



# Wytyczne dotyczące ograniczania zagrożenia hałasem ultradźwiękowym na stanowiskach pracy wyposażonych w technologiczne urządzenia ultradźwiękowe

Zadanie zrealizowane przez Zakład Zagrożeń Fizycznych Instytutu  
Medycyny Pracy w Łodzi ze środków Narodowego Programu  
Zdrowia na lata 2016-2020, finansowane przez Ministra Zdrowia  
(umowa nr 6/4/10/NPZ/FRPH/2018/312/515/A)

Autorzy:

Dr hab. Małgorzata Pawlaczyk-Łuszczynska, prof. IMP

Mgr Adam Dudarewicz

Mgr Małgorzata Zamojska-Daniszewska

Mgr Kamil Zaborowski

Łódź, grudzień 2020



## Spis treści

1. Hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy .....	3
2. Wielkości charakteryzujące hałas ultradźwiękowy, wartości dopuszczalne .....	5
3. Pomiary zawodowej ekspozycji na hałas ultradźwiękowy.....	7
4. Ryzyko zawodowe związane z narażeniem na hałas ultradźwiękowy.....	8
5. Metody ograniczania zagrożenia hałasem ultradźwiękowym .....	10
a. Działania techniczne.....	10
a.1 Stosowanie indywidualnych ochronników słuchu .....	11
b. Działania organizacyjne .....	11
c. Profilaktyka medyczna.....	12
6. Literatura .....	13



## 1. Hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy

Ultradźwięki to drgania akustyczne z przedziału częstotliwości od 16 kHz do 10 GHz, rozchodzące się w ośrodkach sprężystych w postaci fal. W zależności od częstotliwości różne są nie tylko metody ich generowania, ale również sposoby wykorzystania i mechanizmy oddziaływania na organizmy żywe, stąd podział na ultradźwięki niskich (poniżej 100 kHz) i wysokich częstotliwości (powyżej 100 kHz). Ultradźwięki niskich częstotliwości rozchodzące się w powietrzu (ultradźwięki powietrzne) wraz z dźwiękami o wysokich częstotliwościach słyszalnych (powyżej 10 kHz) przyjęto nazywać hałasem ultradźwiękowym.

Podstawowymi źródłami tego rodzaju hałasu są tzw. technologiczne urządzenia ultradźwiękowe niskich częstotliwości takie, jak: myjki, zgrzewarki, ultradrażarki, lutownice ręczne i wanny do cynowania detali. W urządzeniach tych drgania ultradźwiękowe generowane są celowo do realizacji, przyspieszania lub usprawniania założonych procesów technologicznych.

Hałas z udziałem wysokich częstotliwości słyszalnych (10–20 kHz) i niskich ultradźwiękowych (poniżej 40 kHz) emitowany jest również w sposób niezamierzony w wyniku przepływu lub wypływu sprężonych gazów lub dużych prędkości obrotowych elementów składowych przez inne maszyny i urządzenia, np. przez sprężarki, palniki, zawory, narzędzia pneumatyczne oraz maszyny wysokoobrotowe, w tym strugarki, frezarki, szlifierki, piły tarczowe i niektóre maszyny włókiennicze.

Zainteresowanie wpływem hałasu ultradźwiękowego (ultradźwięków powietrznych) na organizm człowieka rozpoczęło się w latach 40. i 50. wraz z wprowadzeniem do przemysłu urządzeń wykorzystujących energię ultradźwięków niskich częstotliwości. Pojawiły się wówczas prace opisujące występowanie u personelu obsługującego tego typu urządzenia takich objawów, jak: bóle i zawroty głowy, nadmierne zmęczenie i osłabienie, nudności, wymioty, uczucie pełności w uszach oraz zaburzenia koordynacji nerwowo-mięśniowej. W okresie tym zaczęto używać terminu „choroba ultradźwiękowa”, nie stosowanego później, obejmując nim zespół wyżej wymienionych objawów świadczących o zaburzeniach czynności układu vegetatywnego. Zainteresowanie skutkami działania ultradźwięków powietrznych niskich częstotliwości trwało praktycznie do połowy lat 80. W późniejszym okresie zagadnieniu temu poświęcano znacznie mniej uwagi [1-3].



