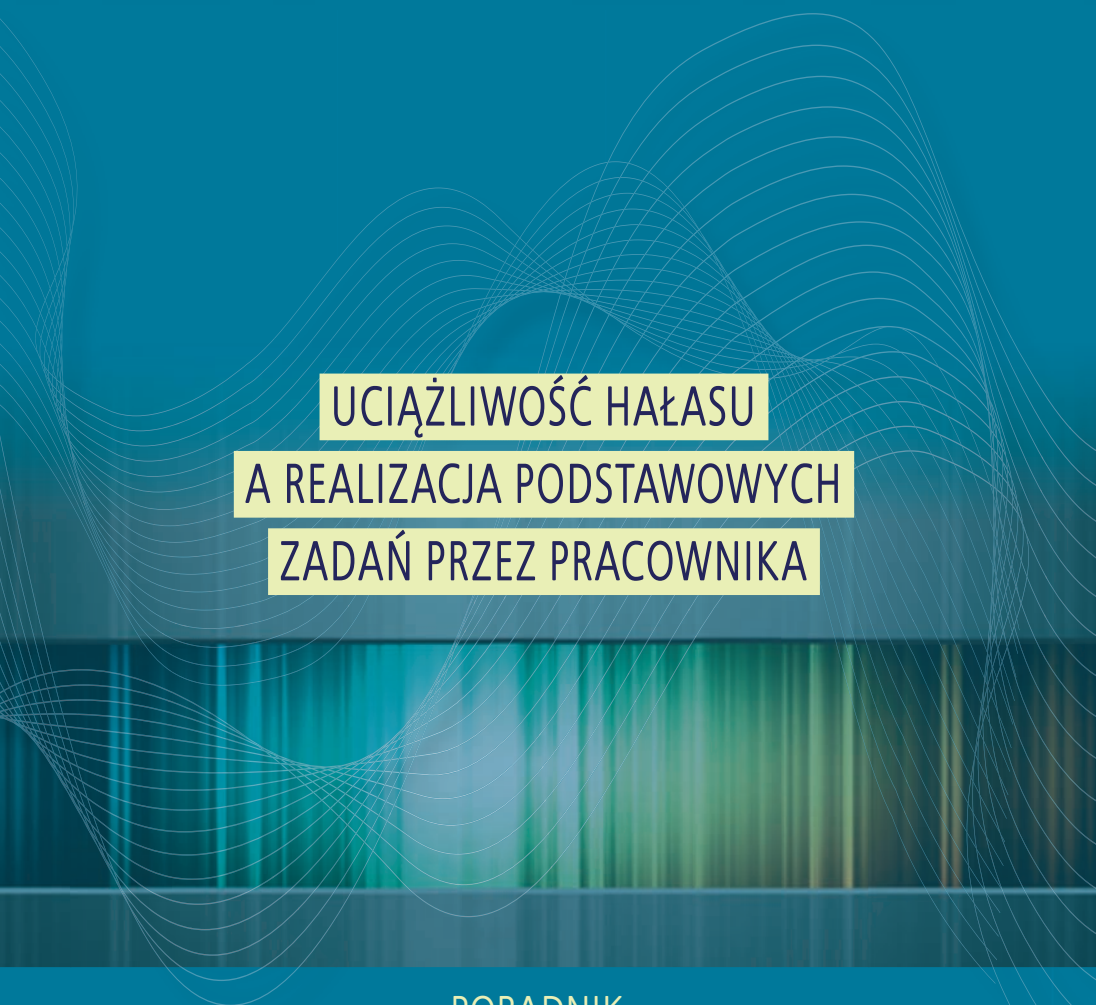




Jan Radosz



UCIĄŻLIWOŚĆ HAŁASU  
A REALIZACJA PODSTAWOWYCH  
ZADAŃ PRZEZ PRACOWNIKA

PORADNIK

Jan Radosz

# Uciążliwość hałasu a realizacja podstawowych zadań przez pracownika

**PORADNIK**

**CIOP**  **PIB**

Warszawa 2022

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej.

Zadanie 1.SP.05, pt. „Opracowanie kryteriów uciążliwości hałasu na podstawie charakterystyk czasowych, amplitudowych i częstotliwościowych dźwięku”.

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor: dr inż. Jan Radosz – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Opracowanie redakcyjne: Monika Piech-Rzymowska

Opracowanie graficzne: Anna Borkowska

Projekt okładki: Anna Antoniszewska

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2022

ISBN: 978-83-7373-383-1



Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, tel. (22) 623 36 98, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)

# Spis treści

Wprowadzenie.....	5
1. Podstawowe informacje z zakresu akustyki .....	7
2. Hałas w przestrzeni pracy wymagającej koncentracji uwagi.....	10
3. Wymagania akustyczne środowiska pracy.....	13
3.1. Wartości dopuszczalne hałasu w środowisku pracy.....	13
3.2. Hałas pogłosowy .....	16
3.3. Izolacyjność akustyczna przegród w pomieszczeniach pracy.....	18
4. Wyniki badań w zakresie uciążliwości hałasu .....	19
4.1. Grupa badawcza .....	19
4.2. Metoda badawcza .....	21
4.3. Wyniki badań .....	24
5. Kryteria uciążliwości hałasu .....	30
6. Metody ograniczania uciążliwości hałasu w środowisku pracy .....	32
6.1. Metody techniczne .....	33
6.2. Metody organizacyjne.....	39
7. Podsumowanie .....	44
Bibliografia .....	46



# Wprowadzenie

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 roku [1] w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne – hałas to każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia lub może zwiększać ryzyko wypadku przy pracy. Poza oddziaływaniem na narząd słuchu, hałas jako stresor może przyczyniać się do rozwoju różnego typu chorób (np. choroby nadciśnieniowej, choroby wrzodowej, nerwicy), rozpraszać uwagę, utrudniać pracę i zmniejszać jej wydajność. Zgodnie z definicją ISO/TS 15666:2021 [2] uciążliwość wynikająca z ekspozycji na hałas jest indywidualną, niekorzystną reakcją osoby wpływającą na niezadowolenie, niepokój, zirykowanie, zakłócenie spokoju. Światowa Organizacja Zdrowia wiąże uciążliwość hałasu z niekorzystnym wpływem na zdrowie i definiuje jako doświadczanie wielu różnych negatywnych emocji i reakcji, takich jak: gniew, rozczarowanie, niezadowolenie, wycofanie, bezradność, depresja, lęki, rozproszenie uwagi, wyczerpanie [3]. Najbardziej znacząco powiązaną z percepcją uciążliwości cechą charakterystyczną hałasu jest głośność. Do oceny głośności powszechnie stosuje się takie parametry jak: równoważny poziom dźwięku skorygowany charakterystyką częstotliwościową A ( $L_{Aeq}$ ), poziomy głośności (*loudness*) wg ISO 532-1:2017 [4] i ANSI 3.4-2007 [5], a nawet odczuwalny poziom hałasu (Perceived Noise Level – PNL). Niemniej liczne badania wskazują, że za pomocą głośności można przewidzieć jedynie niewielką część percepcji uciążliwości. Brocolini [6] zasugerował, że jedynie ok. 30% uciążliwości wynika z głośności ze względu na inne charakterystyki akustyczne (np. tonalność, impulsowość) oraz czynniki pozaakustyczne (np. wrażliwość na hałas). Znaczna część badań na temat uciążliwości hałasu dotyczy hałasu środowiskowego lub hałasu w miejscu zamieszkania. Jednak uciążliwość hałasu na stanowiskach pracy w pomieszcze-

niach administracyjnych czy biurach projektowych jest równie istotnym zagadnieniem do opracowań teoretycznych, prac badawczych i analizy danych [7].

Hałas jest jednym z głównych czynników uciążliwych w pomieszczeniach typu *open space* i w innych otwartych przestrzeniach pracy, gdzie występuje wiele źródeł hałasu. Liczne badania laboratoryjne wykazały, że hałas na stanowiskach pracy umysłowej ma zakłócający wpływ na funkcje poznawcze, takie jak: arytmetykę mentalną, naukę powiązanych słów lub tekstu, zliczanie wyświetlanych informacji wizualnych oraz rozumienie tekstu i zapamiętywanie [8-11]. Hałas w miejscu pracy również wpływa na zdrowie fizyczne i psychiczne [12, 13]. Kilku badaczy podkreśliło znaczenie wpływu hałasu na zdrowie, porównując deklarowany stan zdrowia osób pracujących w pomieszczeniach *open space* i osób pracujących w pomieszczeniach prywatnych (zamkniętych). Okazało się, że odsetek osób narzekających na hałas był 10 razy większy w pomieszczeniach *open space* niż w pomieszczeniach prywatnych. To samo badanie wykazało związek między rodzajem pomieszczenia a takimi objawami jak ból głowy, zmęczenie czy trudności w koncentracji.

Z wielu badań przeprowadzonych w ciągu ostatnich 40 lat jasno wynika, że narażenie na hałas w biurze ma szkodliwy wpływ na wydajność pracy, co z kolei przekłada się na skutki ekonomiczne dla pracodawcy. Pojawienie się nowego rodzaju przestrzeni biurowych, nowe technologie i praca zespołowa to tylko niektóre z przyczyn zmian w sposobie projektowania przestrzeni biurowej. Doprowadziło to do powstania zapotrzebowania na przestrzenie pracy, którym stawia się coraz wyższe wymagania dotyczące jakości akustycznej. Obejmują one:

- ➔ pomieszczenia edukacyjne,
- ➔ sale konferencyjne i pomieszczenia do spotkań nieformalnych i formalnych,
- ➔ pomieszczenia relaksacyjne,
- ➔ ciche strefy lub ciche pokoje do pracy,

- ➔ centra drukowania, kopiowania,
- ➔ magazyny, serwerownie,
- ➔ pomieszczenia socjalne (w tym toalety, prysznice, szatnie), pomieszczenia pierwszej pomocy itp.,
- ➔ atria i recepcje.

