonu z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K., dla których przeprowadzono obliczenia wskaźników izolacyjności akustycznej [35].	16
Tablica 8. Zestawienie wartości jednoliczbowego ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej projektowej $R_{w,R}$, widmowych wskaźników adaptacyjnych C i $C_{t,r}$, wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej projektowej $R_{A,1,R}$ i $R_{A,2,R}$ oraz wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w,eq}$ dla stropów z żelbetowych prefabrykowanych elementów sprężonych produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. na podstawie obliczeń. Wartości z indeksem R dotyczą wskaźników skorygowanych o 2 dB do wartości projektowych zgodnie z [10], [33].	17
Tablica 9. Zestawienie wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej $R'_{A,1}$ oraz wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w}$ dla stropów produkcji KONBET POZNAŃ Sp. z o.o. Sp. K. dla dwu wariantów ścian oraz parametrów geometrycznych pomieszczeń przedstawionych na rys. 5. Obliczenia wg PN-EN 12354-1:2002 [14] i PN-EN 12354-2:2002 [15].	19

Spis rysunków

Rys. 1. Schematyczne przedstawienie podziału stosowanego przy analizie dźwięków występujących w budynku.	9
Rys. 2. Schematyczne przedstawienie podziału stosowanego przy analizie izolacyjności akustycznej przegród w budynku z punktu widzenia wymagań normowych [10].	10
Rys. 3. Schemat przenoszenia dźwięków powietrznych między pomieszczeniami [14].	11
Rys. 4. Schemat przenoszenia dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami [15].	11
Rys. 5. Przykładowy układ pomieszczeń i dane geometryczne przyjęte na potrzeby obliczeń wpływu bocznego przenoszenia dźwięku.	18
Rys. 6. Prognozowane wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej $R'_{A,1}$ stropów porównane z wymaganiami dla stropów rozdzielających lokale w budynkach wielorodzinnych $R'_{A,1} \geq 51$ dB.	19
Rys. 7. Prognozowana minimalna wartość ważonego wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego ΔL_w podłogi jaka powinna zostać zastosowana na każdym ze stropów aby spełnione zostały wymagania dotyczące stropów rozdzielających lokale w budynkach wielorodzinnych $L'_{n,w} \leq 55$ dB [10].	20
Rys. 8. Prognozowana wartość wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w,eq}$ (wartości dla stropów bez podłogi lecz z uwzględnieniem przenoszenia bocznego w budynku i poprawki 2 dB) porównana z wymaganiami dla stropów rozdzielających mieszkania w budynkach wielorodzinnych $L'_{n,w} \leq 55$ dB [10].	20