



dr hab. inż. WITOLD MIKULSKI, prof. CIOP-PIB (ORCID: 0000-0002-2387-9631)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: wimik@ciop.pl

DOI: 10.54215/BP.2022.12.32.Mikulski

Ocena jakości akustycznej pomieszczeń biurowych typu *open space* z uwzględnieniem normy ISO 22955:2021

Fot. monkeybusinessimages/Bigstockphoto



W PN-B-2151-4:2015 wyróżnia się dwa typy wielkopowierzchniowych pomieszczeń pracy: grupę 1 – pomieszczenia biurowe *open space* (inaczej zwane otwartymi pomieszczeniami do prac administracyjnych), sale operacyjne banków i urzędów, biura obsługi klienta, oraz grupę 2 – centra obsługi telefonicznej. W każdej z tych grup określona jest minimalna chłonność akustyczna pomieszczenia. W PN-EN ISO 3382-3:2012 wprowadzono cztery inne kryteria akustyczne pomieszczeń, dotyczące grupy 2. Do stanowisk pracy lub wymienionych pomieszczeń odnoszą się także kryteria związane z dopuszczalnym hałasem, określone w PN-N-01307:1994 oraz PN-B-02151-2:2018. Omawiane kryteria opracowano od 28 do czterech lat wstecz i w wielu przypadkach nie są one w pełni dostosowane do obecnie eksploatowanych pomieszczeń. Skutkiem tego było wprowadzenie w nowej normie ISO 22955:2021 nowego podziału wielkopowierzchniowych pomieszczeń pracy na sześć klas, w tym klasy pomieszczeń przeznaczonych do pracy biurowej, ale bez wyposażenia. W artykule omówiono wymagania oraz podano kryteria oceny pomieszczeń biurowych *open space* według ISO 22955:2021 oraz norm: PN-N-01307, PN-B-02151-2, PN-B-02151-4 i PN-EN ISO 3382-3.

Słowa kluczowe: akustyka pomieszczeń, biura *open space*, hałas, chłonność akustyczna, czas pogłosu

Evaluation of the acoustic quality of open plan offices spaces, taking into account the ISO 22955 standard

The Polish standard PN-B-02151-4: 2015 distinguishes two types of large-area work rooms: 1 – open plan offices, operating rooms for banks and offices, customer service offices and 2 – call centres. In each of these types, criteria for the minimum sound absorption of the room are defined. The PN-EN ISO 3382-3:2012 specifies four other acoustic criteria for rooms, but referring only to rooms type 2. For workplaces or the above-mentioned the rooms are also subject to the criteria for permissible noise specified in the PN-N-01307:1994 and the PN-B-02151-2:2018 standards. Above the criteria were developed from 28 to 4 years ago and in many cases are not fully adapted to the currently used rooms. As a result, the new ISO 22955: 2021 introduced a new division of open plan offices spaces/rooms. There are five types of used rooms and an additional class i.e. a room intended for office work, but without equipment. The article will discuss the acoustic requirements and the evaluation criteria of the rooms according to ISO 22955:2021 and the standards: PN-N-01307, PN-B-02151-2, PN-B-02151-4 and PN-EN ISO 3382-3.

Keywords: room acoustics, open plan offices, noise, sound absorption, reverberation time

Wstęp

Jakość akustyczna pomieszczeń biurowych *open space* jest związana z akustycznym komfortem pracy pracowników. Komfort ten zależy od wielu cech środowiska akustycznego i obecnie – w przypadku tych pomieszczeń – charakteryzuje się go dwoma grupami wielkości fizycznych.

Grupa I obejmuje wartości dopuszczalne poziomu hałasu na stanowiskach pracy i w pomieszczeniach pracy:

- ze względu na ochronę słuchu według rozporządzenia [1]: *poziom ekspozycji na hałas odniesiony do ośmiogodzinnego dnia lub tygodnia pracy* – wartość dopuszczalna 85 dB, *maksymalny poziom dźwięku A* – 115 dB, *szczytowy poziom dźwięku C* – 135 dB (w rozpatrywanych pomieszczeniach te poziomy nie są przekroczone, więc dalej się pomija);
- ze względu na możliwość realizacji podstawowych zadań pracy według PN-N-01307:1994 [2]: *równoważny poziom dźwięku A od wszystkich źródeł hałasu łącznie* – 55 lub 65 dB;
- ze względu na hałas od wyposażenia technicznego budynku według PN-B-02151-2:2018¹ [3] (dla biur wielkoprzestrzennych, pokoi biurowych typu *open space* w Tabelcy 1 normy [3] określono wzorcowy równoważny poziom dźwięku A): *równoważny poziom dźwięku A w pomieszczeniu* – 40 dB, pomniejszony o poprawkę wynikającą z czasu pogłosu pomieszczenia (zob. wzór w tab. 2 i 3).