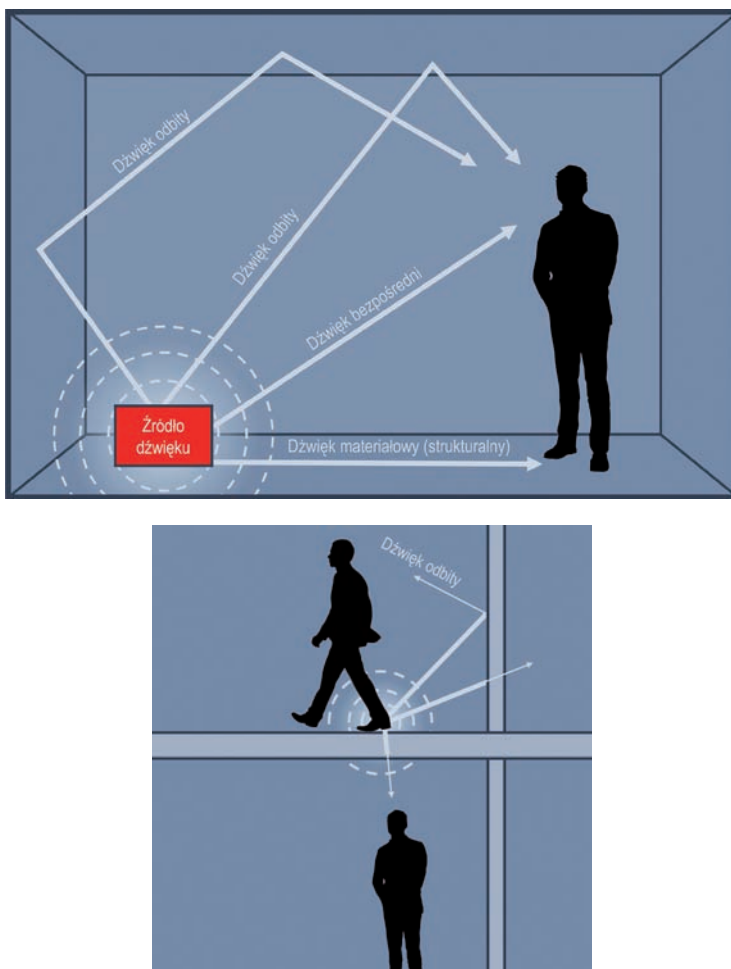
W niniejszym poradniku przedstawiono aktualne wyniki badań z tego zakresu oraz wprowadzone na ich podstawie kryteria uciążliwości hałasu ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań. Zostały w nim omówione w szczególności pomieszczenia pracy, w których wykonywana jest praca umysłowa. Poradnik ma na celu zwiększyć świadomość pracodawców i pracowników oraz promować dobre praktyki w projektowaniu miejsc pracy.

## 1. Podstawowe informacje z zakresu akustyki

Akustyka to nauka o dźwięku. Termin akustyka pochodzi od greckiego ακουέιν (akouein), które oznacza „słyszeć”. Dźwięk to seria wahań (sprężeń i rozprężeń) ciśnienia atmosferycznego powietrza, które zaczynają się od wibrowania obiektu takiego jak struna gitarowa lub struna głosowa. Zjawisko powstawania sprężeń i rozprężeń w kolejnych położeniach nazywa się falą dźwiękową (akustyczną). Wartość takiej zmiany ciśnienia nazywa się ciśnieniem akustycznym. Liczba zmian ciśnienia akustycznego w ciągu jednej sekundy nosi z kolei nazwę „częstotliwość dźwięku”, a wyrażana jest w Hercach (Hz). Wartości ciśnienia akustycznego spotykane w środowisku życia i pracy człowieka mają bardzo szeroki zakres (sześć rzędów wielkości), dlatego w praktyce posługujemy się tzw. poziomem ciśnienia akustycznego.



Fala dźwiękowa rozchodzi się w powietrzu we wszystkich kierunkach z prędkością około 1225 km/h (prędkość dźwięku) i przechodzi przez większość ośrodków - ciało stałe, ciecz lub gaz (powietrze) – ale nie jest transmitowana w próżni. Jeżeli fala dźwiękowa napotka na drodze swojej propagacji jakąś przeszkodę, może zostać odbita, częściowo odbita, pochłonięta lub przemieszczona do innego ośrodka (rys. 1). Ludzkie ucho wykrywa wahania ciśnienia akustycznego, które mózg przetwarza jako impulsy elektryczne i konwertuje na sygnały dźwiękowe.



Rys. 1. Odbicie i transmisja fali dźwiękowej w pomieszczeniach

Zakres częstotliwości, jakie jesteśmy w stanie słyszeć, obejmuje fale od 20 do 20 000 Hz. Skala decybelowa jest skalą logarytmiczną, nie można więc stosować na niej działań arytmetycznych takich jak dodawanie czy odejmowanie. Przykładowo redukcja dźwięku o ok. 10 dB byłaby odbierana jako 50% cichsza. Większość ludzi nie wykrywa zmiany różnicy poziomu dźwięku poniżej 3 dB.

Ludzie słyszą najlepiej w zakresie średnich częstotliwości (500–4000 Hz), ogólnie znanym jako zakres mowy. Na ten zakres mają wpływ takie czynniki jak wiek osoby i to, czy są lub były narażone na głośne dźwięki przez dłuższy czas. Aby uwzględnić to zjawisko, akustycy używają charakterystyki częstotliwościowej A, która jest swego rodzaju filtrem i odzwierciedla w pewnym zakresie to, jak słyszymy. Dźwięk odbija się w podobny sposób jak światło – zbyt duże odbicie może mieć odczuwalny efekt wzmocnienia dźwięku. Na przykład w porze lunchu w stołówce z twardymi powierzchniami odbijającymi dźwięki (np. podłoga z płytek ceramicznych) wzrasta poziom hałasu otoczenia. Osoby tam przebywające w konsekwencji podnoszą głos, aby być słyszalnymi, przez co przyczyniają się do powstawania jeszcze bardziej hałaśliwego otoczenia.

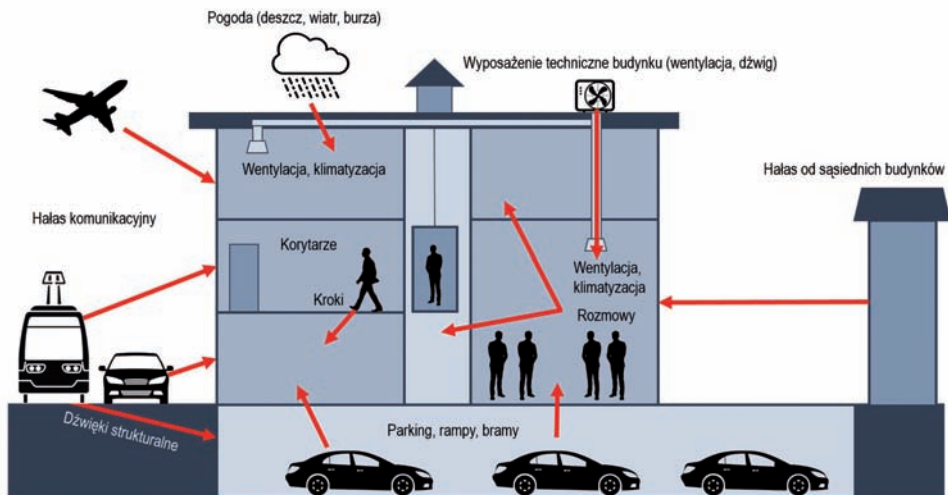
Jakość akustyczną pomieszczenia można wyrazić, mierząc czas pogłosu – czas potrzebny do zaniku dźwięku w pomieszczeniu. Jeśli w pomieszczeniu panuje długi czas pogłosu, jedno wypowiedziane słowo nie zdąży wygasnąć zanim następne dotrze do słuchacza. Przy takim nakładaniu się dźwięków zrozumiałość mowy jest mocno ograniczona. Ogólnie rzecz biorąc, im krótszy czas pogłosu, tym lepsza zrozumiałość mowy. Wiele wnętrz biurowych budowane jest przy użyciu twardych, odbijających powierzchni, takich jak szkło, beton czy tynk. W celu skrócenia czasu pogłosu można wprowadzić produkty dźwiękochłonne, np. sufity podwieszane, panele ścienne, dywany lub wykładziny dywanowe.

## 2. Hałas w przestrzeni pracy wymagającej koncentracji uwagi

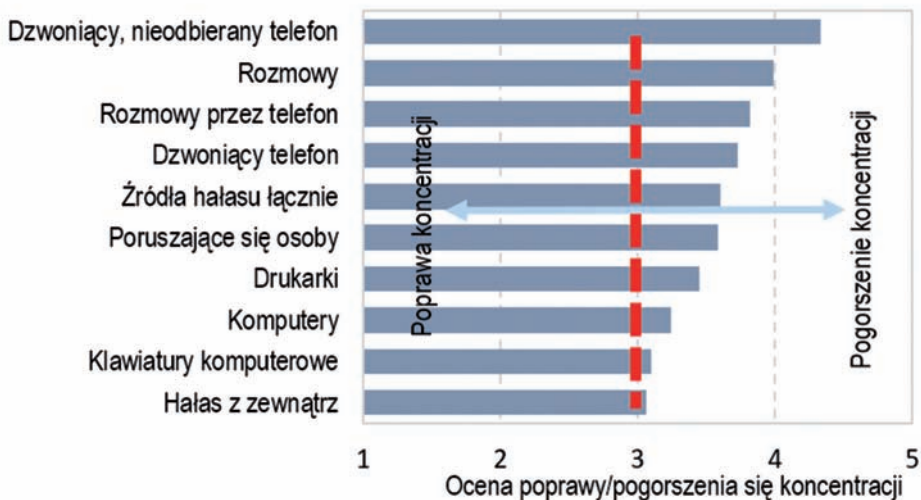


fot. motorion/Bigstock

Na stanowiskach pracy w pomieszczeniach administracyjnych, biurach projektowych, do prac teoretycznych, opracowania danych i innych o podobnym przeznaczeniu występuje wiele źródeł hałasu (rys. 2): dzwonią telefony, osoby rozmawiają przez telefon lub ze sobą, klawiatury komputerowe, sprzęt biurowy (drukarki, kopiarki, skanery itp.), systemy wentylacji lub klimatyzacji wydają określone dźwięki, dobiega hałas komunikacyjny z zewnątrz itp. Nie wszystkie z tych źródeł postrzegane są w ten sam sposób i nie mają takiego samego wpływu na odczuwaną uciążliwość. Eksperymenty laboratoryjne potwierdziły, że w szczególności dźwięki uważane za kontrolowane i/lub użyteczne są mniej uciążliwe niż dźwięki uważane za niekontrolowane i/lub niepotrzebne (rys. 3).



Rys. 2. Źródła hałasu przenikające do pomieszczeń



Rys. 3. Źródła hałasu biurowego oraz ocena ich wpływu na koncentrację na podstawie badań ankietowych

Podobnie hałas o charakterze ustalonym, tj. np. pochodzący z wentylacji, jest ogólnie uważany za hałas powodujący niewielką uciążliwość. Dużo łatwiej jest też

przyzwyczać się do hałasu ustalonego niż do hałasu zmiennego. Dźwięki uważane za najbardziej irytujące i najbardziej przeszkadzające w pracy to dzwonienie telefonów i rozmowy (przez telefon lub między pracownikami). Niektóre badania wskazują, że uciążliwość wywołana rozmowami jest w dużej mierze zależna od jakości transmisji mowy [14-16].

Dźwięk powietrzny może przemieszczać się z jednego obszaru do sąsiedniego przez szczeliny lub pęknięcia w elementach budynku i instalacjach, co wpływa na właściwości akustyczne.

