

Wpływ długotrwałej ekspozycji na hałas na występowanie szumów usznych

The effect of long-term noise exposure on tinnitus occurrence

Joanna Zaldivar-Pazoła, Andrzej Wicher¹

Katedra Akustyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań

STRESZCZENIE

Cel pracy: Celem pracy było określenie wzajemnych zależności pomiędzy wskaźnikami opisującymi zjawisko szumów usznych występujących u osób narażonych na hałas przemysłowy, a progami słyszenia, wskaźnikami oceny hałasu na stanowiskach pracy i kondycją psychofizyczną badanych osób.

Materiał i metody: Przeprowadzono badania słuchu grupy osób z szumami usznymi, pracujących na różnych stanowiskach pracy i narażonych na hałas o zróżnicowanym poziomie. Dodatkowo wykonano nagrania próbek dźwiękowych hałasu na tychże stanowiskach. Przebadano 48 osób z jednego zakładu pracy, na który składało się kilka oddziałów. Wyodrębniono trzy główne obszary pracy badanych osób (A, B, C).

Wyniki i wnioski: W grupie badanej osób z szumami usznymi były przypadki ze słuchem prawidłowym, niedosłuchem w stopniu lekkim oraz umiarkowanym. Do określenia dokuczliwości szumów usznych wykorzystano kwestionariusz Tinnitus Handicap Inventory (THI). W 50% wszystkich przypadków stwierdzono występowanie tinnitusa o charakterze tonalnym, w ok. 34% szumowym i w pozostałych przypadkach – łączonym, czyli tonalno-szumowym. Większość szumów usznych występowała w paśmie powyżej 4000 Hz. W 70% przypadków szumy uszne u osób badanych stanowiły łagodny stopień dokuczliwości. Najwyższy poziom hałasu panował w obszarze C, a najniższy w A. Hałas panujący w obszarze C charakteryzował się dominacją składowych wysokoczęstotliwościowych. Za pomocą analizy współczynnika korelacji stwierdzono powiązanie hałasu miejsca pracy z częstotliwością tinnitusa.

Słowa kluczowe: szumy uszne, tinnitus, hałas, niedosłuch, ubytek słuchu

ABSTRACT

Objectives: The aim of the study was to determine the relationship between the indicators depicting the phenomenon of tinnitus occurring in people exposed to industrial noise, and hearing thresholds, noise indicators at workplaces and the psychophysical condition of the examined subjects.

Material and methods: A hearing test was carried out on a group of people with tinnitus working in different workplaces and exposed to noise of varying levels. In addition, noise sound samples were recorded at these workplaces. 48 people from one workplace were examined, which consisted of several departments. Three main areas of work of the workers participated in the study were identified (A, B, C).

Results and conclusions: In the tinnitus group there were people with normal hearing and mild to moderate hearing loss. To determine tinnitus annoyance, the Tinnitus Handicap Inventory (THI) questionnaire was used. In 50% of all cases, tonal tinnitus was found, in 34% noise-type tinnitus and in other cases - combined, i.e. tonal-noise. Most tinnitus occurred in the frequency band above 4000 Hz. In 70% of cases, tinnitus in the subjects was a mild degree of annoyance. Recordings of sound samples of noise occurring at individual workplaces allowed the spectral analysis of recorded signals. The highest noise level was in the C area, and the lowest in A. The noise in the C area was characterized by the dominance of high-frequency components. The correlation coefficient analysis found a relationship between workplace noise and tinnitus frequency.

Keywords: tinnitus, noise, hearing loss, hearing impairment

1. Wprowadzenie

Szumy uszne (ang. tinnitus) są zjawiskiem polegającym na powstawaniu wrażenia dokuczliwego dźwięku bez udziału sygnału stymulującego [1-3]. Szumy uszne są dość powszechnym schorzeniem, które dotyka wielu osób w różnych grupach wiekowych i z różnym stopniem uszkodzenia słuchu. Wśród osób dorosłych szacuje się, że problem tinnitusa dotyka nawet do 20% populacji, natomiast dla ok 2% osób szumy uszne

stanowią poważny problem i podejmują się ich leczenia [4]. Jednym z najistotniejszych problemów związanych z szumami usznymi jest dokładne poznanie przyczyny i „źródła” tinnitusa. Obecnie w literaturze można spotkać przynajmniej kilka istotnych modeli opisujących mechanizmy powstawania szumów usznych. Można tutaj wyróżnić m. in. fizjologiczno-behawioralny model tinnitusa [1, 5], model oparty o dysfunkcje ślimaka ucha wewnętrznego [5], model bazujący na synchroniczności neuronowej [2] oraz model odnoszący się do zjawiska wzmocnienia centralnego [6]. Analiza dostępnej literatury

¹e-mail: awaku@amu.edu.pl

wskazuje na potrzebę dalszego rozwoju badań mających na celu zarówno doprecyzowanie i uszczegółowienie metod diagnostyki tinnitusa, a także poszukiwania zależności pomiędzy skutkami oddziaływania określonego rodzaju hałasu na degradację słuchu oraz zwiększonego prawdopodobieństwa wystąpienia szumów usznych.

Dlatego też, w niniejszej pracy przeprowadzono szczegółowe badania słuchu w grupie osób z szumami usznymi, pracującymi na co dzień przy różnych stanowiskach pracy i narażonych na hałas o zróżnicowanym poziomie, tzn. od wartości dopuszczalnych do przypadków, gdy na danym stanowisku pracy występowały przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu. Dokonano bardzo szczegółowej analizy charakterystyki szumów usznych u poszczególnych osób. Przy pomocy specjalnej ankiety dokonano oceny wpływu tinnitusa na różne aspekty funkcjonowania badanych osób w życiu codziennym. Ponadto, przeprowadzono pomiary poziomu hałasu na stanowiskach pracy, na których pracują badane osoby. Stawiane w pracy cele badawcze koncentrują się wokół poszukiwania wzajemnych zależności pomiędzy wskaźnikami charakteryzującymi zjawisko szumów usznych, progów słyszenia, wskaźników oceny hałasu na stanowiskach pracy i kondycji psychofizycznej badanych osób. Stanowi to innowacyjne podejście do badań w obszarze tinnitusa ze względu na połączenie aspektu diagnostycznego z aspektem „akustycznym” (rozumianym jako wpływ dźwięków otoczenia na percepcję tinnitusa).

