

Małgorzata Pawlaczuk-Łuszczynska<sup>1</sup>

Adam Dudarewicz<sup>1</sup>

Małgorzata Waszkowska<sup>2</sup>

Wiesław Szymczak<sup>3</sup>

Maria Kameduła<sup>1</sup>

Mariola Śliwińska-Kowalska<sup>1</sup>

## WPŁYW HAŁASU NISKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWEGO NA WYBRANE FUNKCJE PSYCHICZNE CZŁOWIEKA\*

THE EFFECT OF LOW FREQUENCY NOISE ON HUMAN MENTAL PERFORMANCE

<sup>1</sup> Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

<sup>2</sup> Z Zakładu Psychologii Pracy

<sup>3</sup> Z Zakładu Epidemiologii Środowiskowej

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. dr med. J. Nofera w Łodzi

**STRESZCZENIE** Coraz więcej danych wskazuje na to, że charakter oddziaływania hałasu niskoczęstotliwościowego (hncz), tj. hałasu szerokopasmowego z dominującym udziałem niskich częstotliwości (10–250 Hz), różni się od charakteru działania innych hałasów o zbliżonym poziomie dźwięku. Celem pracy była ocena wpływu hncz o poziomach spotykanych w pomieszczeniach sterowniczych na wybrane funkcje psychiczne człowieka (uwagę, spostrzegawczość i logiczne rozumowanie).

Przeprowadzono badania laboratoryjne w grupie 193 płatnych ochotników płci męskiej. Osoby badane wykonywały serię czterech testów psychologicznych, tj.: Test Wykrywania Sygnału (test I), Test Kolorowego Słowa Stroopa (test II) oraz dwa podtesty Baterii Testów Uzdolnień Ogólnych, tj.: Test Rozumowania Arytmetycznego (test III) oraz Test Rozpoznawania Nazw (test IV). Stosowano trzy zróżnicowane warunki ekspozycji na hałas, tj.: warunki tła akustycznego (około 30 dB(A)) oraz narażenia na hncz i hałas szerokopasmowy o równoważnym poziomie dźwięku ok. 50 dB(A). Przydział osób do warunków ekspozycji na hałas był losowy. Po zakończeniu testów osoby badane były poddawane badaniom kwestionariuszowym ukierunkowanym na subiektywną ocenę uciążliwości warunków akustycznych podczas wykonywania zadań oraz ocenę wrażliwości na hałas w ogóle i na hncz w szczególności.

Wpływ rodzaju ekspozycji lub/i wrażliwości na hałas na poziom wykonania testów lub interakcję pomiędzy ww. czynnikami obserwowano w przypadku trzech spośród czterech wykonywanych testów (testy I, II i IV). Tendencja do uzyskiwania gorszych wyników w narażeniu na hncz w porównaniu do pozostałych warunków ekspozycji była widoczna u osób bardziej wrażliwych na hncz w teście II (wyższa wartość interferencji czytania). Stwierdzono wpływ rodzaju ekspozycji i wrażliwości na hałas na ocenę uciążliwości warunków akustycznych, w których wykonywano testy psychologiczne. Uciążliwość hncz i hałasu referencyjnego oceniano wyżej niż tła akustycznego.

Hałas niskoczęstotliwościowy o poziomie rzędu 50 dB(A) może być oceniany jako uciążliwy i niekorzystnie wpływać na sprawność funkcji psychicznych (koncentrację uwagi i spostrzegawczość), zwłaszcza w przypadku osób wrażliwych na ten rodzaj hałasu. Med. Pr 2004; 55 (1): 63–74

**SŁOWA KLUCZOWE:** hałas niskoczęstotliwościowy, funkcje umysłowe, uciążliwość, wrażliwość na hałas

**ABSTRACT** There is a growing body of data showing that low frequency noise (LFN) defined as broadband noise with dominant content of low frequencies (10–250 Hz) differs in its nature from other noises at comparable levels. The aim of this study was to assess the influence of LFN on human mental performance.

Subjects were 193 male paid volunteers. They performed standardized tests: the Signal Detection Test (test I), the Stroop Color-Word Test (test II), and two sub-tests of the General Aptitude Test Battery, i.e. the Math Reasoning Test (test III) and the Comparing of Names Test (test IV). Three different acoustic conditions were used in the experiment: the background laboratory noise of about 30 dB(A), LFN and the broadband noise at comparable dB(A) levels of 50 dB. The study subjects were assigned randomly to varied experimental conditions. After the test session, the subjects completed a questionnaire aimed at rating the subjective annoyance of exposure conditions during the tasks, and assessing individual sensitivity to noise in general and LFN in particular.

The main effects of exposure and/or noise sensitivity on the tests' results or their interaction were found in three of the four tests performed (tests I, II and IV). The tendency towards weaker results in low frequency noise compared to other conditions was observed in persons classified in test II as more sensitive to LFN (higher value of reading interference). The significant effect of both exposure and sensitivity to noise on annoyance rating during test performance was also noted. The annoyance of LFN and reference noise was rated higher than that of background noise.

LFN at 50 dB(A) could be perceived as annoying and adversely affecting mental performance (concentration and visual perception), particularly in persons sensitive to LFN. Med Pr 2004; 55 (1): 63–74

**KEY WORDS:** low frequency noise, human mental performance, annoyance, noise sensitivity

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: mpawlusz@imp.lodz.pl

Nadesłano: 19.09.2003

Zatwierdzono: 2.01.2004

© 2004, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

## WSTĘP

Hałasem niskoczęstotliwościowym (hncz) przyjęto nazywać hałas, w którego widmie dominującą rolę odgrywają niskie

częstotliwości z przedziału od 10 Hz do 250 Hz (20–200 Hz) (1,2). Jest on powszechnym zjawiskiem zarówno w środowisku pracy, jak i w środowisku komunalnym. Źródłem hncz są niektóre maszyny i urządzenia przemysłowe (np. sprężarki, kotły energetyczne, piece hutnicze, wentylatory, transformatory), środki transportu oraz urządzenia wenty-

\* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 18.1 pt.: „Ocena uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego na stanowiskach pracy w kabinach sterowniczych i innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu”. Kierownik tematu: dr inż. M. Pawlaczuk-Łuszczynska.

lacyjne i klimatyzacyjne. Jego obecność w budynkach mieszkalnych, pomieszczeniach biurowych i kabinach dyspozytorskich w znacznej mierze jest uwarunkowana obecnością zewnętrznych źródeł hałasu i niewystarczającym tłumieniem niskich częstotliwości przez ściany, podłogi i okna, a także stosowaniem urządzeń wentylacyjno-klimatyzacyjnych (2,3).

