



Ocena wpływu hałasu ultradźwiękowego w miejscu pracy na zdrowie i samopoczucie pracowników oraz analiza czynników determinujących działania prewencyjne

dr inż. Jan Radosz^a (ORCID: 0000-0001-8542-7799)



Fot. senyetro/freepik

Hałas ultradźwiękowy jest coraz częściej obecny w środowisku pracy ze względu na szerokie zastosowanie urządzeń emitujących ultradźwięki, takich jak myjki, zgrzewarki czy drążarki ultradźwiękowe. Pomimo powszechności hałasu ultradźwiękowego jego wpływ na zdrowie i samopoczucie pracowników pozostaje niewystarczająco zbadany i wymaga dalszych analiz. Celem artykułu jest ocena wpływu hałasu ultradźwiękowego na zdrowie i samopoczucie pracowników oraz identyfikacja czynników utrudniających stosowanie działań prewencyjnych. W artykule przeprowadzono analizę tego zagadnienia na podstawie kwestionariusza ankietowego, skierowanego do pracowników zawodowo narażonych na hałas ultradźwiękowy. Kwestionariusz ten obejmował m.in. pytania dotyczące subiektywnej oceny uciążliwości hałasu, jego wpływu na zdrowie, problemów ze snem oraz barier w stosowaniu środków ochrony słuchu.

Słowa kluczowe: hałas ultradźwiękowy, środowisko pracy, środki ochrony słuchu, ankieta, zdrowie pracowników

Assessment of the effect of ultrasonic noise in the workplace on employees' health and well-being and analysis of factors determining preventive action

Ultrasonic noise is increasingly present in the workplace due to the widespread use of ultrasonic-emitting devices such as ultrasonic cleaners, welders, and drills. Despite its prevalence, the impact of ultrasonic noise on employees' health and well-being remains insufficiently studied and requires in-depth analysis. This article examines the effects of ultrasonic noise on workers' health and identifies factors determining the implementation of preventive measures. The study was based on a detailed survey targeted at individuals professionally exposed to ultrasonic noise. The questionnaire included questions regarding the subjective assessment of noise annoyance, its impact on health, sleep problems, and barriers to using hearing protection devices.

Keywords: ultrasonic noise, workplace, hearing protection devices, survey, workers' health

^a Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, kontakt: jarad@ciop.pl.

Wstęp

Ultradźwięki, definiowane jako drgania akustyczne o częstotliwościach powyżej górnej granicy słyszalności ludzkiego ucha, znajdują coraz szersze zastosowanie w przemyśle [1]. Wykorzystuje się je w takich urządzeniach, jak ultradźwiękowe myjki, zgrzewarki czy narzędzia diagnostyczne [2]. W Polsce kwestie dotyczące najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) hałasu ultradźwiękowego w środowisku pracy reguluje rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. [3]. W kontekście środowiska pracy i oceny narażenia pracowników hałas ultradźwiękowy obejmuje zakres częstotliwości od 10 kHz do 40 kHz, czyli dźwięki, w których widmie występują składowe o wysokich częstotliwościach słyszalnych (od 10 kHz do 20 kHz) oraz niskich ultradźwiękowych (od 20 kHz do 40 kHz). Wartości dopuszczalne hałasu ultradźwiękowego obowiązujące w Polsce opierają się w dużej mierze na wytycznych Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (INIRC-IRPA) z 1984 r. [4]. Wytyczne te opracowano na podstawie ograniczonej liczby badań, głównie z lat 60. i 70. XX wieku, prowadzonych na małych próbach i z pominięciem długoterminowych skutków ekspozycji.

Pomimo powszechnego występowania tego rodzaju hałasu jego wpływ na zdrowie człowieka pozostaje słabo rozpoznany, co wynika zarówno z ograniczonej liczby rzetelnych danych empirycznych, jak i z innych ograniczeń wcześniejszych badań (obejmujących dobór metod) oraz metodyki ich stosowania [5]. Jednym z kluczowych problemów jest brak jednoznacznych dowodów na mechanizmy działania hałasu ultradźwiękowego na organizm człowieka. Część badań koncentruje się na efektach słuchowych, takich jak czasowe (TTS) [6] lub trwałe przesunięcia progów słyszenia (PTS) [7, 8]. Jednak niewiele jest badań analizujących wpływ ultradźwięków na pozasłuchowe aspekty zdrowotne, np. na objawy neurologiczne, zmęczenie czy bóle głowy. Jak wskazuje Pawlaczyk-Łuszczynska, ekspozycja na ultradźwięki o wysokiej intensywności może powodować subiektywne objawy, w tym mdłości, zawroty głowy, a nawet zaburzenia równowagi [9]. Potwierdzają to wyniki badań Macca, w których wykazano, że osoby narażone na hałas ultradźwiękowy częściej zgłaszają takie problemy, jak zmęczenie, bóle głowy, nudności i trudności z koncentracją [10]. Co więcej, analiza wykazała, że efekty te mogą się pojawiać przy poziomach hałasu poniżej wartości dopuszczalnych.

W literaturze wskazuje się również na potencjalny wpływ hałasu ultradźwiękowego na układ nerwowy i układ krążenia [11]. W badaniach laboratoryjnych przeprowadzonych na zwierzętach stwierdzono, że długotrwała ekspozycja na ultradźwięki może prowadzić do zmian w układzie nerwowym [12]. Niemniej mechanizmy prowadzące do tych efektów pozostają niejasne. W dodatku wiele badań przeprowadzanych w warunkach laboratoryjnych nie odzwierciedla rzeczywistego charakteru ekspozycji w środowisku pracy. Przykładem są urządzenia emitujące zarówno fale ultradźwiękowe, jak i fale słyszalne. W takich przypadkach trudno jest oddzielić wpływ poszczególnych składowych hałasu na organizm człowieka.

Jednym z największych mankamentów jest brak literaturowych danych na temat długoterminowych skutków ekspozycji na hałas ultradźwiękowy. W większości badań analizowano jedynie krótkoterminowe efekty, dlatego trudno ocenić, jakie mogą być konsekwencje wieloletniego narażenia na hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy.