2. Materiały i metody

Badania zostały podzielone na dwa etapy. W pierwszym przeprowadzono diagnostykę słuchu badanych i wyznaczono parametry szumów usznych. W drugim etapie dokonano nagrań dźwiękowych z wybranych stanowisk pracy w celu wyznaczenia wartości poziomów dźwięku, charakterystyk widmowych, itp. Dodatkowo, pod koniec pierwszego spotkania lub w domu (pomiędzy wizytami), badane osoby uzupełniały ankietę dotyczącą subiektywnego odczucia szumów usznych, w tym ich dokuczliwości.

2.1. Grupa badana

Badano pracowników z jednego zakładu przemysłowego z czterema oddziałami. Każdy oddział podzielony był na obszary, a obszary na stanowiska. Poszczególne stanowiska pracy zostały wyszczególnione na podstawie czynności jakie były wykonywane w ramach pracy i używanych maszyn i urządzeń, przy których pracowały osoby badane. Przebadano łącznie 64 osoby, jednak do dalszych analiz zakwalifikowano 48 osób. Pozostali, z różnych względów, nie stawili się na drugą część badań, dlatego też ich wyniki nie zostały uwzględnione w analizach. W Tab. 1 przedstawiono liczebność uczestników obu etapów badań z podziałem na poszczególne oddziały. Wśród uczestników badań najwięcej osób pracowało w trzech obszarach – A, B oraz C. Grupę tę stanowiło 38 osób. Ze względu na charakter pracy, wszystkimi osobami badanymi byli mężczyźni. Ich średni wiek wynosił 46 ± 11 lat. Najmłodszy miał 24, a najstarszy 64 lata. Średnia staż pracy w środowisku hałasowym wynosiła 16 ± 10 lat. Najkrótszy czas pracy to pół roku, a najdłuższy 40 lat.

Tab. 1. Rozkład liczbowy uczestników obu etapów badań z podziałem na oddziały

Oddział	Liczba osób uczestniczących w obu etapach badań
1	23
2	11
3	4
4	10

Przeprowadzona w ramach badań wstępnych otoskopii uszu nie wykazała nieprawidłowości w obrębie przewodu słuchowego i błony bębenkowej u uczestników badań. Każdy z badanych zgłaszał występowanie szumów usznych. Tylko jeden badany mężczyzna nosił aparaty słuchowe.

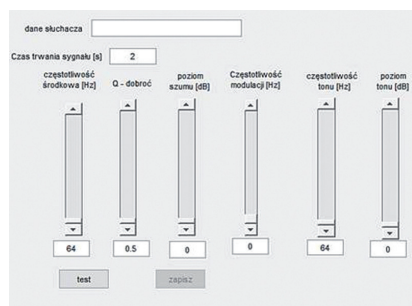
2.2. Aparatura

Ze względów logistycznych, badania słuchu zostały zrealizowane na dwóch spotkaniach trwających po 30 minut. Na pierwszym spotkaniu przeprowadzono wywiad, wykonano otoskopię, audiometrię tonalną, tympanometrię, rejestrację odruchów strzemiączkowych oraz pomiar otoemisji akustycznej produktów zniekształceń nieliniowych ślimaka (DPOAE).

Audiometrię tonalną wyznaczono za pomocą audiometru Interacoustics AD-226 i słuchawek Sennheiser HDA 200.

Aparatura Interacoustics Titan posłużyła do wykonania pozostałych badań – tympanometrii 226 Hz, progów odruchów mięśnia strzemiączkowego dla stymulacji ipsilateralnej, rejestrowanych dla czterech częstotliwości – 500, 1000, 2000 i 4000 Hz oraz pomiarów otoemisji produktów zniekształceń nieliniowych ślimaka ucha wewnętrznego (DPOAE) rejestrowanych dla częstotliwości, od 1 do 10 kHz. Pomiary wykonano trzykrotnie dla każdego ucha.

Na drugim spotkaniu, za pomocą programu (Tinitus_identification_AS.m) napisanego w języku MatLab, określono charakterystykę szumu usznego, tzn. dopasowanie częstotliwości szumu usznego, poziomu, a także wyznaczenie minimalnego poziomu maskowania (MML). Program pozwalał na ustawienie takich parametrów jak: częstotliwość środkowa szumu, szerokość pasma, poziom szumu [dB SPL], częstotliwość i głębokość modulacji oraz poziom sygnału tonalnego. Rys. 1 przedstawia główne okno programu. Program współpracował z odpowiednio wykalibrowanymi słuchawkami Sennheiser HDA 200 podłączonymi do laptopa Lenovo, na którym zainstalowane było oprogramowanie MatLab. Eksperymentator manipulował poszczególnymi parametrami generowanego dźwięku w taki sposób, aby uzyskać wrażeniowo dźwięk jak najbardziej podobny do tinnitusa osoby badanej.