Z kolei grupa II obejmuje wartości dopuszczalne wielkości charakteryzujących właściwości akustyczne pomieszczenia:

- dopuszczalny hałas pogłosowy w pomieszczeniu według PN-B-02151-4:2015 [4]: minimalną *jednostkową chłonność akustyczną pomieszczenia* 1,1 m² lub 1,3 m²;
- ograniczenie poziomu dźwięku A mowy według PN-EN ISO 3382-3:2012 [5]: *poziom dźwięku A w odległości 4 m* – 48 dB oraz *spadek poziomu dźwięku A na podwojenie*

¹ Autor powołuje się już na nową normę PN-B-02151-2:2018, która ma zastąpić PN-B-02151-02:1987.

odległości od wzorcowego źródła mowy – 7 dB);

- ograniczeniu propagacji zrozumiętej mowy w pomieszczeniu według PN-EN ISO 3382-3 [5]: *promień rozproszenia* – 5 m i *promień prywatności*.

Te regulacje zostały wprowadzone w latach 1994-2018 i dość szczegółowo określają wysokie wymagania środowiska akustycznego w pomieszczeniach biurowych *open space*. W Polsce do dziś nie ma doniesień, że wszystkie z wymagań podanych w PN-B-02151-4 oraz PN-EN ISO 3382-3 są spełnione [6-9]. Ponadto te wymagania odnoszą się tylko do dwóch typów pomieszczeń *open space*: przeznaczonych do pracy samodzielnej oraz do pracy z wykorzystaniem środków komunikacji głosowej. Ponieważ w eksploatowanych budynkach biurowych znajduje się wiele pomieszczeń *open space*, których ze względu na charakter pracy nie da się zakwalifikować do wymienionych dwóch typów, dlatego w nowej normie ISO 22955:2021 [10] podano uszczegółowione wymagania w odniesieniu do sześciu typów pomieszczeń biurowych *open space*.

Celem artykułu jest omówienie akustycznych wymagań i zaleceń² dotyczących pomieszczeń *open space* w budynkach biurowych według nowej normy ISO 22955 oraz pomieszczeń do pracy samodzielnej i telefonistów, a także porównanie tych wymagań z podanymi w PN-N-01307, PN-B-02151-2, PN-B-02151-4 i PN-EN ISO 3382-3.

Typy pomieszczeń *open space* w budynkach biurowych według ISO 22955

W normie ISO 22955 pomieszczenia podzielono na sześć typów:

- 0 – pomieszczenie bez wyposażenia. Pomieszczenie o nieznanym przeznaczeniu, przed instalacją wyposażenia, ale już z adaptacją akustyczną sufitu (*vacant floor room* według [10]);
- 1 – pomieszczenie konsultantów teległosowych. Pomieszczenie telefonistów, konsultantów tele i wideo (*contact centre room – activity mainly focusing on outside of the room communication by telephone/audio/video* – według [10]);
- 2 – pomieszczenie pracy grupowej lokalnej. Pomieszczenie, w którym wykonywana jest wspólna (przeważnie) praca w małych grupach (*collaborate work room – activity mainly based on collaboration between people at the nearest workstation* – według [10]);
- 3 – pomieszczenie pracy indywidualnej. Pomieszczenie, w którym wykonywana jest

praca samodzielna, a rozmowy prowadzone są sporadycznie (*individual work room – activity mainly based on a small amount of collaborative work* – według [10]);

- 4 – pomieszczenie recepcyjne i do rozmów. Recepcje, obszary spotkań, w tym z osobami z zewnątrz (*receiving the public room – activity that can involve receiving public* – według [10]);
- 5 – pomieszczenie pracy zróżnicowanej. Pomieszczenie lub strefy o różnej biurowej aktywności (*combining activities room – mixed spaces, combining two or more activities in the same space* – według [10]).

Wymagania akustyczne stawiane pomieszczeniom biurowym *open space* oraz ogólna koncepcja spełnienia tych wymagań według ISO 22955

Wymagania akustyczne pomieszczeń biurowych *open space* oraz ogólną koncepcję spełnienia tych wymagań podano w tab. na s. 24. Zarówno w tabeli, jak i dalej w opisie, pominięto pomieszczenia pracy zróżnicowanej (typu 5), gdyż z punktu widzenia właściwości akustycznych należałoby je podzielić na obszary jednorodne pod względem wymagań akustycznych (tzn. obszary, które da się zakwalifikować do typu 1, 2, 3 lub 4). W odniesieniu do każdego typu pomieszczenia (poza typem 0) wymagania określono w trzech zakresach oddziaływania między sobą stanowisk lub grup stanowisk pracy: na stanowiskach pracy (tj. lokalnie, z uwzględnieniem pojedynczego stanowiska pracy), między stanowiskami (tj. lokalnie między sąsiednimi stanowiskami pracy), w obszarze pracy (między grupami stanowisk pracy, np. grupami o różnym charakterze pracy lub obejmującymi różne zespoły, werbalnie porozumiewające się między sobą w ramach grupy).