Typowe ścieżki transmisji dźwięku obejmują:

- ➔ dziurki od klucza lub otwory wentylacyjne w drzwiach lub wokół ich krawędzi, wynikające ze złego dopasowania drzwi lub braku uszczelek akustycznych w progach,
- ➔ otwory w ścianach lub podłogach, przez które przechodzą rury, kanały, przewody lub podobne instalacje,
- ➔ połączenia na obwodzie oraz łączenia elementów modułowych przegród, stropów i podłóg,
- ➔ wpuszczane otwory wentylacyjne w suficie podwieszanym wspólnej przestrzeni sufitowej, znajdującej się również nad sąsiednimi obszarami,
- ➔ kratki wentylacyjne lub nawiewniki, które mają wspólne kanały lub są połączone ze sobą,
- ➔ systemy rur grzewczych lub przewodów zasilających/kablowych do transmisji danych biegnące za ściankami działowymi.

## 3. Wymagania akustyczne środowiska pracy

Wymagania akustyczne środowiska pracy można podzielić na trzy rodzaje: wymagania związane z poziomem hałasu na stanowisku pracy (wszystkie dźwięki docierające na to stanowisko), wymagania związane z akustyką pomieszczenia (pogłos związany z dźwiękami odbitymi od powierzchni ograniczających pomieszczenie) i wymagania związane z akustyką budowlaną (dotyczące hałasu pochodzącego od wyposażenia technicznego budynku oraz izolacyjności przegród budowlanych). Poniżej przedstawiono obowiązujące w Polsce wymagania i kryteria oceny biurowego środowiska pracy.

### 3.1. Wartości dopuszczalne hałasu w środowisku pracy

Wartości dopuszczalne hałasu ze względu na ochronę słuchu (NDN) zawarto w Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (z późn. zm.) [17]. Zgodnie z tym rozporządzeniem hałas w środowisku pracy jest charakteryzowany przez: poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego lub tygodniowego wymiaru czasu pracy, maksymalny poziom dźwięku A oraz szczytowy poziom dźwięku C. Aby uwzględnić pozasłuchowe skutki oddziaływania hałasu i wynikającą z nich uciążliwość, należy odnieść się do dopuszczalnych wartości hałasu ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań wg PN-N-01307:1994 [18] oraz PN-Z-01338:2010 [19]. W tym przypadku wartości hałasu nie powinny przekraczać wartości podanych w tabeli 1. Wartości w niej

przedstawione służą jedynie do oceny głośności hałasu i nie uwzględniają innych charakterystyk hałasu (np. tonalności).

**Tabela 1.** Dopuszczalne wartości hałasu ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań wg PN-N-01307:1994 [18] i PN-Z-01338:2010 [19]

Lp.	Stanowisko pracy	Równoważny poziom dźwięku A w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy $L_{Aeq,Te}$ [dB]	Równoważny poziom dźwięku G w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy $L_{Geq,Te}$ [dB]
1.	kabiny bezpośredniego sterowania bez łączności telefonicznej w laboratoriach ze źródłami hałasu, pomieszczenia z maszynami i urządzeniami liczącymi, maszynami do pisania, dalekopisami i w inne pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	75	–
2.	kabiny dyspozytorskie, obserwacyjne i zdalnego sterowania z łącznością telefoniczną używaną w procesie sterowania, pomieszczenia do wykonywania prac precyzyjnych i inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	65	–
3.	pomieszczenia administracyjne, biura projektowe, do prac teoretycznych, opracowywania danych i inne o podobnym przeznaczeniu	55	86

W przypadku pomieszczeń przeznaczonych do przebywania osób określono wartości dopuszczalne hałasu w pomieszczeniach w odniesieniu do urządzeń stanowiących wyposażenie techniczne budynków. Dotyczy to m.in. hałasu przenikającego z pomieszczeń technicznych budynku (np. pompy, piece, windy), pochodzącego od urządzeń instalacyjnych (np. klimatyzatory, urządzenia wentylacyjne), wentylacji mechanicznej itp. W tabeli 2 przedstawiono dopuszczalne poziomy hałasu w wybranych pomieszczeniach przeznaczonych do pracy. Wartości te odnoszą się do pomieszczeń z zamkniętymi drzwiami i oknami, umeblowanych bez obecności ludzi. Dotyczą pory użytkowania bez rozróżnienia na porę dzienną i nocną.

**Tabela 2.** Dopuszczalne poziomy hałasu w wybranych pomieszczeniach wg PN-B-02151-2:2018-01 [20]

Lp.	Przeznaczenie pomieszczenia	Wzorcowy równoważny poziom dźwięku A, $L_{A,eq,nT}$ (dB)
1.	pracownie laboratoryjne bez urządzeń będących źródłem zakłóceń akustycznych	40
2.	pokoje pracowników naukowych i dydaktycznych	30
3.	gabinety lekarskie	35
4.	pokoje biurowe wykorzystywane przez odrębnych użytkowników	35
5.	biura wieloprzestrzenne, pokoje typu <i>open space</i>	40

Jeżeli w pomieszczeniu występuje hałas tonalny i/lub niskoczęstotliwościowy i/lub impulsowy, wartości najwyższego dopuszczalnego poziomu dźwięku A zmniejsza się o 5 dB. W PN-B-02151-2:2018-01 [20] hałas tonalny określa się jako hałas, w którego widmie 1/3 oktawowym występuje przynajmniej jedna składowa o poziomach co najmniej o 5 dB większych od poziomów hałasu w pasmach sąsiadujących. Hałas niskoczęstotliwościowy określa się jako hałas, w którego widmie dominującą rolę odgrywają składowe o częstotliwościach równych 250 Hz lub mniejszych.



Hałas impulsowy określa się jako hałas składający się z co najmniej jednego zdarzenia dźwiękowego o czasie trwania krótszym niż 1 s i maksymalnym poziomie dźwięku przewyższającym wartość  $L_{Aeq}$  dla tego hałasu o więcej niż 10 dB.

Pomiary hałasu w środowisku pracy przeprowadza się zgodnie z normami PN-EN ISO 9612:2011 [21] oraz PN-N-01307:1994<sup>1</sup> [18].

## 3.2. Hałas pogłosowy

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [22] budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby poziom hałasu – na który będą narażeni użytkownicy lub ludzie znajdujący się w ich sąsiedztwie – nie stanowił zagrożenia dla ich zdrowia, a także umożliwiał im pracę, odpoczynek i sen w zadowalających warunkach. W dokumencie zwraca się uwagę na konieczność ochrony przed hałasem pogłosowym, powstającym w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających dane pomieszczenie.

Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach zawiera Polska Norma PN-B-02151-4:2015-06 [23]. Norma nie dotyczy wnętrz specjalnych, takich jak sale koncertowe czy teatralne, które wymagają indywidualnego podejścia, lecz typowych pomieszczeń w budynkach użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego, w których poprawna akustyka warunkuje komfort ich użytkowania.

Stosowanie wymagań normy w odniesieniu do wskazanych w niej pomieszczeń ma na celu:

- ➔ zmniejszenie hałasu w pomieszczeniach przez ograniczenie pogłosu,

<sup>1</sup> Norma PN-N-01307:1994 w momencie publikacji poradnika znajduje się w nowelizacji.

- ➔ zapewnienie zrozumiałości mowy umożliwiającej właściwe użytkowanie pomieszczeń przeznaczonych do komunikacji werbalnej.

Wymagania wyrażone są za pomocą:

- ➔ czasu pogłosu<sup>2</sup> i wskaźnika transmisji mowy STI<sup>3</sup> – w przypadku pomieszczeń, których główna funkcja polega na komunikacji werbalnej,
- ➔ czasu pogłosu lub chłonności akustycznej<sup>4</sup> w przypadku pozostałych pomieszczeń.

Wymagania normy mają zastosowanie przy projektowaniu, wznoszeniu, modernizacji i przebudowie pomieszczeń.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [22], zawiera ogólne zalecenia dotyczące akustyki wewnątrz (patrz: Dział IX, § 323, ust. 2, oraz § 326, ust. 5), powołujące się na normę PN-B-02151-4:2015-06 [23] (patrz: Załącznik nr 1 do rozporządzenia).

W pokojach biurowych i inne pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu maksymalne dopuszczalne wartości czasu pogłosu wynoszą 0,56 s w zakresie 250 – 4000 Hz.

Norma PN-EN ISO 11064-6:2005 [24] podaje zalecenia dotyczące czasu pogłosu w centrach sterowania. Czas pogłosu w zakresie średnich częstotliwości 500 – 2000 Hz nie powinien przekraczać 0,75 s, przy czym zaleca się, aby był zbliżony do 0,4 s.

---

<sup>2</sup> Pogłos jest zjawiskiem stopniowego zanikania energii akustycznej związanym z występowaniem dużej liczby dźwięków odbitych od powierzchni pomieszczenia. Pogłos jest określany ilościowo przez czas pogłosu, czyli ilość sekund potrzebną na spadek poziomu ciśnienia akustycznego o 60 dB. Czas pogłosu jest jednym z podstawowych parametrów do oceny akustycznej wewnątrz. Wyznacza się go pomiarowo z użyciem specjalistycznej aparatury.

<sup>3</sup> Wskaźnik transmisji mowy STI jest parametrem określającym w sposób obiektywny zrozumiałość mowy. W ocenie uwzględnia m.in. pogłosowość pomieszczenia i hałas zakłócający odbiór mowy. Zrozumiałość mowy określa się w przedziałach 0 – 0,3 (zła), 0,3 – 0,45 (słaba), 0,45 – 0,6 (dostateczna) 0,6 – 0,75 (dobra) oraz 0,75 – 1 (doskonała). Wyznacza się go pomiarowo z użyciem specjalistycznej aparatury.

<sup>4</sup> Chłonność akustyczna charakteryzuje pochłanianie energii dźwiękowej w pomieszczeniu. Określa ją na podstawie średniego współczynnika pochłaniania dźwięku oraz pola powierzchni ograniczających pomieszczenie.

Minimalne dopuszczalne wartości tego parametru nie są określone we wszystkich pomieszczeniach pracy. W tabeli 3 podano minimalną wartość chłonności akustycznej pomieszczenia A odniesionej do 1 m<sup>2</sup> rzutu pomieszczenia (tj. podłogi) w wybranych pomieszczeniach wg PN-B-02151-4:2015.

**Tabela 3.** Wymagania dotyczące chłonności akustycznej pomieszczeń (wg PN-B-02151-4:2015 [23])

Pomieszczenie	A/1 m <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]
Biura wielkoprzestrzenne, otwarte pomieszczenia do prac administracyjnych, tj. <i>open space</i> , sale operacyjne banków i urzędów, biura obsługi klienta oraz inne pomieszczenia o podobnym przeznaczeniu	1,1
Centra obsługi telefonicznej	1,3

Dodatkowe wymagania stawia się pomieszczeniom typu *open space*. Zgodnie z PN-EN ISO 3382-3:2012-06 [25] pomieszczenia biurowe *open space* mają dobre właściwości akustyczne m.in. wtedy, gdy wartości spadku poziomu dźwięku A mowy na podwojenie odległości od mówiącego są większe lub równe 7 dB, a wartości poziomu dźwięku A mowy w odległości 4 m mniejsze niż 48 dB.