Rys. 1. Główne okno programu Tinitus_identification_AS przedstawiające panel eksperymentatora

2.3. Kwestionariusz THI (Tinnitus Handicap Inventory)

Do oceny dokuczliwości szumów usznych wykorzystano kwestionariusz Tinnitus Handicap Inventory (THI) w wersji polskiej [7]. Oryginalna wersja kwestionariusza została opracowana przez [8]. Kwestionariusz zawiera 25 pytań przyporządkowanych do trzech skal: F – funkcjonalnej, E – emocjonalnej i C – katastroficznej. Podskala funkcjonalna (ang. Functional subscale) składa się z 11 pytań i dotyczy mentalnych, społecznych, zawodowych oraz fizycznych ograniczeń spowodowanych szumami usznymi. Poruszone problemy to: trudności z koncentracją, komunikacją z innymi osobami podczas rozmowy, zasypianiem, aktywnym życiem towarzyskim, wykonywaniem prac domowych, skupieniem uwagi oraz zakłopotanie, obniżone poczucie zadowolenia z życia, zmęczenie, wpływ stresu na percepcję szumów usznych. Podskala emocjonalna (ang. Emotional subscale) składa się z dziewięciu pytań, mających na celu określenie stanów emocjonalnych towarzyszących szumom usznym. Są to: złość, niepewność, frustracja, zmartwienie, rozdrażnienie, zaniepokojenie oraz obecność stanów depresyjnych. Ostatnia podskala – katastroficzna (ang. Catastrophic subscale) ma za zadanie sprawdzić najbardziej skrajne odczucia związane z występowaniem szumów usznych. Wymienia się tutaj poczucie znacznego dyskomfortu, braku kontroli, cierpienia na poważną chorobę, wrażenie zniewolenia oraz niemożność uporania się z zaistniałą sytuacją. Na każde zawarte w kwestionariuszu pytanie możliwe są trzy, punktowane odpowiedzi – tak (4 punkty), nie (0 punktów) i czasami (2 punkty). W Tab. 2 zawarto zestawienie punktacji pytań, a w Tab. 3 zawarto interpretację wyników kwestionariusza według rozszerzenia [9].

Tab. 2. Zestawienie punktacji w kwestionariuszu THI

Podskala	Maksymalna liczba punktów do uzyskania w danej podskali	Maksymalna liczba punktów do uzyskania w całym kwestionariuszu
Funkcjonalna	44	100
Emocjonalna	36	
Katastroficzna	20	

Podskala Maksymalna liczba punktów do uzyskania w danej podskali Maksymalna liczba punktów do uzyskania w całym kwestionariuszu

Tab. 3. Interpretacja wyników kwestionariusza THI wg McCombe'a i in. (2001)

Stopień	Punktacja	Charakterystyka
Nieznaczny	0-16	Słyszalny tylko w cichym otoczeniu, bardzo łatwy do zamaskowania, nie ma wpływu na sen i inne codzienne aktywności.
Łagodny	18-36	Prosty do zamaskowania przez dźwięki otoczenia, łatwo o nim zapomnieć w trakcie wykonywania codziennych czynności, może wpływać na jakość snu, ale nie zakłóca codziennych aktywności.
Średni	38-56	Zauważalny na tle hałasu, ale nie zakłóca wykonywania codziennych czynności, podczas wykonywania zadania wymagającego koncentracji jest mniej zauważalny, może zakłócać sen i wykonywanie codziennych czynności.
Poważny	57-76	Niemal zawsze słyszalny, rzadko zdolny do zamaskowania, prowadzi do zaburzeń snu i zakłóca wykonywanie codziennych czynności.
Bardzo poważny	78-100	Zawsze słyszalny, niemożliwy do zamaskowania, zaburza sen i zakłóca wykonywanie codziennych czynności.

Stopień Punktacja Charakterystyka

Nieznaczny 0-16 Słyszalny tylko w cichym otoczeniu, bardzo łatwy do zamaskowania, nie ma wpływu na sen i inne codzienne aktywności.

Łagodny 18-36 Prosty do zamaskowania przez dźwięki otoczenia, łatwo o nim zapomnieć w trakcie wykonywania codziennych czynności, może wpływać na jakość snu, ale nie zakłóca codziennych aktywności.

Średni 38-56 Zauważalny na tle hałasu, ale nie zakłóca wykonywania codziennych czynności, podczas wykonywania zadania wymagającego koncentracji jest mniej zauważalny, może zakłócać sen i wykonywanie codziennych czynności.

Poważny 57-76 Niemal zawsze słyszalny, rzadko zdolny do zamaskowania, prowadzi do zaburzeń snu i zakłóca wykonywanie codziennych czynności.

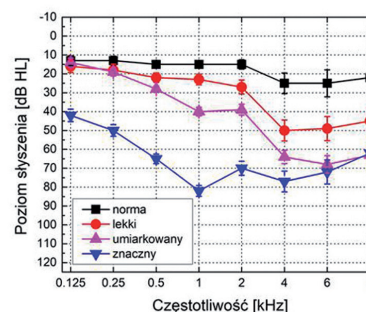
Bardzo poważny 78-100 Zawsze słyszalny, niemożliwy do zamaskowania, zaburza sen i zakłóca wykonywanie codziennych czynności.

2.4. Pomiary hałasu na stanowiskach pracy

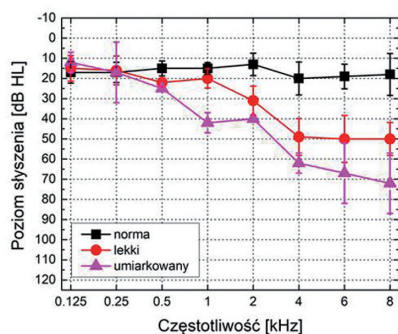
Za pomocą aparatury SQuadriga II firmy Head Acoustics dokonano dwukanałowych nagrań dźwiękowych z wybranych stanowisk pracy. Dźwięki rejestrowane były z rozdzielczością 24 bitową, częstotliwością próbkowania równą 48 kHz oraz zakresie dynamiki do 114 dB SPL.