Wielkości fizyczne stosowane do oceny akustycznej pomieszczeń *open space* w budynkach biurowych

Do oceny akustycznej pomieszczeń *open space* w budynkach biurowych stosuje się kryteria podane w ISO 22955 (oraz innych normach: PN-N-01307, PN-B-02151-2, PN-B-02151-4 i PN-EN ISO 3382-3). Określono je przy pomocy takich wielkości fizycznych charakteryzujących środowisko akustyczne i właściwości akustyczne pomieszczeń biurowych *open space*, jak:

- $L_{p,Aeq,T}$ [dB] – równoważny poziom dźwięku A w czasie pracy na stanowisku pracy (analogicznie jak w PN-N-01307);
- A/S_p [m²] – jednostkowa chłonność akustyczna pomieszczenia, tj. chłonność akustyczna pomieszczenia odniesiona do jednostkowej powierzchni podłogi (wielkość związana ze stosowaną w PN-B-02151-4 chłonnością akustyczną pomieszczenia, [6,7]);

- T_r [s] – czas pogłosu pomieszczenia ($T_{r,250-4000}$ – wartość średnia arytmetyczna w oktawowych pasmach częstotliwości z zakresu 250-4000 Hz, $T_{r,125}$ – wartość dla oktawowego pasma częstotliwości o częstotliwości środkowej 125 Hz); wielkość ta jest silnie skorelowana z jednostkową chłonnością akustyczną pomieszczenia – szacunkowo zależność między nimi opisuje wzór Sabine'a (w obliczeniach szacunkowych stosuje się jego najprostszą postać: $T = 0,161 \cdot V/A$, gdzie V – objętość pomieszczenia w m³, A – chłonność akustyczna pomieszczenia w m²);
- $L_{p,Aeq,T,wew<zew}$ [dB] – równoważny poziom dźwięku A (wewnątrz pomieszczenia) od źródeł zewnętrznych (przy wyłączonej wentylacji);
- $L_{p,Aeq,T,tech}$ [dB] – równoważny poziom dźwięku A od wyposażenia (technicznego) budynku, w tym wentylacji, wind itp. (analogicznie jak w PN-B-02151-2);
- $D_{A,S}$ – różnica między poziomami dźwięku A w odległości 1 m (w przestrzeni otwartej) i w rozpatrywanym punkcie obserwacji (w pomieszczeniu);
- $D_{2,5}$ [dB] – spadek poziomu dźwięku A na podwojenie odległości od wzorcowego źródła mowy (analogicznie jak w PN-EN ISO 3382-3);
- $L_{p,A,S,4m}$ [dB] – poziom dźwięku A w odległości 4 m od wzorcowego źródła mowy (analogicznie jak w PN-EN ISO 3382-3).

W normie ISO 22955 nie uwzględniono wielkości kryterialnych promienia rozproszenia i promienia prywatności, tj. wielkości określających „zasięg” zrozumiętej mowy (tzn. maksymalnych odległości, przy których wartość wskaźnika transmisji mowy STI wynosi 0,5 i 0,2 według PN-EN ISO 3382-3).

Kryteria oceny pomieszczeń biurowych *open space* do pracy indywidualnej według ISO 22955 i norm dotychczas stosowanych

Wartości kryterialne (wymagania/zalecenia) wielkości charakteryzujących właściwości akustyczne pomieszczeń biurowych *open space* do pracy indywidualnej (*individual work room*) – według ISO 22955 oraz PN-N-01307, PN-B-02151-2, PN-B-02151-4 i PN-EN ISO 3382-3 – podano w tab. na s. 25. Zakres wymagań/zaleceń tych norm jest podobny z dwoma wyjątkami:

- w odróżnieniu od PN-EN ISO 3382-3 w ISO 22955 nie podano wymagań co do promieni rozproszenia i prywatności. Zdaniem autora są to istotne wielkości charakteryzujące pomieszczenie, a w konsekwencji – komfort pracy i jakość akustyczną pomieszczenia. Należy jednak zaznaczyć, że uzyskanie tzw. dobrych (według PN-EN ISO 3382-3) właściwości akustycznych pomieszczenia jest bardzo trudne;
- w ISO 22955 podano dotychczas niestosowane kryterium dotyczące różnicy między poziomami dźwięku A w odległości 1 m oraz w (zadany) punkcie obserwacji $D_{A,S}$.

² Uwaga: przez wymaganie rozumie się kryterium obligatoryjne podane w rozporządzeniu, np. [1], lub normie [4] i poprzedniej wersji normy [3], powołanych w rozporządzeniu [11]. Wyjątkiem od tej reguły jest nowa norma ISO 22955, która nie jest powołana, jednakże w jej treści podane są kryteria wymagane oraz zalecane. Dlatego w tekście artykułu (w tym w tab. 2 i 3) wymagania wynikające z ISO 22955:2021 nazywa się – w celu odróżnienia od wymagań obligatoryjnych – wymaganiami według ISO 22955.

Tabela 1. Wymagania akustyczne stawiane pomieszczeniom *open space* w budynkach biurowych według ISO 22955

Table 1. Acoustic requirements for open spaces in office buildings according to ISO 22955