Badania ankietowe odgrywają ważną rolę w zrozumieniu wpływu hałasu ultradźwiękowego na zdrowie i samopoczucie pracowników, a także w identyfikacji barier i możliwości wprowadzenia skutecznych środków ochrony w środowisku pracy. W tym artykule przedstawiono wyniki badań ankietowych, które miały na celu nie tylko zebranie danych ilościowych oraz uzyskanie wglądu w doświadczenia i opinie osób narażonych na hałas ultradźwiękowy. Ankieta została zaprojektowana w sposób zapewniający szerokie spojrzenie na problem, z uwzględnieniem aspektów zdrowotnych, psychologicznych i środowiskowych.

Metodyka badań ankietowych

Badania ankietowe miały umożliwić: określenie poziomu uciążliwości hałasu ultradźwiękowego w miejscu pracy, identyfikację problemów zdrowotnych związanych z tą ekspozycją oraz zbadanie postrzegania ryzyka zawodowego przez pracowników. Kwestionariusz składał się z kilku sekcji, które obejmowały pytania dotyczące demografii, stanu zdrowia, problemów ze snem, postrzegania ryzyka zawodowego, stosowania środków ochrony słuchu oraz barier w ich stosowaniu. Struktura kwestionariusza przedstawiała się następująco:

- informacje demograficzne – pytania dotyczące płci, wieku, branży zawodowej oraz subiektywnej oceny poziomu hałasu w miejscu pracy;

- problemy zdrowotne – pytania mające na celu określenie wpływu hałasu ultradźwiękowego na zdrowie, w tym na wzrok, słuch i ogólną kondycję zdrowotną pracowników;
- sen i samopoczucie – ocena częstotliwości problemów ze snem i ich związku z hałasem w miejscu pracy;
- postrzeganie ryzyka i działań zapobiegawczych – pytania mierzące świadomość ryzyka związanego z hałasem oraz postawy wobec stosowania środków ochronnych;
- bariery w stosowaniu środków ochronnych – identyfikacja przeszkód, które utrudniają pracownikom korzystanie z ochronników słuchu;
- intencje zapobiegawcze – analiza gotowości respondentów do podejmowania działań chroniących ich zdrowie;
- wrażliwość na hałas – pytania badające indywidualną wrażliwość uczestników na hałas w kontekście codziennych czynności i pracy; w tym celu wykorzystano kwestionariusz NoiSeQ [13].

W ramach badania przeprowadzono ankiety wśród 204 pracowników narażonych w pracy na hałas ultradźwiękowy, którzy obsługują takie urządzenia, jak: zgrzewarka ultradźwiękowa, myjka ultradźwiękowa, drążarka ultradźwiękowa, gilotyny lub noże ultradźwiękowe. Na stanowiskach pracy obsługi ultradźwiękowych urządzeń technologicznych równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych 10–25 kHz typowo osiągają wartości rzędu ok. 90–120 dB, często przekraczające wartości NDN, zwłaszcza w przypadku zgrzewarek i gilotyn ultradźwiękowych [1]. Niejednokrotnie notuje się również przekroczenia dopuszczalnych maksymalnych poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych 10–40 kHz [1].

W badaniach zastosowano dobór celowy z ukierunkowaniem na osoby realnie narażone na hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy. We współpracujących zakładach pracy sporządzono listy stanowisk narażonych (na podstawie dokumentacji bhp), a następnie losowo zapraszano pracowników wpisanych na te listy. Dodatkowo, aby zwiększyć reprezentatywność, stosowano warstwowanie (m.in. ze względu na branżę) i limity minimalne na warstwy (wiek powyżej 18 lat, ekspozycja powyżej 10 godzin tygodniowo). Badanie zrealizowano według procedury *mixed mode design*, która polega na uzyskiwaniu tych samych informacji (na podstawie tego samego kwestionariusza ankiety) od różnych osób, z wykorzystaniem odmiennych technik badawczych. Zastosowano trzy techniki zbierania danych: CAWI, CATI i CAPI.

Tabela 1. Struktura badanej próby (N = 204)
Table 1. Structure of the study sample (N = 204)

Płeć	N	%
Kobieta	70	34,3%
Mężczyzna	134	65,7%
Suma	204	100%
Wiek	N	%
poniżej 20 lat	5	2,45%
20–29 lat	66	32,35%
30–39 lat	76	37,26%
40–49 lat	45	22,06%
50–59 lat	9	4,41%
powyżej 60 lat	3	1,47%
Suma	204	100%
Branża	N	%
Produkcja	180	88,2%
Budownictwo	10	4,9%
Transport	6	2,9%
Gastronomia	5	2,5%
Inna	3	1,5%
Suma	204	100%
Obsługiwane źródło hałasu ultradźwiękowego (możliwość wielokrotnej odpowiedzi)	N	%
Zgrzewarka ultradźwiękowa	79	38,7%
Myjka ultradźwiękowa	73	35,8%
Drażarka ultradźwiękowa	51	25,0%
Gilotyny lub noże ultradźwiękowe	32	15,7%
Inne	2	1,0%
Suma	237	-

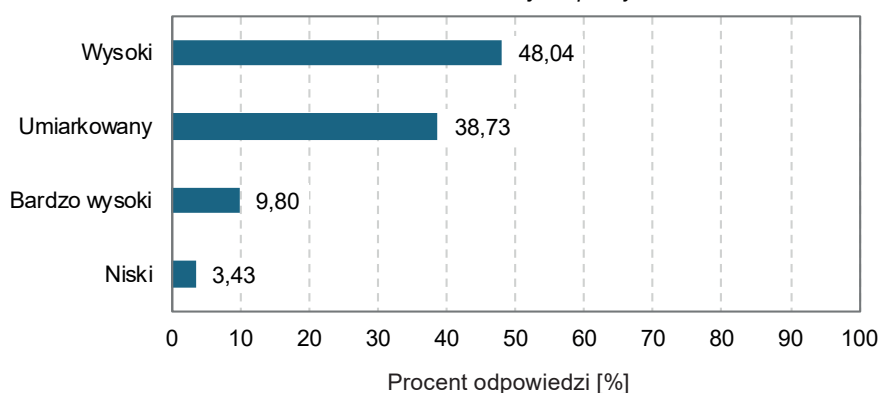
W przypadku techniki CAWI (ang. *computer-assisted web interviewing*) wykorzystano kwestionariusz dostępny w internecie (respondenci mogli samodzielnie wypełnić ankietę w dogodnym dla nich czasie i z dowolnego urządzenia z dostępem do sieci), co pozwoliło na dotarcie do szerokiego grona pracowników. Technika