Coraz więcej danych wskazuje na to, że charakter oddziaływania hncz różni się od charakteru działania innych hałasów środowiskowych o zbliżonym poziomie dźwięku. Głównym i najczęściej opisywanym skutkiem ekspozycji na hncz jest uciążliwość. Wiele prac wskazuje na różnice w odbiorze i ocenie uciążliwości hncz i hałasów o innym składzie widmowym. Hałas niskoczęstotliwościowy jest zwykle oceniany jako bardziej uciążliwy niż hałas bez dominującego udziału niskich składowych. Co więcej, uciążliwość hncz bywa stwierdzana już przy względnie niskich poziomach dźwięku, a osoby wrażliwe na ten rodzaj hałasu niekoniecznie muszą być wrażliwe ogólnie na hałas (1,2).

Z uciążliwością hncz kojarzonych jest szereg subiektywnych skutków towarzyszących ekspozycji na ten rodzaj hałasu, w tym: zmęczenie, uczucie rozdrażnienia, niepokoju, ból głowy lub uczucie „ciężkiej głowy”, uczucie pulsowania lub nacisku na błonę bębenkową, mdłości lub zawroty głowy (1). Niektóre z nich, a w szczególności zmęczenie, ból głowy i rozdrażnienie, mogą powodować pogorszenie wydajności pracy (4-6).

Rozwój nowoczesnych technologii, automatyzacja i komputeryzacja procesów produkcyjnych powodują spadek częstości występowania narażenia na hałas o wysokich poziomach oraz sukcesywny wzrost ekspozycji na hałas o średnim i niskim poziomie, w tym na hncz. Waga problemu ekspozycji na hncz w środowisku komunalnym została podkreślona w opublikowanych niedawno wytycznych Światowej Organizacji Zdrowia, ale w dalszym ciągu brak jest odpowiednich regulacji prawnych i normatywnych, dotyczących kontroli narażenia w środowisku pracy (7). Co więcej dane nt. tego, jak hncz może wpływać na wykonywanie czynności w warunkach ekspozycji zawodowej są raczej skąpe.

Większość wcześniejszych badań, głównie laboratoryjnych, dotyczących wpływu infradźwięków i dźwięków niskich częstotliwości na funkcje psychiczne człowieka nie dawało jednoznacznych wyników i nie pozwalało na określenie wartości progowych (2,8-11). W sumie nieliczne prace potwierdzały to, że hncz o poziomach spotykanych w środowisku pracy może powodować upośledzenie funkcjonowania człowieka (9-11). Tymczasem wyniki niedawno przeprowadzonych badań wskazują na to, że w warunkach ekspozycji na hncz o względnie niskich poziomach ciśnienia akustycznego, rzędu 40-45 dB(A), może dochodzić do zaburzeń złożonych procesów umysłowych, a szczególnie predysponowane do ich wystąpienia są osoby o dużej wrażliwości na ten czynnik (12-15).

Problem uciążliwości hncz, a co za tym idzie jego wpływ na sprawność funkcji psychicznych człowieka, wydaje się szczególnie istotny w przypadku stanowisk pracy, wymagają-

cych koncentracji uwagi i wysiłku umysłowego, zlokalizowanych w pomieszczeniach biurowych i sterowniczych.

Przedmiotem niniejszej pracy były badania laboratoryjne na temat wpływu hncz na wybrane funkcje psychiczne, stanowiące próbę odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy hałas niskoczęstotliwościowy o poziomach spotykanych w przemysłowych pomieszczeniach sterowniczych może wpływać na koncentrację uwagi, spostrzegawczość i logiczne rozumowanie?

2. Czy istnieje zależność pomiędzy wrażliwością na hałas a skutkami działania hałasu niskoczęstotliwościowego i subiektywną ocenę jego uciążliwości?

## MATERIAŁ I METODY

### Badana grupa

Przeprowadzono badania laboratoryjne w grupie 193 płatnych ochotników płci męskiej, w wieku 18-65 lat, głównie ze średnim wykształceniem, niepracujących zawodowo w narażeniu na hałas i niezgłaszających problemów ze słuchem (patrz niżej opisane badania kwestionariuszowe). Nie stosowano wstępnej selekcji ochotników.

### Przebieg eksperymentu

Osoby badane wykonywały serię czterech standardowych testów psychologicznych, służących do oceny spostrzegawczości, koncentracji uwagi i logicznego rozumowania.

W eksperymencie stosowano trzy zróżnicowane warunki akustyczne, tj. warunki tła akustycznego (ok. 30 dB(A)) (grupa I) oraz ekspozycji na hncz (grupa II) i hałas referencyjny (grupa III) o takim samym, równoważnym poziomie dźwięku A ok 50 dB (tab. 1). Poziom ten odpowiadał dolnej granicy poziomów ciśnienia akustycznego hncz, występującego na stanowiskach pracy w pomieszczeniach sterowniczych i był o 15 dB niższy od dopuszczalnego równoważnego poziomu dźwięku A, przewidzianego dla tego typu stanowisk (16,17).

Przydział ochotników do warunków ekspozycji na hałas był losowy, tj. w kolejności pojawiania się byli przypisywani wg klucza do grupy I, II i III. Przed rozpoczęciem serii testów osoby badane były instruowane na czym polegają testy komputerowe I i II. Po zakończeniu testu I automatycznie rozpoczynał się test II. Instruktaż dotyczący testów III i IV (bez udziału komputera) miał miejsce bezpośrednio przed ich rozpoczęciem. Wykonanie całej baterii testów trwało około godziny (ryc. 1).

Po zakończeniu testów osoby badane były poddawane badaniom kwestionariuszowym ukierunkowanym przede wszystkim na:

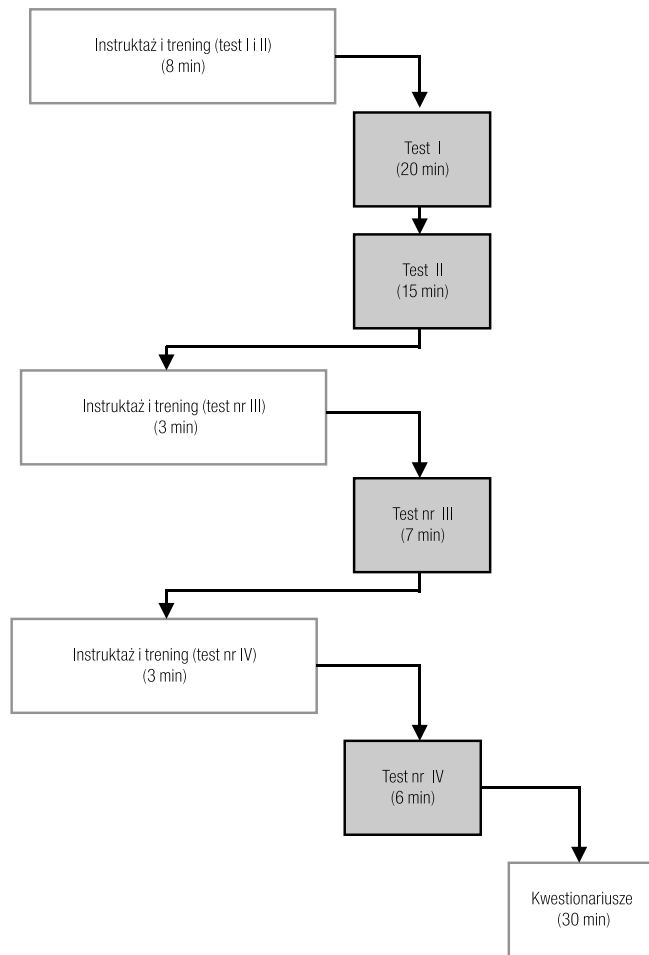
- odczucia i dolegliwości doznawane podczas eksperymentu,
- subiektywną ocenę uciążliwości warunków akustycznych w trakcie wykonywania testów,
- ocenę wysiłku związanego z wykonywaniem zadań,
- samoocenę stanu słuchu,

