

Hałas instalacyjny w salach operacyjnych

Installation noise in operating theatres

ANNA CHARKOWSKA

DOI 10.36119/15.2023.12.8

Od wielu lat krajowa norma z roku 1987 dotycząca dopuszczalnych poziomów dźwięku, z poprawką z roku 2015 dotyczącą jedynie zmiany tytułu normy, PN-B-02151-02:1987/ Ap1:2015-05 [32], nadal (mimo wycofania i zastąpienia przez PN-B-02151-2:2018-01 [33]) jest powoływana w kolejnych nowelizacjach Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, poczynając od 2004 roku (Dz. U. 2004 nr. 109 poz. 1156 [46]) do 2022 roku (Dz. U. 2022 poz. 1225 [29]). W przypadku sal operacyjnych zamieszczone w niej zapisy stawiają przed projektantami instalacji wentylacji i klimatyzacji niezwykle wygórowane wymagania, wymuszające utrzymanie bardzo niskiego poziomu dźwięku od wyposażenia technicznego budynku (takiego jak wentylacja) dla hałasu ustalonego wynoszącego 30 dB(A). Należy zauważyć, że w normie niemieckiej DIN 1946-4 z roku 2008 [6] tą dopuszczalną wartość ustalono jako ≤ 48 dB(A), przy pomiarze wykonanym centralnie w sali operacyjnej na wysokości 1,8 m nad podłogą przy nominalnym strumieniu powietrza wentylacyjnego, identycznie w wytycznych szwajcarskich z roku 2004 „Swiss Guideline 99-3E Heating, ventilation and air-conditioning systems in hospitals” [51] (a zatem z roku powołania normy PN-B-02151-02:1987 w rozporządzeniu). Ze względu na opublikowanie w marcu 2023 roku normatywnego załącznika krajowego NA do normy PN-EN 16798-1: 2019 [35] zawierającego sformułowane na potrzeby krajowe inne wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku (do 35 dB(A)) niż zalecane i zamieszczone w normie europejskiej EN 16798-1 w Załączniku B, Domyślne kryteria środowiska wewnętrznego (do 45 dB(A)), opublikowanej bez zmian w języku polskim w 2019 roku, istotne stało się zwrócenie uwagi na możliwości techniczne zapewnienia tych wymagań w sali operacyjnej wyposażonej w nowoczesną instalację wentylacyjną. Na tle wymagań z 2023 roku (PN-EN 16798-1:2019-06/ Ap2:2023-03 [36]), w artykule przedstawiono problemy związane z rzeczywistym poziomem dźwięku w sali operacyjnej, pochodzącym od wszystkich źródeł, w tym narzędzi i aparatury medycznej oraz instalacji wentylacyjnej. Zamieszczono także przegląd wymagań prawnych dotyczących dopuszczalnego poziomu dźwięku w salach operacyjnych, obowiązujących w innych krajach.

Słowa kluczowe: hałas instalacyjny, wentylacja, sale operacyjne, szpital, normy

For many years, the national standard from 1987 regarding permissible sound levels, with the amendment from 2015 regarding only the change of the title of the standard, PN-B-02151-02:1987/ Ap1:2015-05 [32], continues (despite withdrawal and replacement by PN-B-02151-2:2018-01 [33]) is referred to in subsequent amendments to the Regulation on the technical conditions to be met by buildings and their location, starting from 2004 (Journal of Laws of 2004, No. 109, item 1156 [46]) until 2022 (Journal of Laws 2022, item 1225 [29]). In the case of operating rooms, the provisions included therein impose extremely high requirements on the designers of ventilation and air-conditioning installations, forcing the maintenance of a very low sound level from the building's technical equipment (such as ventilation) with a steady noise level of 30 dB(A). It should be noted that in the German standard DIN 1946-4 from 2008 [6] this permissible value was set as ≤ 48 dB(A), when measured centrally in the operating room at a height of 1.8 m above the floor with the nominal ventilation air flow, identically in the Swiss guidelines from 2004 „Swiss Guideline 99-3E Heating, ventilation and air-conditioning systems in hospitals” [51] (and therefore the year of establishment of the standard PN-B-02151-02:1987 in the regulation). Due to the publication in March 2023 of the normative national annex NA to the PN-EN 16798-1: 2019 [35] standard, containing other requirements for the permissible sound level (up to 35 dB(A)) formulated for national needs than those recommended and included in European standard EN 16798-1 in Annex B, Default criteria for the indoor environment (up to 45 dB(A)), published without changes in Polish in 2019, it became important to draw attention to the technical possibilities of ensuring these requirements in an operating room equipped with a modern ventilation installation. Against the background of the requirements of 2023 (PN-EN 16798-1:2019-06/ Ap2:2023-03 [36]), the article presents problems related to the actual sound level in the operating room, coming from all sources, including medical tools and equipment and the ventilation installation. An overview of legal requirements regarding the permissible sound level in operating rooms in other countries is also included.

Keywords: installation noise, ventilation, operating theaters, hospital, standards

Wstęp

Hałas zdefiniowany jest jako każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia lub może

zwiększać ryzyko wypadku przy pracy [45], ale też może wpływać na samopoczucie ludzi. Jako drgania ośrodka sprężystego oddziałuje za pośrednictwem powietrza na narząd słuchu i inne zmysły oraz elementy or-

ganizmu człowieka [15]. Hałas szkodliwy określany jest jako ten, który wywołuje trwałe negatywne skutki w organizmie człowieka, a uciążliwy – ten, który nie wywołuje trwałych skutków w organizmie, ale

dr inż. Anna Charkowska, <https://orcid.org/0000-0001-6060-9895> – Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska. Autor korespondencyjny/ Corresponding author: anna.charkowska@pw.edu.pl

utrudnia wykonywanie określonych zadań i czynności.

Pozasłuchowe skutki działania hałasu wpływają głównie na ośrodkowy układ nerwowy i układ wydzielania wewnętrznego, a w konsekwencji na stan i funkcje wielu narządów wewnętrznych [10]. Hałas, ze względu na oddziaływanie na układ nerwowy, może wywoływać niekorzystne zmiany emocjonalne: od irytacji przez rozdrażnienie do agresji, a także przyspiesza zmęczenie. Wpływa istotnie na zrozumiałość, jak również maskowanie mowy oraz dźwiękowych sygnałów bezpieczeństwa, występujące, gdy odbiór jednego dźwięku jest utrudniony przez inny dźwięk, a dźwięk maskowany może być słabo słyszalny (lub niesłyszalny) [44]. To właśnie kryterium zrozumiałości mowy stanowi jedno z ważniejszych kryteriów oceny hałasu w środowisku [10]. W sali operacyjnej skutkiem zakłócenia procesu porozumiewania się mową może być podjęcie błędnej decyzji, wykonanie niewłaściwej czynności i/lub dyskomfort psychiczny wpływający na poprawność i efektywność wykonywanych zadań. A zatem hałas należy rozważać jako źródło ryzyka błędu medycznego podczas operacji [52].

Jak zauważono w publikacji [27], hałas w sali operacyjnej jest zjawiskiem zawsze występującym, o różnym poziomie podczas zabiegów operacyjnych, zależnie od etapu i przebiegu operacji. Jest efektem użycia sprzętu chirurgicznego, działania monitorów anestezjologicznych oraz przeprowadzanych rozmów czy włączonej muzyki. Zauważono, że np. podczas indukcji i wychodzenia ze znieczulenia, przygotowanie do tych czynności i rozmowy są głównym źródłem hałasu.

