



MAŁGORZATA PAWLACZYK-ŁUSZCZYŃSKA,
PIOTR POLITAŃSKI, ADAM DUDAREWICZ

**Narażenie
na potencjalnie szkodliwe
czynniki fizyczne
w kontekście
wprowadzania
do miejsca pracy
i zamieszkania
nowych,
innovacyjnych
technologii**

Ministerstwo
Zdrowia



NPZ
NARODOWY PROGRAM ZDROWIA



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia na lata 2021–2025,
finansowane przez Ministra Zdrowia

Małgorzata Pawlaczyk-Łuszczynska,
Piotr Politański, Adam Dudarewicz

**Narażenie na potencjalnie szkodliwe
czynniki fizyczne
w kontekście wprowadzania
do miejsca pracy i zamieszkania
nowych, innowacyjnych technologii**

Łódź 2023

Publikacja „Narażenie na potencjalnie szkodliwe czynniki fizyczne w kontekście wprowadzania do miejsca pracy i zamieszkania nowych, innowacyjnych technologii” opracowana przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w ramach umowy z Ministerstwem Zdrowia na realizację zadania z zakresu zdrowia publicznego w ramach Narodowego Programu Zdrowia na lata 2021–2025.

Monitorowanie zagrożeń fizycznych, chemicznych i biologicznych w miejscu pracy.

Prowadzenie monitoringu oceniającego ekspozycję na związki chemiczne w środowisku pracy i służby żołnierzy zawodowych i funkcjonariuszy oraz zamieszkania.

ISBN 978-83-63253-60-8

Copyright © Minister Zdrowia

Redakcja i korekta

Monika Lipińska-Pawętek, Justyna Szurek

Skład

Edyta Olejnik

Zdjęcia

Canva, pexels.com

Wydawca

Oficina Wydawnicza

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera

ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź

Łódź 2023

Ministerstwo
Zdrowia



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

Zadanie realizowane ze środków Narodowego Programu Zdrowia na lata 2021–2025,
finansowane przez Ministra Zdrowia

Spis treści

Wprowadzenie	5
1. Szkodliwe czynniki fizyczne przy urządzeniach nowych technologii	6
1.1. Hałas, w tym hałas ultradźwiękowy	6
1.1.1. Oddziaływanie hałasu na ludzi	8
1.1.2. Wpływ hałasu ultradźwiękowego	8
1.2. Pole elektromagnetyczne	9
1.2.1. Pole elektryczne	10
1.2.2. Pole magnetyczne	10
1.2.3. Działanie PEM	10
2. Źródła zagrożeń	13
2.1. Zagrożenie hałasem i hałasem ultradźwiękowym	13
2.1.1. Słuchawkowe zestawy komunikacyjne	15
2.1.2. Przenośne odtwarzacze audio	21
2.1.3. Urządzenia ultradźwiękowe	24
2.2. Zagrożenie PEM	27
2.2.1. Łączność bezprzewodowa	28
2.2.2. Urządzenia do identyfikacji i kontroli	30
2.2.3. Praca zdalna	31
2.2.4. Inne urządzenia	32
2.3. Zagrożenia łączone	34
3. Metody minimalizowania zagrożeń	35
3.1. Ograniczanie ryzyka uszkodzeń słuchu	35
3.1.1. Słuchawkowe zestawy komunikacyjne, słuchawki i odtwarzacze	35
3.1.2. Urządzenia ultradźwiękowe	42
3.2. Pola elektromagnetyczne	42

Wprowadzenie

Hałas uważano za dokuczliwy od zawsze – skarżono się na niego już w starożytności, choć wytwarzany przez ówczesne urządzenia mechaniczne stanowił zaledwie 5% klimatu akustycznego, na który składały się głównie dźwięki generowane przez człowieka (26%) i przyrodę (69%). Dziś proporcje obecnych w środowisku dźwięków są inne: dźwięki przyrody tworzą klimat akustyczny tylko w 6%, a aż 68% stanowi hałas generowany przez maszyny i urządzenia.

Klimat akustyczny to zespół zjawisk akustycznych na danym obszarze wywołany przez różne źródła, np. przyrodę, egzystencję człowieka oraz jego działalność. Ocenia się go zwykle przez pomiar poziomu dźwięku.

Pole elektromagnetyczne (PEM), inne niż naturalne, pojawiło się w otoczeniu człowieka wraz z pierwszymi urządzeniami zasilanymi elektrycznie. Dziś sztuczne PEM dociera do każdego zakątka Ziemi.

Szybkie wprowadzanie nowoczesnych technologii do powszechnego użytkowania nie zawsze daje możliwość pełnego zbadania ich wpływu na zdrowie człowieka. Niniejsze opracowanie przybliży zagadnienie narażenia na szkodliwe czynniki fizyczne, w tym hałas i PEM, w kontekście wprowadzania do miejsc pracy i zamieszkania nowych rozwiązań technologicznych. Sygnalizuje również potrzebę badań nad niektórymi obszarami funkcjonowania źródeł hałasu i PEM, których działanie i ewentualne szkodliwości nie zostały dotąd w pełni poznane.

1. Szkodliwe czynniki fizyczne przy urządzeniach nowych technologii

1.1. Hałas, w tym hałas ultradźwiękowy

Hałas to każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia, a także przyczyniać się do większego ryzyka wypadku przy pracy. Ten występujący powszechnie w środowisku pracy i komunalnym (w miejscach zamieszkania i odpoczynku, szkołach, środkach komunikacji i transportu, w obiektach służby zdrowia, sanatoriach itp.) charakteryzuje się szerokim i zróżnicowanym zakresem częstotliwości. W pewnych sytuacjach dominuje zakres częstotliwości przypisywanych dźwiękom (20–20 000 Hz), w innych – zakres częstotliwości infradźwiękowych (<20 Hz) lub ultradźwiękowych (>20 kHz). Dlatego obowiązujące w Polsce przepisy prawne i normatywne dotyczące środowiska pracy rozróżniają 3 rodzaje hałasu, które obejmują różne zakresy częstotliwości, tj.:

- hałas, w domyśle słyszalny – częstotliwości 20–20 000 Hz,
- hałas infradźwiękowy – częstotliwości 1–20 Hz,
- hałas ultradźwiękowy – przedział wysokich częstotliwości słyszalnych i niskich ultradźwiękowych (pasma tercjowe o częstotliwościach środkowych 10–40 kHz).

Wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) hałasu i hałasu ultradźwiękowego określa 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. z 2018 r., poz. 1286 z późn. zm.). Odnoszą się one do wszystkich zatrudnionych z wyłączeniem kobiet ciężarnych i młodo-

Tabela 1. Wartości dopuszczalne hałasu w środowisku pracy

Wielkość charakteryzująca hałas / wartość dopuszczalna	NDN	Kobiety ciężarne	Młodociani	Progi działania
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy / tygodnia pracy, $L_{EX,8h}/L_{EX,w}$ [dB]	85	65	80	80
Maksymalny poziom dźwięku A, L_{Amax} [dB]	115	110	110	–
Maksymalny poziom dźwięku A, L_{Cpeak} [dB]	135	130	130	130

NDN – najwyższe dopuszczalne natężenia.

Tabela 2. Wartości dopuszczalne hałasu ultradźwiękowego w środowisku pracy

Częstotliwość środkowa pasm tercjowych f_i [kHz]	Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy / tygodnia pracy, $L_{f_{ieq},8h}/L_{f_{ieq},w}$ [dB]	Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego, $L_{f_{ieq},8h}/L_{f_{ieq},w}$ [dB]
10; 12,5; 16	80 ¹ /77 ² /75 ³	100/95/100
20	90/87/85	110/105/110
25	105/102/100	125/120/125
31,5; 40	110/107/105	130/125/130

¹ najwyższe dopuszczalne natężenia (NDN).

² kobiety ciężarne.

³ młodociani.

cianych. Dla tych grup ryzyka mają zastosowanie niższe dopuszczalne wartości określone w oddzielnych przepisach (tabele 1 i 2). Dodatkowo obok wartości NDN wprowadzono wartości progów działania opisujące ekspozycje na hałas, po przekroczeniu których pracodawcy powinni ograniczać jego narażenie i podejmować kroki minimalizujące ryzyko uszkodzenia słuchu.

1.1.1. Oddziaływanie hałasu na ludzi

Wpływ hałasu na organizm człowieka jest złożony: obejmuje zarówno skutki słuchowe, jak i pozasłuchowe. Narządem krytycznym dla hałasu jest ucho wewnętrzne, jego część słuchowa zwana ślimakiem, natomiast efektem działania – postępujący niedosłuch odbiorczy. Hałas, jako czynnik stresowy, wywołuje również skutki pozasłuchowe, wpływając niekorzystnie na:

- układ krążenia – stwarza ryzyko nadciśnienia tętniczego, tachykardii, choroby niedokrwiennej serca, zawału mięśnia sercowego,
- układ pokarmowy – sprzyja rozwojowi choroby wrzodowej,
- układ wewnętrzwydzielniczy – powoduje zaburzenia hormonalne,
- układ nerwowy – wywołuje zespoły nerwicowe,
- zdrowie psychiczne,
- sen,
- proces uczenia się i postępy w nauce.

1.1.2. Wpływ hałasu ultradźwiękowego

Potencjalne szkodliwe skutki działania ultradźwięków (UDz) powietrznych niskich częstotliwości zostały sklasyfikowane jako skutki słuchowe i pozasłuchowe, w tym skutki subiektywne, fizjologiczne

i termiczne. Już w latach 60. i 70. XX w. wykazano, że narażenie na UDz, jeśli jest wystarczająco intensywne, wywołuje nudności, wymioty, zaburzenia koordynacji, ból głowy, zawroty głowy i zmęczenie. Może również powodować przejściowe lub trwałe upośledzenie słuchu. Występowanie innych skutków pozasłuchowych, a w szczególności skutków termicznych, jest bardzo mało prawdopodobne w przypadku narażenia na hałas ultradźwiękowy o poziomach spotykanych w życiu codziennym (<150 dB).