**Tabela 1.** Parametry ekspozycji na hałas w trakcie przeprowadzania testów

Parametry hałasu	Rodzaj ekspozycji			
	tło akustyczne		hałas niskoczęstotliwościowy	hałas referencyjny
	wartość średnia ± odchylenie standardowe			
Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A, $L_{AeqT}$ (dB)	29,9 ± 1,4*	40,7 ± 3,7**	50,9 ± 1,7	50,6 ± 1,2
Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową C, $L_{AeqT}$ (dB)	53,6 ± 1,8	55,8 ± 2,2	74,4 ± 0,8	56,9 ± 1,4
$L_{CeqT} - L_{AeqT}$ (dB)	23,5 ± 2,0	16,0 ± 7,1	23,5 ± 1,6	6,2 ± 1,3

\* Pomiar w pustej kabinie.

\*\* Pomiar w trakcie wykonywania testów.



**Ryc. 1.** Przebieg eksperymentu.

■ ocenę wrażliwości ogólnie na hałas i na hałas niskoczęstotliwościowy w szczególności.

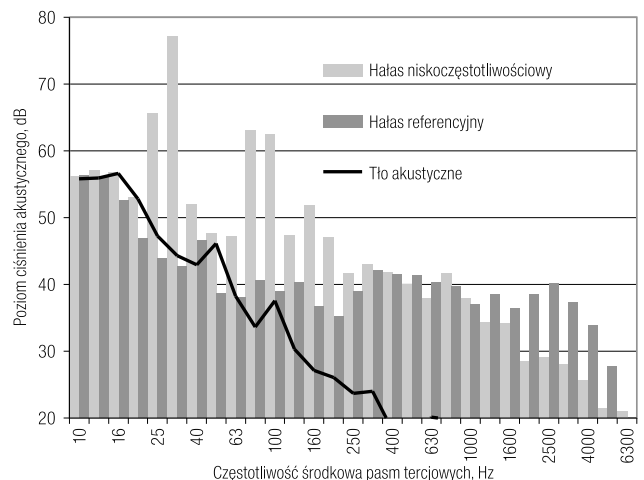
Wysiłek związany z wykonywaniem zadań i uciążliwość warunków akustycznych oceniano na 100-punktowych graficznych skalach (ocena ilościowa).

**Warunki przeprowadzania testów**

Testy psychologiczne wykonywano w specjalnie przygotowanym do tego celu pomieszczeniu, tj. dźwiękoszczelnej, klimatyzowanej kabinie do pomiaru zachowań i reakcji, o powierzchni 6,74 m<sup>2</sup>, umeblowanej jak pomieszczenie biurowe.

Hałas referencyjny i niskoczęstotliwościowy był generowany przez kolumny głośników umieszczone w rogach pomieszczenia. Hałas niskoczęstotliwościowy miał charakter tonalny, w jego widmie dominowały składowe o częstotliwościach 25; 31,5; 80 i 100 Hz (ryc. 2). Jako hałas referencyjny stosowano hałas szerokopasmowy bez dominujących składowych niskoczęstotliwościowych (zbliżony do szumu różowego). Na tło akustyczne składał się przede wszystkim hałas towarzyszący pracy komputera i klimatyzacji.

Parametry ekspozycji na hałas monitorowano w trakcie wykonywania testów. Poziom tła akustycznego mierzono zarówno w pustej kabinie, jak i podczas badań (tab. 1). Stosowano do tego celu zestaw przyrządów pomiarowych, złożony z: mikrofonu pomiarowego firmy Bruel & Kjaer (B&K) typu 4190, modularnego miernika poziomu dźwięku firmy B&K



**Ryc. 2.** Warunki ekspozycji na hałas w trakcie wykonywania testów – wyniki analizy widmowej.

typu 2231, analizatorów dźwięku i drgań firmy SVANTEK typu SVAN 912 i SVAN 912E oraz analizatora częstotliwości firmy Hewlett-Packard typu 3569A.

### Testy psychologiczne

Do oceny psychologicznych skutków ekspozycji na hałas wykorzystano cztery standaryzowane testy, w tym dwa testy komputerowe wchodzące w skład Wiedeńskiego Systemu Testów (test I i II) oraz dwa testy typu papier-ołówek będące podtestami Baterii Testów Uzdolnień Ogólnych (test III i IV) (18,19).

**Test I – Test Wykrywania Sygnału (SIGNAL)** – jest testem mierzącym zdolność różnicowania wzrokowego i uwagi (czujność). Został skonstruowany na podstawie teorii wykrywania sygnałów Greena i Swetsa, która opisuje spostrzeganie słabych sygnałów pośród ciągle zmieniającego się tła/otoczenia („szum tła”).

Na monitorze, na czarnym tle rozmieszczone są jasne punkty (plamki). Przez ok. 15 minut, w losowej kolejności gasną i pojawiają się nowe. Zadaniem badanego jest jak najszybsze przyciśnięcie klawisza na panelu w momencie, gdy pojawiający się na ekranie punkt utworzy z innymi kwadrat.

Podstawowymi zmiennymi ocenianymi w teście są: mediana czasu reakcji oraz liczba poprawnych (trafnych), przeczonych, opóźnionych i błędnych reakcji (20,21).