CATI (ang. *computer-assisted telephone interviewing*) opierała się na wywiadach telefonicznych wspomaganym komputerowo i przeprowadzanych przez ankieterów, którzy podczas rozmowy telefonicznej wprowadzali odpowiedzi respondentów bezpośrednio do elektronicznej bazy danych za pomocą przygotowanego

wcześniej kwestionariusza. Z kolei technika CAPI (ang. *computer-assisted personal interviewing*) polegała na bezpośrednich wywiadach z respondentami z wykorzystaniem urządzeń mobilnych.

Dalej przedstawiono charakterystykę badanej próby z uwzględnieniem zmiennych niezależnych – płci, wieku, branży oraz obsługiwanej źródła hałasu ultradźwiękowego (tab. 1). W badaniach brało udział 65,7% mężczyzn oraz 34,3% kobiet. Rozkład wiekowy respondentów wskazuje, że najliczniejszą grupą badanych pracowników są osoby w wieku 30–39 lat (37,3%), a następnie 20–29 lat (32,4%). Wspólnie te dwie grupy stanowią niemal 70% badanych. Zaledwie 5,9% respondentów było w wieku 50 lat i więcej, co może być wynikiem obciążenia zdrowotnego lub wymagających warunków pracy, które ograniczają udział starszych pracowników. Aż 88,2% respondentów pracowało w branży produkcyjnej. Pozostałe branże, takie jak budownictwo (4,9%), transport (2,9%), gastronomia (2,5%) oraz inne (1,5%), miały marginalne znaczenie w tym kontekście. Dominacja sektora produkcyjnego sugeruje, że taka praca wiąże się z największym ryzykiem narażenia na hałas ultradźwiękowy. Zgrzewarka ultradźwiękowa i myjka ultradźwiękowa były najczęściej wskazywanymi źródłami hałasu obsługiwanej przez badanych respondentów (odpowiednio przez 38,7% i 35,8% badanych). Oba urządzenia stanowią źródło hałasu dla łącznie 74,5% respondentów. Drażarki ultradźwiękowe były wskazywane przez 25% pracowników, co oznacza, że są mniej powszechne, ale wciąż istotne. Gilotyny lub noże ultradźwiękowe były obsługiwane przez 15,7% badanych, co sugeruje, że tego typu urządzenia są mniej popularne w analizowanych miejscach pracy. Jedynie 1% badanych wskazało inne źródła hałasu, co może oznaczać, że dominująca większość urządzeń została poprawnie sklasyfikowana w badaniu.

Jak oceniasz poziom hałasu ultradźwiękowego w swoim miejscu pracy?



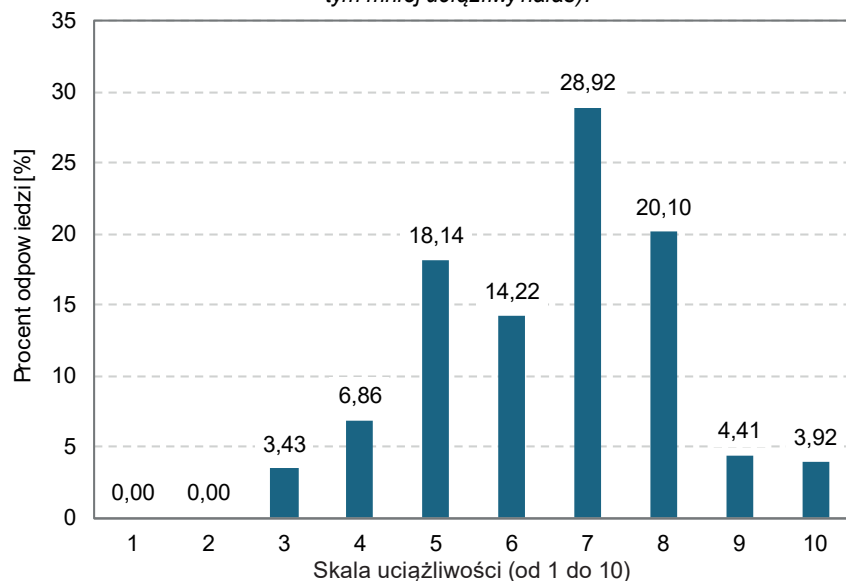
Rys. 1. Wyniki badań ankietowych dotyczące oceny poziomu hałasu ultradźwiękowego w miejscu pracy
Fig. 1. Results of the survey regarding the assessment of ultrasonic noise levels in the workplace

Wyniki

Ponad 48% respondentów ocenia poziom hałasu ultradźwiękowego w swoim miejscu pracy jako wysoki, ok. 39% – jako umiarkowany, a ok. 10% – jako bardzo wysoki. Jedynie 3% ocenia poziom hałasu jako niski. Rozkład ten wskazuje, że dominującym doświadczeniem pracowników jest praca w warunkach znacznego natężenia hałasu ultradźwiękowego, co potwierdza potrzebę monitorowania ekspozycji na ten czynnik szkodliwy i stosowania odpowiednich środków ochronnych (rys. 1).

W skali liczbowej uciążliwość hałasu była oceniana średnio na wysokim

Na zamieszczonej poniżej skali uciążliwości hałasu zaznacz liczbę, która określa, jak silnie uciążliwy jest dla Ciebie hałas występujący na stanowisku pracy (im niższa wartość na skali, tym mniej uciążliwy hałas).