Istotnym zagrożeniem wydaje się być percepcja słuchowa UDz. Wiadomo, że niektórzy ludzie potrafią odbierać dźwięki o częstotliwościach >16–20 kHz – mechanizmy tej percepcji nie zostały jednak dotąd dobrze poznane.

1.2. Pole elektromagnetyczne

Pole elektromagnetyczne jest właściwością przestrzeni: każdemu miejscu w przestrzeni można w danym momencie przypisać właściwość, jaką jest układ 2 pól – pola elektrycznego i pola magnetycznego, które składają się na PEM. Zmienne pole elektryczne wytwarza w otaczającej przestrzeni zmienne pole magnetyczne i odwrotnie. Ten mechanizm pozwala na rozchodzenie się PEM w formie fali, którą charakteryzują:

- amplituda – natężenie pola,
- częstotliwość (jednostką częstotliwości jest herc [Hz], stosuje się jego wielokrotności [kHz, MHz, GHz, THz]),
- długość fali [m],
- prędkość rozchodzenia się równa prędkości światła i wynosząca w próżni 300 000 km/s.

Częstotliwość, długość i prędkość fali są powiązane, zatem przy stałej prędkości rozchodzenia się fali elektromagnetycznej moż-

na charakteryzować ją wymiennie jej częstotliwością lub długością. Zwyczajowo PEM opisuje się, określając jego częstotliwość. Własności PEM, takie jak sposób jego tworzenia, rozchodzenia się i pochłaniania w materii, zależą od jego częstotliwości, zatem nie można mówić o działaniu PEM bez jej wskazania. Polem elektromagnetycznym nazywa się umownie pola o częstotliwości 0 Hz – 300 GHz (choć także podczerwień, światło widzialne, ultrafiolet i nawet elektromagnetyczne promieniowanie jonizujące są rodzajami PEM).

1.2.1. Pole elektryczne

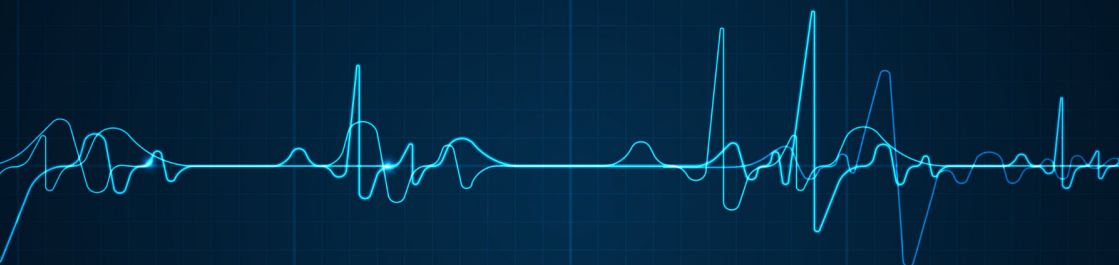
Pole elektryczne jest 1 z 2 składników PEM. Jest to pole generowane przez ładunki elektryczne lub zmienne w czasie pole magnetyczne. Wyraża się je jako natężenie pola elektrycznego (E). Jego jednostką w układzie SI jest wolt na metr [V/m].

1.2.2. Pole magnetyczne

Pole magnetyczne jest 2 składnikiem PEM. Jest to pole generowane przez płynące prądy elektryczne oraz zmienne w czasie pole elektryczne. Przy opisie zjawisk magnetycznych w materii używa się wymiennie 2 wektorów: wektora natężenia pola magnetycznego (H) i wektora indukcji magnetycznej (B), które mają jednakowy kierunek i zwrot. W układzie SI jednostką natężenia pola magnetycznego jest amper na metr [A/m], a jednostką indukcji magnetycznej – tesla [T], przy czym 1 A/m to ok. 1,25 μ T.

1.2.3. Działanie PEM

Pole elektromagnetyczne, działając na człowieka, może powodować:



- zawroty głowy i mdłości spowodowane oddziaływaniem pola magnetostatycznego (kojarzone zazwyczaj z ruchem, ale można ich również doświadczyć bez poruszania się);
- skutki dla narządów zmysłów, nerwów i mięśni spowodowane polami o niskiej częstotliwości (<100 kHz) – podrażnienie nerwów czuciowych, skurcze mięśni, wywołanie wrażeń wzrokowych;
- skutki dla nerwów i mięśni oraz ogrzanie spowodowane polami o pośrednich częstotliwościach (100 kHz – 10 MHz) – podrażnienie nerwów czuciowych, skurcze mięśni, wzrost temperatury;
- ogrzanie całego ciała lub jego części spowodowane polami o wysokiej częstotliwości (≥ 10 MHz) – powyżej kilku GHz ogrzanie coraz bardziej ogranicza się do powierzchni ciała.

Pośrednio PEM może oddziaływać na ludzi m.in. poprzez:

- wpływ na wyroby medyczne, w tym implanty aktywne i pasywne, zakłócając ich pracę;
- wpływ na metalowe odłamki, piercing, niektóre tatuaże i biomodifikacje – ogrzewając metale mające kontakt z ciałem, może spowodować poparzenia;
- wywołanie ruchu przedmiotów ferromagnetycznych – w stałym polu magnetycznym (np. przy skanerach rezonansu magnetycznego) przedmioty te będą silnie przyciągane do źródła pola, uzyskując potencjalnie bardzo duże prędkości;
- porażenie prądem elektrycznym lub oparzenie prądem kontaktowym – w wyniku dotknięcia przedmiotu przewodzącego prąd znajdującego się w PEM.

Uwzględniając bezpośrednie i pośrednie działanie PEM, skonstruowano odpowiednie przepisy chroniące przed jego negatywnymi skutkami. Kontrowersje budzi długoterminowe działanie PEM, czyli istnienie tzw. efektów odległych działania PEM, mogących pojawić się po wielu latach ekspozycji na jego niewielkie poziomy. Należą do nich m.in. ewentualna kancerogenność i wpływ na układ krążenia. Istnieją wprawdzie prace naukowe wskazujące na istnienie takich efektów, ich wartość merytoryczna bywa jednak dyskusyjna albo są to pojedyncze niepotwierdzone badania. Dlatego nie są uwzględniane w analizach skutków działania PEM i nie są podstawą do przyjęcia wartości progowych działania PEM w przepisach przed nim chroniących.

2. Źródła zagrożeń

2.1. Zagrożenie hałasem i hałasem ultradźwiękowym

Innowacyjne środki pracy kojarzą się głównie z cyfryzacją warunków pracy – ta z kolei wiąże się z koniecznością stosowania bezprzewodowych i/lub przewodowych słuchawkowych zestawów komunikacyjnych. Częstsze używanie tego typu urządzeń wymusiła także ogłoszona w 2020 r. przez Światową Organizację Zdrowia (World Health Organization – WHO) pandemia COVID-19 (wywołana wirusem SARS-CoV-2), a wraz z nią praca i nauka zdalna, realizowane przez pracowników oraz uczniów i studentów. Młodzież ponadto chętnie używa zestawów słuchawkowych w połączeniu z przenośnymi (osobistymi) odtwarzaczami audio (*portable audio players* – PAP) do słuchania muzyki w drodze do szkoły lub na uczelnię, a także w czasie wolnym.

Coraz więcej pracowników regularnie korzysta z przewodowych lub bezprzewodowych zestawów słuchawkowych. Tego typu urządzenia używane są m.in. w centrach usług telemarketingowych (call centers), mediach, transporcie, budownictwie, obsłudze naziemnej lotnisk i kontroli ruchu lotniczego, wojsku, przemyśle i gastronomii (barach szybkiej obsługi). Stosują je także transkrybenci realizujący usługę transkrypcji (spisywania ze słuchu).

Niektórzy pracownicy, np. operatorzy call centers, korzystają z zestawów słuchawkowych do komunikacji bez użycia rąk. Z kolei np. piloci linii lotniczych lub personel obsługi naziemnej lotnisk posługują się słuchawkami z opcją redukcji hałasu, w tym również aktywnej redukcji hałasu, aby wyciszyć bardzo głośny dźwięk otoczenia i wzmocnić sygnał komunikacyjny.



Użytkownicy przewodowych i bezprzewodowych zestawów komunikacyjnych (lub słuchawek) narażeni są zarówno na hałas występujący na ich stanowisku pracy, w miejscu nauki lub przebywania (hałas tła akustycznego), jak i na dźwięki docierające do ich uszu przez słuchawki. Oba źródła hałasu nie są niezależne – użytkownicy mogą regulować głośność słuchawek, aby zapewnić sobie prawidłowy odbiór sygnału audio ponad poziom hałasu tła. Sygnały dźwiękowe docierające do uszu są generowane bezpośrednio przy uchu (lub w uchu) stosujących je osób.

Inną grupą nowoczesnych rozwiązań technologicznych stwarzających ryzyko narażenia na szkodliwe czynniki fizyczne stanowią urządzenia generujące w sposób zamierzony UDz niskich częstotliwości, takie jak: ultradźwiękowe czujniki otwierania drzwi, ruchu, suszarki do rąk, urządzenia odstraszające szkodniki i gryzonię, zdalne sterowanie, alarmy antywłamaniowe, automatyczne urządzenia do ustawiania ostrości kamer itp. W przeciwieństwie do słuchawkowych zestawów komunikacyjnych technologiczne urządzenia ultradźwiękowe niskich częstotliwości są od kilkudziesięciu lat stosowane w przemyśle, medycynie, handlu i wojsku. Typowe przemysłowe zastosowania UDz niskiej częstotliwości obejmują m.in. czyszczenie, wiercenie, spawanie tworzyw sztucznych i metali, emulgację, dyspersję i homogenizację.