3. Wyniki

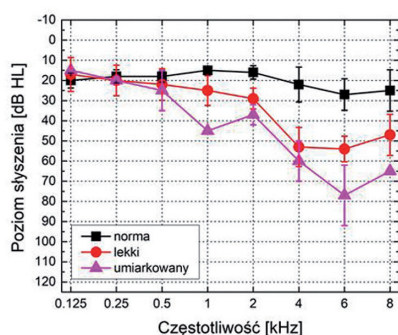
Wszystkie analizy statystyczne zostały wykonane przy pomocy oprogramowania IBM SPSS Statistics 25. Dla wszystkich analiz przyjęto poziom istotności $\alpha=0.05$. Analiza statystyczna ANOVA wykazała, że różnice progów słyszenia między uchem prawym a lewym są nieistotne w przypadku tego samego stopnia niedosłuchu. Z tego powodu, zdecydowano się na uśrednienie progów słyszenia dla przewodnictwa powietrznego dla obojga uszu, z podziałem na poszczególne stopnie niedosłuchu (Rys. 2). Na Rys. 3 i 4 przedstawiono średnie progi słyszenia osób pracujących w obszarze A, z podziałem na ucho prawe i lewe oraz na stopnie ubytków słuchu. Na Rys. 5 i 6 przedstawiono progi słyszenia osób pracujących w obszarze B, z podziałem na ucho prawe i lewe oraz na stopnie ubytków słuchu. Dla każdego stopnia niedosłuchu stwierdza się pogorszenie słyszenia w zakresie wysokich częstotliwości. Na Rys. 7 i 8 przedstawiono progi słyszenia osób pracujących w obszarze C, z podziałem na ucho prawe i lewe oraz na stopnie ubytków słuchu.



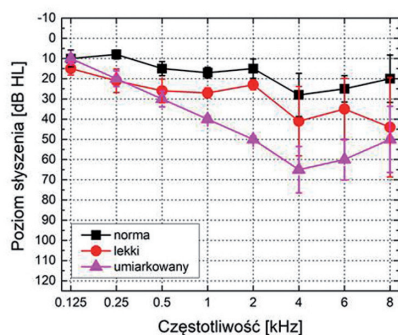
Rys. 2. Średnie progi słyszenia dla przewodnictwa powietrznego dla wszystkich badanych osób, z podziałem na stopnie ubytków słuchu. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



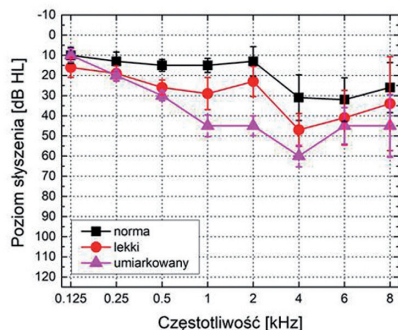
Rys. 3. Średnie progi słyszenia ucha prawego z podziałem na stopnie ubytków słuchu. Pracownicy obszaru A. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



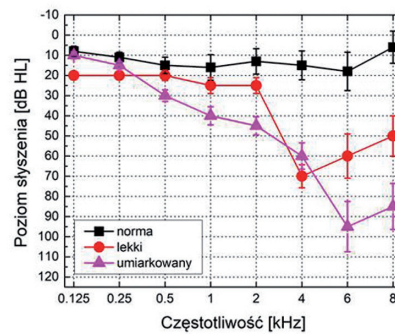
Rys. 4. Średnie progi słyszenia ucha lewego z podziałem na stopnie ubytków słuchu. Pracownicy obszaru A. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



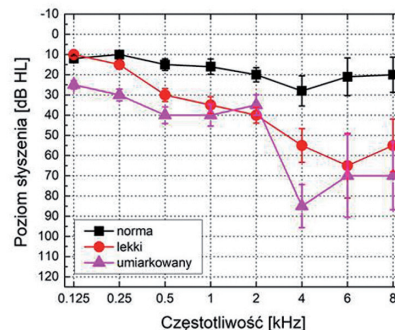
Rys. 5. Średnie progi słyszenia ucha prawego z podziałem na stopnie ubytków słuchu. Pracownicy obszaru B. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



Rys. 6. Średnie progi słyszenia ucha lewego z podziałem na stopnie ubytków słuchu. Pracownicy obszaru B. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



Rys. 7. Średnie progi słyszenia ucha prawego z podziałem na stopnie ubytków słuchu. Pracownicy obszaru C. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



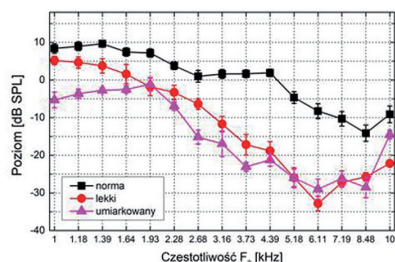
Rys. 8. Średnie progi słyszenia ucha lewego z podziałem na stopnie ubytków słuchu. Pracownicy obszaru C. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe

Dla wszystkich badanych grup można zauważyć charakterystyczne dla pracy w hałasie istotne podwyższenie progów słyszenia dla częstotliwości 4000 Hz.

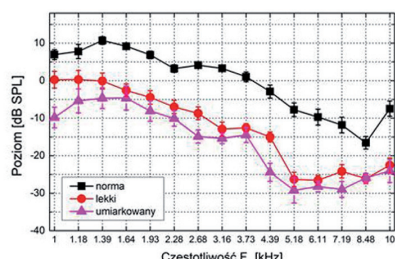
U każdego uczestnika badania uzyskano tympanogram typu A, co świadczy o braku patologicznych zmian w obrębie ucha środkowego i wyklucza ubytki słuchu typu przewodzeniowego.