Pierwsze propozycje normatywów higienicznych dotyczących ekspozycji zawodowej zostały przygotowane przez indywidualnych badaczy na przełomie lat 60. i 70. [4, 5]. Były one oparte na dwóch podstawowych założeniach. Po pierwsze - wysokie częstotliwości słyszalne (10-20 kHz) mogą powodować uciążliwość, szумы uszne, bóle głowy, zmęczenie i nudności. Po drugie - składowe ultradźwiękowe (powyżej 20 kHz) o wysokich poziomach ciśnienia akustycznego mogą powodować uszkodzenie słuchu. Stąd wartości dopuszczalne ustalono na takim poziomie by nie uniemożliwiały wystąpienie uszkodzenia słuchu i subiektywnych skutków w postaci zmęczenia, bólu głowy, nudności, dzwonienia w uszach, wymiotów itp. [5, 6].

Wspomniane wyżej propozycje, udokumentowane nielicznymi wynikami badań laboratoryjnych i terenowych, zostały zaadaptowane przez szereg krajów i organizacji międzynarodowych [5, 7].

W Polsce pierwsze propozycje normatywów higienicznych dotyczących hałasu ultradźwiękowego przygotowano pod koniec lat 70., ale hałas ten znalazł się w wykazie wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy dopiero w 1989 r. Trzy lata wcześniej została opracowana Polska Norma PN-86/N-01321 [8]. W 2001 r. miała miejsce nowelizacja wartości NDN hałasu ultradźwiękowego [9], a wprowadzone wówczas zmiany obowiązują do dziś [10, 11].

Jak dotąd Unia Europejska nie ustanowiła specjalnych regulacji prawnych dotyczących hałasu ultradźwiękowego (ultradźwięków powietrznych niskich częstotliwości), choć od ponad dwudziestu lat ochrona przed negatywnymi skutkami ekspozycji zawodowej na hałas stanowi jedno z jej priorytetowych działań w zakresie bezpieczeństwa, higieny i zdrowia w miejscu pracy. Przepisy takie są stosowane w niektórych krajach europejskich (np. Szwecji), a także w USA, Kanadzie, Rosji i Japonii [5, 12-14]. Zalecenia odnośnie metod pomiaru hałasu ultradźwiękowego zawiera norma zawiera projekt normy prPN-Z-01209P:2019 „Hałas ultradźwiękowy - Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów w środowisku pracy” [15], który zastąpi wcześniej stosowaną normę PN-ISO 9612:2011 [16].

- 1 Smagowska B, Pawlaczyk-Łuszczynska M. Effects of Ultrasonic Noise on the Human Body - A Bibliographic Review. *Int J Occup Safety Ergon.* 2013;19(2):195-202, <https://doi.org/10.1080/10803548.2013.11076978>.
- 2 Acton WI, Hill CR. Hazards of industrial ultrasound. *Protection.* 1977;14(19):12-17.
- 3 Lawton BW. Exposure limits for airborne sound of very high frequency and ultrasonic frequency. ISVR Technical Report No: 334. University of Southampton, 2013.
- 4 Acton WI. Exposure to industrial ultrasound: hazards, appraisal and control. *J Soc Occup Med.* 1983;33:107-13.



- 5 Ultrasound. Environmental Health Criteria No 22, Geneva, WHO, 1982.
- 6 Acton W. I. Exposure criteria for industrial for industrial ultrasound. Ann. Occup. Hyg., 1975;18: 267–268.
- 7 Markiewicz L. Wyniki badań działania drgań ultradźwiękowych na organizm człowieka. Materiały do studiów i Badań CIOP, Warszawa, 43:41–49, 1978.
- 8 PN-86/N-01321: Hałas ultradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów. Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości, Warszawa 1986.
- 9 Rozporządzenie MPiPS z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2001, nr 4, poz. 36.
- 10 Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 10 października 2005 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 212, poz. 1769, 2005).
- 11 Rozporządzenie MPiPS z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 217, poz. 1833, 2002).
- 12 Directive 2003/10/EC of European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) (17th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Official Journal of the European Communities. No L42/38,15.2.2003.
- 13 Lawton B.W.: Damage to human hearing by airborne sound of very high frequency or ultrasonic frequency. Contract Research Report 343/2001. Institute of Sound and Vibration Research for Health and Safety Executive, University of Southampton United Kingdom 2001 [cyt. 19 stycznia 2007]. Adres: <http://www.compound.security.co.uk/download/HSE.pdf>.
- 14 Pawlaczyk-Łuszczynska M., Koton J., Śliwińska-Kowalska M., Augustyńska D., Kameduła M.: Hałas ultradźwiękowy – Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. Metody i Podstawy Oceny Środowiska Pracy, Warszawa CIOP, XVII, 2(28): 55–88, 2001.
- 15 prPN-Z-01209P:2019 „Hałas ultradźwiękowy - Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów w środowisku pracy”(projekt).
- 16 PN-ISO 9612:2011. Akustyka - Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas - Metoda techniczna. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2011.