Okazuje się, że urządzenia tego typu (np. odstraszające szkodniki czy dźwiękowe systemy ostrzegawcze) są ostatnio coraz częściej stosowane w miejscach publicznych, takich jak dworce kolejowe, puby, restauracje, szkoły, obiekty sportowe itp., co oznacza, że stanowią pozazawodowe źródło ekspozycji na hałas ultradźwiękowy.

2.1.1. Słuchawkowe zestawy komunikacyjne

Standardowe sposoby pomiaru hałasu nie pozwalają na ocenę narażenia na hałas w przypadku użytkowania słuchawkowych zestawów komunikacyjnych – stosuje się do niej specjalnie opracowane metody¹. W świetle dostępnych danych literaturowych, w zależności od rodzaju stosowanego słuchawkowego zestawu komunikacyjnego, spo-

¹ Metody te wymagają umieszczania w przewodzie słuchowym pracownika miniaturowego mikrofonu lub sondy mikrofonowej (technika pomiarowa *microphone in the real ear* – MIRE wg PN-EN ISO 11904-1:2008) lub stosowania urządzenia symulującego głowę i tors osoby narażonej (technika manekina akustycznego wg PN-EN ISO 11904-2:2021-08).

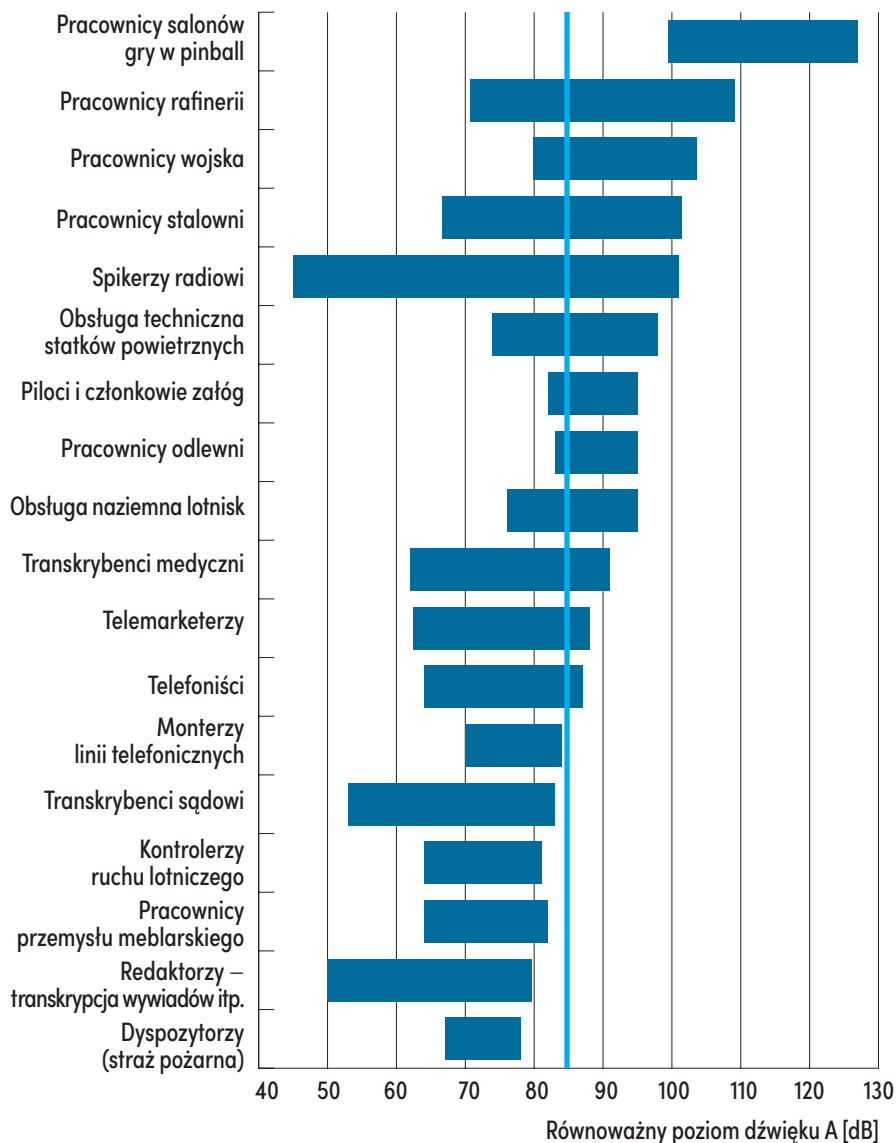
sobu i warunków pracy, mierzone pod słuchawkami poziomy dźwięku A mogą się zmieniać w szerokim zakresie (od kilkudziesięciu do >100 dB) (ryc. 1). W szczególności urządzenia tego typu mogą być źródłem hałasu o równoważnym poziomie dźwięku A >85 dB.

Szeroki zakres zmienności poziomu dźwięku wytwarzanego przez słuchawkowe zestawy komunikacyjne, zróżnicowanie zewnętrznych warunków akustycznych (hałasu tła) oraz możliwość generowania w słuchawkach (np. wskutek zakłóceń telefonicznych) nagłych, krótkotrwałych, głośnych dźwięków (tzw. wstrząsów akustycznych) wiąże się z możliwością występowania u pracowników zarówno słuchowych, jak i pozasłuchowych skutków działania hałasu.

U użytkowników słuchawkowych zestawów komunikacyjnych może dochodzić do niepożądanych reakcji i dolegliwości w wyniku wstrząsu akustycznego, czyli tzw. zespołu szoku akustycznego (*acoustic shock disorder* – ASD). Typowymi objawami ASD są przejściowe bóle uszu, szumy uszne, nadwrażliwość słuchowa (fonofobia), bóle i zawroty głowy, odczucia zatkania uszu, drętwienie lub pieczenie wokół uszu, a także reakcje emocjonalne, w tym stany lękowe i depresja.

Długotrwałe narażenie poprzez słuchawki na dźwięki (hałas) >85 dB wiąże się ryzykiem uszkodzenia słuchu. Dotychczas opublikowano jednak stosunkowo niewiele badań na ten temat.

Opublikowane w 2015 r. wyniki badań przekrojowych, obejmujących 1351 kenijskich operatorów usług telemarketingowych, wykazały występowanie objawów ASD u 384 (13%) pracowników. Jednak tylko u 21 (5,5%) osób z tego typu objawami stwierdzono ubytki słuchu, przy czym tylko u 1 mężczyzny były to ubytki znaczne, a u 12 kobiet i 8 mężczyzn – umiarkowane. Podobne rezultaty wynikały z badań przeprowadzonych



Ryc. 1. Narażenie na hałas emitowany przez słuchawkowe zestawy komunikacyjne lub słuchawki wśród pracowników różnych branż – przykładowe dane z piśmiennictwa

w 2002 r. w Malezji. Wykazały bowiem tylko u 21% operatorów call center ubytki słuchu w 1 lub obu uszach.

Znacznie większy odsetek ubytków słuchu odnotowano w Egipcie, analizując wyniki badań audiometrycznych operatorów telefonicznych, z których połowa stosowała słuchawkowe zestawy komunikacyjne. Ubytki słuchu typu odbiorczego stwierdzono u 45% operatorów telefonicznych – żadnego takiego przypadku nie odnotowano w grupie kontrolnej (złożonej z pracowników biurowych). Co więcej, operatorzy używający zestawów słuchawkowych mieli większy niedosłuch niż ci niestosujący słuchawek.

Z kolei wcześniejsze badania przeprowadzone wśród operatorów telefonicznych nie wykazały istotnego związku pomiędzy czasowym przesunięciem progu słuchu (*temporary threshold shift* – TTS) a liczbą przepracowanych godzin. Zbliżone wnioski sformułowano także na podstawie jednego z ostatnio przeprowadzonych badań, ukierunkowanych na ocenę zmęczenia słuchu wśród dyspozytorów używających zestawów słuchawkowych. Nie stwierdzono istotnego czasowego pogorszenia słuchu ani w audiometrii tonalnej, ani w teście EchoScan.

Tymczasem badania prowadzone w Japonii, w salonach gier, wykazały, że głośne sygnały przesyłane przez słuchawki używane z systemami komunikacyjnymi w hałaśliwym środowisku indukowały TTS dla 1500 i 2000 Hz.

Co więcej, bardzo niepokojące informacje płyną z opublikowanej niedawno pracy przedstawiającej studium przypadku 30-letniego mężczyzny, u którego po 50 mies. pracy w charakterze agenta domowego call center przez 6 dni w tygodniu po 8 godz. dziennie zdiagnozowano ubytki słuchu kwalifikujące go do używania aparatu słuchowego.



Celem badań przeprowadzonych w Zakładzie Zagrożeń Wibroakustycznych w Instytucie Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi (IMP) była ocena stanu słuchu pracowników regularnie korzystających ze słuchawkowych zestawów komunikacyjnych w kontekście ich narażenia na hałas.

Badania przeprowadzono w grupach: 21 pracowników branży meblarskiej, 15 transkrybentów sądowych oraz 177 operatorów call center. Wykazały one, że jedynie 42% ze wszystkich badanych miało prawidłowy słuch w zakresie częstotliwości objętym przez standardową audiometrię tonalną (250–8000 Hz).

U podobnego odsetka pracowników rejestrowano emisje otoakustyczne.

Trwale przesunięcie progu słyszenia w zakresie wysokich częstotliwości (9–16 kHz) stwierdzono w 29% audiogramów. Ubytki słuchu najczęściej obserwowano wśród pracowników produkcyjnych, a najrzadziej – u operatorów call center i osób wykonujących transkrypcję. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic pomiędzy podgrupami pracowników, jeśli chodzi o obecność emisji otoakustycznych lub ich brak.