W artykule [18] na podstawie przeprowadzonych prac badawczych uznano, że podwyższony poziom dźwięku w sali operacyjnej może wpływać na trudności natury chirurgicznej, tworzyć stresujące środowisko, obniżać koncentrację i wpływać na komunikację w zespole chirurgicznym oraz koordynację pracy zespołu podczas operacji.

W [52] stwierdzono, że analizowany łącznie hałas emitowany przez instalację klimatyzacyjną i aparaturę medyczną (ssaki, urządzenia anestezjologiczne) w badaniach przez Autorów salach operacyjnych stanowi potencjalne źródło błędu medycznego.

W marcu 2023 roku został opublikowany normatywny Załącznik krajowego NA do normy PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03 [36], którego treścią są krajowe kryteria zalecane dla środowiska wewnętrznego, wśród których są wymienione dopuszczalne poziomy dźwięku pochodzącego od instalacji wewnętrznych, wentylacji i klimatyzacji. Dla sal operacyjnych określono tę wartość jako ≤ 35 dB(A). Analizując całkowity poziom dźwięku w salach operacyjnych, będący efektem działania aparatury medycznej i narzędzi chirurgicznych, prowadzonych rozmów oraz pracy wentylacji i klimatyzacji, należy zastanowić się, czy podane w [36] bardzo

wyśrubowane wymaganie dotyczące dopuszczalnego hałasu instalacyjnego na tle dźwięku emitowanego przez inne źródła jest niezbędne. Należy wziąć pod uwagę, że 35 dB(A) (a tym bardziej 30 dB(A) zapisane w normie PN-B-02151-02:1987/ Ap1:2015-05 [32]) nie jest w rzeczywistości możliwe do uzyskania w salach operacyjnych wyposażonych w nowoczesne instalacje wentylacyjne pracujące z projektowym strumieniem powietrza wentylacyjnego. W kontekście m.in. uwagi z publikacji [52] i wymagań w Załączniku krajowym [36] należy rozważyć jak faktycznie dźwięk pochodzący od wentylacji i klimatyzacji wpływa na ogólny poziom hałasu w salach operacyjnych.

W artykule przedstawiono dane dotyczące całkowitego poziomu dźwięku podczas operacji, podawanego przez producentów poziomu dźwięku instalacyjnego pochodzącego od wentylacji i klimatyzacji na tle wymagań opublikowanych w Załączniku Ap2 do normy PN-EN 16798-1:2019-06 [36] oraz zamieszczonych we wcześniej opublikowanych normach krajowych (w tym normy PN-B-02151-02:1987/ Ap1:2015-05 [32] powołanej w Rozporządzeniu [29], Dz.U.2022 poz. 1225 oraz, w celach porównawczych, zamieszczono aktualne wymagania zagraniczne.

Źródła hałasu w salach operacyjnych i jego poziom

Jak zauważono w [15] jesteśmy coraz bardziej narażeni na hałas, także w obiektach ochrony zdrowia. Ogólny poziom dźwięku w obiektach ochrony zdrowia od lat 60, XX wieku wzrósł średnio o 10 dB.

Na negatywny wpływ hałasu na przebieg i efekty leczenia wskazywano już wcześniej, np. w publikacji z 1991 roku [20], wiążąc go z szybkością i skutecznością procesów leczniczych, powodowaniem dodatkowego stresu i dyskomfortu. Odnotowano, że w skali potrzeb pacjentów i personelu cisza w oddziałach szpitalnych zajmuje jedno z pierwszych miejsc. Zwrócono uwagę na hałaśliwość aparatury medycznej, aparatów odsysających płyny oraz wiertarek i pił podczas operacji, o wysokim i zmiennym w czasie poziomie dźwięku, trwającym od kilku do kilkunastu minut, rzadziej kilka godzin. Cytując za [54]: „Niektóre ze sprzętów medycznych (np. przenośne aparaty RTG) wytwarzają dźwięk na poziomie 90-100 dB. Hałas na sali operacyjnej w przypadku cięcia, wiercenia, ssania, osiąga poziom 100÷110 dB. W obiektach o nieprawidłowo zaprojektowanych instalacjach wentylacji i klimatyzacji mamy do czynienia ze źródłem hałasu wytworzonego przez urządzenia oraz przez ruch powietrza zwany hałasem powietrznym”.

Na podstawie publikacji [17] można prześledzić wzrost poziomu hałasu w salach operacyjnych na przestrzeni lat. Odniesiono się do lat 70-tych XX wieku, jako początku

stosowania coraz bardziej głośnego sprzętu medycznego, zauważając, że już przed tym okresem hałas w salach operacyjnych często przekraczał poziom hałasu na ruchliwej autostradzie [48][17].

Dla porównania aktualnie obowiązujące [30] w Polsce wartości dopuszczalnego poziomu hałasu komunikacyjnego (wskaźniki podane do kontroli warunków korzystania ze środowiska) w ciągu dnia w obszarze zlokalizowania szpitali w mieście 61 dB, poza miastem 50 dB, a w centrum dużego miasta powyżej 100 tysięcy mieszkańców: 68 dB. Według pomiarów omówionych w [40] poziom dźwięku na stacji warszawskiego metra w momencie wjazdu składu na peron wynosi około 80 dB, a przy alei Mickiewicza w Łodzi (okazała się być najgłośniejsza podczas tych badań) 75,8 dB. Poziom dźwięku podczas prowadzenia normalnych rozmów wynosi około 45-50 dB, podczas mówienia szeptem 30 dB, a zwykły szum biurowy to natężenie dźwięków na poziomie 60-70 dB [4]. Podczas badań przedstawionych w publikacji [16] pracownicy biurowi uznali za warunki komfortowe ze względu na dźwięki (cicha rozmowa w biurze i dźwięk wyposażenia biurowego) poziom około 44 dB.

I tak, zmierzony w roku 1972 poziom hałasu podczas rutynowej cholecysektomii osiągnął 85 dB(A). W badaniach pochodzących z roku 1990 podczas „typowego dużego zabiegu operacyjnego” (jak to określono w [17]) zmierzono występujące okresowo dźwięki na poziomie 108 dB(A). W badaniach z 2010 roku podczas symulowanej operacji otolaryngologicznej z zastosowaniem rutynowo używanych narzędzi chirurgicznych i aparatury medycznej uzyskano 131 dB(A). Oczywiście, aby rzetelnie przeanalizować wzrost poziomu dźwięku podczas zabiegów, należałoby porównać te same zabiegi operacyjne, niemniej jednak nawet z cytowanych za [17] informacji, widoczna jest w kolejnych latach tendencja wzrostowa. Zauważono także, że hałas wzrasta stopniowo wraz z wejściem personelu i transportem pacjenta, a początek i koniec zabiegu (wprowadzenie i wybudzenie ze znieczulenia ogólnego) są to okresy szczególnie głośne. Po rozpoczęciu operacji maksymalne wartości poziomu dźwięku mogą przekroczyć 120 dB(A), a przez ponad 40% czasu w przypadku szczególnie hałaśliwych operacji (np. ortopedia, neurochirurgia i litotrypsja falą uderzeniową generowaną pozaustrojowo) poziom dźwięku utrzymuje się powyżej 100 dB(A). Zwrócono też uwagę na wysoki poziom dźwięku w sali pomiędzy operacjami, wynikający z działania wysokowydajnych systemów wentylacji. Inne wnioski dotyczące poziomu dźwięku podczas kolejnych etapów operacji przedstawiono w artykule [2]. Określono trzy etapy operacji (fazy) w następujący sposób: faza etap I (faza otwarcia): od wwiezienia pacjenta, wprowadzenia znieczulenia i przygotowania pola operacyjnego aż do rozpoczęcia zabiegu, etap II (faza główna): od nacięcia do