**Test II – Test Kolorowego Słowa Stroopa** – jest testem mierzącym podatność na bodźce zakłócające przebieg procesów psychicznych. Stanowi on komputerową implementację testu kolor – słowo powstałej na bazie efektu Stroopa, którego podstawowe założenie stanowi, że przeczytanie słowa oznaczającego kolor trwa dłużej, jeżeli słowo to jest napisane w kolorze innym, niż wynika to z jego znaczenia. Podobnie nazwanie koloru, w którym napisane jest słowo trwa dłużej, jeżeli fizyczny i znaczeniowy kolor reprezentowany przez to słowo różni się. W takich warunkach ma miejsce zjawisko interferencji koloru i interferencji słowa. Test składa się z czterech części:

- pierwszej, w której na monitorze komputera pojawiają się pojedynczo nazwy czterech kolorów (wyświetlane w kolorze szarym), a zadaniem badanego jest przyciśnięcie klawisza w odpowiednim kolorze zgodnym z nazwą (faza podstawowa);

- drugiej, w której na monitorze pojawiają się kolorowe paski, a zadaniem badanego jest naciśnięcie klawisza w odpowiadającym im kolorze (faza podstawowa),

- trzeciej, w której na monitorze pojawiają się nazwy kolorów, które nie są zgodne z kolorem w jakim są wyświetlane, a zadaniem badanego jest przycisnąć klawisz odpowiadający nazwie koloru (warunki interferencji),

- czwartej, w którym również występuje niezgodność między nazwą koloru a fizyczną jego barwą a zadaniem badanego jest reagować odpowiednim przyciskiem na barwę w jakiej pojawia się nazwa (warunki interferencji).

Podstawowymi zmiennymi ocenianymi w tym teście są:

- interferencja czytania, czyli różnica czasu reakcji w próbie czytania w warunkach interferencji i czasu reakcji w próbie czytania w fazie podstawowej;

- interferencja nazywania, czyli różnica czasu reakcji w próbie nazywania w warunkach interferencji i czasu reakcji w próbie nazywania w fazie podstawowej;

- mediana czasu reakcji oraz liczba popełnianych błędów w poszczególnych fazach testu (22, 23).

**Test III – Test Rozumowania Arytmetycznego** – jest podtestem zaadaptowanej do polskich warunków Baterii Testów Uzdolnień Ogólnych (GATB – z ang. General Aptitude Test Battery). Składa się on z 25 tekstowych zadań matematycznych. Przy każdym z nich znajduje się pięć możliwych odpowiedzi. Cztery wyrażone są w liczbach, a piąta słownie „żadna z nich”. Zadaniem badanego jest wskazanie odpowiedzi właściwej. Odpowiedź „żadna z nich” zakreślana jest wtedy, gdy wszystkie odpowiedzi wyrażone liczbą są według badanego błędne. Wynikiem testu jest liczba poprawnych i błędnych odpowiedzi, udzielonych w czasie 7 minut (19).

**Test nr IV – Test Porównywanie Nazw** – jest również podtestem GATB. Zawiera on 150 par różnych nazw/nazwisk. Zadaniem badanego jest zaznaczenie na arkuszu odpowiedzi czy nazwy/nazwiska umieszczone w poszczególnych parach są identyczne czy różne. Wynikiem testu jest liczba poprawnych i błędnych odpowiedzi udzielonych w ciągu 6 minut (19).

### Ocena wrażliwości na hałas

Podstawą oceny wrażliwości na hałas w ogóle i wrażliwości na hncz w szczególności były badania kwestionariuszowe. Te dwa rodzaje wrażliwości oceniono oddzielnie.

Do oceny ogólnej wrażliwości na hałas zastosowano zaadaptowany przez autorów kwestionariusz wrażliwości na hałas Weinsteina (24). Kwestionariusz ten składa się z 21 stwierdzeń opisujących stosunek do hałasu, np. „Nie wyobrażam sobie mieszkania przy hałaśliwej ulicy, nawet w wygodnym i przyjemnym lokalu”; „Łatwo budzi mnie hałas” itp. Stwierdzenia te przetłumaczono na język polski. Osoby badane ustosunkowały się do poruszanych w nich kwestii mając do dyspozycji 5 alternatywnych odpowiedzi: „Zdecydowanie nie się zgadzam”, „Nie zgadzam się”, „Nie mam zdania”, „Zgadzam się” i „Zdecydowanie zgadzam się”, punktowanych odpowiednio od 1 do 5. Suma zdobytych świadczyła o stopniu wrażliwości na hałas, a co za tym idzie stanowiła podstawę klasyfikacji osób na mniej i bardziej wrażliwe. Jako granicę podziału przyjęto medianę rozkładu punktacji w badanej grupie.

Do oceny wrażliwości na hncz wykorzystano odpowiedzi na 3 następujące stwierdzenia:

- „Odczuwam ulgę, gdy wyłącza się lodówka, wentylator lub komputer”;

- „Gdy słucham głośnej muzyki często odczuwam dodatkowe „sensacje” np. ucisk w uszach, drgania w klatce piersiowej lub gardle itp.”;

Tabela 2. Charakterystyka badanych grup

	Ogółem	Tło akustyczne	Hałas niskoczęstotliwościowy	Hałas referencyjny
Liczba osób	193	64	64	65
	Średnia ± odchylenie standardowe (zakres)			
Wiek (lata)	35,2 ± 13,7 (18-65)	35,9 ± 13,7 (18-65)	35,6 ± 13,1 (18-58)	34,0 ± 14,4 (18-64)
Wykształcenie*	4,1 ± 0,7 (2-5)**	4,1 ± 0,7 (2-5)	4,1 ± 0,7 (2-5)	4,0 ± 0,7 (2-5)
Wrażliwość na hałas w ogóle**	68,0 ± 12,3 (40-100)	68,5 ± 14,0 (41-99)	68,7 ± 11,0 (46-92)	66,8 ± 11,6 (40-100)
Wrażliwość na hałas niskoczęstotliwościowy**	8,0 ± 2,1 (3-15)	7,9 ± 2,3 (4-15)	8,1 ± 2,0 (4-13)	7,9 ± 2,0 (3-13)

\*Wykształcenie: 2 - podstawowe, 3 - zasadnicze, 4 - średnie, 5 - wyższe.

\*\* Suma zdobytych punktów w badaniu kwestionariuszowym.

■ „Lubię słycać muzyki przy włączonych basach (niskich tonach)”.

Osoby, które na co najmniej jedno stwierdzenie odpowiedziały wg klucza, tj: „Zdecydowanie zgadzam się” lub „Zgadzam się” były uznawane jako bardziej wrażliwe na hncz, pozostałe były traktowane jako mniej wrażliwe.

### Analiza statystyczna

Dokonano analizy wpływu rodzaju ekspozycji na hałas na poziom sprawności procesów umysłowych (wyniki uzyskiwane przez osoby badane w testach psychologicznych) oraz subiektywną ocenę uciążliwości warunków przeprowadzania testów, przy uwzględnieniu indywidualnej wrażliwości na hałas w ogóle i wrażliwości na hncz w szczególności. W tym celu przeprowadzono:

■ analizę kowariancji (ANCOVA) - dla większości zmiennych,

■ analizę log-linową - tylko w odniesieniu do zmiennych dyskretnych, tj. liczby niektórych błędów w Kolorowego Słowa Stroop'a i liczby opóźnionych reakcji w Teście Wykrywania Sygnału.