Nr typu i nazwa pomieszczenia	Zakres oddziaływania	Wymagania opisowo, cel	Działania, środki, wskazówki i ogólne kryteria
0 – pomieszczenie bez wyposażenia (<i>vacant floor room</i>)	w całym obszarze pracy	<ul style="list-style-type: none"> • minimalizacja efektu jednoczesnego oddziaływania wielu źródeł, • zabezpieczenie przed efektem Lombarda 	minimalizacja czasu pogłosu
		minimalizacja wpływu zewnętrznych źródeł hałasu	tłumienie hałasu z zewnątrz
		minimalizacja wpływu wewnętrznych źródeł hałasu	ograniczenie hałasu wewnętrznych źródeł hałasu, tj. od tzw. technicznego wyposażenia budynku (np. wentylacji, wind)
1 – pomieszczenie konsultantów teległosowych (<i>contact centre room</i>)	na stanowiskach pracy	<ul style="list-style-type: none"> • poprawa zrozumiałości mowy przez telefon (krótkie rozmowy), • limitowanie hałasu 	odpowiedni S/N (stosunek sygnału mowy do hałasu)
	między stanowiskami pracy	ograniczenie przeszkadzania między sąsiednimi stanowiskami pracy	zwiększenie prywatności przez zmniejszenie zrozumiałości mowy między stanowiskami pracy
	w obszarze pracy	<ul style="list-style-type: none"> • minimalizacja efektu jednoczesnego oddziaływania wielu źródeł, • zabezpieczenie przed efektem Lombarda, • ograniczenie głosów powodujących zaniepokojenie 	<ul style="list-style-type: none"> • zmniejszenie nieodłącznego wpływu wzmocnienia hałasu w pomieszczeniu przez maksymalnie możliwą redukcję pogłosu, • zmniejszenie propagacji dźwięku mowy
2 – pomieszczenie pracy grupowej lokalnej (<i>collaborate work room</i>)	na stanowiskach pracy	możliwość komunikacji bez podnoszenia głosu	dobra do doskonałej zrozumiałość mowy przy normalnym poziomie dźwięku głosu (wskaźnik transmisji mowy $STI \geq 0,6$, a nawet $\geq 0,75$)
	między stanowiskami pracy	<ul style="list-style-type: none"> • komunikacja między członkami zespołu, • satysfakcjonująca zrozumiałość mowy między członkami zespołu przy normalnym poziomie głosu 	umiarkowane tłumienie dźwięku mowy między stanowiskami pracy zespołowej
	w obszarze pracy	redukcja wzajemnego przeszkadzania różnych zespołów	<ul style="list-style-type: none"> • zmniejszenie nieodłącznego wpływu wzmocnienia hałasu w pomieszczeniu przez maksymalnie możliwą redukcję pogłosu, • zwiększenie spadku poziomu dźwięku na podwojenie odległości od źródła mowy
3 – pomieszczenie pracy indywidualnej (<i>individual work room</i>)	na stanowiskach pracy	najwyższa zrozumiałość mowy (wskaźnik transmisji mowy STI maksymalny)	<ul style="list-style-type: none"> • niski poziom tła akustycznego, • dobra do doskonałej zrozumiałość mowy przy normalnym poziomie dźwięku głosu (wskaźnik transmisji mowy $STI \geq 0,6$, a nawet $\geq 0,75$).
	między stanowiskami pracy	<ul style="list-style-type: none"> • wymagana dyskrekcja między sąsiednimi stanowiskami pracy (obniżenie poziomu głosu), • średnia zrozumiałość między sąsiednimi stanowiskami pracy 	najwyższe tłumienie dźwięku
	w obszarze pracy	redukcja przeszkadzania od rozmów innych osób	<ul style="list-style-type: none"> • zmniejszenie nieodłącznego wpływu wzmocnienia hałasu w pomieszczeniu przez maksymalnie możliwą redukcję pogłosu, • zwiększenie spadku poziomu dźwięku na podwojenie odległości od źródła mowy
4 – pomieszczenie recepcyjne i do rozmów (<i>receiving the public room</i>)	na stanowiskach pracy	najwyższa zrozumiałość mowy (wskaźnik transmisji mowy STI maksymalny)	akceptowalny poziom dźwięku tła akustycznego
	między stanowiskami pracy	wymagana dyskrekcja między stanowiskami pracy	najwyższe tłumienie dźwięku
	w obszarze pracy	<ul style="list-style-type: none"> • zapewnienie, żeby tło akustyczne w pomieszczeniu nie przeszkadzało w pracy intelektualnej i koncentracji oraz zapewniało najwyższy poziom komfortu, • minimalizacja zasięgu przeszkadzania emisji źródeł hałasu (klientów, sygnałów – np. telefonicznych) 	<ul style="list-style-type: none"> • zmniejszenie nieodłącznego wpływu wzmocnienia hałasu w pomieszczeniu przez maksymalnie możliwą redukcję pogłosu, • odpowiednia izolacyjność akustyczna od dźwięków z zewnątrz

Biorąc pod uwagę, że spadek poziomu dźwięku A na podwojenie odległości $D_{2,5}$ określa się w odległości 1 m i 2 m od źródła (według PN-EN ISO 3382-3) oraz że wartości kryterialne tych wielkości wynoszą 6-7 dB, stosowanie obu tych wielkości kryterialnych ma uzasadnienie tylko wtedy, gdy odległość między stanowiskami pracy jest mniejsza niż 2 m (dotyczy więc sąsiednich stanowisk pracy). Z tego wynika, że spełnienie tych kryteriów jest możliwe dopiero po zastosowaniu między każdymi stanowiskami pracy ekranów akustycznych.