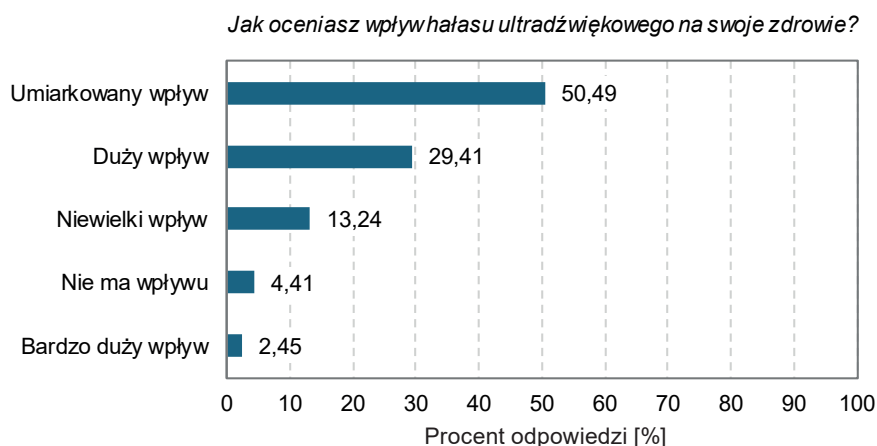
Rys. 2. Wyniki badań ankietowych dotyczące subiektywnej oceny uciążliwości hałasu (w skali od 1 do 10)
Fig. 2. Results of the survey on the subjective assessment of noise annoyance (scale from 1 to 10)

poziomie, a łączna liczba ocen dla wartości 7 oraz 8 wyniosła ok. 49% (rys. 2). Rozkład ocen jest zbliżony do symetrycznego (skośność ≈ 0), co wskazuje, że wartości rozkładają się dość równomiernie wokół średniej. Średnia ocena uciążliwości hałasu ultradźwiękowego w miejscu pracy wyniosła 6,56 w skali 1–10, co świadczy o tym, że większość badanych ocenia hałas ultradźwiękowy jako umiarkowanie uciążliwy. Mediana (7,0) potwierdza, że połowa respondentów ocenia uciążliwość na poziomie co najmniej 7. Niewielka ujemna kurtoza (-0,33) świadczy o lekko spłaszczonym rozkładzie, co oznacza, że częściej pojawiają się wartości średnie, a rzadziej skrajne.

W kontekście oceny wpływu hałasu ultradźwiękowego na zdrowie rozkład odpowiedzi wskazuje na przewagę ocen sygnalizujących co najmniej umiarkowany

wpływ. Ponad połowa badanych deklarowała wpływ umiarkowany (50,49%), 29,41% respondentów deklarowało wpływ duży, a 2,45% – bardzo duży. To oznacza, że 82,35% ankietowanych dostrzega co najmniej umiarkowany wpływ narażenia na zdrowie, podczas gdy 17,65% ocenia, że tego wpływu nie ma lub jest on niewielki (odpowiednio 4,41% i 13,24%). Taki rozkład danych sugeruje, że dolegliwości związane z ekspozycją na hałas ultradźwiękowy są powszechnie odczuwalne. Jednocześnie niewielki odsetek wskazań na „Bardzo duży wpływ” może sugerować, że skrajnie nasilone objawy są rzadsze, lecz wymagają pogłębionej analizy i ukierunkowanych interwencji (rys. 3).

Zgłaszane skutki obejmowały problemy ze wzrokiem, takie jak rozmycie obrazu czy zmęczenie oczu po dłuższej ekspozycji na hałas ultradźwiękowy. Sumarycznie



Rys. 3. Wyniki badań ankietowych dotyczące oceny wpływu hałasu ultradźwiękowego na zdrowie pracownika
Fig. 3. Results of the survey on the assessment of the impact of ultrasonic noise on employees' health

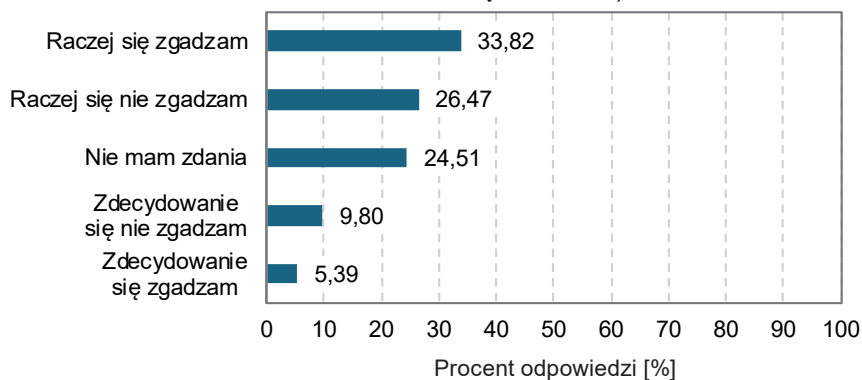
39,22% respondentów zgodziło się z twierdzeniem, że po dłuższej ekspozycji na hałas odczuwa problemy ze wzrokiem, nieco mniej, bo 36,27% osób się z tym nie zgodziło, a 24,51% nie miało zdania na ten temat. Wiele osób zauważa więc tego rodzaju dolegliwości, a jednocześnie podobny odsetek ich nie potwierdza (rys. 4), co może wynikać ze zróżnicowania osobniczego i różnic w charakterystyce ekspozycji (poziomu i czasu narażenia, przerwy w narażeniu, odległości od źródła).