## 2. Wielkości charakteryzujące hałas ultradźwiękowy, wartości dopuszczalne

Jedną z metod ochrony zdrowia pracowników przed szkodliwymi skutkami działania hałasu ultradźwiękowego jest zmniejszenie narażenia na hałas na stanowiskach pracy. Istnieje szereg regulacji określających wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń NDN/NDS w miejscu pracy, skłaniających osoby odpowiedzialne do podjęcia działań mających na celu obniżenie poziomu hałasu na stanowiskach pracy.

Pomiary hałasu ultradźwiękowego przeprowadza się wyznaczając następujące wielkości fizyczne charakteryzujące hałas ultradźwiękowy:

- równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz, 12,5 kHz, 16 kHz, 20 kHz, 25 kHz, 31,5 kHz i 40 kHz, odniesione do 8-godzinnego dnia pracy,  $L_{f \text{ eq},8h}$



lub do tygodnia pracy  $L_{f eq,w}$  – gdy w poszczególnych dniach w tygodnia pracownik podlega zmiennemu narażeniu na hałas ultradźwiękowy,

- maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz, 12,5 kHz, 16 kHz, 20 kHz, 25 kHz, 31,5 kHz i 40 kHz,  $L_{f, max}$ , w czasie dnia pracy (lub tygodnia pracy  $L_{fmax,w}$ ).

Na stanowiskach pracy obowiązują następujące wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń NDN wg Dz.U. z 2014 r., poz. 817 z późn. zm., odnoszące się do ogółu pracowników z wyłączeniem kobiet ciężarnych i osób młodocianych, obowiązujące jednocześnie. Na stanowiskach pracy obowiązują następujące wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń NDN [17]. W tabeli 1. podano dopuszczalne wartości hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy dla ogółu pracowników oraz w przypadku zatrudnienia grup szczególnego ryzyka: kobiet w ciąży i młodocianych.

**Tabela 1.** Dopuszczalne równoważne poziomy ciśnienia akustycznego na stanowisku pracy, odniesione do 8-godzinnej lub tygodniowej ekspozycji na hałas i maksymalne dopuszczalne poziomy ciśnienia akustycznego, w tercjowych pasmach częstotliwości.

	Dopuszczalne wartości (dB)			
	Częstotliwości środkowe tercjowych pasm częstotliwości $f$ , (kHz)			
	10; 12,5; 16	20	25	31,5; 40
	Równoważne poziomy ciśnienia akustycznego $L_{f eq,8h, dop}$ , lub $L_{f eq,w, dop}$			
Ogół pracowników [17]	80	90	105	110
Kobiety w ciąży [19]	77	87	102	107
Młodociani [29]	75	85	100	105
	Maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego $L_{f max,dop}$ , lub $L_{f max,w,dop}$			
Ogół pracowników [17]	100	110	125	130
Kobiety w ciąży [19]	100	110	125	130
Młodociani [20]	100	110	125	130



- 17 Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 czerwca 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 2016 r., poz. 952.
- 18 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. DzU z 2005 r., nr 157 poz. 1318.
- 19 Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie wykazu prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży i kobiet karmiących dziecko piersią. DzU z 2017 r., poz. 796.
- 20 Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 29 sierpnia 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac. DzU z 2016 r., poz. 1509.

### 3. Pomiary zawodowej ekspozycji na hałas ultradźwiękowy

Pomiary hałasu ultradźwiękowego, dla potrzeb oceny narażenia pracownika na danym stanowisku pracy na ten rodzaj hałasu, przeprowadza się w typowych dla tego stanowiska miejscach przebywania pracownika, z uwzględnieniem wszystkich wykonywanych przez niego czynności oraz standardowych warunków eksploatacji narzędzia, maszyny czy urządzenia będącego źródłem tego hałasu.

pomiary równoważnych ciągłych i maksymalnych poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach 1/3 oktawy w zakresie częstotliwości od 10 do 40 kHz. Pomiary należy wykonywać z uwzględnieniem procedury pomiaru hałasu ultradźwiękowego prPN-Z-01209P: 2019 [15] oraz zaleceń polskich norm PN-EN ISO 9612: 2011 [16] dotyczących wykonywania pomiarów narażenia na hałas na stanowiskach pracy.