W pierwszym etapie analizy kowariancji jako czynniki główne przyjęto rodzaj ekspozycji (3 grupy) i wrażliwość na hałas (4 grupy), a jako zmienne towarzyszące - wiek i wykształcenie. Uwzględnienie ww. zmiennych towarzyszących spowodowane były znacznym rozrzutem obu zmiennych wśród badanych osób, a co za tym idzie ich potencjalnym wpływem na poziom wykonania testów oraz subiektywne oceny.

W drugim etapie każdą z trzech grup wykonującą testy w innych warunkach narażenia na hałas rozpatrywano niezależnie i przy tych samych zmiennych towarzyszących analizowano wpływ jednego czynnika głównego - wrażliwości na hałas.

Do oceny zależności między subiektywną oceną uciążliwości warunków przeprowadzania testów a liczbą zgłaszanych dolegliwości i odczuć posłużono się współczynnikami korelacji Pearsona. Z kolei różnice w częstości zgłaszania

różnych dolegliwości i odczuć w różnych warunkach ekspozycji na hałas badano testem Fishera.

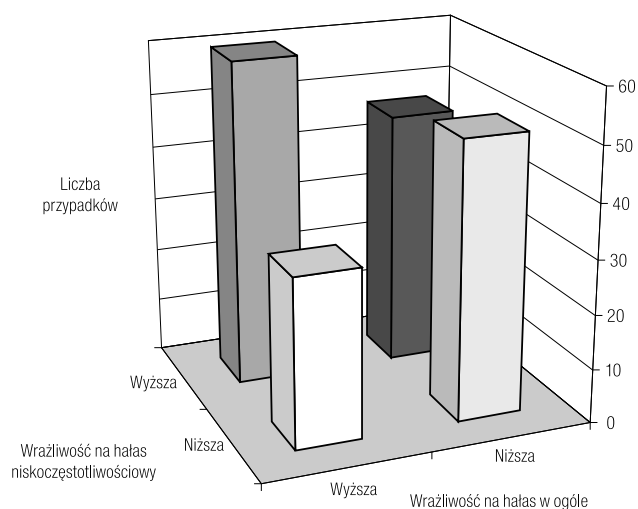
Analizę statystyczną przeprowadzono przy założonym poziomie istotności równym 0,05.

### WYNIKI

#### Badane grupy

Charakterystykę badanych osób przedstawiono w tabeli 2. W każdej z grup, uwzględniając indywidualną wrażliwość na hałas w ogóle i na hncz w szczególności, wyodrębniono 4 podgrupy, tj.:

- podgrupę osób mniej wrażliwych ogólnie na hałas i mniej wrażliwych na hncz w szczególności (ho-hncz-);
- podgrupę osób bardziej wrażliwych ogólnie na hałas i mniej wrażliwych na hncz w szczególności (ho+hncz-);
- podgrupę osób bardziej wrażliwych ogólnie na hałas i bardziej wrażliwych na hncz w szczególności (ho+hncz+);



Ryc. 3. Podział wszystkich badanych osób ze względu na subiektywną wrażliwość na hałas w ogóle i na hałas niskoczęstotliwościowy w szczególności.

**Tabela 3.** Wyniki uzyskane w Teście Wykrywania Sygnału (wartości średnie, kursywą podano wartości średnie skorygowane ze względu na wiek i wykształcenie)

Parametry testu	Badana grupa	Rodzaj ekspozycji		
		tło akustyczne	hałas niskoczęstotliwościowy	hałas referencyjny
Liczba błędnych reakcji	Ogółem*	1,54	1,69	2,05
	ho-hncz-	1,59 (1,62)	1,53 (1,58)***	1,68 (1,71)
	ho+hncz-	1,62 (1,60)	3,89 (3,69)**	1,44 (1,51)
	ho+hncz+	1,11 (1,11)	1,25 (1,39)**	2,00 (2,01)
	ho-hncz+	2,00 (1,98)	1,19 (1,21)**	1,60 (1,50)
Mediana czasu reakcji (s)	Ogółem	0,89	0,9	0,89
	ho-hncz-	0,81 (0,82)**	0,91 (0,91)	0,82 (0,84)
	ho+hncz-	0,81 (0,83)**	0,79 (0,78)	0,89 (0,91)
	ho+hncz+	1,00 (0,97)**	0,95 (0,92)	0,96 (0,91)
	ho-hncz+	0,85 (0,86)**	0,79 (0,83)	0,81 (0,82)

\* Interakcja rodzaju ekspozycji i wrażliwości na hałas ( $p < 0,05$ ).

\*\* Istotne różnice między podgrupami o różnej wrażliwości na hałas ( $p < 0,05$ ).

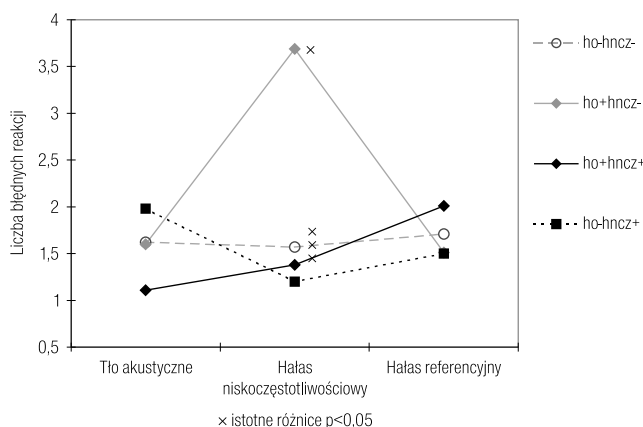
■ podgrupę osób mniej wrażliwych ogólnie na hałas i bardziej wrażliwych na hncz w szczególności (ho-hncz+).

Wyniki podziału całej populacji badanych osób na pogrupy wrażliwości na hałas pokazano na ryc. 3.

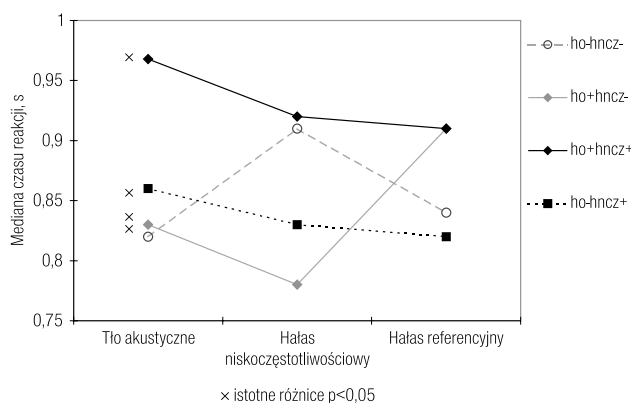
### Testy psychologiczne

#### Test Wykrywania Sygnałów (SIGNAL)

**ANCOVA.** Nie stwierdzono różnic pomiędzy wynikami uzyskiwanymi przez badane osoby w różnych warunkach ekspozycji na hałas (tj.: medianą czasu reakcji oraz liczbą poprawnych, przeoczonych opóźnionych i błędnych reakcji). Wykazano słaby wpływ (efekt główny) wrażliwości na hałas na wartość mediany czasu reakcji ( $p = 0,071$ ) oraz interakcję rodzaju ekspozycji i wrażliwości na hałas w odniesieniu do liczby błędnych reakcji ( $p = 0,050$ ).