Wpływ hałasu ultradźwiękowego na sen również znalazł odzwierciedlenie w odpowiedziach ankietowanych. Rozkład odpowiedzi wskazuje, że ponad połowa badanych deklaruje przynajmniej okresowe trudności: „Czasami” – 44,61%, „Często” – 12,25%, „Zawsze” – 1,96%, co łącznie daje 58,82% wskazań na co najmniej sporadyczne kłopoty ze snem. Brak lub incydentalny charakter dolegliwości zgłosiło 41,18% respondentów („Nigdy” – 14,71%, „Rzadko” – 26,47%). Warto zaznaczyć, że wyższe kategorie częstości („Często” i „Zawsze” – sumarycznie 14,21%) obejmują istotną grupę pracowników o regularnie nawracających problemach. Taki profil rozkładu danych sugeruje, że zaburzenia snu mogą stanowić powszechne, ale zróżnicowane następstwo ekspozycji na hałas ultradźwiękowy (rys. 5).

Przedmiotem kolejnych pytań było stosowanie środków ochrony słuchu, takich jak wkładki przeciwhałasowe. Analiza rozkładu odpowiedzi wskazuje, że większość respondentów (71,08%) deklaruje co najmniej okazjonalne używanie ochron słuchu, przy czym 33,33% robi to czasami, 24,51% – często, a 13,24% – zawsze. Z kolei 28,92% pracowników przyznaje, że nigdy nie korzysta z ochron słuchu (11,27%) lub robi to rzadko (17,65%). Choć większość badanych deklaruje przynajmniej sporadyczne stosowanie ochron, jedynie ok. 37,75% można uznać za grupę systematycznie („Często” oraz „Zawsze”) stosującą zabezpieczenia (rys. 6). Główne przeszkody w ich stosowaniu obejmowały dyskomfort podczas noszenia (43,1%), brak dostępu do odpowiednich środków ochronnych (17,2%) oraz brak czasu (14,7%). Natomiast 6,9% respondentów zgłaszało inne przeszkody, a 18,1% nie napotykało żadnych przeszkód w stosowaniu środków ochrony słuchu (rys. 7).

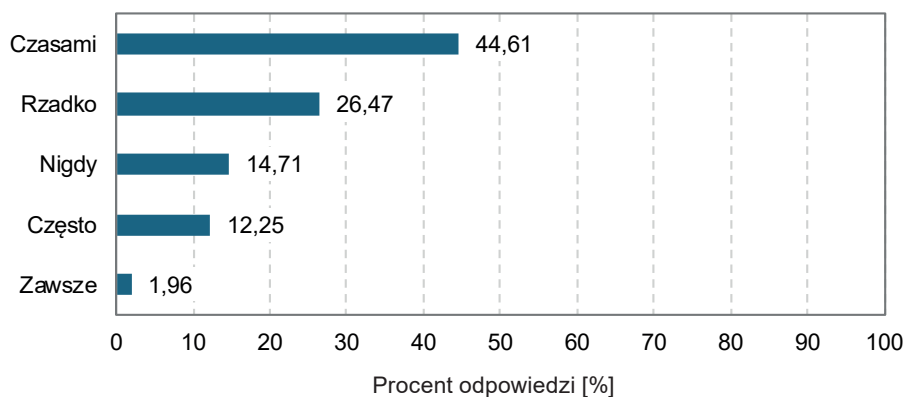
Rozkład odpowiedzi na pytanie, czy środki ochrony słuchu mogą skutecznie zapobiegać problemom zdrowotnym, jednoznacznie wskazuje na przewagę postaw pozytywnych. Łącznie 73,04% respondentów uważa, że stosowanie środków ochron słuchu może zapobiegać problemom zdrowotnym („Raczej tak” – 49,51% oraz „Zdecydowanie tak” – 23,53%). Postawy

Po dłuższej ekspozycji na hałas ultradźwiękowy w miejscu pracy odczuwam problemy ze wzrokiem (np. rozmycie obrazu, zmęczenie oczu)



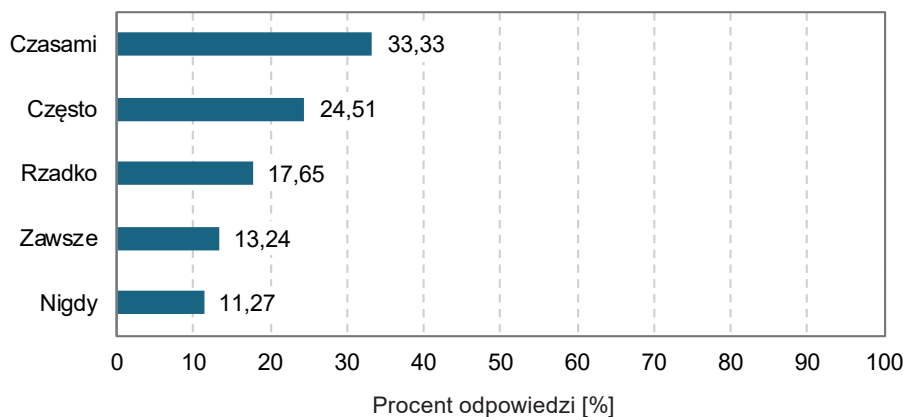
Rys. 4. Wyniki badań ankietowych dotyczące odczuwania problemów ze wzrokiem wskutek ekspozycji na hałas ultradźwiękowy
Fig. 4. Results of the survey on experiencing vision problems due to exposure to ultrasonic noise

Czy doświadczasz problemów ze snem związanych z hałasem ultradźwiękowym w pracy?



Rys. 5. Wyniki badań ankietowych dotyczące problemów ze snem, związanych z hałasem ultradźwiękowym w pracy
Fig. 5. Results of the survey on sleep problems related to ultrasonic noise at work

Jak często używasz środków ochrony słuchu w pracy?