Projekt normy prPN-Z-01209P: 2019 [15] opisuje Wymagania dotyczące sprzętu pomiarowego opisane są w normach opisujących szczegółowe wymagania techniczne dotyczące mierników poziomu dźwięków, mikrofonów pomiarowych, źródeł odniesienia

Do pomiaru narażenia na hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy jest stosowana jest aktualnie norma PN-EN ISO 9612:2011[16] *Akustyka - Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas - Metoda techniczna*. Opisuje ona metodę pomiarów ekspozycji na hałas w środowisku pracy oraz strategię pomiarów oraz określa warunki ich efektywnego i poprawnego stosowania.



- 15 prPN-Z-01209P:2019 „Hałas ultradźwiękowy - Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów w środowisku pracy” (projekt).
- 16 PN-ISO 9612:2011. Akustyka - Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas - Metoda techniczna. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2011.

#### 4. Ryzyko zawodowe związane z narażeniem na hałas ultradźwiękowy

Jednym z rodzajów szacowania ryzyka zdrowotnego na stanowisku pracy związanych z narażeniem na czynniki szkodliwe jest ocena ryzyka zawodowego oparta na porównaniu narażenia na rozważanym stanowisku pracy z wartościami najwyższej dopuszczalnej wartości natężenia/stężenia NDN/NDS. Ryzyko zawodowe, będące następstwem narażenia na hałas ultradźwiękowy na danym stanowisku pracy, jest określane na podstawie wyznaczonej dla tego stanowiska krotności przekroczenia dopuszczalnych wartości NDN/NDS. Krotność tą (o największej wartości) określa się w oparciu o krotności cząstkowe określane dla badanych wartości wielkości opisujących narażenia na hałas, które występują na badanym stanowisku pracy:

$K_{L_{f eq,8h}}$  – równoważnego poziomu ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy,  $L_{f eq,8h}$  w stosunku do wartości dopuszczalnej;  $L_{f eq,8h,dop}$ .

$K_{f max}$  – maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego ważonego charakterystyką częstotliwościową A,  $L_{f max}$ , w stosunku do wartości dopuszczalnej;  $L_{f max,dop}$ .

Krotność  $K_{L_{f eq,8h}}$  określa się na podstawie wzoru (1):

$$K_{L_{f eq,8h}} = 10^{\left(\frac{L_{f eq,8h} - L_{f eq,8h,dop}}{10}\right)} \quad (1)$$

Krotność  $K_{L_{f max}}$  określa się na podstawie wzoru (2):

$$K_{L_{f max}} = 10^{\left(\frac{L_{f max} - L_{f max,dop}}{20}\right)} \quad (2)$$

Szacowanie ryzyka zawodowego w wyniku narażeniu na hałas zgodnie z zaleceniami normy PN-N-18002:2011 „Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy - Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego [21] umożliwia szacowanie w skali trójstopniowej. Zgodnie z wytycznymi przyjmuje się dla hałasu, że jeżeli





Krotność przekroczenia wartości dopuszczalnych przy narażeniu na hałas NDN/NDS ( $K_{\text{NDN}}$ ) wyznaczona dla stanowiska pracy jest równa maksymalnej krotności  $K_{\text{max}}$  z krotności wyznaczonych równaniami (1)-(2) i osiąga następujące wartości:

- $K < 0,5$  - ryzyko wystąpienia niekorzystnych dla zdrowia pracowników następstw ekspozycji na hałas ultradźwiękowy na tym stanowisku jest małe (dopuszczalne)
- $0,5 \leq K \leq 1$  - ryzyko zawodowe związane z ekspozycją na hałas ultradźwiękowy jest średnie (dopuszczalne)
- $K > 1$  - to ryzyko związane z narażeniem na ten rodzaj hałasu jest duże (niedopuszczalne).

W tabeli 2. zaprezentowano ryzyko zawodowe dla ogółu pracowników związane z narażeniem na hałas ultradźwiękowy (przykład dotyczy dla tercji 31,5 i 40 kHz). Analogicznie można powiązać ryzyka (małego, średniego i dużego) z wartościami poziomów dźwięku dla innych częstotliwości w odniesieniu do pracowników szczególnie chronionych (młodocianych i kobiet w ciąży).