zakończenia zamknięcia powłok i założenia opatrunku, etap III (faza końcowa): od zakończenia zamknięcia powłok i założenia opatrunku do przekazania pacjenta do sali nadzoru pooperacyjnego. Podczas pomiarów [2] przeprowadzonych w oddziale chirurgicznym uzyskano najwyższy i najniższy zmierzony poziom hałasu w etapie I operacji: minimum 51,5 dB(A) i maksimum 81,7 dB(A); w etapie II minimum 50,4 dB(A) i maksimum 91,9 dB(A), w etapie III minimum 50,4 dB(A) i maksimum 87,9 dB(A). Średnie poziomy hałasu odpowiednio dla etapu I, etapu II i etapu III wyniosły: 63,00 dB(A) $\pm$ 3,50, 68,55 dB(A) $\pm$ 4,99 i 69,32 dB(A) $\pm$ 4,11. Podczas wszystkich trzech etapów poziom hałasu w chirurgii ortopedycznej był wyższy niż w chirurgii ogólnej i chirurgii urologicznej. Nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy w poziomie hałasu pomiędzy oddziałami chirurgii ogólnej i urologii podczas wszystkich trzech etapów.

W pracy [25] określono średni poziom hałasu słyszalnego w sali operacyjnej jako 77 dB(A), okresowo wynosił on 100 dB(A). Rozmowy bezpośrednie i telefoniczne, muzyka, otwieranie i zamykanie drzwi przez personel sali operacyjnej to hałas do 78 dB(A). Zwrócono uwagę, że dodatkowym czynnikiem wpływającym na hałas jest potrzeba precyzyjnej komunikacji werbalnej pomiędzy członkami zespołu operacyjnego. Precyzyjne przekazywanie informacji i poleceń wymaga od personelu głośniejszego mówienia, czasem nawet o 10÷15 dB(A) w stosunku do wartości tła hałasu w sali. Podano, że aparatura może osiągnąć maksymalny poziom hałasu wynoszący 120 dB(A), a narzędzia chirurgiczne 131÷140 dB(A).

W publikacji [22] oszacowano ciągle hałas powodowany przez respirator w aparacie do znieczulenia na poziomie 65 dB(A), 73 dB(A) w przypadku ssaka chirurgicznego.

W kolejnej publikacji dotyczącej dyskomfortu akustycznego w salach operacyjnych [18] podano poziom dźwięku wytwarzany przez ssaki chirurgiczne jako 75÷80 dB(A), powodowany przez spadające przedmioty 93 do 100 dB(A), uderzenia młotkiem i systemy alarmowe aparatury o natężeniu około 77 i 78 dB(A). W [9] zaznaczono, że najwyższy poziom dźwięku uzyskano podczas operacji ortopedycznych (poziom dźwięku wynosił 100 dB(A) przez 40% czasu [8]), a najniższy podczas kardiologicznych i laparoskopowych.

Średnie natężenie dźwięku wynosiło pomiędzy 55 i 70 dB z istotnymi wartościami szczytowymi, niektórymi o dużym natężeniu podczas procedur chirurgicznych. W większości oddziałów chirurgicznych szczytowe natężenie dźwięku sięgało co najmniej 110 dB. Nierzadko przekraczały one 120 dB. Przekazanie zrozumiałego komunikatu słownego wymaga, aby jego natężenie przekra-

czało natężenie tła akustycznego o 15 dB. Biorąc pod uwagę stałe natężenie dźwięku w salach operacyjnych podczas trwania zabiegu sprawia, że normalne natężenie mowy wynosi 70-85 dB. – Personel medyczny ma zatem wybór, albo mówić głośniejsze w sali operacyjnej, co ma zapewnić prawidłową komunikację lub zaryzykować pogorszenie jakości komunikacji słownej [21] [11].

Badania dotyczące poziomu dźwięku w salach operacyjnych były prowadzone także w Polsce i opublikowane w [49]. W sali operacyjnej uzyskano poziom ekspozycji odniesiony do 8-godzinnej wymiaru czasu pracy wynoszący 68 dB, maksymalny poziom dźwięku A (maksymalna wartość skuteczna poziomu dźwięku A, służąca do oceny hałasów krótkotrwałych i impulsowych o dużych poziomach) 91,2 dB, szczytowy poziom dźwięku C (maksymalna wartość chwilowa poziomu dźwięku) 113,9 dB [49].

W publikacji [49] odnosząc się do danych literaturowych zauważono, że poziom dźwięku pił, wiertarek szybkoobrotowych i narzędzi ręcznych dochodzi do 110 dB(A). Hałas ten nie występuje przez cały czas zabiegu. Porównując jednak tę wartość z dopuszczalnym poziomem ekspozycji na hałas w czasie dnia pracy ze względu na ochronę słuchu wynoszącym 85 dB(A), to hałas 110 dB(A) nie powinien oddziaływać na pracownika dłużej niż przez 2 minuty dziennie. Podkreślono, że ekspozycja na hałas przekraczający 80 dB(A), wielkość traktowaną jako sygnał alarmowy zbliżania się do niebezpiecznego progu NDN (najwyższego dopuszczalnego natężenia), jest możliwa bez uszczerbku dla zdrowia w przypadku stosowania przerw w pracy lub ograniczania czasu pracy. Zgodnie z Rozporządzeniem [47] maksymalny poziom dźwięku wynosi 115 dB(A) [19].

Autorzy publikacji [31] na podstawie własnych badań środowiskowych i ankietowych zwracają uwagę, że „zasadniczy wpływ na klimat akustyczny w pomieszczeniach placówek medycznych mają: poziom hałasu tła akustycznego, uwzględniający także hałas przenikający spoza pomieszczenia, poziom emisji hałasu aparatury i narzędzi stosowanych w procedurach medycznych, czas pogłosu w pomieszczeniu”.

Hałas emitowany przez system wentylacji w sali operacyjnej

W katalogach producentów i w ich poradnikach podawane są poziomy dźwięku pojedynczych urządzeń wentylacyjnych albo całego systemu wentylacji sal operacyjnych. Poniżej przedstawiono takie dane dla sal operacyjnych z przepływem jednokierunkowym powietrza (z tzw. stropami laminarnymi czy „low-turbulence displacement flow” (LTF))

oraz z przepływem niejednokierunkowym. Nazwy: przepływ jednokierunkowy (Unidirectional Airflow) i niejednokierunkowy (Non-Unidirectional Airflow) są stosowane w normach dotyczących pomieszczeń czystych, takich jak np. PN-EN ISO 14644-1:2016 [37], PN-EN ISO 14644-4:2023 [38] i w propozycjach specyfikacji technicznych przygotowywanych przez CEN TC 156 „Ventilation for buildings”, WG 18 „Ventilation in hospitals” [41], [43].

System wentylacji sali operacyjnej z jednokierunkowym przepływem powietrza może być wyposażony w:

- strop laminarny i kratki wywiewne (prawidłowe rozwiązanie projektowe powinno zawierać 8 wywiewników, umieszczonych regularnie w sali po dwie w czterech kolumnach (panelach) wywiewnych na dwóch wysokościach – nad podłogą i pod sufitem podwieszonym),
- strop laminarny z podłączonymi do niego sufitowymi modułami recyrkulacyjnymi (z wentylatorami) i osiem kratek wywiewnych,
- strop laminarny, ściennie moduły recyrkulacyjne (z wentylatorami) i kratki wywiewne.

W sali operacyjnej z wentylacją mieszającą stosowane są różnego rodzaju nawiewniki, które odpowiednio zabudowane także mogą realizować funkcję recyrkulacji powietrza (np. [56] z 1 do 8 wentylatorów) oraz kratki wywiewne.