W normie ISO 22955 podano wymóg znacznie mniejszego poziomu hałasu niż w PN-N-01307 (równoważny poziom dźwięku A w czasie pracy wynoszący odpowiednio 48 dB i 55 dB). Zdaniem autora to wymaganie jest stosunkowo łatwe do spełnienia w rozpatrywanych pomieszczeniach, ponieważ pracownicy pracują w nich indywidualnie (samodzielnie) i tylko sporadycznie porozumiewają się ze sobą bezpośrednio lub przez środki łączności. Norma ISO 22955 zawiera także wymagania określone wielkościami dopuszczalnymi hałasu przenikającego do pomieszczenia z zewnątrz (bez uwzględnienia

wentylacji) – jest to bardzo ważne, ponieważ do tej pory te warunki nie zostały określone.

W normie PN-B-02151-2 dotyczącej dopuszczalnego hałasu w budynkach uwzględnia się: hałas z pomieszczeń technicznych budynku od jego wyposażenia technicznego, hałas od urządzeń instalacyjnych usytuowanych na zewnątrz budynku, hałas od wentylacji mechanicznej, instalacji grzewczej i/lub klimatyzacji i innych oraz hałas od lokali usługowych i lokali z muzyką i/lub tańcem.

W normie ISO 22955 określono wymaganie dotyczące hałasu od wyposażenia technicznego budynku wobec pomieszczenia bez wyposażenia (równoważny poziom dźwięku A od wyposażenia 40 dB), natomiast w PN-B-02151-2 – analogiczne wymaganie wobec pomieszczenia z wyposażeniem (ok. 37 dB). Jak widać, te wymagania są zbliżone.

Zgodnie z ISO 22955 w pomieszczeniu bez wyposażenia jednostkowa chłonność akustyczna tego pomieszczenia powinna być nie mniejsza niż 0,9 m². Uwzględniając specyfikę rozpatrywanych pomieszczeń, wartość sumy współczynników pochłaniania dźwięku podłogi i stropu

powinna przekraczać 0,9. Ponieważ trudno jest zapewnić dużą wartość współczynnika pochłaniania podłogi, dlatego w omawianych pomieszczeniach należy instalować dźwiękochłonne sufity podwieszane o współczynniku pochłaniania dźwięku nie mniejszym niż ok. 0,8. Z kolei według PN-B-02151-4 jednostkowa chłonność akustyczna pomieszczenia z wyposażeniem nie może być mniejsza niż 1,1 m² (w zakresie częstotliwości 500-2000 Hz), co da się osiągnąć właśnie dzięki zastosowaniu dźwiękochłonnego sufitu podwieszanego oraz wymaganych ekranów akustycznych. Wymagany w tych pomieszczeniach czas pogłosu, obliczony ze wzoru Sabine'a na podstawie jednostkowej chłonności akustycznej podanej w PN-B-02151-4, wynosi ok. 0,5 s i jest taki sam jak określony w ISO 22955. PN-B-02151-4 definiuje jednak warunki akustyczne tylko dla zakresu częstotliwości 500-2000 Hz, a norma ISO 22955 – dla zakresu częstotliwości 125-4000 Hz, więc jest znacznie bardziej rygorystyczna. Mimo to zdaniem autora podane w tych normach wymagania dotyczące czasu pogłosu i jednostkowej chłonności akustycznej są zbyt słabe – aby były spełnione

Tabela 2. Zestawienie wymagań/zaleceń stawianych pomieszczeniom biurowym *open space* typu 3, tj. pomieszczeniom pracy indywidualnej

Table 2. List of requirements/recommendations for *open space* type 3 offices, ie individual work rooms

Wielkości kryterialne		Norma				
		PN-N-01307	PN-B-02151-4 (powołana w [11])	PN-B-02151-2:2018 (w [11] jest powołana jej poprzednia wersja PN-B-02151-02:1987)	PN-EN ISO 3382-3	ISO 22955
Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A	$L_{p,Aeq,T}$	≤ 55 dB	-	-	-	≤ 48 dB (zalecany)
	$L_{p,Aeq,T,wezw<zew}$	-	-	-	-	≤ 35 dB (wymagany dla pomieszczenia docelowego z wyposażeniem)
	$L_{p,Aeq,T,tech}$	-	-	≤ 40 + 10log($T_r/0,5$) - ~ 37 dB	-	40 dB (wymagany dla pomieszczenia pustego z sufitem dźwiękochłonnym)
Właściwości pogłosowe	A/S_p	-	≥ 1,1 m ² (500, 1000 i 2000 Hz)	-	-	≥ 0,9 m ² (wymagany dla pomieszczenia pustego z sufitem dźwiękochłonnym)
	T_r	-	≤ 0,146· H - 0,5 s (500, 1000 i 2000 Hz; obliczony z A/S_p)	-	-	≤ 0,5 s (średni z 250-4000 Hz) ≤ 0,8 s (125 Hz) (wymagany)
Rozdzielenie akustyczne stanowisk	$D_{A,S}$	-	-	-	-	≥ 6 dB (wymagany)
Zmniejszenie poziomu dźwięku w funkcji odległości	$D_{2,5}$	-	-	-	≥ 7 dB	≥ 7 dB (wymagany)
	$L_{p,A,S,4m}$	-	-	-	≤ 48 dB	≤ 47 dB (wymagany)
Zmniejszenie zrozumiałości mowy w funkcji odległości	r_D	-	-	-	≤ 5 m	-
	r_p	-	-	-	≤ -2· r_D (szacunek z [6, 12])	-
Oznaczenia:						
$L_{p,Aeq,T}$ – dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A w czasie pracy, $L_{p,Aeq,T,wezw<zew}$ – dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A od źródeł zewnętrznych (bez wentylacji), $L_{p,Aeq,T,tech}$ – dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A od wyposażenia (z wentylacją), A/S_p – jednostkowa chłonność akustyczna pomieszczenia T_r – czas pogłosu pomieszczenia, $D_{A,S}$ – różnica między poziomami dźwięku A w odległości 1 m i w punkcie obserwacji, $D_{2,5}$ – spadek poziomu dźwięku A na podwojenie odległości, $L_{p,A,S,4m}$ – poziom dźwięku A w odległości 4 m, r_D – promień rozproszenia, r_p – promień prywatności, H – wysokość pomieszczenia w metrach						