**Tabela 2.** Ryzyko i narażenie na hałas ultradźwiękowy. Wartości dopuszczalne (NDN) dla ogółu pracowników dla tercji o środkowych częstotliwościach 31,5 i 40 kHz, gdzie  $K_{\text{NDN}}$  to krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej.

$K_{\text{NDN}}$	$L_{f \text{ eq},8h}, (L_{\text{Ex},w})$ (dB)	$L_{f \text{ max}}$ (dB)	RYZYKO
$K_{\text{NDN}} < 0,5$	$L_{f \text{ eq},8h} < 107$	$L_{f \text{ max}} < 114$	MAŁE
$1 \geq K_{\text{NDN}} \geq 0,5$	$110 \geq L_{f \text{ eq},8h} \geq 107$	$130 \geq L_{f \text{ max}} \geq 124$	ŚREDNIE
$K_{\text{NDN}} > 1$	$L_{f \text{ eq},8h} > 110$	$L_{f \text{ max}} > 130$	DUŻE

Sposób szacowania ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas według PN-N-18002:2011 [21] pozwala jedynie na opisowe oszacowanie tego ryzyka. Nie ma ilościowego odniesienia parametrów ekspozycji do głębokości ubytków słuchu, czyli powiązania wielkości narażenia na hałas z ryzykiem zdrowotnym, jednak wraz ze wzrostem krotności przekroczenia rośnie prawdopodobieństwo wystąpienia negatywnych skutków dla zdrowia pracowników oraz stopień ich szkodliwego oddziaływania na zdrowie.



21 PN-N-18002:2011 „Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy- Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego”, PKN Warszawa 2011

## 5. Metody ograniczania zagrożenia hałasem ultradźwiękowym

Kompleksowe działania mające na celu zapobieganie ujemnym skutkom działania hałasu ultradźwiękowego obejmują ograniczenie ekspozycji metodami technicznymi, w tym stosowaniu indywidualnych ochronników słuchu, metodami organizacyjnymi, oraz profilaktyką medyczną.

### a. Działania techniczne

Zagrożenia hałasem najlepiej eliminować przez jego redukcję w miejscu powstawania, jednak ze względów na rodzaj prowadzonej działalności lub ze względów ekonomicznych nie wszędzie jest to możliwe. Do metod technicznych ograniczających ekspozycję na hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy zalicza się:

- stosowanie mało (mniej hałaśliwych procesów technologicznych), w tym w miarę możliwości technologii wykorzystujących ultradźwięki o częstotliwościach powyżej 25 kHz;
- mechanizację i automatyzację procesów technologicznych (zdalne sterowanie i automatyczną kontrola maszyn i urządzeń) połączoną z hermetyzacją lub/i obudową źródeł,
- właściwe pod względem akustycznym zagospodarowanie pomieszczeń ze źródłami hałasu ultradźwiękowego, a w szczególności unikanie skomasowania na małej przestrzeni wielu maszyn i urządzeń generujących hałas ultradźwiękowy lub/i instalowanie ekranów akustycznych;
- stosowanie obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych.

Obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne zalecane są przede wszystkim w przypadku technologicznych urządzeń ultradźwiękowych niskich częstotliwości takich, jak: zgrzewarki ultradźwiękowe (zwłaszcza te o nominalnej częstotliwości pracy  $f_0$  w paśmie tercjowym 20 kHz), myjki oraz gilotyny ultradźwiękowe. W szczególności preferowane są obudowy całkowicie zamknięte, z zapewnionym dostępem do maszyny przez okno (lub okna) z uszczelnionymi przesuwными klapami zamykającymi.

Do budowy kabin zaleca się wykorzystywać ścianki wielowarstwowe, złożone z blach aluminiowych lub/i pleksiglasowych oddzielonych jedną lub więcej przerwami powietrznymi oraz materiałów dźwiękochłonnych. W związku z tym, iż nawet niewielkie szczeliny w obudowie mogą prowadzić do znacznego



pogorszenia skuteczności akustycznej obudowy, zaleca się nie tylko zapewnić szczelność obudowy, ale również sprawdzać ją w trakcie użytkowania. A zatem wskazana jest okresowa konserwacja urządzenia i obudowy.