Tymczasem wyniki pomiarów (techniką MIRE) wykazały, że indywidualny dzienny poziom ekspozycji na hałas ($L_{EX,sh}$) u profesjonalnych użytkowników zestawów słuchawkowych osiągał wartości 57–96 dB. Wartość NDN ($L_{EX,sh} = 85$ dB) była przekroczona u <2% operatorów call center.

Trzy podgrupy badanych różniły się wiekiem, płcią, narażeniem na hałas i rodzajem używanych zestawów słuchawkowych. Jednak po skorygowaniu (wiek i płeć) danych istotne różnice między podgrupami – wskazujące na gorszy słuch u pracowników produkcyjnych w porównaniu z operatorami call center i transkrybentami – były głównie widoczne w audiometrii wysokoczęstotliwościowej. Zaobserwowano także istotny wpływ wieku, płci, dziennego poziomu narażenia na hałas oraz aktualnego stażu pracy na wyniki badań audiologicznych operatorów call center i transkrybentów. Najbardziej widoczne, zwłaszcza w przypadku audiometrii wysokoczęstotliwościowej, były efekty wieku i płci. Wpływ poziomu ekspozycji na hałas był mniej oczywisty (ograniczał się do 16 kHz). Z kolei pracownicy z dłuższym stażem mieli wyższe (gorsze) progi słyszenia w zakresie częstotliwości 9–16 kHz.

Wyniki te sugerują, że pracownicy korzystający z zestawów komunikacyjnych mogą być narażeni na ryzyko uszkodzenia

słuchu, i potwierdzają potrzebę wdrożenia programu ochrony słuchu. Audiometria wysokoczęstotliwościowa wydaje się być przydatnym narzędziem do rozpoznawania wczesnych objawów ubytku słuchu wywołanego hałasem wśród regularnych użytkowników tego typu urządzeń.

2.1.2. Przenośne odtwarzacze audio

W ostatnich 20 latach słuchanie muzyki poprzez słuchawki z zastosowaniem PAP stało się powszechne. Obecnie częściej zamiast przenośnego odtwarzacza CD, odtwarzacza MP3 czy iPoda używa się telefonu komórkowego (lub smartfona) z funkcją muzycznego odtwarzacza. Urządzenia te umożliwiają użytkownikom słuchanie głośno muzyki o wysokiej jakości przez nieograniczony czas i zapewniają jednocześnie większą wygodę użytkowania – są lekkie, mają dłuższą żywotność baterii i większą pojemność pamięci.

W świetle dostępnych danych literaturowych rośnie również potencjalne ryzyko uszkodzeń słuchu spowodowane słuchaniem muzyki przez słuchawki z zastosowaniem PAP. Aż 88–90% młodych osób przyznaje się do używania tego typu urządzeń. Szacuje się, że 17–29% nastolatków i młodych dorosłych, z czego 17% w USA, 18% w Chile, 22,4% w Kanadzie, 27,4% we Włoszech i 28,6% w Holandii, jest zagrożonych rozwojem ubytków słuchu. Rzeczywista częstość występowania ubytku słuchu spowodowanego ekspozycją na muzykę u młodych dorosłych waha się od 9,3 do 14% w zależności od badania lub kraju, w którym badanie zostało przeprowadzone. Przykładowo: faktyczny ubytek słuchu (≥ 25 dB) stwierdzono u 7,3% wśród 177 młodych malezyjskich użytkowników PAP. Natomiast ponad 3-krotnie częściej (28% vs. 8%) obserwowano szумы uszne



u młodych brazylijskich użytkowników PAP w porównaniu do osób nieużywających tego typu urządzeń.

Wyniki badań pokazują, że maksymalny poziom dźwięku generowanego przez słuchawki podłączone do PAP może przekraczać 125 dBA. Natomiast preferowane przez młodych użytkowników poziomy słuchania muzyki wahają się od 71 do 105 dBA, z czego ok. 58% nastolatków i studentów przekracza zalecaną maksymalną ekspozycję na hałas równą 80 dB. Co więcej, różne badania wskazują na związek między nadmierną ekspozycją muzyczną i pogorszeniem stanu słuchu, w tym TTS, szumami usznymi i nadwrażliwością słuchową.

Zatem rosnąca liczba nastolatków korzystających z przenośnych odtwarzaczy audio przy wysokim lub bardzo wysokim

poziomie głośności przez kilka godzin dziennie może w przyszłości wiązać się ze zwiększoną częstością występowania ubytku słuchu spowodowanego hałasem u osób w starszym wieku.

Na wstępnym etapie słuchania muzyki przez słuchawki pogorszenie słuchu wydaje się być przejściowe i szybko ustępuje. Jednak te powtarzające się tymczasowe zmiany mogą z czasem kumulować się, prowadząc do trwałego ubytku słuchu, a następnie przyspieszać utratę słuchu związaną z wiekiem.

Podobne wnioski wynikają z badań przeprowadzonych w Zakładzie Zagrożeń Wibroakustycznych IMP, obejmujących analizę wyników pomiarów poziomu dźwięku podczas słuchania muzyki i stanu słuchu w grupie 36 regularnych użytkowników PAP (w wieku 18–33 lat) w porównaniu do grupy kontrolnej (21 osób w wieku 19–34 lat nieużywających PAP). Zmierzone pod słuchawkami, w warunkach niskiego (<35dB) i wysokiego (~70dB) poziomu dźwięku A tła akustycznego, maksymalne wartości równoważnego poziomu dźwięku A wynosiły, odpowiednio, 81 i 87 dB. Badani używali PAP do 75 godz. tygodniowo. Wyznaczone na tej podstawie wartości tygodniowego poziomu ekspozycji na hałas ($L_{EX,W}$) były równe, odpowiednio, 84 i 90 dB.

Regularni użytkownicy odtwarzaczy istotnie częściej skarżyli się na szумы uszne w porównaniu do grupy kontrolnej (19% vs. 0%, $p < 0,05$). Wyniki badań audiometrycznych i emisji otoakustycznych były zbliżone w obu grupach ($p > 0,05$). Osoby słuchające muzyki >10 lat uzyskiwały gorsze wyniki w testach słuchowych w porównaniu do osób z krótszym stażem słuchania. Co więcej, u osób dłużej użytkujących PAP 2 razy częściej występowały trwałe ubytki słuchu w audiometrii wysokoczęstotliwościowej (39,5% vs. 20,0%, $p < 0,05$).

Obawy budzi fakt, że młodzi użytkownicy, podobnie jak i ogół społeczeństwa, mają niewystarczającą wiedzę na temat zagrożeń związanych z częstym słuchaniem głośnej muzyki przez słuchawki. W celu minimalizowania ryzyka ubytków słuchu u dzieci i osób dorosłych zalecany przez grupę ekspertów WHO równoważny poziom dźwięku A hałasu rekreacyjnego ($L_{Aeq,24h}$) powinien być <70 dB.

2.1.3. Urządzenia ultradźwiękowe

Urządzenia wykorzystujące energię UDz niskich częstotliwości są coraz częściej stosowane w miejscach publicznych, takich jak dworce kolejowe, puby, restauracje, szkoły, obiekty sportowe itp. Można więc mówić o masowym wzroście ekspozycji środowiskowej na UDz, w tym w środowisku mieszkalnym, rekreacyjnym i zawodowym, zwłaszcza w przypadku urządzeń nowej generacji emitujących „czyste” UDz. Do tego typu źródeł zalicza się m.in. dźwiękowe systemy ostrzegawcze, urządzenia odstraszające szkodniki, a także ultradźwiękowe czujniki drzwi, czujniki ruchu, suszarki ręczne i transformatory elektryczne. Ultradźwięki są także stosowane do wyłączania ekranu telefonu podczas odbierania połączenia (wykorzystywanie ultradźwiękowego czujnika odległości do określania odległości od twarzy) oraz do tworzenia informacji zwrotnych dla wirtualnych klawiatur.

Opublikowane niedawno w USA prace wskazujące na obecność źródeł UDz nowej generacji w miejscach publicznych ponownie zainicjowały debatę na temat niekorzystnego wpływu UDz powietrznych na ludzi.

Przykładowo analiza objawów zgłaszanych przez pracowników i młodych klientów odwiedzających restaurację, w której



byli narażeni na działanie UDz (o częstotliwości 20 kHz i poziomie 90–130 dB) emitowanych przez odstraszacz gryzoni, wykazała, że wśród osób słyszących sygnał, osoby młodsze wyraźniej niż starsze rozpoznawały dźwięki wysokiej częstotliwości pochodzące z tego urządzenia. Co więcej, większość badanych, którzy rozpoznali dźwięki o wysokiej częstotliwości, oceniła je negatywnie (np. „nieprzyjemne”, „hałaśliwe”, „powodujące ból głowy lub ucha”).

Na podstawie wniosków z innego badania z udziałem młodych i osób w średnim wieku, z prawidłowym słuchem, eksponowa-

nych w losowej kolejności na działanie różnych sygnałów, w tym na rzeczywiste i pozorowane UDz (brak sygnału) stwierdzono, że krótkotrwała ekspozycja na sygnały akustyczne o stosunkowo niskim poziomie (40–70 dB) emitowane przez odstraszcacz nie wywołała żadnych istotnych niekorzystnych skutków. Natomiast gdy sygnał był słyszany, co często zdarzało się w przypadku młodszych osób, przy najniższych ustawieniach częstotliwości (12–14 kHz, 25–25 kHz i przy działających 2 urządzeniach), kilku uczestników odebrało go jako niepokojący.