### 3.3. Izolacyjność akustyczna przegród w pomieszczeniach pracy

Podstawowym parametrem stosowanym do oceny właściwości akustycznych przegród ograniczających pomieszczenie: ściany wewnętrzne budynku (w tym sąsiadujące z innymi pomieszczeniami lub korytarzem), ściana lub ściany zewnętrzne (budynku) oraz strop jest izolacyjność akustyczna. W przypadku stropu wyróżnia się izolacyjność od dźwięków powietrznych i uderzeniowych, a dla pozostałych ścian pomieszczenia tylko izolacyjność akustyczną od dźwięków powietrznych. Wartości dopuszczalne tych parametrów nie są określone dla przegród we wszystkich pomieszczeniach pracy. Wybrane wymagania dotyczące izolacyjności akustycz-

nej przegród w pomieszczeniach pracy określone wg PN-B-02151- 3:2015-10 [26], podano w tabeli 4.

**Tabela 4.** Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w pomieszczeniach pracy [26]

Przeznaczenie budynku	Typ przegrody	Izolacyjność akustyczna – oznaczenie	Izolacyjność akustyczna – wartość [dB]
Budynki biurowe	Ściana między pokojami biurowymi	$R'_{A1}$	$\geq 40$
	Ściana między pokojami biurowymi, a korytarzem komunikacji ogólnej	$R'_{A1}$	$\geq 40$
	Strop	$R'_{A1}$	$\geq 50$
	Strop	$L'_{n,w}$	$\leq 58$

Oznaczenia:

$R'_{A1}$  i  $R'_{A2}$  – wskaźniki oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej

$L'_{n,w}$  – wskaźnik ważony przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego

## 4. Wyniki badań w zakresie uciążliwości hałasu

W CIOP-PIB w latach 2017-2022 prowadzone były badania w zakresie wpływu różnych charakterystyk dźwięku (np. tonalności) na odczuwaną uciążliwość oraz na wydajność pracy.

### 4.1. Grupa badawcza

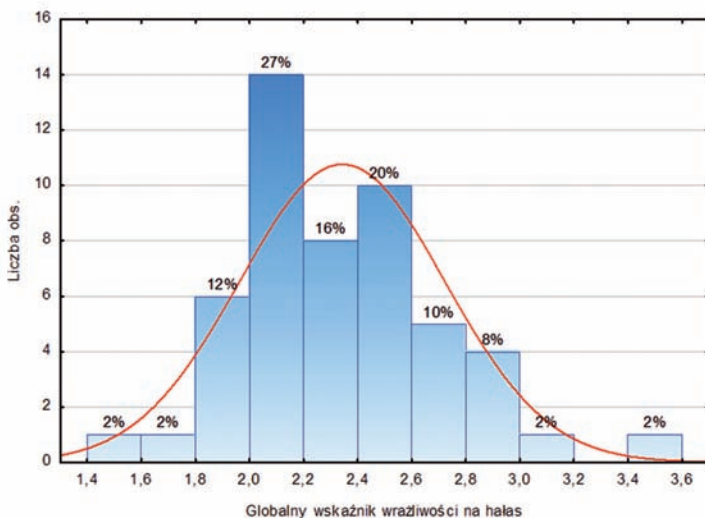
W badaniach laboratoryjnych wykorzystano metodę doboru nielosowego, polegającą na ustaleniu z góry pewnych charakterystyk, jakim mają odpowiadać poszczególne jednostki w próbie, tj.: wiek (przedział 18-50), wykształcenie

(średnie lub wyższe), dobry stan zdrowia, brak ubytków słuchu. Strukturę próby sformowano w sposób arbitralny. W badaniach wzięło udział 50 osób (19 mężczyzn oraz 31 kobiet).

Każda z badanych osób na wstępie została poddana badaniu słuchu (audiometria tonalna). Za próg kwalifikacji do badań przyjęto zakres 0-20 dB HL (przedział słuchu normalnego).

Przed przystąpieniem do badań każda z osób została poproszona o wypełnienie kwestionariusza wrażliwości na hałas. Do tego celu zastosowano zredukowany kwestionariusz (NoiSeQ). Wyniki badania kwestionariuszowego wykazały, że grupa badawcza była zróżnicowana pod względem wrażliwości na hałas (rys. 4).

Każda z badanych osób została zapoznana z przebiegiem badania, otrzymała odpowiednie instrukcje wykonania zadań oraz otrzymała do podpisu formularz świadomej zgody udziału w badaniach. Badania uzyskały pozytywną opinię Komisji Etyki.



Rys. 4. Histogram globalnego wskaźnika wrażliwości na hałas grupy badawczej

## 4.2. Metoda badawcza

Główna część badania składała się z czterech części podzielonych ze względu na prezentowane środowisko badawcze. W każdej części badane osoby wykonywały określone zadania na komputerze (testy psychologiczne), a następnie dokonywały oceny środowisk badawczych za pomocą kwestionariusza zawierającego:

- ➔ ocenę uciążliwości środowiska badawczego (skala werbalna oraz liczbowa wg ISO 15666: 2021 [2]),
- ➔ ocenę trudności i obciążenia w czasie wykonywania zadań (zredukowany kwestionariusz NASA Task Load Index).

Do badań zastosowano Wiedeński System Testów oraz wybrano dwa testy psychologiczne – test wydajności pracy ALS oraz test uwagi i koncentracji COG. W trakcie testu wydajności pracy ALS badane osoby dodają lub odejmują dwie cyfry umieszczone na ekranie jedna nad drugą i są zobowiązane do wykonania jak największej ilości działań w danym czasie. Możliwe jest także śledzenie, jak poprawność i szybkość wykonywanych działań zmienia się w czasie. Do oceny testu wykorzystuje się liczbę wykonanych obliczeń i wskaźnik procentowy błędów.

Test uwagi i koncentracji COG polega na tym, że zadaniem badanych osób jest porównywanie danej figury geometrycznej z innymi figurami geometrycznymi znajdującymi się na ekranie. Badana osoba rozstrzyga, czy porównywana figura jest identyczna z jedną z pozostałych czterech figur geometrycznych. Do oceny testu wykorzystuje się średni czas poprawnie odrzuconych figur (porównań).

Scenariusz badań obejmował cztery rodzaje wirtualnych środowisk badawczych o zamiennych charakterystykach czasowych, amplitudowych i częstotliwościowych dźwięku. Podczas ekspozycji na każde ze środowisk badawczych respondenci wykonywali test ALS, a następnie oceniali dane środowisko, wypełniając

formularz. Kolejność prezentacji środowisk badawczych była oparta na planie kwadratu łacińskiego, aby wykluczyć wpływ kolejności na wyniki oceny. Czas pełnego badania jednego uczestnika wynosił ok. 2 godzin.

Na potrzeby badań opracowano cztery rodzaje wirtualnych środowisk badawczych:

- ➔ środowisko A – ciche pomieszczenie biurowe,
- ➔ środowisko B – źródła hałasu biurowego (drukarki, komputery, telefony, klawiatury komputerowe),
- ➔ środowisko C – źródła hałasu biurowego (rozmowy o umiarkowanej zrozumiałości mowy),
- ➔ środowisko D – źródła hałasu biurowego (wszystkie źródła łączenie: rozmowy o umiarkowanej zrozumiałości mowy, drukarki, komputery, telefony, klawiatury komputerowe, przemieszczanie się osób).

Parametry akustyczne opracowanych środowisk badawczych podano w tabeli 5.

**Tabela 5.** Parametry akustyczne środowisk zastosowanych do badań laboratoryjnych

Środowisko badawcze	Głośność ISO 532-2 2017 (CPB) (sone)	Ostrość - Aures, ISO 532-1 2017 (acum)	Siła fluktuacji ISO 532-1 2017 (vacil)	Chropowatość ISO 532-1 2017 (asper)	Poziom dźwięku A (dB)
A	–	–	–	–	24,2
B	58,5	1,37	0,65	1,33	55
C	55,7	2,69	0,73	1,04	55
D	57,5	2,33	0,82	1,55	55

Psychoakustyczne parametry dla poszczególnych źródeł hałasu przedstawiono w tabeli 6.

Pierwsze założenie opracowanych środowisk od B do D było takie, aby dla każdego z nich równoważny poziom dźwięku A wynosił 55 dB (kryterium uciążliwości hałasu na stanowisku pracy zgodnie z PN-N-01307:1994 [18]). Drugim założeniem było

opracowanie środowisk badawczych zróżnicowanych pod względem zastosowanych źródeł hałasu oraz wartości parametrów psychoakustycznych.

**Tabela 6.** Parametry psychoakustyczne poszczególnych źródeł hałasu zastosowanych do badań laboratoryjnych

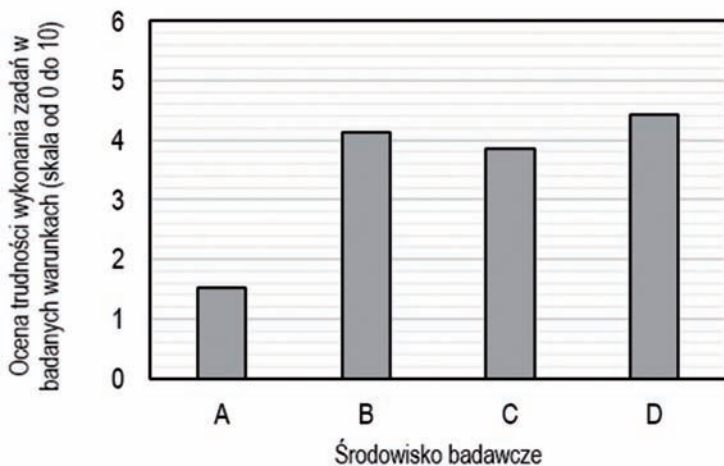
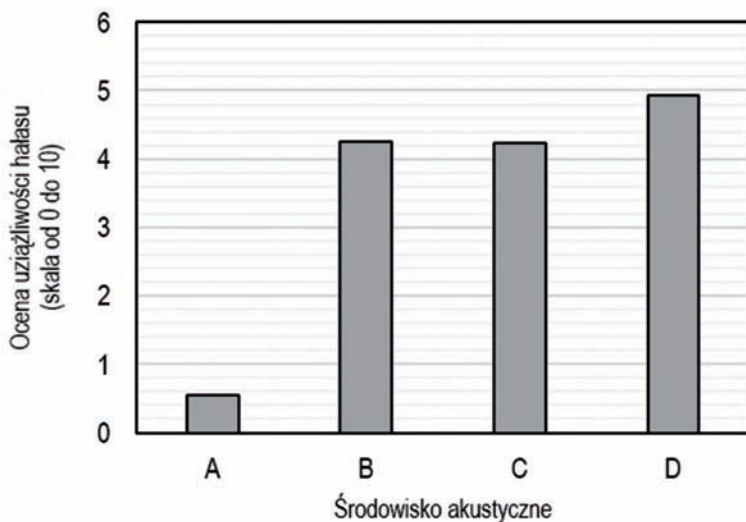
Lp.	Źródło hałasu	Siła fluktuacji ISO 532-1 2017 (vacil)	Chropowatość ISO 532-1 2017 (asper)	Ostrość - Aures, ISO 532-1 2017 (acum)	Środowisko badawcze
1.	telefon stacjonarny 1	0,9836	3,175	3,249	C,D
2.	telefon komórkowy 1	1,223	1,064	5,226	C,D
3.	telefon stacjonarny 2	0,8776	1,548	3,606	C,D
4.	telefon komórkowy 2	2,933	2,036	2,635	C,D
5.	rozmowy w tle 1	1,25	1,386	1,567	B,D
6.	rozmowy w tle 2	1,597	1,012	2,04	B,D
7.	rozmawiająca osoba 1	1,703	5,195	2,005	B,D
8.	rozmawiająca osoba 2	1,617	7,934	2,198	B,D
9.	odgłos kroków	2,66	2,362	2,125	D
10.	drukarka atramentowa	2,037	2,332	3,124	C,D
11.	drukarka laserowa	1,11	1,741	2,589	C,D
12.	kserokopiarka	2,599	2,138	2,218	C,D
13.	klawiatura komputerowa 1	1,377	3,056	3,151	C,D
14.	klawiatura komputerowa 2	1,587	1,681	3,164	C,D

Zarejestrowane rzeczywiste źródła hałasu zostały przeniesione do wirtualnego środowiska dźwiękowego 3D oraz przekonwertowane do dźwięku w technice binauralnej, który następnie odtwarzany był na słuchawkach umożliwiającym modelowanie akustyczne pomieszczeń.