Należy utrzymywać prawidłowe działanie urządzeń będących źródłami hałasu występującego na stanowiskach pracy, zarówno tych, które związane są z pracami prowadzonymi na stanowiskach jak i tych, które stanowią budynków wyposażenia budynków (np. systemy zasilania energetycznego, systemy wentylacji i klimatyzacji, instalacje wodne, urządzenia chłodnicze itp.).

W przypadku tworzenia nowych stanowisk pracy lub modernizacji starych należy zapewnić. Przy wyborze instalacji i urządzeń należy minimalizować emisje hałasu.

### **a.1 Stosowanie indywidualnych ochronników słuchu**

W przypadku braku możliwości odpowiedniego zmniejszenia poziomu hałasu ultradźwiękowego metodami technicznymi, konieczne jest zastosowanie indywidualnych ochronników słuchu, zmniejszających istotnie ilość energii akustycznej docierającej do ucha. Ochronniki słuchu używa się również wtedy, gdy ekspozycja na hałas ultradźwiękowy występuje rzadko lub gdy pracownik obsługujący urządzenie emitujące hałas ultradźwiękowy musi jedynie okresowo wchodzić do pomieszczenia, w którym się ono znajduje.

Zarówno w przypadku technologicznych urządzeń ultradźwiękowych niskich częstotliwości, jak i innych urządzeń emitujących hałas z udziałem wysokich częstotliwości słyszalnych i niskich ultradźwiękowych zalecane jest stosowanie ochronników słuchu (wkładek dousznych i ochronników nausznikowych) o względnie wysokich wartościach parametrów tłumieniowych H i SNR. W przypadku znaczących przekroczeń NDN (krotność przekroczenia  $\gg 1$ ) wskazane jest stosowanie ochronników słuchu o parametrze SNR co najmniej rzędu 31–34 dB.

Należy dodać że dostępne na rynku ochronniki słuchu są przeznaczone głównie do ochrony przed hałasem słyszalnym dlatego ich parametry tłumienne są standardowo badane jedynie do częstotliwości 8 kHz jednak istnieją publikacje dotyczące badań tłumienia ochronników w wyższych częstotliwościach. Wyniki badań wkładek przeciwhałasowych przy częstotliwości środkowej pasma 1/3-oktawowego 10-16 kHz zawiera Załącznik A.

### **b. Działania organizacyjne**

Oprócz działań technicznych zmniejszających narażenie na hałas powinny zostać podjęte zapobiegawcze działania organizacyjne mające na celu zmniejszenie narażenia na hałas i jego szkodliwych skutków. Ograniczenie zagrożenia hałasem ultradźwiękowym metodami organizacyjno-administracyjnymi obejmuje takie przedsięwzięcia jak:



- stosowanie przerw w pracy i skracanie efektywnego czasu narażenia na wysokie poziomy ciśnienia akustycznego występujące na stanowiskach pracy;
- dublowanie i rotacja pracowników,
- wydzielanie specjalnych wyciszonych pomieszczeń do czasowego wypoczynku pracowników.

Skracanie efektywnego czasu ekspozycji na hałas ma sens wtedy, gdy na danym stanowisku pracy nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych wartości maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych 10-40 kHz. Wówczas bazując na zasadzie równej energii, dopuszczalny czas pracy w narażeniu na hałas ultradźwiękowy wyznacza się wg wzoru:

$$T_{\text{dop}} = 480 \cdot 10^{0,1(L_{f \text{ eq, } 8\text{h, dop}} - L_{f \text{ eq, Te}})} \text{ [min]}$$

gdzie:

$L_{f \text{ eq, } Te}$  – równoważny poziom ciśnienia akustycznego w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej  $f$ , dla którego stwierdzono najwyższą krotność przekroczenia wartości dopuszczalnych (NDN),

$L_{f \text{ eq, } Te}$  – wartość dopuszczalna (NDN) równoważnego poziom ciśnienia akustycznego w odniesieniu do ekspozycji 8-godzinnej, w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej  $f$ .

Ponadto, jeśli to możliwe, zmniejszyć ekspozycje na hałas przez stosowanie rotacji pracowników między stanowiskami pracy bardziej i mniej zagrożonymi hałasem.