**Ryc. 4.** Liczba złych odpowiedzi w Teście Wykrywania Sygnału – wyniki uzyskane w różnych warunkach ekspozycji na hałas przez osoby o różnej wrażliwości na hałas – wartości średnie skorygowane ze względu na wiek i wykształcenie (ho-hncz- osoby mniej wrażliwe na hałas w ogóle i mniej wrażliwe na hncz, ho+hncz- osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i mniej wrażliwe na hncz, ho+hncz+ osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i bardziej wrażliwe na hncz, ho-hncz+ osoby mniej wrażliwe na hałas w ogóle i bardziej wrażliwe na hncz).



**Ryc. 5.** Mediana czasu reakcji w Teście Rozpoznawania Sygnału – wyniki uzyskane w różnych warunkach ekspozycji na hałas przez osoby o różnej wrażliwości na hałas – wartości średnie skorygowane ze względu na wiek i wykształcenie (ho-hncz- osoby mniej wrażliwe na hałas w ogóle i mniej wrażliwe na hncz, ho+hncz- osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i mniej wrażliwe na hncz, ho+hncz+ osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i bardziej wrażliwe na hncz, ho-hncz+ osoby mniej wrażliwe na hałas w ogóle i bardziej wrażliwe na hncz).

Osoby sklasyfikowane jako ho+hncz- podczas ekspozycji na hncz popełniały większą ilość błędów niż osoby przypisane do tej samej kategorii wrażliwości w innych warunkach ekspozycji na hałas, a także popełniały istotnie więcej błędów w porównaniu do osób o innej wrażliwości w takich samych warunkach ekspozycji ( $p = 0,036$ ) (ryc. 4, tab. 3). Z kolei w warunkach tła akustycznego najdłuższe czasy reakcji osiągały osoby ho+hncz+ ( $p = 0,016$ ) (ryc. 5, tab. 3).

**Analiza log-liniowa.** Nie wykazano zależności między zmiennymi: liczbą opóźnionych reakcji, warunkami ekspozycji i wrażliwością na hałas.

#### Test Kolorowego Słowa Stroopa

**ANCOVA.** Nie stwierdzono różnic pomiędzy wynikami uzyskiwanymi przez badane osoby w różnych warunkach

**Tabela 4.** Wyniki uzyskane w Teście Kolorowego Słowa Stroopa (wartości średnie, kursywą podano wartości średnie skorygowane ze względu na wiek i wykształcenie)

Parametry testu	Badana grupa	Rodzaj ekspozycji		
		tło akustyczne	hałas niskoczęstotliwościowy	hałas referencyjny
Mediana czasu czytania w warunkach interferencji (s)	Ogółem*	0,94	0,95	0,95
	ho-hncz-	0,86 (0,87)	0,96 (0,97)	0,92 (0,93)
	ho+hncz-	0,96 (0,98)	0,96 (0,96)	1,00 (1,01)
	ho+hncz+	1,00 (0,97)	1,00 (0,98)	1,01 (1,00)
	ho-hncz+	0,90 (0,90)	0,87 (0,88)	0,85 (0,84)
Interferencja czytania (s)	Ogółem*	0,09	0,11	0,11
	ho-hncz-	0,04 (0,04)**	0,09 (0,09)	0,11 (0,11)
	ho+hncz-	0,13 (0,13)**	0,11 (0,10)	0,19 (0,19)
	ho+hncz+	0,15 (0,15)**	0,12 (0,13)	0,13 (0,14)
	ho-hncz+	0,04 (0,04)**	0,11 (0,11)	0,05 (0,05)

\* Istotny statystycznie efekt główny wrażliwości na hałas ( $p < 0,05$ ).

\*\* Istotne różnice między podgrupami o różnej wrażliwości na hałas ( $p < 0,05$ ).

ekspozycji na hałas (tj.: wskaźnikami interfeferencji czytania i nazywania, medianą czasu reakcji w poszczególnych fazach testu oraz liczbą popełnianych błędów czytania i nazywania w warunkach interfeferencji). Wykazano jedynie wpływ wrażliwości na hałas na medianę czasu czytania w warunkach interfeferencji ( $p = 0,021$ ) i interfeferencję czytania ( $p = 0,008$ ).

Osoby sklasyfikowane jako ho-hncz+ wykazywały tendencję do osiągania wyższych wartości interfeferencji czytania podczas ekspozycji na hncz niż w warunkach tła akustycznego i hałasu referencyjnego (ryc. 6, tab. 4). Podczas ekspozycji na hałas referencyjny najwyższe wartości interfeferencji czytania obserwowano u osób ho+hncz-, a najniższe - u osób sklasyfikowanych jako ho-hncz+ ( $p = 0,055$ ). Z kolei w warunkach tła akustycznego osoby ho+hncz- i ho+hncz+

osiągały wyższe wartości interfeferencji czytania w porównaniu do osób przypisanych do innych kategorii wrażliwości na hałas ( $p = 0,036$ ) (ryc. 6).

**Analiza log-linowa.** Nie stwierdzono różnic pomiędzy zmiennymi: liczbą popełnianych błędów czytania i nazywania w fazie podstawowej, warunkami ekspozycji i wrażliwością na hałas badanych osób.

*Test Rozumowania Arytmetycznego*

**ANCOVA.** Nie wykazano istotnego wpływu ani rodzaju ekspozycji, ani wrażliwości na hałas na wyniki testu, tj. frakcją poprawnie i błędnych rozwiązanych zadań. Nie stwierdzono również istotnej interakcji obu ww. czynników głównych.

*Test Rozpoznawania Nazw*

**ANCOVA.** Wykazano różnice pomiędzy wynikami uzyskiwanymi przez badane osoby w różnych warunkach ekspozycji na hałas, tj.: frakcją poprawnych ( $p = 0,012$ ) i błędnych odpowiedzi ( $p = 0,012$ ) (tab. 5). Nie stwierdzono natomiast ani istotnego wpływu wrażliwości na hałas na wyniki testu, ani interakcji rodzaju ekspozycji i wrażliwości na hałas.