Otoemisję akustyczną DPOAE rejestrowano z wykorzystaniem dwutonów o stosunku częstotliwości $f1/f2 = 1$. W celu potwierdzenia spójności uzyskiwanych danych wykonano trzy powtórzenia pomiaru dla każdego ucha. Test Tukey'a określił podział wyników badań na 4 grupy. Wskazuje on, iż poziomy DP dla ubytku stopnia lekkiego różni się istotnie między uszami. Wykazano również, że każdy z obszarów pracy jest czynnikiem istotnie różnicującym wartości poziomów DPOAE. Najniższy średni poziom DPOAE uzyskano dla osób z obszaru B, najwyższy zaś dla obszaru A. Na Rys. 9-14 przedstawiono uśrednione poziomy otoemisji akustycznej z podziałem na uszy osób badanych, stopnie niedosłuchu oraz obszary pracy. Należy zauważyć, iż w przypadku poziomu DPOAE mniejszego od -10 dB SPL prawdopodobieństwo wystąpienia otoemisji jest niewielkie. Uznaje się również, że gdy poziom DPOAE przyjmował wartości zbliżone do -20 dB SPL, to otoemisja nie występowała, gdyż były to poziomy pokrywające się z tłem akustycznym. Uznaje się również, że gdy poziom DPOAE przyjmował wartości zbliżone do -20 dB SPL, to otoemisja nie występowała, gdyż były to poziomy pokrywające się z tłem akustycznym. Uznaje się również, że gdy poziom DPOAE przyjmował wartości zbliżone do -20 dB SPL, to otoemisja nie występowała, gdyż były to poziomy pokrywające się z tłem akustycznym. Uznaje się również, że gdy poziom DPOAE przyjmował wartości zbliżone do -20 dB SPL, to otoemisja nie występowała, gdyż były to poziomy pokrywające się z tłem akustycznym.

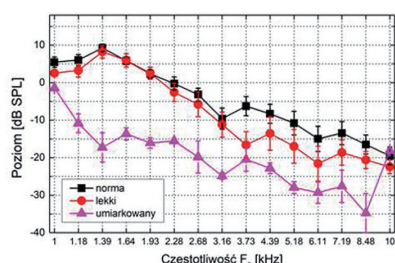
wyników pracowników z obszaru B – nawet u osób ze słuchem w normie, poziomy DPOAE zarejestrowane dla wysokich częstotliwości wskazują na brak występowania otoemisji.



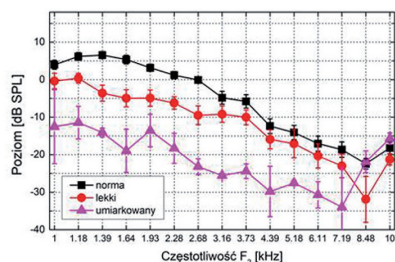
Rys. 9. Średnie poziomy otoemisji akustycznej DPOAE pracowników obszaru A, ucho prawe. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



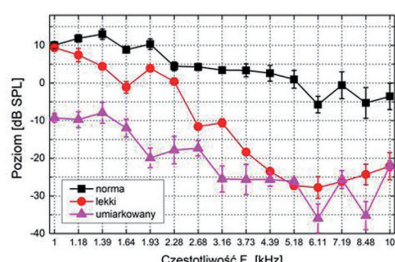
Rys. 10. Średnie poziomy otoemisji akustycznej DPOAE pracowników obszaru A, ucho lewe. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



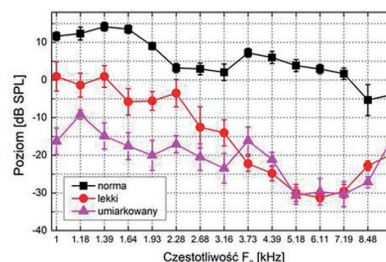
Rys. 11. Średnie poziomy otoemisji akustycznej DPOAE pracowników obszaru B, ucho prawe. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



Rys. 12. Średnie poziomy otoemisji akustycznej DPOAE pracowników obszaru B, ucho lewe. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe

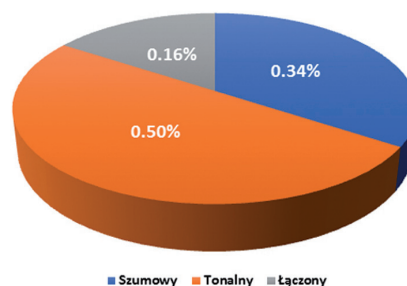


Rys. 13. Średnie poziomy otoemisji akustycznej DPOAE pracowników obszaru C, ucho prawe. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe



Rys. 14. Średnie poziomy otoemisji akustycznej DPOAE pracowników obszaru C, ucho lewe. Pionowe przedziały oznaczają błędy standardowe

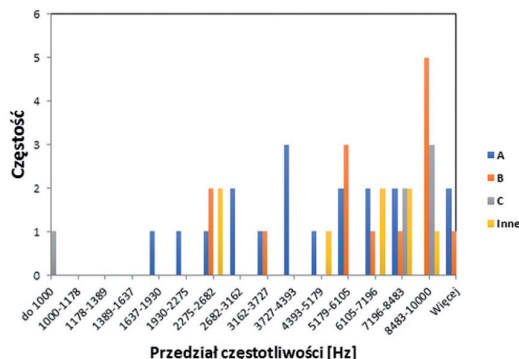
Charakterystykę szumów usznych określano za pomocą metody dopasowania. Badani najpierw opisywali swoje wrażenia dotyczące szumu usznego. Pozwoliło to na wstępne ustalenie sygnału porównawczego (ton, pasmo szumu, ciągły, zmodulowany, pulsujący, itd.). Następnie osoby badane oceniały dźwięki generowane przez słuchawki, z wykorzystaniem programu napisanego w języku MatLab. Eksperymentator zmieniał parametry sygnału (poziom, częstotliwość, szerokość pasma) i prezentował słuchaczowi dźwięk do oceny. Pomiary trwały do momentu, aż przy danej prezentacji dźwięku osoba badana stwierdzała, że dźwięk ten brzmi tak samo, jak tinnitus. Zastosowano prezentację kontrlateralną. W kolejnym etapie badań zwiększano poziom sygnału do momentu, aż badany nie słyszał swojego tinnitusa – w ten sposób wyznaczono MML. Procedurę przeprowadzano osobno dla ucha prawego i lewego. Na Rys. 15 przedstawiono udział procentowy osób z szumami usznymi o charakterze szumowym i tonalnym. Połowa badanych zgłaszała tinnitus o charakterze tonalnym, 32,31% – szumowym i 15,79% – łączony (sygnał tonalny na tle szumu). 52,08% osób określiło swój szum uszny jako binauralny, 29,17% – słyszalny w lewym uchu i 18,75% – słyszalny w prawym uchu.