Kolejne badanie, dotyczące wpływu dźwięków wysokiej częstotliwości i/lub UDz w porównaniu do hałasu referencyjnego o częstotliwości 1 kHz, wykazało, że zarówno osoby „objawowe” (zgłaszające wcześniej niepożądane skutki przypisywane hałasowi ultradźwiękowemu), jak i „bezobjawowe” przypisywały większy dyskomfort warunkom narażenia na dźwięki wysokiej częstotliwości / UDz niż na hałas referencyjny. Jednakże tylko w grupie zgłaszających objawy wyżej oceniono również trudności z koncentracją i rozdrażnienie w warunkach ekspozycji na hałas ultradźwiękowy niż w warunkach referencyjnych. W obu grupach nie stwierdzono znaczących objawów fizjologicznych, takich jak nudności czy ból lub szum w uszach, w żadnym z warunków bodźcowych. Co więcej, nie zaobserwowano różnicy pomiędzy 2 warunkami ekspozycji ani w poziomie wykonania zadań testowych, ani testu uwagi, ani w wartościach średnich reakcji galwanicznej skóry dla żadnej z grup.

Celami eksperymentu stanowiącego kontynuację opisanego było ustalenie, czy:

- niesłyszalne UDz o poziomach spotykanych na co dzień mogą powodować niekorzystne objawy w porównaniu z brakiem narażenia,

- oczekiwanie na obecność UDz może wywołać objawy niepożądane (reakcja nocebo).

Podobnie jak we wcześniejszym badaniu uwzględniono zarówno grupę „objawową”, jak i „bezobjawową”. Ponadto przeprowadzono studium przypadku z udziałem uczestnika, który skarżył się na szczególnie silny wpływ UDz w miejscach publicznych.

Wyniki badania, jak i studium przypadku, nie dostarczyły dowodów na to, że UDz poniżej progu słyszenia wywoływały subiektywne objawy, takie jak nudności, ból, uczucie ucisku lub pełności w uszach, bóle i zawroty głowy, niepokój i zmęczenie. Wykazały jednak niewielki efekt nocebo.

Zdaniem badaczy na podstawie wyników tego ostatniego eksperymentu nie można przewidywać skutków narażenia innych osób na UDz. Podkreślano jednak, że UDz o częstotliwości 20 kHz i poziomie 84 dB (czyli odpowiadające średniemu poziomowi bodźca akustycznego w tym badaniu) będą słyszalne dla znacznego odsetka ludzi, zwłaszcza młodych – niekorzystne odczucia wskutek ekspozycji na UDz o częstotliwości i poziomach stosowanych w tym badaniu mogą się pojawić u wielu osób.

2.2. Zagrożenie PEM

W broszurze opisano zagrożenia elektromagnetyczne, opierając się na systemie ochrony pracujących i osób potencjalnie narażonych w środowisku pracy na PEM – system ten dotyczy wszystkich bezpośrednich i pośrednich zagrożeń opisanych w pkt. 2.3. Przepisy ochrony środowiska nie odnoszą się m.in. do wpływu PEM na inne urządzenia elektroniczne, w tym na pasywne i aktywne implanty medyczne. W środowisku pracy wyróżnia się 3 strefy ochronne: pośrednią, zagrożenia i niebezpieczną –



obszar poza strefami ochronnymi nazywa się strefą bezpieczną. Sposób oceny zdrowia pracujących w badaniach wstępnych i okresowych, pewne ograniczenia dla kobiet w ciąży i młodocianych oraz nawet uprawnienia emerytalne zależą właśnie m.in. od strefy, w której przebywali lub przebywają pracownicy.

2.2.1. Łączność bezprzewodowa

Wiele urządzeń klasyfikowanych jako tzw. urządzenia nowych technologii wykorzystuje PEM do łączności. Dotyczy to praktycznie wszystkich urządzeń: zaliczanych do internetu rzeczy, zdalnie sterowanych, w tym bezzałogowych pojazdów latają-

cych (dronów), służących do łączności – w tym przede wszystkim sieci 5G.

Wszystkie urządzenia do łączności bezprzewodowej muszą z definicji odbierać i zazwyczaj również nadawać jakąś formę sygnału, w którym zakodowana jest przesyłana informacja. Każdy nadajnik używany do takiej łączności jest źródłem PEM – największe występuje w otoczeniu anteny nadawczej. Trzeba tu stanowczo podkreślić, że wszelkie odbiorniki, np. radiowe czy telewizyjne (w tym telewizji satelitarnej), są urządzeniami służącymi, jak sama nazwa wskazuje, wyłącznie do odbioru sygnału i nie są w tym kontekście źródłami PEM. Natomiast wszelkie nadajniki, czyli m.in. telefony komórkowe, telefony bezprzewodowe (słuchawka + baza), radiotelefony (tzw. walkie-talkie), nadajniki krótkofalarskie czy nawet urządzenia do radiowego sterowania modelami i dronami, stanowią źródła PEM. I nierzadko są to stosunkowo silne źródła – przy niektórych rodzajach radiotelefonów występują np. wartości PEM odpowiadające wyróżnionej w BHP strefie niebezpiecznej, czyli takiej, w której przebywanie jest całkowicie zabronione w ramach codziennej praktyki. Przy urządzeniach Bluetooth zazwyczaj występuje tylko strefa bezpieczna, dlatego wydają się one bezpieczne w stosowaniu.

W ostatnich latach telefony komórkowe stały się powszechne – w roku 2022 funkcjonowało w Polsce >56 mln aktywnych kart SIM (także np. w modemach i innych urządzeniach) – obecnie niemal każdy, poza najmłodszymi dziećmi, jest posiadaczem co najmniej 1 telefonu komórkowego. W 2011 r. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (International Agency for Research on Cancer – IARC) zaliczyła PEM częstotliwości radiowych do grupy 2B, czyli czynników przypuszczalnie kancerogennych dla

ludzi – uzyskano wówczas ograniczone dowody działania rakotwórczego u ludzi przy braku wystarczającego dowodu rakotwórczości u zwierząt doświadczalnych, co było podstawą klasyfikacji. Wielkości charakteryzujące narażenie na PEM były o wiele niższe niż te, które powodują efekty termiczne czy pobudzenie elektryczne tkanek. Klasyfikacji tej dokonano na podstawie badań wpływu telefonów komórkowych na ludzi – badania te jednak przeprowadzono przed rokiem 2006, na telefonii starszej generacji (2G), a efekty występowały jedynie u osób najintensywniej używających telefonu (>1640 godz. całkowitego użytkowania).

Telefony komórkowe w systemie 2G do połączenia się ze stacją bazową używały w chwili wywołania maksymalnej mocy dostępnej dla telefonu, a następnie obniżały ją do mocy roboczej niezbędnej do utrzymania połączenia. W generacji 3 i kolejnych nie występuje już w strukturze połączenia impuls dużej mocy – telefon od początku nadaje z mocą optymalną dla utrzymania połączenia. Jest to pierwszy czynnik wpływający na mniejsze niż kiedyś narażenie użytkowników telefonów na PEM. Drugim jest zagęszczenie sieci telekomunikacyjnej. Im bliższa jest telefonowi stacja bazowa, z którą się łączy, tym mniejsza jest moc, z którą on nadaje. Biorąc pod uwagę, że liczba stacji bazowych co roku wzrasta, moc nadawana średnio przez dany telefon z roku na rok maleje. Należy jednak pamiętać, że w otoczeniu telefonów komórkowych znajdujących się daleko od stacji bazowej mogą wystąpić PEM o wartościach odpowiadających strefie zagrożenia.

2.2.2. Urządzenia do identyfikacji i kontroli

Do tej grupy zalicza się różne urządzenia do kontroli oraz identyfikacji obiektów znajdujących się w ich otoczeniu, np. bramki

antykradzieżowe i automatyczne kasowniki montowane w środkach komunikacji publicznej. Urządzenia te nawiązują łączność z obiektami w swoim otoczeniu, wysyłając do nich impuls elektromagnetyczny i analizując informację zwrotną. Moc takich urządzeń jest zasadniczo zależna od odległości, w jakiej urządzenie ma komunikować się z docelowymi obiektami. Trzeba natomiast zauważyć, że zazwyczaj w ich najbliższym otoczeniu (kilka do kilkudziesięciu centymetrów od urządzenia) występują strefy ochronne PEM, nawet strefa niebezpieczna. Urządzenia te mogą w najgorszym wariantcie zakłócać działanie aktywnych implantów medycznych i powinny być traktowane przez osoby używające takich implantów rozsądnie i z pewną ostrożnością, tzn. z zachowaniem większej, niż bezpośrednia, odległości od nich.

2.2.3. Praca zdalna

W przypadku pracy zdalnej należy zwrócić uwagę na treść Rozporządzenia Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na PEM. Rozporządzenie nakazuje użytkownikowi źródeł (czyli zazwyczaj pracodawcy) przeprowadzenie co najmniej raz na 4 lata kompleksowej oceny wszystkich urządzeń, które mogą wprowadzać znaczące PEM na teren, za który użytkownik odpowiada. Jednak z tej oceny są wyłączone urządzenia powszechnego użytku. Zatem mimo iż np. telefony bezprzewodowe, komórkowe, czy routery Wi-Fi mogą być źródłem PEM o wartościach ze stref ochronnych, to użytkownik jest zwolniony z ich oceny jako źródeł narażenia na PEM. Przenosząc te zasady na grunt pracy zdalnej, należy stwierdzić, że, o ile pracodawca nie wyposaży do

niej osób pracujących w specjalistyczne narzędzia wykraczające poza katalog urządzeń powszechnego użytku, nie ma potrzeby dokonywać niezależnej oceny zagrożeń elektromagnetycznych dla warunków takiej pracy.