wszystkie kryteria według PN-EN ISO 3382-3, czas pogłosu w rozpatrywanych pomieszczeniach musi być znacznie krótszy, tj. poniżej ok. 0,3-0,4 s.

Różnica wartości dopuszczalnych poziomu dźwięku A w odległości 4 m według ISO 22955 i PN-EN ISO 3382-3, wynosząca 1 dB, zdaniem autora nie ma znaczenia, zwłaszcza że to kryterium znacznie łatwiej jest spełnić niż inne kryteria, takie jak chociażby spadek poziomu dźwięku A na podwojenie odległości $D_{2,5}$ według PN-EN ISO 3382-3.

Kryteria oceny pomieszczeń konsultantów teległosowych według ISO 22955 i norm dotychczas stosowanych

Wartości kryterialne (wymagania/zalecenia) wielkości charakteryzujących właściwości akustyczne pomieszczeń biurowych *open space* dla konsultantów teległosowych (tj. pomieszczeń

typu 1) według ISO 22955 oraz PN-N-01307, PN-B-02151-2, PN-B-02151-4 i PN-EN ISO 3382-3 podano w tab. 3. Porównując je, można stwierdzić, że zakresy tych wymagań/zaleceń są podobne poza dwoma wyjątkami. Po pierwsze w odróżnieniu od PN-EN ISO 3382-3 norma ISO 22955 nie określa wymagań odnośnie do promieni rozproszenia i prywatności. Trzeba jednak zaznaczyć, że charakter pracy i wymagania czy zalecenia wobec pomieszczeń konsultantów teległosowych i pomieszczeń do pracy indywidualnej (opisanych wcześniej) nie są identyczne. Ponadto w przypadku pomieszczeń typu 1 uzyskanie tzw. dobrych – według PN-EN ISO 3382-3 – właściwości akustycznych pomieszczenia jest bardzo trudne. Po drugie, w ISO 22955 podano kryterium dotyczące różnicy między poziomami dźwięku A w odległości 1 m i w punkcie obserwacji $D_{A,S}$. Podobnie jak w przypadku pomieszczeń do pracy indywidualnej również tu należy między poszczególnymi stanowiskami pracy zastosować ekrany akustyczne.

W porównaniu z PN-N-01307 norma ISO 22955 zaleca znacznie mniejszy poziom hałasu, określany równoważnym poziomem dźwięku A w czasie pracy, wynoszącym odpowiednio 55 dB i 65 dB. Zdaniem autora może to być bardzo trudne do osiągnięcia [9], ponieważ w pomieszczeniach tych pracuje wielu pracowników komunikujących się głosem przez środki łączności (przez cały czas). W ISO 22955 podano też wymagania co do przenikania hałasu do pomieszczenia z zewnątrz (bez uwzględnienia wentylacji), jednak według autora ten hałas nie powinien odgrywać istotnej roli, ponieważ w omawianych pomieszczeniach poziom hałasu od rozmów jest znacznie większy niż w pomieszczeniach do pracy indywidualnej. Również hałas od wyposażenia technicznego budynku dla pomieszczenia bez wyposażenia, określony w ISO 22955 na poziomie 40 dB (a według PN-B-02151-2 uwzględniający wyposażenie) nie będzie miał istotnego znaczenia.

Tabela 3. Zestawienie wymagań/zaleceń stawianych pomieszczeniom biurowym *open space* typu 1, tj. pomieszczeń konsultantów teległosowych

Table 3. List of requirements/recommendations for open space type 1 offices, ie contact centre rooms