Rys. 15. Udział procentowy osób z szumami usznymi o charakterze szumowym i tonalnym

Analiza statystyczna wykazała, że zarówno obszar pracy, jaki i wiek osób badanych wpływa istotnie statystycznie na rodzaj szumu usznego. Na Rys. 16 przedstawiono charakterystykę szumów usznych ze względu na ich częstotliwość, z podziałem na obszary pracy. Wyniki pogrupowano według częstotliwości badanych za pomocą DPOAE. Najwięcej osób oceniało tinnitus o częstotliwości z zakresu 8483 10000 Hz. Należy zaznaczyć, że najwięcej z nich pracowało w obszarze B, nieco mniej w C. Nie było żadnych badanych z obszaru A, którzy percypowaliby tinnitus w tym zakresie częstotliwości – u pracowników obszaru A dominował zakres 3727 4393 Hz.

Stanowili oni jedyną grupę badanych o tinnitusie z tego przedziału częstotliwości. Oprócz jednego pracownika, uczestnicy badania z obszaru C zgłaszali wysokotonowe szumy uszne, co może być związane z niskimi poziomami otoemisji w tych zakresach.



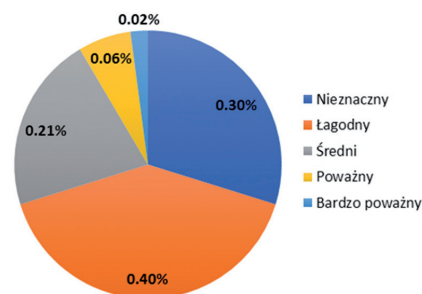
Rys. 16. Rozkład częstości występowania częstotliwości tinnitusa z podziałem na obszary pracy

Kwestionariusz THI wypełniany był w domu, między pierwszą a drugą wizytą. Na Rys. 17 przedstawiono rozkład procentowy stopni dokuczliwości szumów usznych u badanych osób. Największą grupę stanowią osoby zakwalifikowane do grupy o łagodnej dokuczliwości tinnitusa.

Drugą co do wielkości grupę tworzą badani o nieznacznym problemie szumów usznych. Wszystkie osoby z wyżej wymienionych grup nie powinny mieć problemu z ignorowaniem występowania tinnitusa podczas wykonywania codziennych czynności. Szum uszny najbardziej dokuczliwy okazywał się w nocy, kiedy to badani przebywali w cichym otoczeniu. Nieco mniej liczna grupa badanych, która uzyskała wynik klasyfikujący do grupy o średniej dokuczliwości szumów usznych, zazwyczaj osoby te były zainteresowane zgłoszeniem się do ośrodków specjalizujących się w terapiach tinnitusa.

Osoby o poważnym i bardzo poważnym problemie związanym z dokuczliwością szumów usznych stanowiły niewielki odsetek wszystkich uczestników badań. W odniesieniu do wszystkich punktów możliwych do zdobycia (w ramach danego pytania), najwięcej procent, uzyskało pytanie dotyczące uczucia braku kontroli nad szumami usznymi. Kolejnym problemem okazało się wrażenie niemożności uwolnienia się od tinnitusa. Na trzecim miejscu istotności było pytanie „Czy szumy uszne Cię drażnią?”.

Wynika z tego, że osobom cierpiącym na szumy uszne nie przeszkadza percepcja tinnitusa samego w sobie, czy to, jaki wpływ ma on na wykonywanie codziennych czynności, lecz najbardziej dokuczliwy jest sam fakt tego, iż od szumu usznego nie można się uwolnić i jest on poza zasięgiem kontroli osób badanych.