Każdy z tych elementów instalacji jest źródłem dźwięku w pomieszczeniu. Szczególną uwagę jako na źródło dźwięku należy zwrócić na moduły recyrkulacyjne, zawierające wentylatory. Mimo wyposażenia modułów w tłumiki hałasu, poziom dźwięku jest dość wysoki (wartość zależy od wielkości strumienia powietrza, liczby modułów, wykonania – różne wartości zależnie od rozwiązania danego producenta), np. wynosi [26] dla strumienia powietrza 1000 m³/h: 41 dB(A), a dla 4000 m³/h: 44 dB(A).

Dzięki rozwiązaniom modułów nawiewnych dla wentylacji mieszającej z recyrkulacją powietrza, np. [56], podobnie jak w przypadku stropów laminarnych z recyrkulacją czy z zastosowaniem modułów ściennych, uzyskuje się zmniejszenie zużycia energii i obniżenie kosztów eksploatacji instalacji, przez np. mniejsze koszty na uzdatnienie powietrza zewnętrznego dostarczanego w ilości minimalnej niezbędnej (do rozrzedzenia zanieczyszczeń gazowych wydzielanych w sali operacyjnej), mniejsze wymiary urządzeń i elementów instalacji oraz przewodów wentylacyjnych, zmniejszenie przestrzeni technicznych potrzebnych do prowadzenia przewodów wentylacyjnych, mniejsze wymiary elementów instalacji m.in. regulatorów przepływu i kłap przeciwpożarowych.

W poradniku [14] dla sali operacyjnej klasy ISO 5, sklasyfikowanej pod kątem zanieczyszczeń stałych w powietrzu zgodnie z normą PN-EN ISO 14644-1: 2016-03 [37]) i czystości mikrobiologicznej o maksymalnym stężeniu drobnoustrojów w powietrzu < 10 jtk/ m^3 powietrza, opisane są trzy rozwiązania systemu wentylacji wraz z podanym wynikowym poziomem dźwięku, uzyskanym podczas badań w laboratorium (z uwzględnieniem kompletnego rozwiązania: system nawiewny i wywiewny, z lub bez recyrkulacji powietrza, z tłumikami hałasu):

- strop laminarny, z filtrem HEPA klasy H13 (lub H14) jako ostatnim stopniem filtracji, o strumieniu powietrza nawiewanego wynoszącym $9000 m^3/h$, z prędkością powietrza nawiewanego zmierzoną pod stropem $0,25 m/s$ (lub $0,38 m/s$), wywiew powietrza przez kratki wywiewne umieszczone nad podłogą i pod stropem – poziom dźwięku oceniony jako bardzo niski $\leq 45 dB(A)$,
- strop laminarny, z filtrem HEPA klasy H13 (lub H14) jako ostatnim stopniem filtracji, o strumieniu powietrza nawiewanego wynoszącym $9000 m^3/h$, z prędkością powietrza nawiewanego zmierzoną pod stropem $0,25 m/s$ (lub $0,38 m/s$), z 4 sufitowymi modułami recyrkulacyjnymi o wydatku $1500 m^3/h$ każdy (strumień powietrza zewnętrznego, dostarczany z centrali wentylacyjno-klimatyzacyjnej: $3000 m^3/h$) i kratkami wywiewnymi nad podłogą – niski poziom dźwięku $\leq 48 dB(A)$,
- strop laminarny, z filtrem HEPA klasy H13 (lub H14) jako ostatnim stopniem filtracji, o strumieniu powietrza nawiewanego wynoszącym $9000 m^3/h$, z prędkością powietrza nawiewanego zmierzoną pod stropem $0,25 m/s$ (lub $0,38 m/s$) z dwoma ściennymi modułami recyrkulacyjnymi o wydatku $3000 m^3/h$ każdy (strumień powietrza zewnętrznego, dostarczany z centrali wentylacyjno-klimatyzacyjnej: $3000 m^3/h$) i kratkami wywiewnymi – niski poziom dźwięku $\leq 48 dB(A)$.

W rozwiązaniu opisanym w [1], [56] z przepływem jednokierunkowym powietrza nawiewanego (laminarnym), z recyrkulacją powietrza przy całkowitym strumieniu powietrza nawiewanego ponad $10\,000 m^3/h$ (przy prędkości powietrza nawiewanego mierzonej pod stropem $0,24 m/s$), strumieniu powietrza recyrkulacyjnego do $8\,800 m^3/h$ z 8 wentylatorami powietrza recyrkulacyjnego, średni poziom dźwięku z pełną instalacją wentylacji w sali gotowej do użytkowania wynosi $44 dB(A)$.

Jeden moduł z zabudowanymi dwoma nawiewnikami wirowymi z filtrami klasy H14 i funkcją recyrkulacji powietrza (maksymalny strumień powietrza nawiewanego 3400

m^3/h , ze strumieniem recyrkulacyjnym do $2500 m^3/h$ i powietrzem świeżym $400 \div 900 m^3/h$) powoduje poziom dźwięku $< 45 dB(A)$ [55] [56].

Wymagania krajowe

Aby odnieść się do najnowszych wymagań dotyczących dopuszczalnego poziomu dźwięku pochodzącego od instalacji wewnętrznych, wentylacji i klimatyzacji, w salach operacyjnych, zamieszczonych w krajowym załączniku normalizacyjnym PN-EN 16798-1:2019/Ap2:2023 [36] w tablicy NA.20 pt. "Dopuszczalny poziom dźwięku A w budynkach niemieszkalnych – Kategorie I, II, III", należy, po paru słowach wyjaśnień, prześledzić wymagania zamieszczone w innych normach krajowych (w tym w normie PN-B-02151-02:1987/ Ap1:2015-05 [32] powołanej w Rozporządzeniu [29]).

W krajowym załączniku [36], inaczej niż w przypadku pozostałych parametrów środowiskowych dla pomieszczeń o różnym przeznaczeniu, przystosowanie wymagań normy do krajowych kryteriów akustycznych polegało na zastąpieniu wartości podanych jako domyślne w PN-EN 16798-1:2019-06 [35] w rozdziale A6 pt. „Wymagania dotyczące hałasu wewnątrz wybranych pomieszczeń i budynków” (wymagania odnoszą się do hałasu generowanego przez instalacje w rozpatrywanych pomieszczeniach) w Tablicy A.20 „Przykłady projektowego równoważnego ciągłego poziomu dźwięku $L_{Aeq,T}$ dla źródeł ciągłych” przez wartości opublikowane w normie PN-B-02151-2:2018 [33] w rozdziale 4.2 pt. „Wartości dopuszczalnego poziomu dźwięku A” w Tablicy A „Dopuszczalny poziom dźwięku A”. Wyrazem tego, poza wartościami liczbowymi, jest zapis w nagłówku Tabeli NA.20, w którym zaznaczono, że Lp. wymienionych pomieszczeń i obiektów podano według PN-B-02151-2, jak również informacja zamieszczona na początku rozdziału NA.6: „Więcej informacji podano w PN-B-02151-2:2018-01”.

Należy zauważyć, że norma PN-B-02151-2:2018 [33] nie jest (to samo dotyczy normy PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03P [36]) powołana w obowiązującym Obwieszczeniu Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022 poz.1225) [29]. W niniejszym rozporządzeniu powołane są normy PN-B-02151-02:1987 i PN-B-02151-02:1987/ Ap1:2015-05 [32] (załącznik nr 1 do Rozporządzenia).

W PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03P [36] zastosowano inny sposób przedstawiania wartości poziomu dźwięku

niż we wcześniejszych wymaganiach normy PN-EN 16798-1:2019-06 [35]. Podane są bowiem takie same wartości dla danego pomieszczenia dla trzech kategorii środowiska wewnętrznego (I, II, III), co zastąpiło trzy wartości (lub zakresy) dla każdej z trzech kategorii. W niniejszym artykule definicje kategorii środowiska wewnętrznego zamieszczono w Tabeli 2. Takiej zmiany w załączniku krajowym nie przeprowadzono w przypadku innych wymagań opublikowanych w innych tabelach (np. w Tablicy NA.2 „Zalecane wartości projektowe wewnętrznej temperatury operatywnej w zimie i w lecie dla budynków z mechanicznymi systemami chłodzenia”, w której oddzielnie podano wartości temperatury operatywnej dla każdej z trzech kategorii). Tabela A.20 w PN-EN 16798-1:2019 (str. 35) [35] przygotowana do uzupełniania przez wymagania krajowe zawiera podział na trzy kategorie. Jednak w PN-EN 16798-1:2019 [35] zaznaczono, że alternatywne metody i opcje mogą być narzucone przez przepisy krajowe/regionalne.

Poza powyższymi zmianami związany z innym zdefiniowaniem i zastosowaniem kategorii środowisk wewnętrznych w Załączniku krajowym do normy PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03P [36], największe zaniepokojenie, w kontekście zagadnienia poruszanego w artykule, budzą podane jako dopuszczalne wartości poziomu dźwięku dla sal operacyjnych. Wartości spełniające wymagania europejskie i odpowiadające aktualnym możliwościom technicznym systemów wentylacji i klimatyzacji zostały zastąpione przez wartości trudne do zapewnienia w nowocześnie wykonanej sali operacyjnej wyposażonej w nowoczesne rozwiązania wentylacji.

W PN-EN 16798-1:2019-06 [35] w rozdziale B.6 „Wymagania dotyczące hałasu wewnątrz wybranych pomieszczeń i budynków” w Tablicy B.20 „Przykłady projektowego równoważnego ciągłego poziomu dźwięku $L_{Aeq,T}$ ” podano wartości dla sal operacyjnych dla kolejnych kategorii jako:

- dla kategorii I $\leq 35 dB(A)$
- dla kategorii II $\leq 40 dB(A)$
- dla kategorii III $\leq 45 dB(A)$

Natomiast obecnie w Załączniku krajowym PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03P [36] w Tablicy NA.20 pkt 8b zapisana jest wartość $35 dB(A)$, taka jak w PN-B-02151-2:2018 [33].

W dokumencie „Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą” z 2018 r. [5], rekomendowanym do stosowania przez Ministra Zdrowia decyzją z dn. 6.11.2017 r., wymagania były opracowane na podstawie norm obowiązujących w roku 2016 (wtedy złożono „Wytyczne...”

do akceptacji w Ministerstwie Zdrowia). Wymagania akustyczne oparto na zapisach normy PN-EN 15251 [34] (obecnie wycofanej i zastąpionej przez PN-EN 16798-1:2019-06 [35]). Jako wartość domyślną (projektową) podano $L_{Aeq, n, T} = 40$ dB(A), a jako wartość maksymalną $L_{Aeq, n, T} = 48$ dB(A).

Należy jeszcze raz podkreślić, że przywołana w załączniku krajowym PN-EN 16798-1:2019-06P [36] norma PN-B-02151-2:2018 [33] wykorzystana do określenia krajowych normatywnych wymagań dotyczących dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach (nie tylko, oczywiście, w budynkach ochrony zdrowia), nie jest powołana w aktualnej wersji Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych... (Dz.U. 2022 poz. 1225 [29]), jak również nie znajduje się w nowelizowanej wersji tego rozporządzenia, która będzie obowiązywać od 1.01.2024 r. Nowelizacja planowana od 2024 roku nie dotyczy warunków pracy instalacji wentylacyjnych i ich projektowania. Informacje o zakresie i zmianach zapisów rozporządzenia można przeczytać na stronie [42] i w Tabeli konsultacji (punkt 61) [53].

W Tabeli 1 zestawiono wymagania akustyczne dla sal operacyjnych, powiązane z pracą instalacji wewnętrznych, zamieszczone w wymienionych powyżej normach oraz „Wytycznych...” [5].

Tabela 1. Dopuszczalny poziom dźwięku w salach operacyjnych – zestawienie krajowych wymagań dla instalacji

Table 1. Permissible sound level in operating rooms – list of national requirements for installations

Norma	Najwyższy dopuszczalny poziom dźwięku A	Wartość, dB(A)
PN-B-02151-02:1987/Ap1:2015-05 [32] (powołana w Dz.U.2022 poz. 1225 [29])	Dopuszczalny średni poziom dźwięku przy hałasie ustalonym $L_{A_{mr}}$, dzień	30
PN-B-02151-2:2018-01 [33]	$L_{Aeq, n, T}$	35
PN-EN 15251:2012P [34]	Typowy zakres: poziom dźwięku $L_{Aeq, n, T}$	30 do 48
	Standardowa wartość obliczeniowa $L_{Aeq, n, T}$	40
„Wytyczne...” 2018r. [5]	Wartość domyślna (projektowa) $L_{Aeq, n, T}$	40
	Wartość maksymalna $L_{Aeq, n, T}$	48
PN-EN 16798-1:2019-06P [35]	I kategoria: $L_{Aeq, n, T}$	≤ 35
	II kategoria: $L_{Aeq, n, T}$	≤ 40
	III kategoria: $L_{Aeq, n, T}$	≤ 45
PN-EN 16798-1:2019-06P/ Ap2:2023-03P [36]	I, II, III kategoria: $L_{Aeq, n, T}$	35
$L_{Aeq, n, T}$ – wzorcowy równoważny poziom dźwięku (z uwzględnieniem pogłosu)		

Zamieszczone w Tabeli 1 kategorie środowiska wewnętrznego (I, II, III), powiązane z poziomem oczekiwań użytkowników i ich stanem zdrowotnym oraz etapem użytkowania budynku (nowy, modernizowany, istniejący), są inaczej zdefiniowane, z innym sposobem stosowania, w normach PN-EN 16798-1:2019-06P [35] (wcześniej w PN-EN 15251:2012P [34], PN-EN ISO 7730:2006P [39]) niż w normalizacyjnym załączniku krajowym PN-EN 16798-1:2019-06P/ Ap2:2023-03P [36], co zapewne będzie powodować problemy w stosowaniu wymagań według ww. norm (Tabela 2).

Wymagania zagraniczne

Poniżej przedstawiono wymagania z zagranicznych norm i wytycznych dotyczących instalacji wewnętrznych, w tym wentylacji i klimatyzacji, w obiektach ochrony zdrowia. Przywołano znaną w Polsce normę niemiecką DIN 1946-4:2018-09 [7], wytyczne brytyjskie z roku 2021 „Health Technical Memorandum 03-01” [12][13], wymagania włoskie z roku 2009 [23], francuską normę NF S 90-351:2013 [28], szwajcarskie wytyczne SWKI-Richtlinie VA 105-01:2015 [50] oraz projekt specyfikacji technicznej pr TS 16446 z 2020 i 2021 roku [43], prEN/TS xxxxx-1:202x (E) [41].