Rys. 6. Wyniki badań ankietowych dotyczące częstości używania środków ochrony słuchu
Fig. 6. Results of the survey on the using frequency of hearing protection devices

negujące są nieliczne i wynoszą 9,31% („Raczej nie” – 8,82%, „Zdecydowanie nie” – 0,49%), natomiast 17,65% osób deklaruje brak pewności („Nie wiem”) (rys. 8). Te dane wskazują na silne przekonanie pracowników o skuteczności środków ochrony słuchu, co z punktu widzenia prewencji jest czynnikiem sprzyjającym

realnemu stosowaniu zabezpieczeń. Wysoki udział kategorii „Raczej tak” (blisko połowa próby) może świadczyć o ostrożnym optymizmie. Respondenci dostrzegają korzyści dla słuchu, ale jednocześnie część z nich może mieć ograniczoną pewność co do zakresu ochrony (np. wobec specyficznego charakteru źródła hałasu

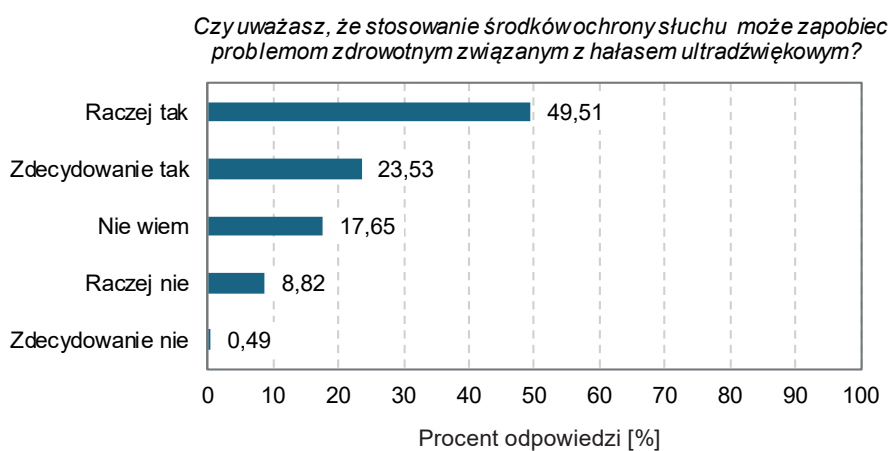
ultradźwiękowego, różnic w pasmach częstotliwości oraz jakości i dopasowania ochronników słuchu). Udział odpowiedzi „Nie wiem” (17,65%) sygnalizuje niedostateczną wiedzę o ochronie słuchu. Odpowiedzi negujące (niski odsetek) mogą zaś wynikać z negatywnych doświadczeń użytkowych, np. z dyskomfortu powodowanego przez środki ochrony słuchu, ich niedopasowania, niewłaściwego użytkownika lub braku konserwacji (rys. 7 na s. 14).

Regularne stosowanie ochron słuchu ma kluczowe znaczenie dla ograniczenia skutków zdrowotnych ekspozycji na ultradźwięki (m.in. skutków jej wpływu na narząd słuchu i układ nerwowy), dlatego dane ankietowe przeanalizowano pod kątem przyczyn umiarkowanego poziomu przestrzegania zasad ochrony słuchu w środowisku pracy. Wybrane determinanty stosowania ochronników słuchu wraz z wynikami testów statystycznych zestawiono w tab. 2 na s. 14.

Wyniki analizy korelacji rang Spearmana wykazały istotny dodatni związek pomiędzy poziomem hałasu ultradźwiękowego w miejscu pracy a częstością stosowania ochronników ($\rho = 0,18$; $p = 0,012$). Podobnie subiektywna uciążliwość hałasu (0–10) była istotnie dodatnio skorelowana z częstszym używaniem ochronników ($\rho = 0,18$; $p = 0,009$). Z kolei korelacja pomiędzy oceną wpływu hałasu ultradźwiękowego na zdrowie a częstością stosowania ochronników okazała się nieistotna ($\rho = 0,11$; $p = 0,108$). W testach porównawczych różnice między grupami wiekowymi nie były istotne (test Kruskala–Wallisa $H = 4,34$; $p = 0,501$), a płeć też nie różnicowała częstości stosowania ochronników (test Manna–Whitneya $U = 4162$; $p = 0,174$). Natomiast w przypadku rodzaju źródła hałasu odnotowano istotne różnice (test Kruskala–Wallisa $H = 7,98$; $p = 0,046$), co wskazuje, że częstość używania ochronników zależy od typu obsługiwanego urządzenia ultradźwiękowego. Dalsza analiza post-hoc (test Dunna–Bonferroni) wykazała, że operatorzy drążarek ultradźwiękowych mieli tendencję do częstszego stosowania ochronników słuchu w porównaniu z osobami obsługującymi inne typy urządzeń, jednak różnica ta nie osiągnęła poziomu istotności statystycznej po korekcji Bonferroni ($p = 0,066$). W przypadku pozostałych par porównań (zgrzewarki, myjki i inne) nie stwierdzono istotnych różnic ($p > 0,1$). Uzyskany wynik sugeruje, że częstość stosowania ochrony słuchu może być pośrednio związana z charakterem źródła hałasu, a operatorzy urządzeń generujących dźwięki o bardziej impulsowym charakterze mogą wykazywać wyższą świadomość akustycznego dyskomfortu i częściej sięgać



Rys. 7. Wyniki badań ankietowych dotyczące przeszkód w stosowaniu ochronników słuchu
Fig. 7. Results of the survey on barriers to using hearing protection device



Rys. 8. Wyniki badań ankietowych dotyczące opinii na temat tego, czy środki ochrony słuchu mogą skutecznie zapobiegać problemom zdrowotnym
Fig. 8. Results of the survey on opinions regarding the effectiveness of hearing protection devices in preventing health issues related to ultrasonic noise

po ochronniki, mimo że efekt nie osiąga poziomu istotności statystycznej.

Kolejnym istotnym aspektem ankiety była ocena, w jakim stopniu pracownicy uważają, że ich pracodawca dba o ochronę przed hałasem ultradźwiękowym. Wyniki wskazują, że 61,28% respondentów uważa,

że wystarczająco („Raczej tak” – 43,14%, „Zdecydowanie tak” – 18,14%), natomiast 24,02% badanych jest przeciwnego zdania („Raczej nie” – 17,16%, „Zdecydowanie nie” – 6,86%), a 14,71% odpowiedziało „Nie wiem”, co sugeruje niepewność lub brak informacji na temat podejmowanych

działań ochronnych. Uzyskane wyniki pokazują, że większość pracowników dostrzega istnienie działań prewencyjnych związanych z ograniczaniem ekspozycji na ultradźwięki, choć niemal co czwarta osoba nie ma przekonania o ich wystarczającym zakresie lub skuteczności (rys. 9). Należy jednak pamiętać, że ta ocena działań profilaktycznych ma charakter subiektywny i odzwierciedla percepcję pracowników, a nie audyt rzeczywistych praktyk bhp. Należy ją interpretować jako wskaźnik świadomości ryzyka oraz poczucia bezpieczeństwa, a nie obiektywnej skuteczności środków ochrony przed hałasem ultradźwiękowym.