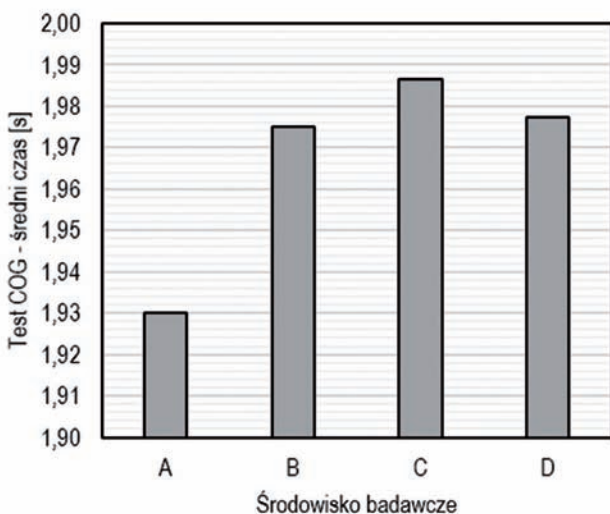
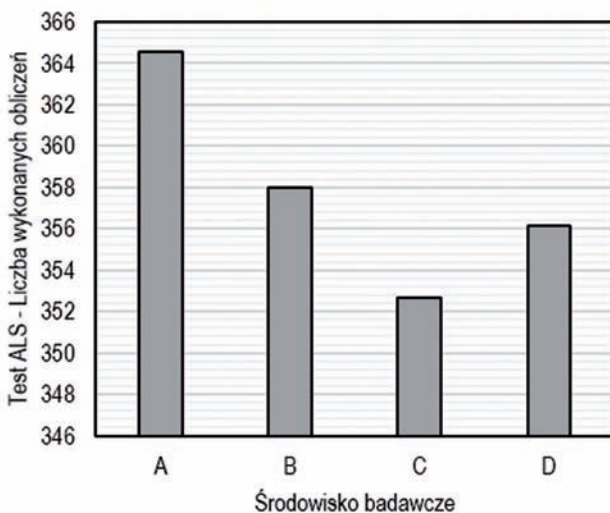


### 4.3. Wyniki badań

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono wybrane wyniki badań kwestionariuszowych oraz testów psychologicznych.



Rys. 5. Wyniki badań kwestionariuszowych dot. oceny uciążliwości hałasu oraz trudności wykonania zadań w badanych warunkach (wartości średnie po odrzuceniu obserwacji odstających)



Rys. 6. Wyniki testu ALS oraz testu COG (wartości średnie po odrzuceniu obserwacji odstających)

Zakres badanych środowisk obejmował środowiska od tych w ogóle nieuciążliwych do tych bardzo uciążliwych. Przeciętnie, środowiska, w których występował hałas biurowy: B, C i D, były oceniane jako umiarkowanie uciążliwe.

Mimo dużej rozpiętości poszczególnych ocen przeciętne wartości subiektywnej oceny – dotyczące tego, jak bardzo wymagające były wykonywane zadania w badanych warunkach – kształtowały się na podobnym poziomie dla środowisk: B, C, i D. Ogólnie rzecz biorąc, można uznać, że dla badanych osób zadanie było umiarkowanie wymagające dla środowisk: B, C i D i mało wymagające dla środowiska A.

Wyniki subiektywnej oceny głośności środowisk badawczych wykazały znaczną rozpiętość poszczególnych ocen, niemniej przeciętne wartości oceny wskazują na umiarkowaną głośność środowisk: B, C i D.

Wyniki subiektywnej oceny trudności wykonania zadania wykazały – podobnie jak w przypadku oceny głośności środowisk badawczych – dużą rozpiętość poszczególnych ocen, natomiast przeciętne wartości oceny wskazują na umiarkowaną trudność wykonania zadania w warunkach z hałasem (środowiska: B, C i D).



fot. luckybusiness/Bigstock

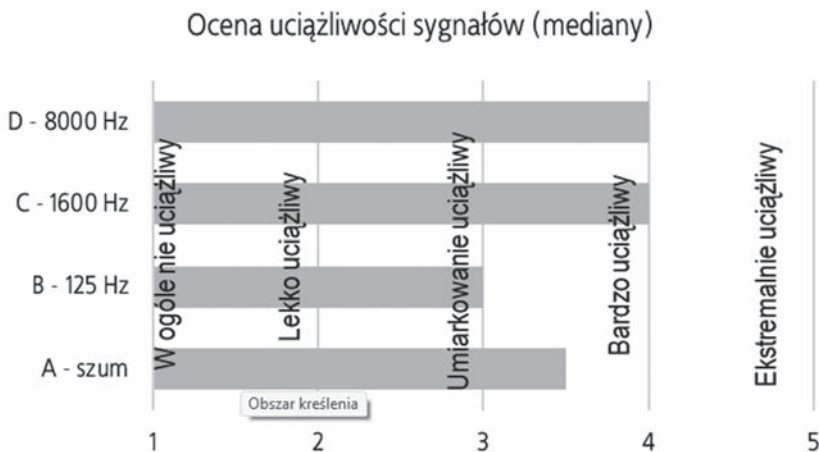
Wyniki testów psychologicznych wykazały zmniejszenie liczby wykonanych obliczeń w teście ALS oraz wydłużenie średniego czasu poprawnie odrzuconych figur (porównań) w teście COG dla środowisk ze źródłami hałasu biurowego (B, C i D). Mimo zróżnicowanych parametrów akustycznych źródeł hałasu biurowego w badanych środowiskach: B C i D nie zaobserwowano znacznych zmian w wynikach testów psychologicznych.

Podobne badania przeprowadzono w zakresie uciążliwości hałasu tonalnego. Metoda badawcza składała się z badań kwestionariuszowych (kwestionariusz NASA Task Load Index, kwestionariusz wrażliwości na hałas NoiSeQ) oraz komputerowych testów psychologicznych (test uwagi i koncentracji COG, test ciągłości uwagi DAUF, test wydajności pracy ALS). Przed każdym badaniem przeprowadzono badania audiometryczne oraz kwestionariuszowe badanie wrażliwości na hałas (NoiSeQ).

Na stanowisku badawczym generowano cztery rodzaje sygnałów testowych: filtrowany szum różowy (A), filtrowany szum różowy z tonem o częstotliwości 125 Hz (B), filtrowany szum różowy z tonem o częstotliwości 1600 Hz (C) oraz filtrowany szum różowy z tonem o częstotliwości 8000 Hz (D). Pierwszym założeniem opracowanych sygnałów było, aby dla każdego z nich równoważny poziom dźwięku A wynosił 55 dB (dotychczasowe kryterium uciążliwości hałasu [18]).

W badaniach laboratoryjnych uciążliwości hałasu tonalnego uczestniczyło 50 osób (25 mężczyzn oraz 25 kobiet) spełniających audiometryczne kryteria kwalifikacyjne ( $HL < 20$  dB). Grupa badanych osób była zróżnicowana pod względem wrażliwości na hałas, przy czym zdecydowana większość badanych osób była umiarkowanie wrażliwa na hałas. Badane sygnały były oceniane w zakresie od lekko uciążliwych do ekstremalnie uciążliwych. Przeciętnie sygnały A i B były oceniane jako umiarkowanie uciążliwe, natomiast sygnały C i D jako bardzo uciążliwe (rys. 7). W pozostałych badaniach kwestionariuszowych wartości

median wskazywały na umiarkowaną głośność sygnałów testowych oraz umiarkowaną trudność wykonywanych zadań. Wyniki badań wykazały, że najmniej uciążliwy był sygnał B, a najbardziej uciążliwe sygnały C i D, co koreluje z wynikami innych prac poświęconych tematyce uciążliwości hałasu tonalnego.



Rys. 7. Wyniki subiektywnej oceny uciążliwości sygnałów wg skali werbalnej ISO/TS 15666:2021 [2]

Najwięcej poprawnie wykonanych zadań obserwowano dla sygnału B (ocenia- nego jako najmniej uciążliwy). Średni czas poprawnie wykonanego zadania był najdłuższy dla sygnałów C i D (ocenianych jako najbardziej uciążliwe).

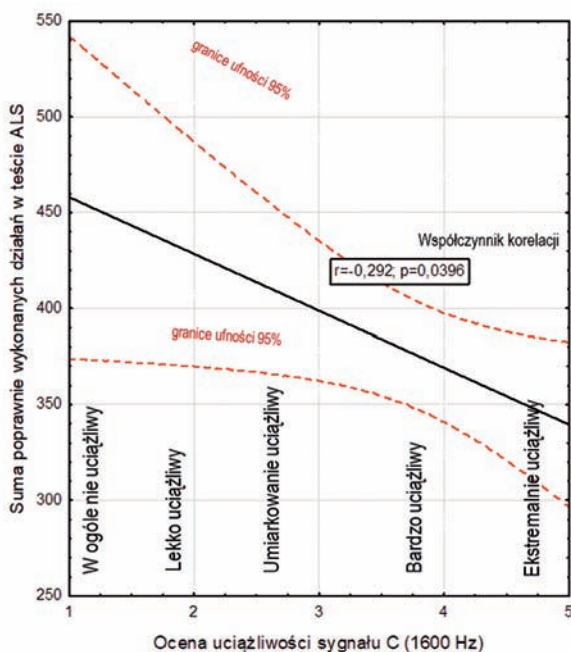
W teście uwagi i koncentracji COG najkrótszy średni czas poprawnie odrzuconych par figur obserwowano dla sygnału B (ocenia- nego jako najmniej uciążliwy). Suma niepoprawnie wykonanych działań była najmniejsza również dla sygnału B.