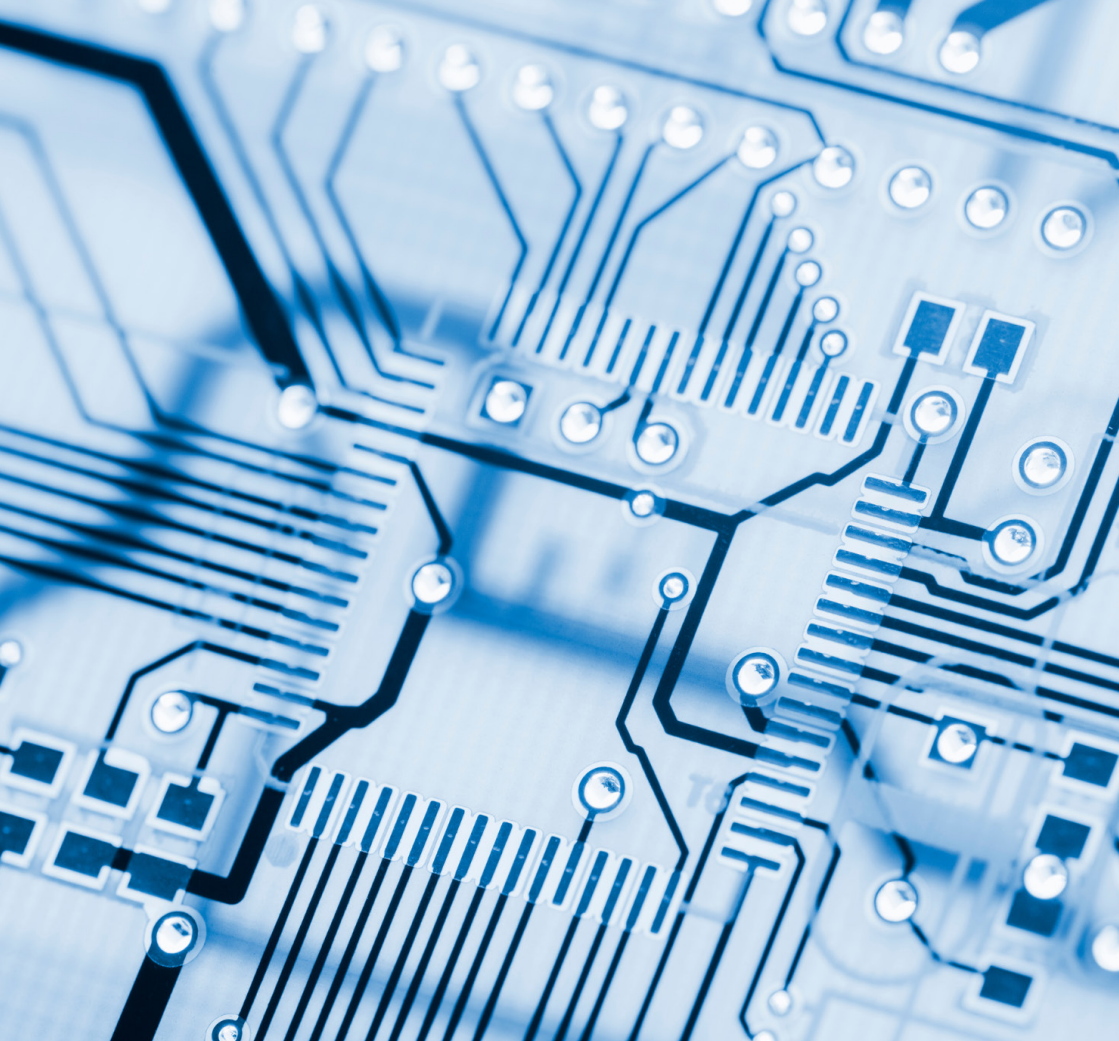
2.2.4. Inne urządzenia

Każde urządzenie zasilane elektrycznie jest źródłem PEM – zazwyczaj są to pola tak niewielkie, że problemem może być nawet ich zmierzenie już w odległości kilku, kilkunastu centymetrów od źródła. Każde wprowadzone na rynek urządzenie musi spełniać przepisy kompatybilności elektromagnetycznej: wykazywać odporność na zakłócenia w pewnym zakresie, czyli m.in. PEM emitowane przez inne urządzenia oraz ograniczać emisję własnych zakłóceń, żeby nie przekroczyć zakresu odporności innych urządzeń. Oczywiście istnieją urządzenia, które z samego założenia konstrukcyjnego muszą wytwarzać PEM, oraz takie, które nie spełniają tego założenia niezależnie od obowiązujących wymogów.

Jeśli dane urządzenie zostało dopuszczone do obrotu i posiada znak CE, powinno z zasady (i konieczności spełnienia wymogów kompatybilności elektromagnetycznej) być urządzeniem bezpiecznym, jeśli będzie stosowane zgodnie z instrukcją obsługi.

Niemniej nawet znak CE nie musi gwarantować bezpieczeństwa elektromagnetycznego urządzeń. Opatrzony nim dość popularne tzw. kule plazmowe zdobiące wnętrza, a często pokoje dziecięce, zakłócają działanie innych urządzeń elektronicznych, emitując PEM o wartościach odpowiadających wyróżnionej w BHP strefie niebezpiecznej.

Nie są znane również zagrożenia wnoszone przez dostępne na rynku urządzenia do samodzielnego składania (typu „zrób



to sam”). Gotowe całościowe produkty powinny zostać poddane kontroli produkcji i jakości oraz być zgodne z wieloma normami warunkującymi bezpieczeństwo wyrobu – zasady te nie mają zastosowania w przypadku tych urządzeń. Co więcej, możliwe jest przecież złożenie urządzenia nie do końca w zgodzie z instrukcją producenta, co może wiązać się z jeszcze większym zagrożeniem w użytkowaniu.

2.3. Zagrożenia łączone

W konstrukcji większości słuchawek znajdują się stałe magnesy. Dodatkowo do przesyłania sygnału do słuchawek wykorzystuje się bezprzewodowe systemy łączności oparte najczęściej na Bluetooth. Powoduje to, że ich użytkownik narażony jest jednocześnie na hałas oraz PEM – prawie zawsze niewielkie stałe pole magnetyczne, a dodatkowo przy słuchawkach bezprzewodowych PEM o częstotliwości z pasma 2,4 GHz. Większość badań naukowych wskazuje brak wpływu PEM na narząd słuchu, jednak nie są one realizowane w warunkach zwiększonego narażenia na hałas. Z drugiej strony indukowane hałasem uszkodzenia słuchu mają charakter oksydacyjny, więc nie można wykluczyć tu łączonego działania hałasu i PEM, które pozostaje obecnie nierozpoznane.

3. Metody minimalizowania zagrożeń

3.1. Ograniczanie ryzyka uszkodzeń słuchu

Praca w narażeniu na hałas powyżej wartości dopuszczalnych – w zależności od poziomu ciśnienia akustycznego – jest zaliczana do prac szczególnie szkodliwych (krotność NDN >1). Kompleksowe działania mające na celu zapobieganie ujemnym skutkom działania hałasu obejmują ograniczenie ekspozycji metodami technicznymi i organizacyjno-administracyjnymi, stosowanie indywidualnych ochronników słuchu oraz profilaktykę medyczną. Konieczność ograniczenia ekspozycji na hałas jest prawnie usankcjonowana. Szczegółowe wytyczne w tej sprawie zawiera Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z hałasem i drganiami mechanicznymi.

A co w takim razie z narażeniem nietypowym i pozazawodowym na hałas?

3.1.1. Słuchawkowe zestawy komunikacyjne, słuchawki i odtwarzacze

W przypadku nietypowego i/lub pozazawodowego narażenia na hałas, takiego jak np. używanie osobistych odtwarzaczy audio, pomocne są zalecenia WHO wypracowane w ramach inicjatywy „Uczyń słuchanie bezpiecznym” („Make listening safe”). Uruchomiony w 2015 r. projekt promuje bezpieczne słuchanie oraz ograniczanie ryzyka utraty słuchu z powodu hałasu rekreacyjnego. W ramach tej inicjatywy WHO i International Telecommunication Union (ITU) opracowały standard ITU-T H.870, który m.in. ustala wymagania dotyczące bez-



piecznego używania osobistych/przenośnych systemów audio, zwłaszcza służących do odtwarzania muzyki.

Jako kryteria bezpiecznego słuchania, tj. takiego, które nie naraża słuchu człowieka na ryzyko, przyjęto dla osób dorosłych i dla dzieci wartości tygodniowego (40-godzinnego) poziomu ekspozycji na hałas równe, odpowiednio, 80 i 75 dBA.

Obniżając ryzyko uszkodzenia słuchu, należy:

- odpowiednio używać przenośnych odtwarzaczy muzycznych,
- wybierać słuchawki dobrej jakości,
- unikać nadmiernego hałasu,
- zwracać uwagę na dobór repertuaru muzycznego.

Odpowiednie użytkowanie przenośnych odtwarzaczy audio

Głośność/poziom dźwięku

- Zmniejszenie głośności – używanie urządzenia na poziomie ok. 60–70% głośności. Bardzo istotne jest też ograniczenie czasu słuchania muzyki: regularne przerwy po ok. 30 min słuchania.
- Przyzwyczajenie do głośności – im dłużej słuca się muzyki na tym samym poziomie głośności, tym szybciej się do niego przyzwyczajają i w rezultacie zwiększa nagłośnienie. Odtwarzanie muzyki na maksymalnych poziomach, zwłaszcza w słuchawkach, grozi głuchotą już w średnim wieku.
- Prewencja – niezagłuszanie dźwięku zewnętrznego (np. dźwięku samochodów, komunikacji miejskiej, rozmów) poprzez zwiększanie głośności odtwarzacza.
- Niedosłuch powstaje po ekspozycji na zbyt głośną muzykę po kilku latach, a problemy ze słuchem polegają przeważnie na uszkodzeniu słyszenia na wysokich tonach w zakresie >4000 Hz.

Czas użytkowania: pozwól uszom odpocząć

- Zasada równej energii: ciszej–dłużej / głośniej–krócej (efekt sumowania) – ograniczanie hałasu docierającego do uszu oraz czas na odpoczynek i regenerację. W przypadku długotrwałego słuchania wskazane są przerwy co 2–4 godz. – inaczej zmęczenie słuchu może utrwalić się i uszkodzić go na stałe.