- DIN 1946-4:2018-09 [7], Niemcy: w obiektach ochrony zdrowia w zakresie ochrony akustycznej obowiązują niemieckie przepisy dotyczące miejsca pracy oraz norma DIN 4109, Sound insulation in building construction (wszystkie części), z wyjątkiem pomieszczeń klasy I, w których należy zachować poziom ciśnienia akustycznego ≤ 48 dB(A). Pomieszczenia klasy I to sale operacyjne, podzielone na dwie podklasy Ia i Ib. Dla obu z nich określono tą samą dopuszczalną wartość 48 dB(A), zaznaczając, że pomiar głośności należy wykonać w centrum pomieszczenia, na wysokości 1,8 nad posadzką. Podkreślono, że podany powyżej projektowany poziom hałasu instalacji wentylacyjnej to poziom wytworzony przez samą instalację, bez uwzględnienia innych źródeł hałasu.
- „Health Technical Memorandum 03-01, Specialised ventilation for healthcare premises Part A” 2021 r. [13], Wielka Brytania:
 - Wszystkie pomieszczenia w bloku operacyjnym (poza salami operacyjnymi): całkowity poziom dźwięku w pomieszczeniu 48 dB(A), wartość projektowa dla instalacji wentylacyjnych: 45 dB(A)
 - sale operacyjne UCV (Ultra Clean Ventilation System – z nawiewnikami o przepływie jednokierunkowym) i przylegające sale przygotowania lekarzy – całkowity poziom dźwięku w pomieszczeniu 53 dB(A), brak wymagania dla wartości projektowej dla instalacji wentylacyjnych, brakuje także wymagań dla sal operacyjnych innych niż ultra czyste, W części B „Health Technical Memorandum 03-01 Specialised ventilation for healthcare premises, Part B” 2021 r. [12] podano wymagania dotyczące hałasu instalacyjnego w istniejących obiektach:
 - wszystkie pomieszczenia bloku operacyjnego, wraz z salami operacyjnymi – maksymalny całkowity poziom dźwięku: 50 dB(A),

Tabela 2. Klasyfikacja środowiska wewnętrznego według PN-EN 15251:2012 [34], PN-EN 16798-1:2019-06 [35] i krajowego załącznika normalizacyjnego normy PN-EN 16798-1:2019-06P/Ap2-2023-03P [36]

Table 2. Classification of the internal environment according to PN-EN 15251:2012 [34], PN-EN 16798-1:2019-06 [35] and the national standardization annex of the standard PN-EN 16798-1:2019-06P/Ap2-2023 – 03P [36]

Norma	PN-EN 15251:2012 [34], PN-EN 16798-1:2019-06 [35]		Załącznik krajowy normalizacyjny normy PN-EN 16798-1:2019-06P/Ap2-2023-03P [36]	
Kategoria (ozn. PN-EN 15251, PN-EN 16798-1:2019-06P)	Poziom oczekiwań	definicja/opis		definicja/opis
		PN-EN 15251:2012	PN-EN 16798-1:2019-06P	
I (IEQ _I)	Wysoki	Pomieszczenia użytkowane przez osoby bardzo wrażliwe o specjalnych wymaganiach, np. osoby z niepełnosprawnością, chorzy, osoby starsze, bardzo małe dzieci	Poziom przewidziany dla osób o szczególnych potrzebach (dzieci, osoby starsze, osoby z ograniczoną sprawnością, itp.)	budynki, w których będą przebywać osoby o szczególnych wymaganiach
II (IEQ _{II})	Średni	Normalny poziom oczekiwań, zalecany dla budynków nowych i modernizowanych	Poziom normalny	budynki nowe
III (IEQ _{III})	Umiarkowany	Dopuszczalny poziom, stosowany w przypadku budynków istniejących	Poziom nie stanowi żadnego zagrożenia dla zdrowia, ale może obniżyć komfort	budynki modernizowane
IV (IEQ _{IV})	Niski	Wartości nie mieszczące się w kryteriach powyższych kategorii. Zaleca się przyjmowanie tej kategorii tylko w odniesieniu do ograniczonej części roku		Krajowe zalecenia nie definiują kryteriów dla kategorii IV

- sala operacyjna ultraczysta UCV i przyległe pomieszczenia – maksymalny całkowity poziom dźwięku: 55 dB(A).
- 3. „Linee guida sugli standard di sicurezza e di igiene del lavoro nel reparto operatorio” z 2009 roku [23], Włochy: dla sal operacyjnych przeznaczonych do przeszczepów podano jako wymagania krajowe wartość poziomu dźwięku wynoszącą 48 dB(A). Dodano, że uważa się za pożądane utrzymanie poziomu dźwięku o następujących wartościach referencyjnych zależnie od rozwiązania

szająca) przyjęto maksymalną dopuszczalną wartość hałasu instalacyjnego ≤ 48 dB(A), dla sal operacyjnych klasy CL-2 (rozcieńczająca wentylacja mieszająca) przeznaczonych na m.in. operacje okulistyczne, chirurgię plastyczną i inne zabiegi chirurgiczne ≤ 45 dB(A) lub ≤ 48 dB(A).

W tabeli 3 podano zestawienie omówionych powyżej wymagań odnosząc się do hałasu instalacyjnego, poza wartością przedstawioną w „Health Technical Memorandum 03-01 part A”, 2021 [13], która dotyczy całkowitego poziomu dźwięku w sali operacyjnej.

wymagań jak obecnie w Polsce – 30 dB(A) w normie PN-B-02151-02:1987/Ap1:2015-05 [32] powołanej w [29] oraz 35 dB(A) w Załączniku normatywnym PN-EN 16798-1:2019-06P/Ap2-2023-03P [36]), należałoby oczekiwać, aby jak najszybciej nastąpiła zmiana przepisów krajowych w tym zakresie przez odniesienie się w odpowiednim rozporządzeniu do nowych wymagań normatywnych (lub powrót do wymagań zamieszczonych w PN-EN 15251:2012P-wersja polska [34] czy w PN-EN 16798-1:2019-06-wersja polska [35]) z zapisem maksymalnego do-

Tabela 3. Zestawienie dopuszczalnych maksymalnych poziomów dźwięku (hałas instalacyjny) w sali operacyjnej na podstawie wybranych dokumentów zagranicznych

Table 3. List of permissible maximum sound levels (installation noise) in the operating room based on selected foreign documents

Kraj	Niemcy	Wielka Brytania		Włochy	Francja	Szwajcaria	Europa (propozycja)
Dokument	DIN 1946-4:2018-09 [7]	Health Technical Memorandum 03-01 part A, 2021 [13]	Health Technical Memorandum 03-01, Part B, 2021 r. [12]	Linee guide..., 2009 [23]	NF S 90-351:2013 [28]	SWKI-Richtlinie VA 105-01:2015 [50]	pr TS: 16446 [43], prEN/TS xxxxx-1:202x (E) [41]
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
Sala operacyjna z przepływem jednokierunkowym	≤ 48	53 (całkowity poziom dźwięku)	55 (istniejące systemy)	≤ 48	≤ 48	≤ 48	≤ 48
Sala operacyjna z przepływem niejednokierunkowym	≤ 48	Brak danych	50 (istniejące systemy)	≤ 45	≤ 48	≤ 48	≤ 45 lub ≤ 48

wentylacji: przepływ jednokierunkowy 48 dB(A), przepływ turbulentny 45 dB(A). Pomiar należy wykonać w centrum pomieszczenia, na wysokości około 1,70 m nad podłogą.