Wielkości kryterialne		Norma				
		PN-N-01307	PN-B-02151-4 (powołana w [11])	PN-B-02151-2:2018 (w [11] jest powołana jej poprzednia wersja PN-B-02151-02:1987)	PN-EN ISO 3382-3	ISO 22955
Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A	$L_{p,Aeq,T}$	≤ 65 dB	-	-	-	≤ 55 dB (zalecany)
	$L_{p,Aeq,T,wew<zew}$	-	-	-	-	≤ 35 dB (wymagany dla pomieszczenia docelowego z wyposażeniem)
	$L_{p,Aeq,T,tech}$	-	-	≤ 40 + 10log($T_r/0,5$) - ~ 37 dB	-	40 dB (wymagany dla pomieszczenia pustego z sufitem dźwiękochłonnym)
Właściwości pogłosowe	A/S_p	-	≥ 1,3 m ² (500, 1000 i 2000 Hz)	-	-	≥ 0,9 m ² (wymagany dla pomieszczenia pustego z sufitem dźwiękochłonnym)
	T_r	-	≤ 0,124·H - 0,43 s (500, 1000 i 2000 Hz; (obliczony z A/S_p))	-	-	≤ 0,5 s (średni z 250-4000 Hz) ≤ 0,8 s (125 Hz)
Rozdzielenie akustyczne stanowisk	$D_{A,S}$	-	-	-	-	≥ 6 dB (wymagany)
Zmniejszenie poziomu dźwięku w funkcji odległości	$D_{2,5}$	-	-	-	≥ 7 dB	≥ 7 dB (wymagany)
	$L_{p,A,S,4m}$	-	-	-	≤ 48 dB	≤ 47 dB (wymagany)
Zmniejszenie zrozumiałości mowy w funkcji odległości	r_D	-	-	-	≤ 5 m	-
	r_p	-	-	-	≤ -2· r_D (szacunek z [6, 12])	-
Oznaczenia: $L_{p,Aeq,T}$ – dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A w czasie pracy, $L_{p,Aeq,T,wew<zew}$ – dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A od źródeł zewnętrznych (bez wentylacji), $L_{p,Aeq,T,tech}$ – dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A od wyposażenia (z wentylacją), A/S_p – jednostkowa chłonność akustyczna pomieszczenia T_r – czas pogłosu pomieszczenia, $D_{A,S}$ – różnica między poziomami dźwięku A w odległości 1 m i w punkcie obserwacji, $D_{2,5}$ – spadek poziomu dźwięku A na podwojenie odległości, $L_{p,A,S,4m}$ – poziom dźwięku A w odległości 4 m, r_D – promień rozproszenia, r_p – promień prywatności, H – wysokość pomieszczenia w metrach						

Zgodnie z normą ISO 22955 w pomieszczeniu bez wyposażenia jednostkowa chłonność akustyczna pomieszczenia powinna być nie mniejsza niż $0,9 \text{ m}^2$. Wynika to z faktu, że – podobnie jak w przypadku pomieszczeń do pracy indywidualnej – współczynnik pochłaniania dźwięku dźwiękochłonnych sufitów podwieszanych nie może być mniejszy niż $0,8$. Uwzględniając wyposażenie pomieszczenia, według PN-B-02151-4, jednostkowa chłonność akustyczna pomieszczenia konsultantów teległosowych nie powinna być mniejsza niż $1,3 \text{ m}^2$ (w zakresie częstotliwości $500\text{-}2000 \text{ Hz}$). Wymagania określone w PN-B-02151-4 są więc znacznie wyższe w porównaniu z ISO 22955. W pomieszczeniach konsultantów teległosowych współczynnik pochłaniania dźwięku sufitu podwieszanego nie powinien być zatem mniejszy niż $0,9$ (przynajmniej w zakresie częstotliwości $500\text{-}2000 \text{ Hz}$). Uzyskanie odpowiedniej jednostkowej chłonności akustycznej pomieszczenia będzie w tym przypadku znacznie trudniejsze w porównaniu z pomieszczeniami do pracy indywidualnej. Wymagany czas pogłosu wynosi $0,43 \text{ s}$ (w zakresie częstotliwości $500\text{-}2000 \text{ Hz}$), a zalecany według ISO 22955 – $0,5 \text{ s}$ (w zakresie częstotliwości $250\text{-}4000 \text{ Hz}$) lub $0,8 \text{ s}$ (przy częstotliwości 125 Hz). W opinii autora określone w obu tych normach (a zwłaszcza w ISO 22955) wymagania dotyczące jednostkowej chłonności akustycznej i czasu pogłosu są zbyt niskie.

Różnica wartości dopuszczalnych poziomu dźwięku A w odległości 4 m , według ISO 22955 i PN-EN ISO 3382-3, wynosząca 1 dB , nie ma znaczenia, podobnie jak w przypadku pomieszczeń do pracy indywidualnej.

Podsumowanie i wnioski

Wprowadzenie nowej normy ISO 22955:2021, która ujednoliciła wymagania/zalecenia akustyczne wobec pomieszczeń biurowych *open space*, należy ocenić pozytywnie. Niewątpliwie największym jej atutem jest zdefiniowanie różnych charakterów pracy w pomieszczeniach biurowych *open space* i tym samym różnych wymagań środowiska akustycznego oraz wymagań akustycznych pomieszczeń. Pozwala to na uściślenie i dostosowanie (do charakteru pracy) kryteriów dotyczących właściwości akustycznych pomieszczeń. Korzystne jest także to, że w normie określono wymagania akustyczne wobec pomieszczeń wykonanych pod względem budowlanym, ale jeszcze przed oddaniem ich do użytkowania (bez mebli). Dzięki temu przed przekazaniem pomieszczeń użytkownikom można uzyskać spełnienie odpowiednich wstępnych, minimalnych wymagań akustycznych (np. przez zastosowanie dźwiękochłonnego sufitu podwieszanego o dużym współczynniku pochłaniania dźwięku).