W teście wydajności pracy ALS różnice przeciętnych ilości wykonanych działań między poszczególnymi sygnałami nie przekraczały 11%. Największą ilość wykona- nych zadań zaobserwowano dla sygnału B (ocenia- nego jako najmniej uciążliwy). Najmniejszą ilość błędów popełnionych w teście ALS zaobserwowano również dla sygnału B.

Wyniki nie wykazały zróżnicowania istotnego statystycznie między poszczególnymi sygnałami we wszystkich rozpatrywanych testach psychologicznych, natomiast wykazały różnice istotne statystycznie między poszczególnymi sygnałami dla wszystkich badań kwestionariuszowych.

Wyniki analizy korelacyjnej wykazały zależności istotne statystycznie dla sumy wykonanych działań w teście ALS (sygnał C), procentowej ilości błędów w teście ALS (sygnał C) oraz sumy poprawnie wykonanych zadań w teście COG (sygnał D).

Im bardziej uciążliwy był sygnał C dla badanych osób, tym mniej działań wykonywały one w teście ALS oraz popełniały więcej błędów (rys. 8). Im bardziej uciążliwy był sygnał C dla badanych osób, tym mniej działań wykonywały one w teście ALS oraz popełniały więcej błędów. Podobne zależności zaobserwowano dla badań kwestionariuszowych oceniających głośność sygnałów oraz trudność wykonywanego zadania.



Rys. 8. Wyniki korelacji między subiektywną oceną uciążliwości sygnału a sumą poprawnie wykonanych działań w teście ciągłości uwagi ALS

## 5. Kryteria uciążliwości hałasu

Istotnym problemem w określeniu kryteriów uciążliwości hałasu jest powiązanie ich ze stanowiskiem i z rodzajem pracy. W niektórych *open space'ach* hałas waha się od 60 do 65 dB. Może wydawać się, że to niski poziom w porównaniu z ruchliwą ulicą, gdzie możemy spodziewać się 85 dB, ale wysokie poziomy hałasu mogą utrudnić pracę wymagającą koncentracji uwagi. Przykładowo w Niemczech ustanowiono normy hałasu dla różnego rodzaju prac. Podczas gdy 70 dB jest dopuszczalne w przypadku prostej i niewymagającej pracy biurowej, 55 dB jest wymogiem dla osób wykonujących „głównie pracę intelektualną”. Charakteryzuje się ją jako pracę wymagającą kreatywnego myślenia, podejmowania decyzji, rozwiązywania problemów i skutecznego komunikowania się.

Zalecany poziom hałasu przy pracy intelektualnej dotyczy również udziału w dyskusjach i spotkaniach oraz pracy samodzielnej. W literaturze zaleca się ten sam limit hałasu, np. dla lekarzy wykonujących operację.

Na podstawie analizy dotychczas prowadzonych badań w kraju i na świecie oraz wyników badań przedstawionych w rozdziale 6 niniejszego poradnika zaproponowano poniższe kryteria uciążliwości hałasu:

- ➔ jeżeli w pomieszczeniu występuje hałas **tonalny** i/lub **niskoczęstotliwościowy** i/lub **impulsowy**, wartości najwyższego dopuszczalnego poziomu dźwięku A zmniejsza się o **5 dB**;
- ➔ **hałas tonalny** określa się jako hałas, w którego widmie 1/3 oktawowym występuje przynajmniej jedna składowa o poziomach co najmniej o 5 dB większych od poziomów hałasu w pasmach sąsiadujących;
- ➔ **hałas niskoczęstotliwościowy** określa się jako hałas, w którego widmie dominującą rolę odgrywają składowe o częstotliwościach równych 250 Hz lub mniejszych;

- ➔ **hałas impulsowy** określa się jako hałas składający się z co najmniej jednego zdarzenia dźwiękowego o czasie trwania krótszym niż 1 s; występowanie tego rodzaju hałasu sprawdza się przez porównanie równoważnego i maksymalnego poziomu dźwięku A w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy. Hałas ma charakter impulsowy, jeżeli maksymalny poziom dźwięku A,  $L_{Amax}$  przewyższa wartość równoważnego poziomu dźwięku A,  $L_{Aeq}$  o więcej niż 10 dB.

W celu odniesienia się do dopuszczalnych wartości przedstawionych w tabeli 7 pomiary hałasu w środowisku pracy przeprowadza się zgodnie z normami PN-EN ISO 9612:2011 [22] oraz PN-N-01307:1994 [19]. Norma PN-N-01307:1994 w chwili publikacji poradnika znajduje się w nowelizacji. Hałas bada się przy założeniu, że uwzględnia się jedynie dźwięki dochodzące do pracownika, tj. bez jego udziału (np. jego rozmów itp.).

**Tabela 7.** Dopuszczalne wartości równoważnego poziomu dźwięku A ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań

Lp.	Stanowisko pracy	Równoważny poziom dźwięku A w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy $L_{Aeq,Te}$ [dB]
1.	stanowiska pracy w centrach sterowania lub w pomieszczeniach/kabinach wykorzystywanych w procesach sterowania i nadzoru dyspozytorskiego bez urządzeń komunikacyjnych; stanowiska w pracowniach laboratoryjnych z urządzeniami będącymi źródłem hałasu oraz w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	70
2.	stanowiska pracy w centrach sterowania lub w pomieszczeniach/kabinach wykorzystywanych w procesach sterowania i nadzoru dyspozytorskiego z wykorzystaniem urządzeń komunikacyjnych oraz w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	65
3.	Stanowiska pracy w pracowniach laboratoryjnych bez urządzeń będących źródłem hałasu	60



Lp.	Stanowisko pracy	Równoważny poziom dźwięku A w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy $L_{Aeq,Te}$ [dB]
4.	Stanowiska pracy w telefonicznych centrach obsługi klientów, w biurach projektowych i do opracowywania danych oraz innych o podobnym przeznaczeniu; w recepcjach oraz w punktach obsługi klienta; <i>rodzaj pomieszczeń:</i> biura wieloprzestrzenne, pokoje biurowe typu <i>open space</i>	55
5.	Stanowiska pracy w pomieszczeniach administracyjnych, do prac teoretycznych, opracowywania danych i innych o podobnym przeznaczeniu; <i>rodzaj pomieszczeń:</i> pokoje biurowe wykorzystywane przez odrębnych pracowników, np. gabinety lekarskie, pokoje pracowników naukowych itp.	50

## 6. Metody ograniczania uciążliwości hałasu w środowisku pracy

Identyfikacja uciążliwości hałasu to pierwszy krok, jaki należy podjąć w zapewnieniu odpowiedniej akustyki przestrzeni pracy. Do dobrych praktyk należą spotkania z pracownikami i wysłuchanie ich opinii na ten temat. Pomiary hałasu mogą być niezbędne do stwierdzenia, czy występują szkodliwe poziomy ciśnienia akustycznego. Pomiary widma hałasu w pasmach oktawowych lub w tercjowych są często niezbędne do opracowania skutecznej strategii kontroli hałasu.

Następnym krokiem jest ustalenie, dlaczego hałas jest problemem. Należy określić, która konkretna cecha hałasu jest uciążliwa. Czy hałas jest zbyt głośny, zbyt nieprzewidywalny (impulsowy), a może zbyt tonalny? Jest to konieczne do określenia, które środki ograniczenia hałasu są uzasadnione w celu jego zniwelowania.

Następnie należy opracować strategię ograniczenia hałasu. Kontrola hałasu w środowisku pracy to często skomplikowany proces, oparty na wielu czynnikach i specjalistycznej wiedzy. W dalszej części poradnika przedstawiono najbardziej powszechne sposoby ograniczania hałasu na stanowiskach pracy wymagających koncentracji uwagi.

## 6.1. Metody techniczne

Do rozwiązań technicznych w przypadku obiektów na etapie projektowania i budowy zalicza się:

- ➔ właściwą konstrukcją budynku – ściany zewnętrzne i wewnętrzne o izolacyjności akustycznej spełniającej wymagania odpowiednich przepisów budowlanych oraz zapewniających poziomy hałas tła poniżej wartości określonych w normach PN-B-02151-2:2018-01 [20] i PN-B-02151-3:2015-10 [26]; w razie konieczności można zwiększyć izolacyjność przegród budowlanych, stosując np. dodatkowe płyty kartonowo-gipsowe (rys. 9);



**Rys. 9.** Przykład zwiększenia izolacyjności przegród budowlanych przez dodatkowe płyty kartonowo-gipsowe

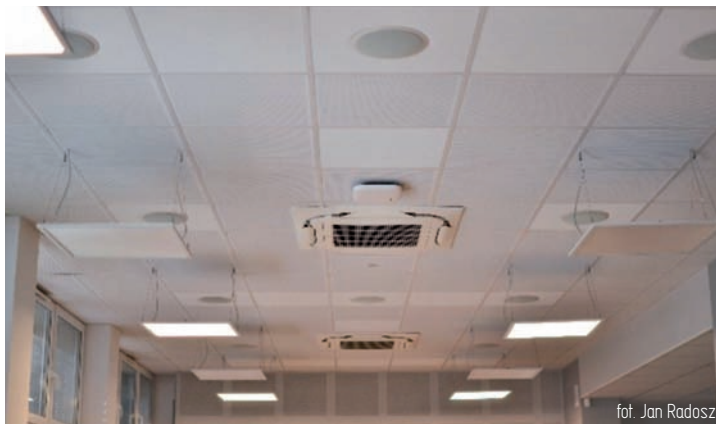
- ➔ właściwe rozwiązania architektoniczne obiektów, w tym usytuowanie pomieszczeń chronionych przed hałasem – należy zapewnić ich odpowiednią odległość (lub odpowiedni bufor w postaci pomieszczeń technicznych, schowków itp.) od pomieszczeń głośnych (np. stołówki, pomieszczeń socjalnych itp.) (rys. 10);



**Rys. 10.** Przykład projektu usytuowania pomieszczeń chronionych przed hałasem

- ➔ zastosowanie adaptacji akustycznych (sufit, ściany) – najpowszechniej stosowaną adaptacją akustyczną są sufity podwieszane z panelami pochłaniającymi dźwięk (rys. 11); często tylko dzięki temu rozwiązaniu można zapewnić wymagany czas pogłosu w pomieszczeniach zgodnie z PN-B-02151-4:2015-06 [23]; rozwiązanie to zmniejsza nie tylko poziom hałasu tła w pomieszczeniu, ale wpływa również na ograniczenie hałasu związanego z aktywnością pracowników; wytłumione pomieszczenia o krótkim czasie pogłosu motywują pracowników do cichszego mówienia i zachowania; na czas pogłosu wpływa w znaczny sposób również wyposażenie pomieszczeń, np. tablice tekstylne lub korkowe, dywany lub wykładziny dywanowe, szafy z książkami, krzesła z elementami tapicerowanymi, zasłony, rolety, które zwiększają chłonność

akustyczną pomieszczenia; elementy wyposażenia z twardymi odbijającymi powierzchniami, np. ze szklanymi, metalowymi czy ceramicznymi niekorzystnie wpływają na chłonność pomieszczenia i wydłużają czas pogłosu, np. położenie w mniejszych pomieszczeniach dywanów/wykładzin o wymiarach 4 x 5 m może skrócić czas pogłosu nawet o 40%, a w pomieszczeniach z dużą ilością krzesel – zamiana drewnianych krzesel na tapicerowane może skrócić czas pogłosu nawet o 15-20%;



fol. Jan Radosz

**Rys. 11.** Przykład zastosowania podwieszanego sufitu z panelami pochłaniającymi dźwięk oraz dodatkowymi elementami pochłaniającymi dźwięk na tylnej ścianie pomieszczenia

- ➔ stosowanie urządzeń technicznych w budynku o poziomach nieprzekraczających wartości dopuszczalnych określonych przepisami (PN-B-02151-2:2018 [20]); dotyczy to głównie urządzeń systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji oraz instalacji wodnych, ale również innych źródeł hałasu w budynku i wyposażenia stanowisk pracy (np. komputerów, drukarek itp.).