Należy systematycznie kontrolować stan techniczny urządzeń będących źródłami hałasu ultradźwiękowego występującego na stanowiskach pracy lub stanowiących wyposażenie budynków np. systemy zasilania energetycznego, systemy wentylacji i klimatyzacji, instalację wodno-kanalizacyjną itp.).

### c. Profilaktyka medyczna

Działania profilaktyczne mające na celu ochronę pracowników przed narażeniem na hałas powinny być adekwatne do wyników oceny ryzyka pracownika na danym stanowisku pracy oraz wyników badań medycznych.

Istotnym sposobem zapobiegania skutkom szkodliwego działania hałasu na człowieka w środowisku pracy jest profilaktyka lekarska. Obejmuje ona wstępne i okresowe badania lekarskie, którymi powinni być objęci pracownicy. Badania lekarskie mają na celu unikanie zawodowego narażenia na hałas osób, których stan zdrowia odbiega od normy, ponieważ praca w warunkach narażenia na hałas może prowadzić do pogorszenia ich stanu zdrowia.

Badania wstępne obejmują: ogólnolekarskie i otolaryngologiczne oraz audiometrię tonalną (przewodnictwo powietrzne i kostne). Badania okresowe



powinny być przeprowadzane nie rzadziej, niż co 2 lata w zakresie takim, jaki obowiązuje badania wstępne.

Celem badań wstępnych jest określenie stanu zdrowia pod kątem możliwości wykonywania pracy na określonym stanowisku pracy w warunkach narażenia na hałas, natomiast w przypadku badań okresowych dodatkowym celem jest tych badań jest wczesnych objawów uszkodzenia słuchu powstających pod wpływem narażenia na hałas i niedopuszczenie do dalszego pogorszenia słuchu. Kontrolowanie stanu słuchu jest szczególnie istotne u pracowników podlegających wysokiej ekspozycji na hałas i podwyższonemu ryzyku zawodowemu.

Zgodnie z rozporządzeniem MZiOS z 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (DzU nr 69, poz. 332, 1996) wraz z późniejszymi zmianami (DzU nr 60, poz. 375, 1997), stanowiącym akt wykonawczy do Kodeksu pracy, osoby pracujące w narażeniu na hałas ultradźwiękowy powinny być poddawane wstępnym, okresowym i kontrolnym badaniom lekarskim.

Zakres profilaktycznej opieki zdrowotnej jest podany we Wskazówkach Metodycznych w Sprawie Przeprowadzania Badań Profilaktycznych Pracowników, stanowiącym Załącznik nr 1 do ww. rozporządzenia (DzU nr 69, poz. 332, 1996) (tab. 12).

Aktualnie obowiązujące: Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 12 listopada 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (DzU 2020 poz. 2131) [22].

## 6. Literatura

1. Smagowska B, Pawlaczyk-Łuszczynska M. Effects of Ultrasonic Noise on the Human Body - A Bibliographic Review. *Int J Occup Safety Ergon.* 2013;19(2):195-202, <https://doi.org/10.1080/10803548.2013.11076978>.
2. Acton WI, Hill CR. Hazards of industrial ultrasound. *Protection.* 1977;14(19):12-17.
3. Lawton BW. Exposure limits for airborne sound of very high frequency and ultrasonic frequency. ISVR Technical Report No: 334. University of Southampton, 2013.
4. Acton WI. Exposure to industrial ultrasound: hazards, appraisal and control. *J Soc Occup Med.* 1983;33:107-13.



5. Ultrasound. Environmental Health Criteria No 22, Geneva, WHO, 1982.
6. Acton W I. Exposure criteria for industrial for industrial ultrasound. Ann Occup Hyg. 1975;18: 267-8.
7. Markiewicz L. Wyniki badań działania drgań ultradźwiękowych na organizm człowieka. Materiały do Studiów i Badań CIOP, 1978;43:41-9.
8. PN-86/N-01321: Hałas ultradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów. Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości, Warszawa, 1986.
9. Rozporządzenie MPiPS z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2001, nr 4, poz. 36.
10. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 10 października 2005r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 212, poz. 1769, 2005).
11. Rozporządzenie MPiPS z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 217, poz. 1833, 2002).
12. Directive 2003/10/EC of European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) (17th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Official Journal of the European Communities. No L42/38,15.2.2003, 2003.
13. Lawton BW. Damage to human hearing by airborne sound of very high frequency or ultrasonic frequency. Contract Research Report 343/2001. Institute of Sound and Vibration Research for Health and Safety Executive, University of Southampton United Kingdom 2001 [cyt.19 stycznia 2007]. Adres: <http://www.compound.security.co.uk/download/HSE.pdf>.
14. Pawlaczyk-Łuszczynska M, Koton J, Śliwińska-Kowalska M, Augustyńska D, Kameduła M. Hałas ultradźwiękowy – Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. Metody i Podstawy Oceny Środowiska Pracy - CIOP, 2001;2(28): 55–88.
15. prPN-Z-01209P:2019 „Hałas ultradźwiękowy - Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów w środowisku pracy”(projekt).
16. PN-ISO 9612:2011. Akustyka - Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas - Metoda techniczna. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2011.
17. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 czerwca 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 2016 r., poz. 952.