W kontekście intencji podjęcia działań zapobiegawczych w celu ochrony zdrowia przed hałasem ultradźwiękowym w miejscu pracy wyniki wskazują, że 45,10% respondentów ma zamiar podjąć takie działania („Raczej tak” – 32,35%, „Zdecydowanie tak” – 12,75%), 13,72% ich nie planuje („Raczej nie” – 12,25%, „Zdecydowanie nie” – 1,47%), natomiast 41,18% nie ma jeszcze zdania w tej kwestii (rys. 10). Wysoki odsetek odpowiedzi „Nie wiem” świadczy o znacznej niepewności decyzyjnej wśród pracowników. Może to wynikać z wielu przyczyn, np. z braku jednoznacznej informacji o poziomach ekspozycji i skutkach zdrowotnych ultradźwięków, niedostatecznej znajomości dostępnych środków ochrony indywidualnej czy postarżonych barier (takich jak czas, dostępność, komfort użytkowania) stosowania ochronników słuchu (rys. 7).

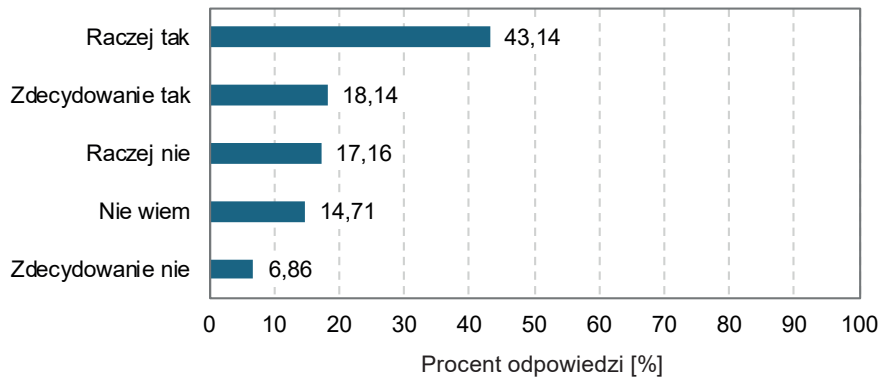
Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań ankietowych potwierdzają, że hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy stanowi istotny czynnik wpływający na zdrowie

Tabela 2. Determinanty stosowania ochronników słuchu – wyniki testów statystycznych
Table 2. Determinants of hearing protection use – statistical test results

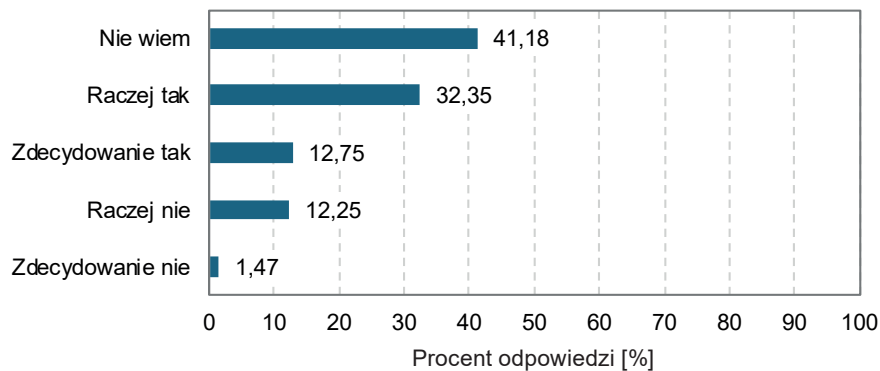
Zmienna niezależna	Metoda analizy	Statystyka testowa	p	Istotność (p < 0,05)	Uwagi
Poziom hałasu ultradźwiękowego w miejscu pracy	Korelacja Spearmana	$\rho = 0,118$	0,01218	istotna	Większy odczuwalny poziom hałasu ultradźwiękowego przekłada się na częstsze stosowanie ochronników słuchu
Uciążliwość hałasu (0–10)	Korelacja Spearmana	$\rho = 0,18$	0,009092	istotna	Większa uciążliwość hałasu ultradźwiękowego przekłada się na częstsze stosowanie ochronników słuchu
Wpływ hałasu ultradźwiękowego na zdrowie	Korelacja Spearmana	$\rho = 0,11$	0,1083	brak	Brak interakcji między czynnikami
Wiek pracownika	Test Kruskala–Wallisa	$H = 4,34$	0,5012	brak	Brak różnic między grupami wiekowymi
Płeć	Test Manna–Whitneya	$U = 4162$	0,1735	brak	Brak różnic między kobietami a mężczyznami
Wskaźnik wrażliwości na hałas	Korelacja Spearmana	$\rho = 0,03$	0,6238	brak	Brak interakcji między czynnikami
Źródło hałasu	Test Kruskala–Wallisa	$H = 7,98$	0,04637	istotna	Brak interakcji między czynnikami

Czy uważasz, że Twój zakład pracy wystarczająco dba o ochronę przed hałasem ultradźwiękowym?



Rys. 9. Wyniki badań ankietowych dotyczące ochrony przed hałasem ultradźwiękowym zapewnianej przez zakład pracy
Fig. 9. Results of the survey on the adequacy of workplace policies for protecting employees from ultrasonic noise

Czy masz zamiar podjąć działania zapobiegawcze, aby chronić swoje zdrowie przed hałasem ultradźwiękowym w pracy?