- Regeneracja uszu – po wypoczynku słuch wraca zwykle do normy, o ile zmęczenie nie jest przewlekłe.
- Minimalizowanie narażenia na wszystkie dźwięki – ze względu na bliskość źródła dźwięku słuchanie muzyki przez słuchawki jest najbardziej szkodliwe dla słuchu. Szkodzi mu także głośna muzyka odbierana z innych urządzeń, np. radia.
- Lepiej jest słuchać muzyki w obu słuchawkach niż tylko w jednej.
- Ważne jest unikanie jednoczesnego używania wielu hałaśliwych urządzeń w domu oraz korzystanie z tych, które emitują niski poziom hałasu. Należy unikać przebywania w pobliżu źródeł hałasu.

Wybór odpowiedniego rodzaju słuchawek

- Te z aktywną redukcją hałasu pozwalają cieszyć się muzyką bez narażania słuchu (niestety to dość drogie rozwiązanie).
- Słuchawki dokanałowe wkłada się głęboko w przewód słuchowy – bardzo skutecznie izolują od otoczenia, dzięki czemu nie trzeba zwiększać głośności urządzenia.
- Słuchawki douszne, najczęściej dołączane do telefonów komórkowych i innych niedrogich urządzeń, nie zapewniają dobrej izolacji od zewnętrznego hałasu, co często wymusza zwiększanie głośności.
- Słuchawki nauszne zamknięte dzięki swojej konstrukcji bardzo dobrze separują od zewnętrznego hałasu; są najlepsze do użytkowania w głośnych środowiskach.

- Słuchawki nauszne otwarte są najbardziej komfortowe. Ich konstrukcja pozwala na wentylację ucha, co niestety wiąże się z brakiem izolacji akustycznej od otoczenia.
- Najlepsze dla słuchu jest słuchanie muzyki przez głośniki.

Wybór repertuaru

- Muzyka ma znaczenie. Jeśli jest bardzo głośna i dociera do ucha tzw. salwami (rock, heavy metal), łatwiej uszkadza słuch niż spokojna muzyka relaksacyjna.
- Mocniejsze brzmienia typu metal, rock czy elektronika mogą bardziej uszkodzić słuch niż spokojniejsze melodie.
- Konsekwencje słuchania głośnej muzyki nie dotyczą wyłącznie ucha. Pewne gatunki muzyki mogą powodować nadmierne pobudzenie, agresję, rozdrażnienie czy problemy z koncentracją.
- WHO sugeruje, że producenci słuchawek oraz odpowiednie urzędy powinny zwrócić uwagę na problem odpowiednich słuchawek i dopuszczać do sprzedaży tylko taki sprzęt, który nie szkodzi zdrowiu.

Program ochrony słuchu dla użytkowników przenośnych odtwarzaczy multimedialnych

- Materiały informacyjne na temat ryzyka uszkodzenia słuchu związanego ze zbyt częstym i głośnym użytkowaniem przenośnych odtwarzaczy typu MP3 powinny być dostępne w każdej szkole i ośrodku zdrowia.
- Warto brać udział w prowadzonych np. w szkołach akcjach informacyjnych nt. skutków działania hałasu i profilaktyki uszkodzeń słuchu.

- Ważne jest unikanie stosowania odtwarzaczy multimedialnych w głośnym otoczeniu (w nadmiernym hałasie).
- Należy wiedzieć, jak ustawić niższą maksymalną głośność odtwarzacza muzyki po przekroczeniu dopuszczalnej dziennej dawki hałasu mogącej powodować uszkodzenia słuchu.
- Warto korzystać z aplikacji umożliwiających samoocenę słuchu, za pomocą których można okresowo sprawdzać słuch i reagować na pogarszanie się jego stanu.
- Producenci/dystrybutorzy przenośnych urządzeń multimedialnych powinni zamieszczać informacje na temat ryzyka uszkodzenia słuchu mogącego wynikać ze zbyt głośnego i długiego stosowania przenośnych urządzeń typu MP3.
- Powinno się promować aplikacje/oprogramowania pozwalające samodzielnie wyznaczać bezpieczny czas stosowania przenośnych odtwarzaczy multimedialnych.

Działania zmniejszające ryzyko uszkodzenia słuchu u osób regularnie używających słuchawkowych zestawów komunikacyjnych

Użytkownik powinien:

- wypróbować różne zestawy słuchawkowe, np. z ulepszonymi funkcjami ochrony lub redukcji szumów, i wybrać odpowiedni zestaw;
- utrzymywać zestaw słuchawkowy w należytej czystości i dobrym stanie, wymieniać go, gdy pojawi się uszkodzenie lub zmniejszona wydajność;
- ustawiać regulację głośności słuchawek na jak najniższym poziomie głośności;

- korzystać z przerw (w cichych pomieszczeniach);
- informować przełożonego i współpracowników o sytuacjach, gdy poziom hałasu jest wysoki;
- unikać używania słuchawek w hałaśliwym otoczeniu;
- powiadomić przełożonego i/lub wybrać się do lekarza, gdy w trakcie używania (lub po jego zakończeniu) pojawią się szumy uszne (dzwonienie w uszach), wyraźne pogorszenie ostrości słyszenia i/lub inne dolegliwości słuchowe.

Pracodawca powinien:

- zapewnić pracownikom różnorodne słuchawkowe zestawy komunikacyjne z regulacją głośności, funkcją ograniczania szumów lub redukcji hałasu, które zwiększają komfort i ochronę przed hałasem otoczenia;
- przeprowadzić adaptację akustyczną pomieszczeń, np. zainstalować panele akustyczne, wykładziny dywanowe, zwiększyć odległość między stanowiskami i ustawić między nimi ekrany;
- korzystać z aplikacji redukujących hałas;
- zainwestować w technologię maskowania dźwięku;
- zapewnić pracownikom trening odpowiedniej emisji głosu;
- umożliwić pracownikom pracę zdalną;
- przygotować program szkoleniowo-edukacyjny dla pracowników na temat prawidłowego korzystania ze słuchawkowych zestawów komunikacyjnych i obniżenia zagrożenia hałasem.

3.1.2. Urządzenia ultradźwiękowe

Jak wspomniano, kompleksowe działania mające na celu zapobieganie ujemnym skutkom hałasu ultradźwiękowego obejmują ograniczenie ekspozycji metodami techniczno-organizacyjnymi, stosowanie indywidualnych ochronników słuchu oraz profilaktykę medyczną.

Typowe metody techniczno-organizacyjne to stosowanie obudów dźwiękochłonno-izolacyjnych urządzeń emitujących UDz. Dla pracowników istotne są regularne przerwy w pracy oraz rotacja w wykonywaniu obowiązków przy tych urządzeniach. Ważne są ponadto okresowe badania profilaktyczne pracowników.

Metody te są odpowiednie dla przemysłowych zastosowań UDz niskiej częstotliwości. Natomiast w przypadku urządzeń nowej generacji i zastosowań pozazawodowych konieczne jest najpierw poznanie specyfiki ich działania oraz wielkości ekspozycji na hałas ultradźwiękowy, zanim zostaną podjęte działania ograniczające narażenie.

3.2. Pola elektromagnetyczne

Obecnie nie ma możliwości wyeliminowania PEM z otoczenia człowieka. Elektryfikacja domostw często stanowi bezpośrednio o możliwości przeżycia, zapewniając w nich wodę i odpowiednią temperaturę. Pierwsze telefony komórkowe pojawiły się zaledwie 30 lat temu – dziś są wszechobecne. Choć stanowią potencjalne zagrożenie, którego nie można bagatelizować, ułatwiają wiele aspektów życia (w szczególności umożliwiają wezwanie służb ratunkowych z praktycznie każdego miejsca). Jak więc w przypadku wszystkiego, co nie zostało do końca poznane,

należy stosować umiar w użytkowaniu PEM, w miarę możliwości ograniczając jego działanie w otoczeniu.

Nie ma pewności, że PEM emitowane przez urządzenia nadawcze, z których korzysta się w domach, są całkowicie bezpieczne – zasadne wydaje się więc rozsądne ograniczenie ich użytkowania. W przypadku telefonów komórkowych, które są stosowane daleko od stacji bazowych (wskaźnik „zasięgu” poniżej połowy), wskazane jest używanie do rozmów zestawów słuchawkowych (najlepiej podłączanych do telefonu kablem – Bluetooth to też nadajnik) lub przynajmniej używanie telefonu w trybie głośnomówiącym, tak by nie znajdował się bezpośrednio przy głowie. Korzystne jest również ograniczenie – w miarę możliwości – rozmów na rzecz wiadomości tekstowych. Jeśli w mieszkaniu jest router Wi-Fi, warto zadbać o dużą odległość między nim a przebywającymi w mieszkaniu ludźmi.

W przypadku wszystkich źródeł PEM złotym środkiem umożliwiającym zmniejszenie zagrożenia jest zwiększenie odległości od źródła. Podczas podróży komunikacją publiczną lepiej odsunąć się od automatycznych kasowników, a pracując na laptopie połączonym bezprzewodowo z siecią, warto nie trzymać go bezpośrednio na kolanach.

Wykaz przepisów prawnych i normatywnych

- 1.1. PN-N-01307:1994. Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1994
- 1.2. PN-EN ISO 9612:2011. Akustyka. Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas. Metoda techniczna. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2011
- 1.3. PN-Z-01339:2020-12. Hałas ultradźwiękowy – wymagania dotyczące wykonywania pomiarów w środowisku pracy. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2020
- 1.4. PN-EN ISO 11904-1:2008. Akustyka. Wyznaczanie imisji dźwięku od źródeł umieszczonych bezpośrednio przy uchu. Część 1: technika z zastosowaniem mikrofonu umieszczonego w uchu (technika MIRE). Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2008
- 1.5. PN-ENISO 11904-2:2021-08. Akustyka. Wyznaczanie imisji dźwięku od źródeł umieszczonych bezpośrednio przy uchu. Część 2: technika z zastosowaniem manekina akustycznego. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2021
- 1.6. AS/NZS 1269.1:2005. Occupational noise management – Measurement and assessment of noise immission and exposure. Standards Australia /Standards New Zealand, Wellington 2005
- 1.7. CSA Z107.56-18. Measurement of noise exposure. Canadian Standards Association, Mississauga 2018
- 1.8. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (Dz. U. z 2022 r., poz. 1510)
- 1.9. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2022 r., poz. 2556)
- 1.10. 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. z 2018 r., poz. 1286 z późn. zm.)