Podział pomieszczeń na sześć typów odzwierciedla zarówno charakter pracy, jak i wy-

magania akustyczne. Norma ISO 22955 narzuciła ostrzejsze niż w PN-N-01307:1994 wymagania dotyczące ograniczania hałasu w pomieszczeniach do pracy indywidualnej i pomieszczeniach konsultantów teległosowych. Wynika to z faktu, że druga z tych norm powstała 28 lat temu, gdy inne były zarówno poziom techniczny i standardy pracy, jak i typowe źródła hałasu (np. dalekopisy czy maszyny do pisania). Większość wymagań podanych w ISO 22955 jest taka sama lub zbliżona do wymagań dotychczas stosowanych norm. Jednakże, zdaniem autora, pominięcie w nowej normie ISO 22955 wymagań odnoszących się do promienia rozproszenia i prywatności (uwzględnionych w PN-EN ISO 3382-3:2012), a w konsekwencji pominięcie wymagań dotyczących zrozumiałości mowy, określonej wskaźnikiem transmisji mowy STI , może spowodować znaczne pogorszenie akustycznych warunków pracy. Przyjęcie w normie ISO 22955 takiego samego kryterium dotyczącego czasu pogłosu dla pomieszczeń do pracy indywidualnej oraz pomieszczeń konsultantów teległosowych również jest merytorycznie nieuzasadnione, ponieważ te pomieszczenia różnią się pod względem wymagań akustycznych oraz warunków środowiska akustycznego. Natomiast przyjęcie względem PN-B-02151-4:2015 wyższych wymagań w stosunku do chłonności akustycznej pomieszczenia w przypadku pomieszczeń konsultantów teległosowych znajduje uzasadnienie, ponieważ w tych pomieszczeniach jednocześnie prowadzą rozmowy wszyscy pracownicy, a więc zachodzi potrzeba większego ograniczenia hałasu pogłosowego. Wprowadzenie – jako kryterium – różnicy między poziomami dźwięku A w odległości 1 m i w punkcie obserwacji $D_{A,S}$ jest celowe. Jednoczesne stosowanie tego kryterium wraz z kryterium spadku poziomu dźwięku A na podwojenie odległości $D_{2,S}$ przy tych samych wartościach kryterialnych jest uzasadnione tylko w przypadku dwóch sąsiednich stanowisk pracy, usytuowanych w odległości mniejszej niż 2 m – wtedy automatycznie spełniony jest warunek odnoszący się do różnicy między poziomami dźwięku A w odległości 1 m oraz w punkcie obserwacji $D_{A,S}$.

Reasumując: nowa norma ISO 22955:2021 nie zastąpi PN-N-01307:1994, PN-B-02151-2:2018, PN-B-02151-4:2015 i PN-EN ISO 3382-3:2012, ponieważ nie zawiera wszystkich wymagań w nich określonych, jednakże stanie się normą wiodącą, która po raz pierwszy klasyfikuje pomieszczenia pracy oraz wprowadza największy zakres wymagań akustycznych odnoszących się do pomieszczeń biurowych typu *open space*.

BIBLIOGRAFIA

[1] 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 (Dz.U. poz. 1286 z późn. zm.).

[2] PN-N-01307:1994. Hałas – Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy – Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.

[3] PN-B-02151-2:2018. Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach.

[4] PN-B-02151-4:2015. Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach.

[5] PN-EN ISO 3382-3:2012. Akustyka. Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń. Część 3: Pomieszczenia biurowe typu „open space”.

[6] MIKULSKI W. Studies on acoustic properties of open-plan office rooms. [W:] D. Pleban (red.), Occupational noise and workplace acoustics, Advances in Measurement and Assessment techniques. Boca Raton, London, New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2021, s. 173-220, <https://www.routledge.com/Occupational-Noise-and-Workplace-Acoustics-Advances-in-Measurement-and-Pleban/p/book/9780367499259>. 21.09.2020.

[7] MIKULSKI W. Warunki akustyczne w pomieszczeniach biurowych open space – zastosowanie środków technicznych w typowym pomieszczeniu. Medycyna Pracy. 2018; 69(2): 153-165, doi: 10.13075/mp.5893.00574.

[8] MIKULSKI W., SWIDZIŃSKI A. Masking sound distribution in open plan office room – case study base on simulation. 27th International Congress on Sound and Vibration ICSV27, Praga, 11-16 lipca 2021 r.

[9] SMAGOWSKA B., MIKULSKI W., RADOSZ J. Ocena hałasu na wybranych stanowiskach pracy call center metodą pomiarów stanowiskowych oraz techniką MIRE. Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka. 2010, 10: 24-27.

[10] ISO 22955:2021. Acoustics – Acoustic quality of open office spaces.

[11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. 2022 poz. 1225).

[12] MIKULSKI W. Wpływ dźwięku maskującego zrozumiałość mowy na środowisko akustyczne w biurach typu open space – wyniki badań własnych. Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka. 2020, 12: 22-26, doi: 10.5604/01.3001.0014.5757.

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (zadanie nr 2.SP.05 pt. „Opracowanie źródła dźwięku maskującego hałas związany z komunikacją werbalną w biurowych pomieszczeniach wielkoprzestrzennych”). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.