Rys. 10. Wyniki badań ankietowych dotyczące podjęcia działań zapobiegawczych, aby chronić zdrowie przed hałasem ultradźwiękowym w środowisku pracy
Fig. 10. Results of the survey on employees' willingness to take preventive measures to protect their health from ultrasonic noise in the workplace

i samopoczucie pracowników. Zgłaszane objawy obejmowały dolegliwości nie tylko słuchowe, lecz także pozasłuchowe, np. problemy ze wzrokiem, trudności ze snem, rozdrażnienie i zmęczenie, co może świadczyć o złożonym charakterze oddziaływania ultradźwięków na organizm człowieka i wskazuje na konieczność dokładniejszego zbadania pozasłuchowych skutków ekspozycji na hałas ultradźwiękowy. Pracownicy narażeni na ten rodzaj hałasu często opisują go jako szczególnie uciążliwy, negatywnie wpływający na komfort pracy, co może prowadzić do obniżenia efektywności i większego stresu w miejscu pracy.

Chociaż środki ochrony słuchu zazwyczaj są dostępne, ich stosowanie wciąż pozostawia miejsce do poprawy. Pracownicy wymieniali np. takie bariery, jak dyskomfort użytkowania czy brak dostępu do odpowiednich ochronników słuchu. Niektórzy pracownicy nie widzieli potrzeby ich stosowania, co może wynikać z niedostatecznej edukacji i braku szkoleń bhp na temat zagrożeń związanych z ekspozycją na hałas ultradźwiękowy. Analiza determinant stosowania ochronników wykazała istotne statystycznie zależności

między deklarowanym poziomem hałasu i uciążliwością a częstotliwością używania ochronników, brak różnic ze względu na płeć i wiek oraz istotne różnice między typami obsługiwanych źródeł hałasu. Wyniki te sugerują, że wzrost postrzeganej ekspozycji oraz specyfika warunków pracy mogą wzmacniać motywację do ochrony, podczas gdy czynniki demograficzne odgrywają mniejszą rolę. Trzeba również zaznaczyć, że według ankietowanych pracowników nie wszystkie zakłady pracy zapewniają wystarczające środki ochrony przed hałasem ultradźwiękowym. Gotowość pracowników do podejmowania działań zapobiegawczych jest zróżnicowana. Część z nich deklaruje chęć ochrony swojego zdrowia poprzez stosowanie dostępnych środków ochronnych słuchu, podczas gdy inni pozostają niezdecydowani lub nieświadomi skutków narażenia na hałas ultradźwiękowy. Istnieje zatem potrzeba podejmowania działań ukierunkowanych na poprawę ergonomii ochronników, zwiększenie ich dostępności oraz prowadzenie regularnych szkoleń dotyczących zasad prawidłowego użytkowania i konserwacji.

Przedstawione wyniki badań ankietowych wskazują również na potrzebę kontynuowania prac naukowych w tym zakresie, aby lepiej zrozumieć długoterminowe skutki ekspozycji i opracować bardziej efektywne strategie prewencyjne, w tym również związane z rewizją wartości dopuszczalnych hałasu ultradźwiękowego w środowisku pracy.

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Zadanie nr 3.ZS.01 pt. „Rewizja wartości dopuszczalnych hałasu ultradźwiękowego w środowisku pracy”. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Pawlaczyk-Łuszczczyńska M., Dudarewicz A., Sliwińska-Kowalska M., *Źródła ekspozycji zawodowej na hałas ultradźwiękowy – ocena wybranych urządzeń*, „Medycyna Pracy”, 2007, 58(2): 105–116.
- [2] Śliwiński A., *Ultradźwięki i ich zastosowania*, Warszawa: Wydawnictwo WNT, 2001.
- [3] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. poz. 1286 z późn. zm.).
- [4] *Interim guidelines on limits of human exposure to airborne ultrasound*. International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association, „Health Physics”, 1984, 46(4): 969–974.
- [5] *Validity of the 1984 Interim Guidelines on Airborne Ultrasound and Gaps in the Current Knowledge*, „Health Physics”, 2024, 127(2): 326–347; doi: 10.1097/HP.0000000000001800.
- [6] Radosz J., *A pilot study on temporal hearing threshold shifts due to ultrasonic noise exposure*, Proceedings of the International Congress on Sound and Vibration, 2024.
- [7] Dudarewicz A. i in., *Hearing status of people occupationally exposed to ultrasonic noise*, „International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health”, 2022, 35(3): 309–325; doi: 10.13075/ijomeh.1896.01816.
- [8] Dudarewicz A. i in., *The Hearing Threshold of Employees Exposed to Noise Generated by the Low-Frequency Ultrasonic Welding Devices*, „Archives of Acoustics”, 2017, 42(2): 199–205; doi: 10.1515/aoa-2017-0022.
- [9] Smągowska B., Pawlaczyk-Łuszczczyńska M., *Effects of ultrasonic noise on the human body – a bibliographic review*, „International Journal of Occupational Safety and Ergonomics”, 2013, 19(2): 195–202; doi: 10.1080/10803548.2013.11076978.
- [10] Maccà I. i in., *High-frequency hearing thresholds: effects of age, occupational ultrasound and noise exposure*, „International Archives of Occupational and Environmental Health”, 2015, 88(2): 197–211; doi: 10.1007/s00420-014-0951-8.
- [11] Moyano D.B., Paraiso D.A., González-Lezcano R.A., *Possible Effects on Health of Ultrasound Exposure, Risk Factors in the Work Environment and Occupational Safety Review*, „Healthcare”, 2022; doi: 10.3390/healthcare10030423.
- [12] Acton W.I., *The effects of industrial airborne ultrasound on humans*, „Ultrasonics”, 1974, 12(3): 124–128; doi: 10.1016/0041-624x(74)90069-9.
- [13] Schütte M. i in., *The development of the noise sensitivity questionnaire*, „Noise Health”, 2007, 9(34): 15–24, 2007; doi: 10.4103/1463-1741.34700.