18. 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. DzU z 2005 r., nr 157 poz. 1318.
19. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie wykazu prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży i kobiet karmiących dziecko piersią. DzU z 2017 r., poz. 796.
20. Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 29 sierpnia 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac. DzU z 2016 r., poz. 1509.
21. PN-N-18002:2011 „Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy- Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego”, PKN Warszawa 2011.
22. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 12 listopada 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy. DzU 2020 poz. 2131.
23. Kozłowski E, Młyński R. Tłumienie hałasu ultradźwiękowego w zakresie częstotliwości 10-16 kHz przez wkładki przeciwhałasowe. *Medycyna Pracy* 2018;69(4):395–402, <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00721>.



## 7. Załącznik A. Pomiary tłumienia dźwięku przez wkładki przeciwhałasowe przy częstotliwości środkowej pasma 1/3-oktawowego 10-16 kHz

Producent i model	Tłumienie dźwięku [dB]					
	10 kHz		12,5 kHz		16 kHz	
	M	SD	M	SD	M	SD
Howard Leight						
Laser Lite	32,5	2,6	35,2	4,8	36,7	3,1
Firmfit	31,4	2,8	33,4	4,0	36,5	2,8
Max Lite	33,2	3,7	34,6	4,5	36,1	2,8
Max	33,2	3,3	33,7	4,1	36,6	3,2
Bilsom 303	32,9	4,1	34,4	4,9	37,1	3,3
Airsoft	27,9	4,6	32,1	4,6	33,7	4,7
Smartfit	28,2	4,1	31,9	3,8	35,3	3,5
Neutron	16,4	4,3	22,8	3,8	30,3	5,7
Fusion	32,3	3,3	33,0	3,4	35,5	3,7
PerCap	30,8	3,5	32,4	4,1	36,1	3,5
QB3	28,9	5,1	32,4	5,4	36,3	3,1
Matrix	26,4	3,2	32,0	3,9	35,6	2,9
Uvex						
x-fit	33,1	3,4	34,0	4,4	36,0	4,2
com4-fit	31,7	3,4	34,4	4,4	36,6	4,2
hi-com lime	31,2	3,8	33,2	4,0	35,6	2,8
Whisper	28,5	4,2	33,3	4,2	35,0	2,7
x-fold	29,3	3,8	31,7	3,7	35,7	4,7
Uvex						
1120	31,8	2,9	33,8	5,0	36,2	4,0
1100	31,2	2,3	33,2	4,4	36,2	3,7
EAR Classic	31,0	3,4	33,1	4,6	36,6	3,4
EARsoft	33,0	2,3	34,2	3,6	37,2	3,1
EARsoft FX	33,2	2,5	34,3	4,4	37,2	2,8
1271	30,8	3,6	33,2	4,5	36,3	3,7
3M						
EAR Ultrafit	30,0	2,4	32,6	4,1	36,2	2,9
EAR Ultrafit.20	17,7	5,0	23,5	3,8	33,0	4,5
EAR Ultrafit.14	12,9	4,0	24,5	4,4	29,5	4,7
1310	31,8	2,8	32,8	4,4	36,0	4,0
EAR Band	31,9	3,3	33,0	4,2	35,2	3,8
Stopper						
ELA	30,3	3,8	33,3	4,4	34,9	4,1

M – średnia , SD – odchylenie standardowe

23 Kozłowski E., Młyński R. Tłumienie hałasu ultradźwiękowego w zakresie częstotliwości 10-16 kHz przez wkładki przeciwhałasowe. *Medycyna Pracy* 2018;69(4):395–402, <http://medpr.imp.lodz.pl>.