Dwa ostatnie rozwiązania, tj. adaptacje akustyczne pomieszczeń oraz ciche urządzenia w budynku mają zastosowanie również do obiektów istniejących.

Do rozwiązań technicznych w przypadku obiektów istniejących można zaliczyć następujące działania:

- ➔ zastosowanie dywanów lub wykładzin dywanowych na podłogach – wykładzina dywanowa nie tylko działa jako wibroizolator (tłumienie hałasu pochodzącego od przemieszczania się pracowników), ale również ogranicza odbicia dźwięku od podłoża (rys. 12);



Rys. 12. Wykładzina dywanowa tłumiąca dźwięki uderzeniowe oraz ograniczająca odbicia dźwięku od podłogi

- ➔ zastosowanie na sufitach materiału dźwiękochłonnego w formie sufitu podwieszanego, wyspowego lub elementów wolnowiszących – poziomych lub pionowych paneli z wysokim współczynnikiem pochłaniania dźwięku (rys. 13 i rys. 14);



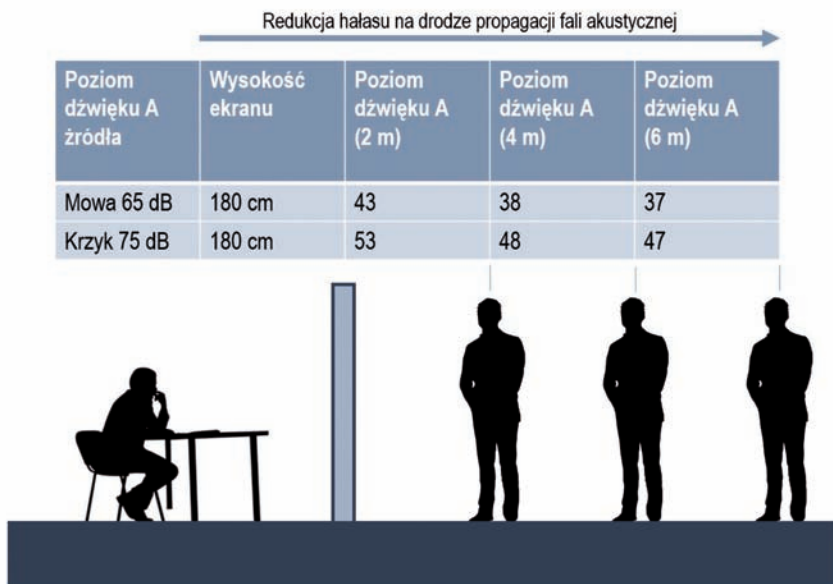
Rys. 13. Przykład zastosowania podwieszanego sufitu z panelami pochłaniającymi dźwięk



fol. Vadim Gunko/Bigstock

**Rys. 14.** Przykład zastosowania sufitu z panelami pionowymi (mikroperforowany fornir z wypełnieniem pochłaniającym dźwięk)

- ➔ ekrany akustyczne – ekrany wolnostojące należy zaplanować jako część całego rozwiązania adaptacji akustycznej; położenie, wysokość i ilość należy uwzględnić wraz z właściwościami pochłaniania sufitu, podwieszanych absorberów, paneli ściennych oraz poziomu hałasu w miejscu przebywania pracowników; wpływ ekranu akustycznego na hałas w pomieszczeniu zależy od miejsca, w którym się go określa (rys. 15); skuteczność ekranu akustycznego wynika nie tylko z właściwości ekranu, ale również zależy od widma źródła hałasu, właściwości akustycznych pomieszczenia oraz wzajemnego położenia źródła, ekranu i miejsca chronionego; w pomieszczeniach, które nie mają adaptacji akustycznej (mała chłonność akustyczna), zastosowanie ekranów akustycznych przyniesie bardzo niewielki skutek.



Rys. 15. Przykład zastosowania ekranu akustycznego w pomieszczeniu

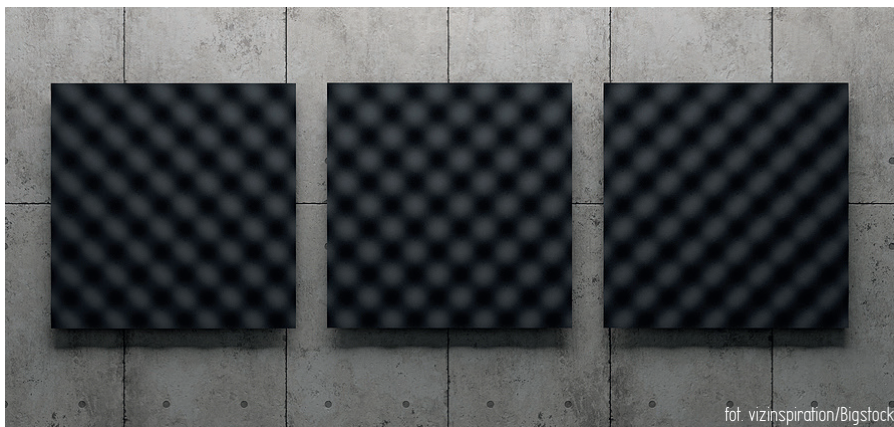
Przy adaptacji akustycznej pomieszczenia należy zwrócić uwagę na parametry pochłaniania dźwięku materiałów, które mają być wykorzystane. Najbardziej skuteczne pod względem pochłaniania dźwięku są sufity akustyczne z elementów z wełny szklanej, które posiadają współczynnik pochłaniania dźwięku wynoszący 0,9-1,0 (90-100% pochłaniania dźwięku). Dla porównania sufit nie poddany żadnej adaptacji akustycznej, pochłania jedynie 2% fal dźwiękowych. Odbicia dźwięku w takim przypadku niekorzystnie wpływają na akustykę pomieszczenia, zwiększając poziom hałasu tła oraz zmniejszając zrozumiałość mowy.

Zastosowanie materiałów dźwiękochłonnych na suficie o nieodpowiednich parametrach pochłaniania dźwięku (np. pochłanianie jedynie w zakresie wysokich częstotliwości) będzie z kolei nieskutecznym działaniem, którego konsekwencją może być zdudnienie dźwięku.

Im większa powierzchnia sufitu jest pokryta materiałem dźwiękochłonnym, tym większe będzie ograniczenie odbić dźwięku. W celu odpowiedniego zaprojektowania

i rozmieszczenia materiałów pochłaniających należy skontaktować się ze specjalistą do spraw akustyki. Zbyt mała lub zbyt duża ilość materiału dźwiękochłonnego może spowodować ograniczenie funkcjonalności pomieszczenia.

W większych pomieszczeniach zalecana jest dodatkowa adaptacja akustyczna na wybranych ścianach jako uzupełnienie adaptacji sufitu czy podłogi. Panele akustyczne naścienne (rys. 16) można wykorzystać w adaptacji silnie odbijających powierzchni, do jakich należą np. beton i szkło.



Rys. 16. Przykład paneli ściennych uzupełniających adaptację akustyczną pomieszczenia

## 6.2. Metody organizacyjne

### Jakie działania mogą podjąć pracownicy?

- ➔ Należy zwrócić uwagę na głośność swojego głosu. Wiele osób nie zdaje sobie sprawy, że mogą nieświadomie podnosić głos, rozmawiając przez telefon, szczególnie w głośnym otoczeniu. Mamy tendencję do myślenia, że głośniejsze mówienie sprawia, że będziemy lepiej zrozumiani.
- ➔ Należy sprawdzać głośność urządzeń osobistych. Jeśli podczas pracy korzysta się ze słuchawek, należy zadbać o kontrolę głośności, aby nie spowodować zagrożenia dla słuchu oraz nie przeszkadzać pracownikom na sąsiednich stanowiskach pracy. Należy również dostosować głośność



sluchawek do możliwości usłyszenia dźwięków ostrzegawczych. Podczas pracy w pomieszczeniach wieloosobowych należy ustawić niski poziom głośności telefonu komórkowego lub ustawić go w trybie wibracji.



- ➔ Zaleca się w przypadku spotkań online korzystanie z sal konferencyjnych lub innych pomieszczeń do spotkań wideo i wideokonferencji (rys. 17).



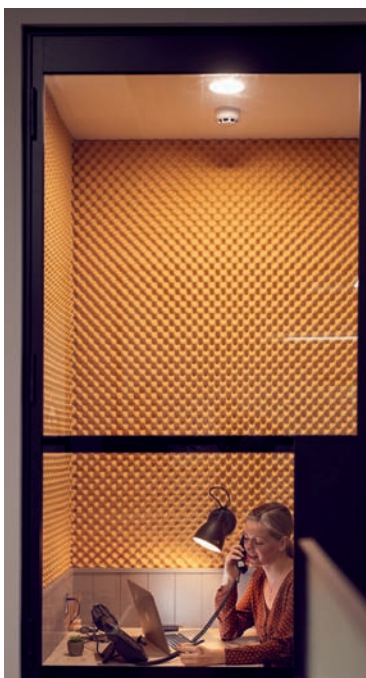
**Rys. 17.** Przykład pomieszczenia przeznaczanego do spotkań wideo i wideokonferencji

- ➔ Jeśli hałas w miejscu pracy jest uciążliwy, warto zadbać o tymczasowe przerwy i skorzystać z miejsc do odpoczynku (ciche strefy itp.).



fot. Sergey Nivens/Bigstock

- ➔ Dobrą praktyką jest wyciszenie sygnału dzwonka w telefonie komórkowym po wejściu do biura, a w przypadku oddalenia się od miejsca pracy – zabieranie telefonu ze sobą.
- ➔ Rozmowy w większym gronie należy przeprowadzać w pomieszczeniach do tego przeznaczonych.
- ➔ Jeśli jest to możliwe, rozmowy telefoniczne przeprowadzaj w miejscach do tego wyznaczonych, np. w specjalnych budkach (rys. 18).