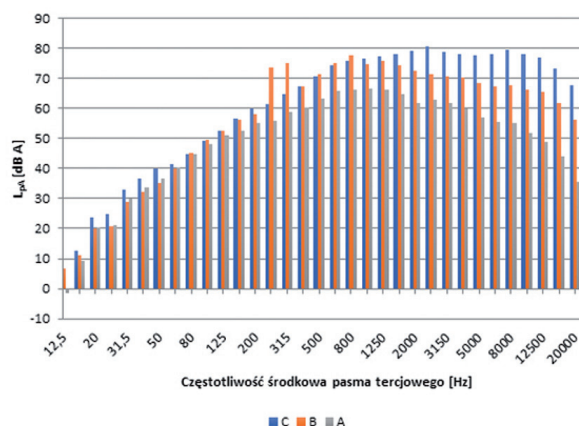


Rys. 17. Rozkład procentowy stopnia dokuczliwości szumów usznych u badanych osób

W celu analizy środowiska akustycznego, w którym przebywają na co dzień osoby badane nagrano 19 próbek dźwiękowych w każdym z trzech oddziałów, z dodatkowym podziałem na konkretne stanowiska pracy. Zarejestrowane nagrania zostały poddane analizie widmowej. W obszarze A wykonano dziewięć nagrań, w B – trzy i w C – siedem. Wartości te są spójne z liczbą analizowanych stanowisk pracy. Średnie poziomy dźwięku zmierzone na terenie każdego obszaru przedstawiono w Tab. 4. W obszarze C zarejestrowano najwyższy poziom ciśnienia akustycznego, a w obszarze A - najniższy. Pomiary te są zgodne z wynikami otrzymanymi od przedstawicieli zakładu pracy. Na Rys. 18 przedstawiono średnie widma hałasów panujących w analizowanych obszarach. Widmo dźwięku zarejestrowanego w obszarze C charakteryzuje się dużymi wartościami poziomów składowych wysokoczęstotliwościowych, co jest nietypowym przypadkiem hałasu przemysłowego, którego energia akustyczna powyżej pasma 1 kHz zazwyczaj maleje wraz ze wzrostem częstotliwości. W obszarze B wyróżniają się dwie charakterystyczne składowe – w paśmie 215 i 315 Hz, które mogą pochodzić z artefaktu.

Tab. 4. Średnie poziomy ciśnienia akustycznego, L_p , na terenie każdego obszaru

Obszar	L_p [dB SPL]
A	80.5
B	88.7
C	91.2



Rys. 18. Średnie widma hałasu panującego w każdym z analizowanych obszarów pracy

Na podstawie uzyskanych wyników badań obliczono korelacje między częstotliwością tinnitusa (f tinnitusa), minimalnym progiem maskowania (MML) wyznaczonym w dB SL, progiem audiometrii tonalnej (próg AT), poziomem otoemisji akustycznej produktów zniekształceń nieliniowych ślimaka (poziom DPOAE) oraz częstotliwością środkową pasma tercjowego o najwyższym poziomie ciśnienia akustycznego w widmie hałasu na stanowisku pracy. Dane poddane analizie zostały odniesione do częstotliwości tinnitusa. Wyniki analizy przedstawiono w Tab. 5. Analizując wyniki badań, można stwierdzić, iż poziom ciśnienia akustycznego w paśmie tercjowym ma wpływ na częstotliwość szumu usznego oraz na próg audiometrii tonalnej, z którymi również skorelowane są poziomy DPOAE. Wykazano również, że częstotliwości środkowe pasm o najwyższych L_p w zarejestrowanych widmach hałasu korelują z częstotliwościami szumów usznych, co stanowi podstawę do stwierdzenia, iż hałas panujący w pracy wpływa na zindywidualizowane postrzeganie szumu usznego. Największą korelację stwierdzono pomiędzy minimalnym poziomem maskowania (MML) a progiem audiometrii tonalnej. Korelacje pomiędzy częstotliwością szumu usznego a częstotliwością środkową pasma o najwyższym L_p oraz poziomem otoemisji akustycznej a progiem audiometrii tonalnej osiągały poziomy istotności równe 0,01. Relacja progu audiometrii tonalnej i częstotliwości w pasmach tercjowych o najwyższym L_p jest skorelowana na poziomie istotności 0,05.

Tab. 5. Wynik analizy korelacji pomiędzy: częstotliwością szumu usznego, minimalnym poziomem maskowania (MML), progiem słyszenia (AT), poziomem otoemisji (DPOAE) oraz częstotliwością pasma o najwyższym L_p

		Korelacje				
		f tinnitusa	MML	Próg AT	Poziom DPOAE	Częstotliwość pasma o najwyższym L_p
f tinnitusa	Korelacja Pearsona	1	-0.084	0.176	-0.290	0.572**
	Istotność (dwustronna)		0.646	0.390	0.160	0.004
	N	49	32	26	25	24
MML [dB SPL]	Korelacja Pearsona	-0.084	1	0.712**	-0.526**	-0.426
	Istotność (dwustronna)	0.646		0.000	0.007	0.088
	N	32	32	25	25	17
Próg AT	Korelacja Pearsona	0.176	0.712**	1	-0.666**	-0.619*
	Istotność (dwustronna)	0.390	0.000		0.000	0.014
	N	26	25	26	25	15
Poziom DPOAE	Korelacja Pearsona	-0.290	-0.526**	-0.666**	1	0.406
	Istotność (dwustronna)	0.160	0.007	0.000		0.150
	N	25	25	25	25	14
Częstotliwość pasma o najwyższym L_p	Korelacja Pearsona	0.572**	-0.426	-0.619*	0.406	1
	Istotność (dwustronna)	0.004	0.088	0.014	0.150	
	N	24	17	15	14	24

** Korelacja istotna na poziomie 0.01 (dwustronnie).

* Korelacja istotna na poziomie 0.05 (dwustronnie).

4. Dyskusja i wnioski

W przyszłości można przeprowadzić bardziej szczegółową analizę powiązania częstotliwości szumów usznych z widmem hałasu na stanowisku pracy. Należałoby sprawdzić, jaka różnica częstotliwości występuje pomiędzy częstotliwością tinnitusa danego pracownika, a częstotliwością środkową pasma tercjowego o najwyższym L_p w widmie hałasu na jego

stanowisku pracy. Im różnica ta byłaby mniejsza, tym wpływ widma hałasu na występowanie tinnitusa większy. Dzięki analizie częstotliwości występowania tinnitusa w ustalonych przez eksperymentatora pasmach częstotliwości możliwe byłoby wyznaczenie pewnej „granicy częstotliwościowej”, poza którą wystąpienie tinnitusa byłoby mało prawdopodobne. Stanowiłoby to pewien predyktor prawdopodobieństwa wystąpienia szumu usznego o częstotliwości z konkretnego przedziału wartości, tylko na podstawie widma hałasu na stanowisku pracy.