- 4. NF S 90-351:2013 [28], Francja: podano dla sal operacyjnych maksymalną wartość poziomu dźwięku 48 dB(A), niezależnie od klasy ryzyka pomieszczenia.
- 5. SWKI-Richtlinie VA 105-01:2015 [50], Szwajcaria: dla sal operacyjnych z przepływem FFP (strop z wypływem laminarnym o powierzchni czynnej około 9 m², o niskiej turbulencji, wytwarzający strefę ochronną), stosowanym w salach operacyjnych o najwyższej klasie CV 1a: ≤ 48 dB(A), dla sal z wentylacją mieszającą (przepływ turbulentny VMT, można zastosować indywidualne nawiewniki), bez wytwarzania strefy ochronnej, o klasie CV 1b: ≤ 48 dB(A), pomiar należy wykonać w centrum sali, na wysokości 1,5 m nad posadzką.
- 6. Propozycja specyfikacji technicznej dotyczącej wentylacji i klimatyzacji w szpitalach, m.in. sal operacyjnych (prTS 16244-1 z roku 2020 [43], prEN/TS xxxxx-1:202x (E) [41]) przygotowywana przez CEN TC 156 „Ventilation for buildings”, WG 18 „Ventilation in hospitals” dla sal operacyjnych o klasie ryzyka CL-1a (przeznaczenie: endoprotezoplastyka stawu biodrowego i kolanowego, transplantacja narządów, protetyka ortopedyczna) z jednokierunkowym przepływem powietrza i sal operacyjnych klasy CL-1b (przeznaczenie: zabiegi chirurgiczne z endoprotezoplastyką, transplantacja narządów, protetyka ortopedyczna) z niejednokierunkowym przepływem powietrza (zdefiniowanym jako rozcieńczająca wentylacja mie-

Podsumowanie

Analizując klimat akustyczny w sali operacyjnej zauważa się wzrastający od lat hałas, powodowany stosowaniem nowoczesnej, coraz liczniejszej aparatury medycznej i narzędzi chirurgicznych, a także niezbędną komunikacją werbalną pomiędzy członkami zespołu operacyjnego, wysoki w porównaniu z poziomem dźwięku wynikającym z działania instalacji wentylacyjnej. Byłoby bardzo trudno oczekiwać, aby z tych źródeł dźwięku (wszystkie niezbędne dla prawidłowo przeprowadzanych zabiegów i działania sali operacyjnej) właśnie wentylacja, niebędąca największym źródłem hałasu, mogła i musiała być ograniczona do 30 dB(A) lub 35 dB(A). Nie jest bowiem w praktyce możliwe ograniczenie poziomu dźwięku emitowanego przez prawidłowo pracujące, z obliczeniowym strumieniem powietrza wentylacyjnego, wyposażone we wszystkie niezbędne elementy instalacji (nawiewnik, wywiewniki, ewentualnie moduły recyrkulacyjne z tłumikami hałasu) nowoczesne systemy wentylacji sal operacyjnych do tak niskiej wartości. Analizując źródła dźwięku o różnych poziomach, aby uzyskać informację o wynikowym, całkowitym poziomie dźwięku, wykonuje się ich sumowanie. Dodając dwa poziomy dźwięku – średni hałas w salach operacyjnych 70 dB(A) i maksymalny poziom dźwięku od wentylacji 48 dB(A), dla różnicy 22 dB(A), poprawka dodawana do wyższej wartości wynosi 0 dB(A), a dla 60 dB(A) i 48 dB(A) poprawka wynosi 0,25 dB(A) [24], co nie zmienia i nie pogarsza warunków akustycznych w sali operacyjnej.

Aby dostosować krajowe wymagania prawne do stanu rzeczywistego, biorąc także pod uwagę wymagania zagraniczne (wśród których nie ma tak rygorystycznych, niskich

puszczalnego poziomu dźwięku w sali operacyjnej spowodowanego działaniem instalacji wewnętrznych wynoszącym 48 dB(A) i ewentualnie dla wybranych sal 45 dB(A).

Zmiana pozwoli na dostosowanie wymagań do przepisów aktualnych w innych krajach i osiągalnych w praktyce inżynierskiej, bez pogarszania komfortu akustycznego, gdyż w salach operacyjnych wyposażonych w dużą liczbę zróżnicowanego sprzętu i aparatury medycznej, dźwięk spowodowany działaniem wentylacji nie jest jedyną (i najwyższą) składową dźwięku.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AIR: ADMECO Recirculation air systems ULD, <https://admeco.ch/en/products/ot-outlets/uld-recirculation-air-ceiling/>
- [2] Arabaci A., Önlér E., The Effect of Noise Levels in the Operating Room on the Stress Levels and Workload of the Operating Room Team, Journal of PeriAnesthesia Nursing 36 (2021) 54-58
- [3] Artasiewicz-Zawisza T., Dziubińska J., Przysucha K., Planowana nowelizacja rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – czy rządowe pomysły na walkę z „patodeveloperką” są wystarczająco przemysłowe? [https://crido.pl/blog-law/planowana-nowelizacja-rozporzadzenia-w-sprawie-warunkow-technicznych-jakim-powinny-odpowiadac-budynki-i-ich-usytuowanie-czy-rzadowe-pomysly-na-walkę-z-patodeveloperka-sa-w-publ. 4.05.2023r. \(dostęp: 17.09.2023r.\)](https://crido.pl/blog-law/planowana-nowelizacja-rozporzadzenia-w-sprawie-warunkow-technicznych-jakim-powinny-odpowiadac-budynki-i-ich-usytuowanie-czy-rzadowe-pomysly-na-walkę-z-patodeveloperka-sa-w-publ. 4.05.2023r. (dostęp: 17.09.2023r.))
- [4] Białożyty K., Hałas – wpływ na człowieka i skutki zdrowotne, <https://www.poradnikzdrowie.pl/zdrowie/objawy/halas-wplyw-na-czlowieka-i-skutki-zdrowotne-aa-Kv8b-DqgU-A6Bu.html>, publ. 2021-09-22 (dostęp: 10.10.2023r.)
- [5] Charkowska A., Różycki A., Lenarski R., A. Sobierajska, Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą. Wyd. Pracodawcy Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa;