**Rys. 18.** Budka dźwiękoizolacyjna do rozmów telefonicznych oraz online

fot. monkeybusinessimages/Bigstock

- ➔ Jeśli nie ma możliwości skorzystania z odrębnych pomieszczeń, podczas korzystania z multimediiów, zawsze należy korzystać ze słuchawek (rys. 19).



**Rys. 19.** Praca z dźwiękiem przy komputerze w pomieszczeniach wieloosobowych

- ➔ Pokoje cichej pracy należy zajmować zgodnie z ich przeznaczeniem i faktyczną potrzebą, pamiętając o innych współpracownikach.
- ➔ Dobrą praktyką jest stosowanie oznaczeń dla stref cichych i głośnych.

### **Jakie działania mogą podjąć pracodawcy?**

- ➔ Kupując wyposażenie do miejsc pracy (np. drukarki i kserokopiarki), należy rozważyć zakup tych modeli o niższym poziomie emisji hałasu.
- ➔ Dobrą praktyką są spotkania z pracownikami w celu wysłuchania skarg i podjęcia działań w celu zidentyfikowania źródeł hałasu.

- ➔ Dobrą praktyką jest wdrożenie zasad dotyczących odpowiednich poziomów hałasu oraz tego, kiedy i gdzie dopuszczalne jest prowadzenie głośnych rozmów i wideokonferencji. Wprowadzenie zasad dotyczących hałasu w biurze wspomaga kształtowanie dobrych nawyków wśród pracowników.
- ➔ Drukarki i kserokopiarki należy umieszczać z dala od pracowników, najlepiej w oddzielnych, wentylowanych pomieszczeniach.
- ➔ W razie konieczności należy zmierzyć poziom hałasu w biurze nawet za pomocą aplikacji, np. NIOSH Sound Level Meter (rys. 20). Jeśli poziomy hałasu będą wysokie, skonsultuj się z specjalistą do spraw akustyki.



fol. Jan Radosz

**Rys. 20.** Aplikacja mobilna do pomiarów hałasu

- ➔ Miejsce pracy należy zaplanować z myślą o czynnościach, które mają być tam wykonywane. Na przykład pomieszczenia typu *call center* mają inne wymagania dotyczące akustyki niż pomieszczenia administracyjne. Rodzaje materiałów użytych do budowy lub remontu miejsca pracy powinny zapewniać odpowiednie właściwości akustyczne.

- ➔ Jeżeli pracownicy nie są ze sobą stale powiązani wspólnymi zadaniami, miejsca ich pracy można zlokalizować tak, aby pracownicy siedzieli do siebie plecami. W ten sposób dźwięki bezpośrednie mowy nie będą docierać na sąsiednie miejsce pracy.
- ➔ Kolejną z możliwości ograniczenia hałasu przy planowaniu biura jest izolowanie źródeł hałasu lub odsunięcie ich od stanowisk pracy. W przypadku źródeł punktowych poziomy dźwięku spadają wraz z odległością – w przestrzeni otwartej jest to redukcja poziomu dźwięku o 6 dB na każde podwojenie odległości od źródła. Redukcja hałasu uzyskana dzięki zamknięciu kserokopiarki w oddzielnym pomieszczeniu może obniżyć poziom hałasu w pomieszczeniu pracy nawet o ponad 15 dB.

## 7. Podsumowanie

Zmiany w sposobie projektowania i funkcjonowania biur oraz sposób, w jaki się komunikujemy, a także zwiększenie liczby stanowisk pracy w jednym pomieszczeniu wpłynęły niekorzystnie na poziomy hałasu. Należy zadbać o równowagę między potrzebą komunikowania się, potrzebą prywatności i potrzebą koncentracji podczas pracy. Problemy akustyczne można łatwo i ekonomicznie rozwiązać na etapie projektowania przestrzeni pracy. Na późniejszym etapie można je rozwiązać również przy użyciu metod organizacyjnych. Przykładowo wysokie poziomy hałasu w *open space'ach* można ograniczyć przez wprowadzenie cichych pomieszczeń do pracy w skupieniu oraz stref ciszy przeznaczonych na spotkania i prywatne rozmowy. Problemy akustyczne w pomieszczeniach często wynikają ze zbyt długiego czasu pogłosu, który powoduje w pomieszczeniu wrażenie echa, albo z hałasu przenikającego z zewnątrz do pomieszczeń w wyniku słabej izolacji akustycznej.

Poziomy hałas wpływają na każdego pracownika w inny sposób, a to, co może być uciążliwe dla jednego pracownika, może nie być zauważalne dla innego. Należy zachęcać do rozmów dotyczących hałasu w biurze i ułatwiać pracownikom zgłaszanie swoich problemów kierownictwu i przedstawianie pomysłów, które mogą te problemy ograniczyć. Na żądanie pracowników należy zapewnić ochronę słuchu.



Nie wszystkie biura lub pracownicy są tacy sami. W analizie i projektowaniu przestrzeni pracy należy uwzględnić zarówno dane obiektywne (takie jak bezpośrednie pomiary poziomu dźwięku, wcześniejsze skargi związane z hałasem lub zawiadomienia o niepełnosprawności), jak i analizę subiektywną (np. ankiety pracowników dotyczące wpływu hałasu). Jeśli zostanie zidentyfikowany potencjalny problem, zasadne jest wprowadzenie nawet małych zmian, które mogą z czasem obniżyć poziomy hałasu i dyskomfort odczuwany przez pracowników.

# Bibliografia

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (z późn. zm.) (Dz. U. 2005 nr 157, poz. 1318).
- [2] ISO/TS 15666:2021. Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys [Akustyka – Ocena uciążliwości hałasu z wykorzystaniem badań społecznych i społeczno-akustycznych].
- [3] Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health [Wytyczne dotyczące hałasu dla regionu europejskiego: systematyczny przegląd hałasu w środowisku oraz jakości życia, dobrostanu i zdrowia psychicznego]. Int J Environ Res Public Health. 2018;15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112400>
- [4] ISO532-1:2017. Acoustics – Methods for calculating loudness – Part. 1: Zwicker method.
- [5] ANSI 3.4-2007. Procedure for the Computation of Loudness of Steady Sounds (Includes Loudness Program) [Procedura obliczania głośności dźwięków ustalonych (zawiera program głośności)]. American National Standards Institute, 2007.
- [6] Brocolini L, Lavandier C, Marquis-Favre C, et al. Prediction and explanation of sound quality indicators by multiple linear regressions and artificial neural networks [Prognozowanie i opis wskaźników jakości dźwięku za pomocą wielokrotnych regresji liniowych i sztucznych sieci neuronowych]. Proceedings of the Acoustics 2012, Nantes Conference, 23-27 April 2012. p. 2121-2126.
- [7] Sundstrom E, Town JP, Rice RW, et al. Office Noise, Satisfaction, and Performance [Hałas w biurze, zadowolenie i wydajność]. Environ Behav. 1994;26:195-222. <https://doi.org/10.1177/001391659402600204>
- [8] Pataki-Bittó F. Interruptions at work from the point of view of IT professionals [Przerwy w pracy z punktu widzenia informatyków]. Period Polytech Soc Manag Sci. 2018;26:121-129. <https://doi.org/10.3311/PPso.11857>

- [9] Kou S, McClelland A, Furnham A. The effect of background music and noise on the cognitive test performance of Chinese introverts and extraverts [Wpływ muzyki i hałasu tła na wyniki testów poznawczych chińskich introwertyków i ekstrawertyków]. *Psychol Music*. 2018;46:125-135. <https://doi.org/10.1177/0305735617704300>
- [10] Haka M, Haapakangas A, Keränen J, et al. Performance effects and subjective disturbance of speech in acoustically different office types – A laboratory experiment [Wpływ na wydajność pracy i subiektywne zaburzenia mowy w akustycznie różnych typach biur – Eksperyment laboratoryjny]. *Indoor Air*. 2009;19:454-467. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2009.00608.x>
- [11] Hongisto V, Haapakangas A, Keskinen E, et al. Effects of office noise on work performance and acoustic comfort – Laboratory experiment simulating three different office types [Wpływ hałasu biurowego na wydajność pracy i komfort akustyczny – Eksperyment laboratoryjny symulujący trzy różne typy biur]. *Proceedings of Internoise 2010*, ID 348, Vol. 4, 13-16 June 2010, Lisbon, Portugal; 2010. p. 2809-2816.
- [12] Perham N, Hodgetts H, Banbury S. Mental arithmetic and non-speech office noise: An exploration of interference-by-content [Arytmetyka umysłowa i hałas biurowy bez rozmów: badanie interferencji według treści]. *Noise Health*. 2013;15:73-78. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.107160>
- [13] Martellotta F, Crociata SD, Simone A. Laboratory study on the effects of office noise on mental performance [Badania laboratoryjne nad wpływem hałasu biurowego na sprawność umysłową]. *Proceedings of the Forum Acusticum 2011*; Aalborg, Denmark. 27 June – 1 July 2011; 2011. pp. 1637-1642.
- [14] Marsh JE, Ljung R, Jahncke H, et al. Why are background telephone conversations distracting? [Dlaczego rozmowy telefoniczne w tle rozpraszają uwagę?]. *J Exp Psychol Appl*. 2018;24:222-235. <https://doi.org/10.1037/xap0000170>
- [15] Haapakangas A, Hongisto V, Eerola M, et al. Distraction distance and perceived disturbance by noise – An analysis of 21 open-plan offices. [Odległość rozpraszania i postrzegane zakłócenia spowodowane hałasem – Analiza 21 biur na planie otwartym]. *J Acoust Soc Am*. 2017;141:127-136. <https://doi.org/10.1121/1.4973690>



- [16] Liebl A, Drotleff H, Wack R, et al. The influence of speech intelligibility on performance and acoustic comfort in offices [Wpływ zrozumiałości mowy na wydajność i komfort akustyczny w biurach]. Proceedings of 9th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, Vol. 1, 13-16 June 2010, Lissabon, Portugal; 2010. p. 798-802.
- [17] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (z późn. zm.) (Dz. U. 2018 poz. 1286).
- [18] PN-N-01307:1994. Hałas Dopuszczalne wartości parametrów hałasu w środowisku pracy – Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- [19] PN-Z-01338:2010. Akustyka – Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy.
- [20] PN-B-02151-2:2018-01. Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [21] PN-EN ISO 9612:2011. Akustyka – wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas – Metoda techniczna.
- [22] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późn. zm.) (Dz. U. 2002 nr 75, poz. 690).
- [23] 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.
- [24] PN-EN ISO 11064-6:2005. Ergonomiczne projektowanie centrów sterowania. Część 6: Wymagania środowiskowe dotyczące centrów sterowania.
- [25] PN-EN ISO 3382-3:2022-06. Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń. Część 3: Pomieszczenia biurowe typu „open space”.
- [26] 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.