- 1.11. Rozporządzenie Rady Ministrów dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie wykazu prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet i kobiet karmiących dziecko piersią (Dz. U. z 2017 r., poz. 796)
- 1.12. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 czerwca 2023 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac (Dz. U. z 2023 r., poz. 1240)
- 1.13. 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. z 2005 r., nr 157, poz. 1318)
- 1.14. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2013/35/UE z dnia 26 czerwca 2013 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na zagrożenia spowodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi) (dwudziesta Dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 Dyrektywy 89/391/EWG) i uchylająca Dyrektywę 2004/40/WE (Dz. U. UE z 2013 r. L 179/1-21)
- 1.15. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole elektromagnetyczne (Dz. U. z 2018 r., poz. 331)
- 1.16. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. z 2023 r., poz. 419)
- 1.17. Council Recommendation 1999/519/EC on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). Official Journal L 199, 30 July 1999, pp. 59-70

- 1.18. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 grudnia 2019 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku (Dz. U. z 2019 r., poz. 2448)
- 1.19. Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 17 lutego 2020 r. w sprawie sposobów sprawdzania dotrzymania dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku (Dz. U. z 2022 r., poz. 2630)

Piśmiennictwo

- 2.1. Alexander RW, Koenig AH, Cohen HS, Lebo CP. The effects of noise on telephone operators. *J Occup Med.* 1979;21:21–5
- 2.2. Ayugi J, Loyal P, Mugwe P, Nyandusi M. Demographic patterns of acoustic shock syndrome as seen in a large call centre. *Occup Med Health Aff.* 2015;3(4):212
- 2.3. Beyan AC, Dermiral Y, Cimrin AH, Ergor A. Call center and noise induced hearing loss. *Noise Health.* 2016;18:113–6
- 2.4. El-Bestar SF, El-Helaly ME, Khashaba EO. Prevalence and risk factors of sensory-neural hearing loss among telephone operators. *Egypt J Occup Med.* 2010;34(1):113–27, <https://doi.org/10.21608/ejom.2010.691>
- 2.5. Fletcher MD, Jones SL, White PR, Dolder CN, Leighton TG, Lineton B. Effects of very high-frequency sound and ultrasound on humans. Part I: Adverse symptoms after exposure to audible very-high frequency sound. *J Acoust Soc Am.* 2018;144:2511, <https://doi.org/10.1121/1.5063819>
- 2.6. Fletcher MD, Jones SL, White PR, Dolder CN, Leighton TG, Lineton B. Effects of very high-frequency sound and ultrasound on humans. Part II: A double-blind randomized provocation study of inaudible 20-kHz ultrasound. *J Acoust Soc Am.* 2018;144:2521, <https://doi.org/10.1121/1.5063818>
- 2.7. Fletcher MD, Lloyd Jones S, White PR, Dolder CN, Lineton B, Leighton TG. Public exposure to ultrasound and very high-frequency sound in air. *J Acoust Soc Am.* 2018;144(4):2554, <https://doi.org/10.1121/1.5063817>
- 2.8. World Health Organization [Internet]. Geneva: The Organization; 2022 [cytowany 10 października 2023]. Making listening safe. Adres: <https://www.who.int/activities/making-listening-safe>

- 2.9. Idota N, Horie S, Tsutsui T, Inoue J. Temporary threshold shifts at 1500 and 2000 Hz induced by load voice signals communicated through earphones in the pinball industry. *Ann Occup Hyg.* 2010;54(7):842–9, <https://doi.org/10.1093/annhyg/meq048>
- 2.10. Leighton TG. Are some people suffering as a result of increasing mass exposure of the public to ultrasound in air? *Proc Math Phys Eng Sci.* 2016;472(2185):20150624, <https://doi.org/10.1098/rspa.2015.0624>
- 2.11. Mazlan R, Saim L, Thomas A, Said R, Liyab B. Ear infection and hearing loss among headphone users. *Malays J Med Sci.* 2002;9(2):17–22
- 2.12. Młyński R, Kozłowski E. Stosowanie indywidualnych ochron słuchu w przypadku hałasu o częstotliwościach słyszalnych powyżej 8 kHz. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2016
- 2.13. Nassrallah FG, Giguere C, Dajani HR, Ellaham NN. Comparison of direct measurement methods for headset noise exposure in the workplace. *Noise Health* 2016;18(81):62–77, <https://doi.org/10.4103/1463-1741.178479>
- 2.14. Nassrallah FG, Giguere C, Dajani HR. Measurement methods of noise exposure headsets used in various occupational settings [Internet]. W: International Commission on Biological Effects of Noise [red.]. 11th International Congress on Noise as a Public Health Problem; 1–5 czerwca 2014; Nara, Japan [cytowany 10 października 2023]. Adres: http://www.icben.org/2014/papers/Team1/1_3%20FloraNassrallah.pdf
- 2.15. Pawlaczyk-Łuszczczyńska M, Dudarewicz A, Zaborowski K, Zamojska-Daniszevska M. Noise exposure and hearing status among employees using communication headsets. *Int J Occup Med Environ Health.* 2022;35(5):585–614, <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01817>

- 2.16. Pawlaczyk-Łuszczynska M, Dudarewicz A. Impact of very high-frequency sound and low-frequency ultrasound on people – the current state of the art. *Int J Occup Med Environ Health*. 2020;16;33(4):389-408, <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01586>
- 2.17. Pawlaczyk-Łuszczynska M, Zaborowski K, Zamojska-Daniszewska M, Dudarewicz A, Rutkowska-Kaczmarek P. Ocena narażenia na hałas i ryzyko uszkodzenia słuchu u pracowników używających słuchawkowych zestawów komunikacyjnych lub słuchawek. *Med Pr*. 2019;70(1):27-52, <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00736>
- 2.18. Pawlaczyk-Łuszczynska M, Zaborowski K, Zamojska-Daniszewska M, Rutkowska-Kaczmarek P, Dudarewicz A, Śliwińska-Kowalska M. Hearing status in young people using portable audio players. *Archives Acoustics*. 2017;42(1):113-20
- 2.19. Pellegrino E, Lorini C, Allodi G, Buonamici C, Garofalo G, Bonaccorsi G. Music-listening habits with MP3 player in a group of adolescents: a descriptive survey, *Annali Di Igiene*. 2013; 25(5):367-76
- 2.20. Portnuff CD, Fligor BJ, Arehart KH. Self-report and long-term field measures of MP3 player use: how accurate is self-report? *Int J Audiol*. 2013;52(1):33-40
- 2.21. Schafer RM. Die Schallwelt in der wir leben. The new soundscape. In: Blasl F (ed.): Rote Reihe, Bd. 30, Wien: Universal Edition AG, 1971
- 2.22. Śliwińska-Kowalska M. Wpływ hałasu na zdrowie. W: Pawlaczyk-Łuszczynska M. [red.] Minimalizowanie ryzyka uszkodzenia słuchu w miejscu pracy – Poradnik dla pracowników BHP, PIS, PIP, pracodawców i pracowników. Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź 2010

- 2.23. Śliwińska-Kowalska M, Zaborowski K. WHO Environmental noise guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and Permanent hearing loss and tinnitus due to exposures to non-occupational noise – a systematic review of randomized and non-randomized studies. *Int J Environ Res Pub Health*. 2017;14, <https://doi.org/10.3390/ijerph14101139>
- 2.24. Sulaiman AH, Husain R, Seluakumaran K. Evaluation of early hearing damage in personal listening device users using extended high-frequency audiometry and otoacoustic emissions. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2014;271(6):1463–70
- 2.25. Ueda M, Ota A, Takahashi H. Investigation on high-frequency noise in public space. In: *Proceedings of the Inter-Noise 2014, 43rd International Congress on Noise Control Engineering; 2014 Nov 16–19; Melbourne, Australia* [Internet]. [cytowany 13 grudnia 2019]. Adres: http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p384.pdf
- 2.26. Van Wieringen A, Glorieux C. Assessment of short-term exposure to an ultrasonic rodent repellent device. *J Acoust Soc Am*. 2018;144:2501, <https://doi.org/10.1121/1.5063987>
- 2.27. Venet T, Bey A, Campo P, Ducourneau J, Mifsud Q, Hoffmann C, et al. Auditory fatigue among call dispatchers working with headsets. *Int J Occup Med Environ Health*. 2018;31(2):217–26, <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01131>
- 2.28. Vindoh RS, Veeranna N. Evaluation of acoustic shock induced early hearing loss with audiometer and distortion product otoacoustic emissions. *Indian J Med Sci*. 2010;64(3):132–9
- 2.29. Vogel I, Brug J, Van der Ploeg CP, Raat H. Adolescents risky MP3-player listening and its psychosocial correlates. *Health Edu Res*. 2011;26(2):254–64

- 2.30. Westcott M. Acoustic shock injury (ASI). *Acta Oto-laryngol. Suppl.* 2006;556:54–8, <https://doi.org/10.1080/03655230600895531>
- 2.31. You S, Kong TH, Han W. The Effects of Short-Term and Long-term Hearing Changes on Music Exposure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(6):2091, <https://doi.org/10.3390/ijerph17062091>



ISBN 978-83-63253-60-8