- 2018 <https://www.gov.pl/web/zdrowie/materialy-pomocnicze>
- [6] DIN 1946-4: 2008, Ventilation and air conditioning – Part 4: VAC systems in buildings and rooms used in health care sector
- [7] DIN 1946-4: 2018-09, Ventilation and air conditioning – Part 4: Ventilation in buildings and rooms of health care
- [8] Ginsberg, S. H., Pantin, E., Kraidin, J., Solina, A., Panjwani, S., & Yang, G. (2013). Noise levels in modern operating rooms during surgery. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*, 27(3), 528–530. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2012.09.001>
- [9] Giv M.D., Sani K.G., Alizadeh M. i in., Evaluation of noise pollution level in the operating rooms of hospitals: A study in Iran, *Interventional Medicine & Applied Science*, Vol. 9 (2), pp. 61–66 (2017)
- [10] Goślińska U., Ryzyko zawodowe związane z narażeniem na hałas, <https://www.gov.pl/attachment/b9d97020-7e46-45c6-a696-74226a764e2c> (dostęp: 10.09.2023r.)
- [11] Hałas w obiektach służby zdrowia. Podsumowanie badań, 2017, <https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/pl/broszury/podsumowanie-bada-maj-2017.pdf/> (dostęp: 8.09.2023)
- [12] Health Technical Memorandum 03-01, Specialised ventilation for healthcare premises Part B: The management, operation, maintenance and routine testing of existing healthcare ventilation systems, NHS England, 2021, Published 22 June 2021
- [13] Health Technical Memorandum 03-01, Specialised ventilation for healthcare premises Part A: The concept, design, specification, installation and acceptance testing of healthcare ventilation systems, NHS England, 2021
- [14] Innovative LTF ceiling systems (Laminar Flow systems) for operating theatres, <https://airfiltration.mann-hummel.com/en/products/operating-theater.html> (dostęp: 12.09.2023r.)
- [15] Jesteśmy coraz bardziej narażeni na hałas, także w szpitalach, <https://www.rynekzdrowia.pl/Uslugi-medyczne/Jestesmy-coraz-bardziej-narazeni-na-halas-takze-w-szpitalach,172291,8.html>, publ. 2017 (dostęp: 10.10.2023r.)
- [16] Kamińska J., Radosz J., Kapica Ł., Hałas na stanowisku pracy biurowej. Poradnik dla pracodawców i pracowników, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2022
- [17] Katz JD., Noise in the operating room. *Anesthesiology*. 2014 Oct;121(4):894-8. doi: 10.1097/ALN.0000000000000319, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24878496/> (dostęp: 12.09.2023r.)
- [18] Keller S., Tschan F., Beldi G., Kurmann A., Candinas D., Semmer N. K., (2016) Noise peaks influence communication in the operating room. An observational study, *Ergonomics*, 59:12, 1541-1552, DOI: 10.1080/00140139.2016.1159736 (dostęp: 12.09.2023r.)
- [19] Kołodziejczyk E., Hałas w środowisku pracy musi być pod kontrolą, data publikacji 02.07.2021, <https://www.prawo.pl/kadry/hałas-w-srodowisku-pracy,186770.html> (dostęp: 15.10.2023r.)
- [20] Koszarny Z., Ocena sytuacji akustycznej w szpitalach miast wojewódzkich, ROCZN. PZH. 1991. XLII, NR 4
- [21] Kracht, Busch-Vishniac et al., Noise in the operating rooms of Johns Hopkins Hospital, *Journal of the Acoustical Society of America*, May 2007, 121(5 pt1), p. 2673-26 80 Kurmann A, Peter M, Tschan F, Mühlemann K, Candinas D, Beldi G: Adverse effect of noise in the operating theatre on surgical site infection. *Br J Surg* 98, 2011, 1021-1025
- [22] Linee guida sugli standard di sicurezza e di igiene del lavoro nel reparto operatorio, istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro, Dipartimento Igiene del Lavoro, Versione dicembre 2009
- [23] Malicki M., Wentylacja i klimatyzacja, PWN, Warszawa, 1980
- [24] Mathurin Ch., Jeremy Pastor J., Noise Pollution in the Operating Room, February 24, 2019, <https://repository.ahu.edu/server/api/core/bitstreams/5476010d-47c5-471f-a09f-210f1ef256de/content> (dostęp: 22.09.2023r.)
- [25] Moduł recyrkulacyjny do pomieszczeń czystych, materiały firmowe, Frapol, <https://www.frapol.com.pl/produkt/234/Modul-recyrkulacyjny-do-pomieszczen-czystych> (dostęp: 15.10.2023r.)
- [26] Montemurro T., Noise in the OR at Induction: Patient and Anesthesiologists Perceptions, <https://ichgcp.net/pl/clinical-trials-registry/NCT04204785>, publ. 2 czerwca 2020 (dostęp: 12.09.2023r.)
- [27] NF S 90-351:2013, Health care institutions – Controlled environment areas – Requirements for airborne contamination control, Etablissements de Sante – Zones a Environnement Maitrise – Exigences Relatives a La Maitrise de La Contamination Aeroportee
- [28] Obwieszczenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2022 poz.1225
- [29] Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, Dz.U. 2014 poz. 112
- [30] Pleban D., Smagowska B., Radosz J., Kształtowanie klimatu akustycznego w pomieszczeniach placówek medycznych – zalecenia, *Bezpieczeństwo Pracy*, 6/2020, s. 17-21 DOI: 10.5604/01.3001.0014.1922
- [31] PN-B-02151-02:1987/ Ap1:2015-05, Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach
- [32] PN-B-02151-2:2018, Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach
- [33] PN-EN 15251: 2012 – wersja polska, Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę
- [34] PN-EN 16798-1:2019-06 – wersja polska, Charakterystyka energetyczna budynków – Wentylacja budynków – Część 1: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki – Moduł M1-6
- [35] PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03 – wersja polska, Charakterystyka energetyczna budynków – Wentylacja budynków – Część 1: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki – Moduł M1-6
- [36] PN-EN ISO 14644-1: 2016-03 – wersja angielska, Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane – Część 1: Klasyfikacja czystości powietrza na podstawie stężenia cząstek
- [37] PN-EN ISO 14644-4:2023-06 – wersja angielska, Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane – Część 4: Projekt, konstrukcja i uruchomienie
- [38] PN-EN ISO 7730:2006– wersja polska, Ergonomia środowiska termicznego – Analizy wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego
- [39] Polska w decybelach, <https://builderpolska.pl/2020/09/11/polska-w-decybelach/>, publ. 11.09.2022 r. (dostęp: 22.09.2023r.)
- [40] prEN/TS xxxx-1:202x (E), Proposal for the National Annex contents and structure, 2021
- [41] Projekt rozporządzenia Ministra Rozwoju i Technologii zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12371900/katalog/12969208#12969208>, publ. 4.05.2023r. (dostęp: 27.04.2023r.)
- [42] prTS 16244-1, Ventilation for hospitals – Part 1: General requirements, Operating Suites and Isolation Rooms v. 2020
- [43] Przekazywanie informacji multimedialnych, <https://esezam.okno.pw.edu.pl/mod/book/view.php?id=70&chapterid=1524> (dostęp: 12.09.2023r.)
- [44] 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, Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318
- [45] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2004 nr 109 poz. 1156
- [46] 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. 2018 poz. 1286
- [47] Shapiro, R. A., & Berland, T. (1972). Noise in the operating room. *The New England Journal of Medicine*, 287(24), 1236–1238. <https://doi.org/10.1056/NEJM197212142872407>
- [48] Smagowska B., Pleban D., Sobolewski A., Pawlak A., Warunki pracy w wybranych pomieszczeniach szpitala – wyniki badań pilotażowych hałasu, oświetlenia i mikroklimatu, *Bezpieczeństwo Pracy*, 12/2018, s. 17-21, DOI: 10.5604/01.3001.0012.
- [49] Swiss Association of Heat and Climate Engineers. SWKI VA 105-01: Raumlufttechnische Anlagen in medizinischen genutzten Räumen (Planung, Realisierung, Qualifizierung, Betrieb). Bern: Swiss Association of Heat and Climate Engineers, 2015
- [50] Swiss Guideline 99-3E Heating, ventilation and air-conditioning systems in hospitals, 2004
- [51] Szłapa P., Kułagowska E., Maciejczyk J., Wpływ hałasu emitowanego przez instalacje klimatyzacyjne i aparaturę medyczną na porozumiewanie się mową jako potencjalne źródło błędów medycznych w salach operacyjnych, 2009 https://kergon.pan.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=127:027&catid=36&lang=pl (dostęp: 12.09.2023r.)
- [52] Tabela_konsultacje_publiczne_20230523, <https://legislacja.rcl.gov.pl/docs//578/12371900/12969208/12969212/dokument623039.pdf>, publ. 4.05.2023r. (dostęp: 27.09.2023r.)
- [53] Tomanek M., Infrastruktura bloku operacyjnego – panele, okładziny, szkło czy stal nierdzewna?, publ. on-line 13.06.2018 r., Numer wydania: 6/2018 <https://dlaaszpitali.pl/strefa-wiedzy/wyposazenie-bloku-operacyjnego-panele-szklo-stal-nerdzewna/> (dostęp: 12.09.2023r.)
- [54] ULG Recirculation air unit with turbulent mixed flow ventilation, <https://admeco.ch/en/products/ot-outlets/ulg-recirculation-air-unit-with-turbulent-mixed-flow-ventilation/>
- [55] Ventilation Systems, Advanced Medical Concepts, Katalog produktów Admeco