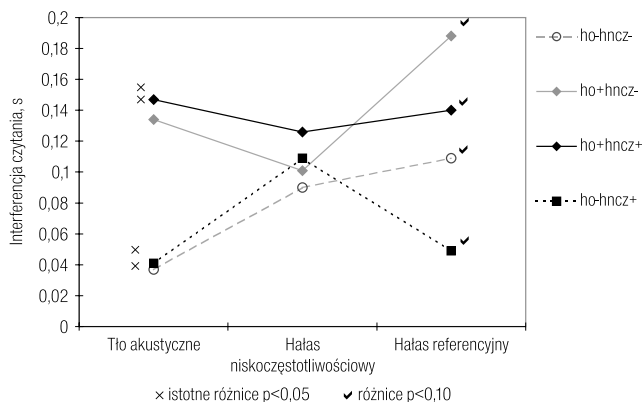
Pomijając wrażliwość na hałas, największy procentowy udział błędów stwierdzono w warunkach tła akustycznego, a najmniejszy - podczas ekspozycji na hałas referencyjny (tab. 5).

**Subiektywne oceny**

*Uciążliwość*

**ANCOVA.** Wykazano istotny wpływ rodzaju ekspozycji ( $p = 0,000$ ) i wrażliwości na hałas ( $p = 0,001$ ) na ilościową ocenę uciążliwości warunków akustycznych, w których wykonywano testy psychologiczne.

Ogólnie rzecz biorąc najniżej oceniano uciążliwość w warunkach tła akustycznego. Uciążliwość hncz była najwyżej oceniana przez osoby sklasyfikowane jako ho+hncz- i ho+

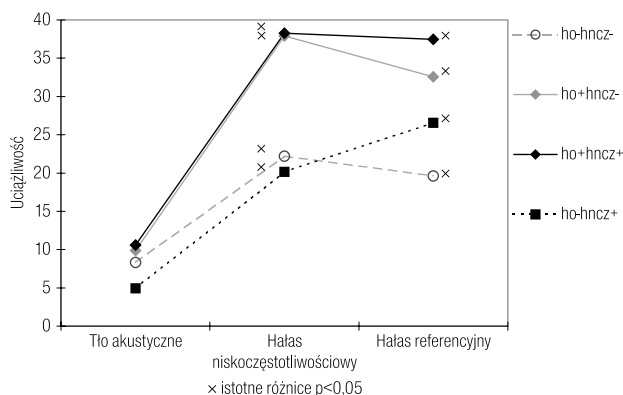


**Ryc. 6.** Interferencja czytania w Teście Kolorowego Słowa Stroopa - wyniki uzyskane w różnych warunkach ekspozycji na hałas przez osoby o różnej wrażliwości na hałas - wartości średnie skorygowane ze względu na wiek i wykształcenie (ho-hncz- osoby mniej wrażliwe na hałas w ogóle i mniej wrażliwe na hncz, ho+hncz- osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i mniej wrażliwe na hncz, ho+hncz+ osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i bardziej wrażliwe na hncz, ho-hncz+ osoby mniej wrażliwe na hałas w ogóle i bardziej wrażliwe na hncz).

**Tabela 5.** Wyniki uzyskane w Teście Rozpoznawania Nazw (wartości średnie, kursywą podano wartości średnie skorygowane ze względu na wiek i wykształcenie)

Parametry testu	Badana grupa	Rodzaj ekspozycji		
		tło akustyczne	hałas niskoczęstotliwościowy	hałas referencyjny
Frakcja poprawnych odpowiedzi (%)	Ogółem*	92,27	94,84	95,81
	ho-hncz-	94,15 (94,50)	96,35 (96,48)	95,62 (95,51)
	ho+hncz-	91,65 (90,68)	95,07 (94,25)	96,24 (95,76)
	ho+hncz+	90,72 (91,70)	93,93 (94,89)	95,69 (95,40)
	ho-hncz+	92,53 (92,17)	94,66 (94,38)	95,96 (96,84)
Frakcja błędnych odpowiedzi (%)	Ogółem*	7,73 <sup>E</sup>	5,16 <sup>E</sup>	4,19 <sup>E</sup>
	ho-hncz-	5,85 (5,50)	3,65 (3,52)	4,38 (4,49)
	ho+hncz-	8,35 (9,32)	4,93 (5,75)	3,76 (4,24)
	ho+hncz+	9,28 (8,30)	6,07 (5,11)	4,31 (4,60)
	ho-hncz+	7,47 (7,83)	5,34 (5,62)	4,04 (3,16)

\* Istotny statystycznie efekt główny rodzaju ekspozycji na hałas ( $p < 0,05$ ).



**Ryc. 7.** Rezultaty oceny uciążliwości różnych warunków ekspozycji na hałas podczas wykonywania testów psychologicznych przez osoby o różnej wrażliwości na hałas – wartości średnie skorygowane ze względu na wiek i wykształcenie (ho-hncz- osoby mniej wrażliwe na hałas w ogóle i mniej wrażliwe na hncz, ho+hncz- osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i mniej wrażliwe na hncz, ho+hncz+ osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i bardziej wrażliwe na hncz, ho-hncz+ osoby mniej wrażliwe na hałas w ogóle i bardziej wrażliwe na hncz).

hncz+ ( $p = 0,023$ ). Z kolei uciążliwość hałasu referencyjnego była najwyżej oceniana przez osoby uznane jako ho+ hncz+, a najniżej - przez osoby ho-hncz- ( $p = 0,014$ ) ryc. 7, tab. 6).

**Ocena opisowa.** Większość badanych osób w warunkach tła akustycznego nic nie odczuwała (57,8%) i nie zgłaszała żadnych dolegliwości (54,1%). Z kolei podczas ekspozycji na hncz i hałas referencyjny około połowy osób nie zgłaszało żadnych dolegliwości, a jedynie odpowiednio 12,5% i 9,4% nic nie odczuwało. Obecność hałasu (dźwięków) w pomieszczeniu zauważały prawie wszystkie osoby ekspozycjonowane na hałas referencyjny i znacznie ponad 2/3 - na hncz. W warunkach tła akustycznego jedynie 17,2% osób postrzegало dźwięki związane z pracą komputera i klimatyzacji. Kłopoty z koncentracją uwagi nie tylko były najczęściej zgłaszane w związku z ekspozycją na hałas referencyjny (32,8%), ale również były istotnie częściej wiązane z tym rodzajem ekspozycji niż z pozostałymi. Z kolei w narażeniu na hncz najczęściej skarżono się na senność (18,8%) i zmęczenie

**Tabela 6.** Subiektywne oceny uciążliwości warunków przeprowadzania testów i wysiłku poświęconego na rozwiązywanie testów (wartości średnie, kursywą podano wartości średnie skorygowane ze względu na wiek i wykształcenie)

	Badana grupa	Rodzaj ekspozycji		
		tło akustyczne	hałas niskoczęstotliwościowy	hałas referencyjny
Ocena uciążliwości	Ogółem*, **	8,45	29,25	28,73
	ho-hncz-	9,18 (8,33)	21,73 (22,18)***	20,83 (19,60)***
	ho+hncz-	9,62 (9,87)	40,89(37,91)***	31,33 (32,56)***
	ho+hncz+	10,44 (10,60)	34,54 (38,27)***	32,14 (37,47)***
	ho-hncz+	4,50 (4,94)	21,33(20,14)***	31,87 (26,55)***
Ocena wysiłku	Ogółem**	25,56	28,94	32,25
	ho-hncz-	23,94 (25,46)	25,47 (25,97)***	29,39 (29,11)
	ho+hncz-	22,77 (21,18)	40,11 (36,59)***	27,00 (27,66)
	ho+hncz+	32,61 (33,88)	32,00 (36,54)***	35,67 (37,52)
	ho-hncz+	21,63 (20,43)	20,80 (19,27)***	34,07 (31,83)

\* Istotny statystycznie efekt główny rodzaju ekspozycji na hałas ( $p < 0,05$ ).