W niniejszej pracy podjęto próbę przeprowadzenia szczegółowej analizy słuchu w grupie osób z szumami usznymi, pracującymi na co dzień przy różnych stanowiskach pracy i narażonych na hałas o zróżnicowanym poziomie. Podjęto próbę weryfikacji, czy struktura widmowa hałasu panującego na stanowisku pracy ma wpływ na występowanie szumów usznych badanej grupy osób. Eksperyment przeprowadzono na terenie jednego zakładu przemysłowego, w czterech jego oddziałach. Poniżej zaprezentowano wnioski z analizy uzyskanych wyników badań.

- Pod względem stopnia uszkodzenia słuchu największą grupę stanowiły osoby ze średnim progiem słyszenia w normie (21 przypadków), następnie z lekkim ubytkiem słuchu (12 osób) i najmniej z umiarkowanym stopniem uszkodzenia słuchu (5 osób).
- Ze względu na porównywalny średni wiek badanych osób w każdym z obszarów (około 40 lat), można przyjąć, iż na stopień uszkodzenia słuchu w głównej mierze wpłynął czas pracy w hałasie oraz wartość hałasu przy danym stanowisku pracy. Wpływ wieku na funkcje układu słuchowego był znacznie mniejszy i porównywalny we wszystkich analizowanych grupach.
- Kształt uśrednionych audiogramów dla lekkiego i umiarkowanego stopnia uszkodzenia słuchu odpowiada malejącej funkcji w dziedzinie częstotliwości do 4 kHz, natomiast w paśmie 4-8 kHz średnie progi słyszenia są funkcją stałą. Jedynie dla obszaru B wykazano wyraźne minimum średniego audiogramu dla 4 kHz, co jest charakterystyczne dla pohałasowych uszkodzeń słuchu.
- Niezależnie od obszaru pracy, w przypadku osób z progami słyszenia w granicach normy zarejestrowano malejące funkcje DPOAE w dziedzinie częstotliwości. Najmniejszy spadek poziomu DPOAE w funkcji f_2 stwierdzono dla osób z obszaru C, największy w przypadku osób pracujących w obszarze B. Przyjmując, że wartości poziomu DPOAE poniżej -10 dB SPL w praktyce świadczy o braku występowania otoemisji (kryteria stosowane m. in. przez producenta aparatury Titan Interacoustics). Oznacza to, że u osób z obszaru B, z progiem słyszenia w granicach normy, otoemisje DPOAE powyżej 4 kHz nie są rejestrowane. Zjawisko to niewątpliwie dowodzi negatywnego wpływu hałasu na funkcjonowanie słuchu, w szczególności na ślimak ucha wewnętrznego. Wyniki te można uznać za wczesny prognostyk negatywnego oddziaływania hałasu na słuch badanych osób.

- W badanej grupie osób stwierdzono, że najczęściej występuje tinnitus o charakterze tonalnym (50% wszystkich przypadków), w mniejszym stopniu o charakterze szumowy (ok. 34%) i w najmniejszej liczbie przypadków tinnitus o charakterze tonalno-szumowym.
 - Znakomita większość zdarzeń szumów usznych występuje w paśmie częstotliwości powyżej 4 kHz. U pracowników z obszaru A szumy uszne zarejestrowano w paśmie powyżej 1. kHz. Z kolei w przypadku osób pracujących na stanowiskach w obszarze B dominują przypadki tinnitusa o częstotliwości powyżej 4 Hz.
 - Analiza wyników badań z kwestionariusza THI wykazała, że w 70% przypadków szumy uszne są co najwyżej o łagodnym stopniu dokuczliwości.
 - W obszarach A i B maksymalne wartości poziomu hałasu przypadają na pasma tercjowe o zbliżonych częstotliwościach. Ich częstotliwości środkowe wynosiły 942,22 i 1100,00 Hz. W widmie hałasu obszaru C dominowały poziomy składowych wysokoczęstotliwościowych.
 - Częstotliwości szumów usznych korelują (współczynnik korelacji = 0,572) z częstotliwościami środkowymi pasm widm hałasu o największych L_p , na poziomie istotności 0,01.
3. Wicher, A., Ozimek, E. and Szymiec, E., Speech Intelligibility Measurements in Tinnitus Patients with and without Hearing Loss. *Acta Physica Polonica A*, 2010. 118(1): p. 179-182.
 4. Niedzielski, A. and Kędzierawska, S., Tinnitus – current literature review. *Nowa Audiofonologia*, 2017. 6(4): p. 9-15.
 5. Jastreboff, P.J., Tinnitus retraining therapy. *Progress in brain research*, 2007. 166: p. 415-23.
 6. Norena, A.J., Revisiting the cochlear and central mechanisms of tinnitus and therapeutic approaches. *Audiology & neuro-otology*, 2015. 20 Suppl 1: p. 53-9.
 7. Wrzosek, M., et al., Polish Translation and Validation of the Tinnitus Handicap Inventory and the Tinnitus Functional Index. *Frontiers in psychology*, 2016. 7: p. 1871.
 8. Newman, C.W., Jacobson, G. P and Spitzer, J. B., Development of the Tinnitus Handicap Inventory. *Archives of otolaryngology-head & neck surgery*, 1996. 122(2): p. 143-8.
 9. McCombe, A., et al., Guidelines for the grading of tinnitus severity: the results of a working group commissioned by the British Association of Otolaryngologists, Head and Neck Surgeons, 1999. *Clinical otolaryngology and allied sciences*, 2001. 26(5): p. 388-93.

Bibliografia

1. Eggermont, J.J., Tinnitus. *Springer handbook of auditory research*, 2012, New York: Springer. xii, 295 p.
2. Eggermont, J.J. and Roberts, L. R., The neuroscience of tinnitus. *Trends in neurosciences*, 2004. 27(11): p. 676-82.