\*\* Istotny statystycznie efekt główny wrażliwości na hałas ( $p < 0,05$ ).

\*\*\* Istotne różnice między podgrupami o różnej wrażliwości na hałas ( $p < 0,05$ ).



**Tabela 7.** Subiektywne odczucia i dolegliwości podczas wykonywania testów

	Tło akustyczne	Hałas niskoczęstotliwościowy	
		Hałas referencyjny	procentowy udział odpowiedzi
		odczucia	
Nic nie odczuwałem	57,8*	12,5*	9,4*
Słyszałem dźwięki (hałas)	17,2*	68,8*	82,8*
Odczuwałem ucisk w uszach	10,9	15,6	21,9
Odczuwałem ucisk w głowie	12,5*	15,6*	3,1*
Odczuwałem drgania w pomieszczeniu	3,1	6,3	6,3
Odczuwałem drgania w częściach ciała	6,3	1,6	3,1
Odczuwałem dyskomfort	17,2	23,4	21,9
Miałem inne odczucia	26,6*	10,9*	32,8*
		dolegliwości	
Brak dolegliwości	64,1	50,0	46,9
Bóle głowy	1,6	7,8	1,6
Kłopoty z koncentracją	12,5*	14,1*	32,8*
Zawroty głowy	1,6	4,7	1,6
Senność	9,4	18,8	15,6
Zmęczenie	17,2	26,6	15,6
Inne	15,6	4,7	14,1

\* Istotne różnice między grupami w różnych warunkach ekspozycji na hałas ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 8.** Wartości współczynników korelacji między subiektywną oceną uciążliwości warunków akustycznych podczas wykonywania testów a liczbą zgłaszanych odczuć i dolegliwości

Subiektywna ocena uciążliwości	Ogółem	Współczynnik korelacji r		
		rodzaj ekspozycji		
		tło akustyczne	hałas niskoczęstotliwościowy	hałas referencyjny
Liczba zgłaszanych odczuć	r = 0,39 p = 0,000	r = 0,50 p = 0,000	r = 0,49 p = 0,000	r = 0,41 p = 0,001
Liczba zgłaszanych dolegliwości	r = 0,36 p = 0,000	r = 0,30 p = 0,000	r = 0,32 p = 0,010	r = 0,52 p = 0,001

(26,6%), ale nie były to istotne różnice w porównaniu do innych warunków akustycznych (tab. 7).

Bez względu na rodzaj ekspozycji na hałas ocena uciążliwości na 100-punktowej skali graficznej była istotnie statystycznie skorelowana z liczbą zgłaszanych odczuć ( $r = 0,36$ ,  $p < 0,05$ ) i dolegliwości ( $r = 0,22$ ,  $p < 0,05$ ) subiektywnie wiązanych z warunkami przeprowadzania testów (tab. 8).

#### Wysiłek

**ANCOVA.** Wykazano istotny wpływ wrażliwości na hałas na subiektywną ocenę wysiłku poświęconego na wykonanie testów ( $p = 0,033$ ). W warunkach ekspozycji na hncz najczęściej wysiłku na wykonanie zadań wkładały osoby sklasyfikowane jako ho+hncz- ( $p = 0,016$ ) (tab. 6).

#### OMÓWIENIE

Eksperyment został zaprojektowany do zbadania wpływu hncz o poziomach dźwięku A spotykanych w pomieszczeniach sterowniczych na koncentrację uwagi, spostrzegawczość i logiczne rozumowanie. Podstawą oceny wpływu hncz na poziom sprawności procesów umysłowych były cztery standaryzowane testy psychologiczne mierzące:

- zdolność różnicowania wzrokowego i uwagi (test I),
- podatność na bodźce zakłócające przebieg procesów psychicznych (test II);
- zdolności logicznego (arytmetycznego) rozumowania (test III),
- spostrzegawczość i uwagę (test IV).

W eksperymencie stosowano trzy zróżnicowane warunki akustyczne, tj. warunki tła akustycznego oraz ekspozycji na hncz i hałas referencyjny o takim samym równoważnym poziomie dźwięku A ok 50 dB. Spotykane na stanowiskach pracy w pomieszczeniach sterowniczych poziomy ciśnienie akustycznych zawierają się zwykle w przedziale od 48–66 dB, a więc poziom 50 dB(A) odpowiada dolnej granicy (16). Hałas niskoczęstotliwościowy został wygenerowany sztucznie, stąd kształt jego widma nieco odbiegał od typowego widma hałasu w pomieszczeniach sterowniczych; miał wyraźny charakter tonalny z dominującymi składowymi 25; 31,5; 80 i 100 Hz. Godny uwagi jest fakt, iż hałas tła akustycznego również zawierał istotne składowe niskoczęstotliwościowe z przedziału 10–100 Hz.

Często przyjmuje się, iż wyróżnikiem hncz jest różnica poziomów dźwięku C i A większa od 15 dB (1). Warunek

ten spełniony zarówno w warunkach ekspozycji na hncz, jak i w warunkach tła akustycznego.

Uzyskane wyniki wskazują na to, że hncz o równoważnym poziomie dźwięku A rzędu 50 dB może ujemnie wpływać na sprawność niektórych procesów psychicznych, a indywidualna wrażliwość na hałas w ogóle i na hncz w szczególności jest czynnikiem w znacznym stopniu determinującym obserwowane reakcje.

Wpływ wrażliwości na hałas na poziom wykonywania testów psychologicznych obserwowano wielokrotnie we wcześniejszych badaniach. Przykładowo Jelinkova stwierdziła, iż w warunkach ekspozycji na hałas drogowy o równoważnym poziomie dźwięku A równym 75 dB osoby wrażliwe na hałas miały obniżoną zdolność do pracy i koncentrację uwagi w stosunku do osób tolerancyjnie nastawionych na hałas (25). Z kolei Belojevic i in. nie tylko potwierdzili wpływ wrażliwości na hałas na wyniki niektórych testów psychologicznych podczas symulowanej ekspozycji na hałas drogowy o równoważnym poziomie dźwięku A równym 55 i 75 dB, ale również zwrócili uwagę na związek pomiędzy wrażliwością na hałas a subiektywną oceną uciążliwości hałasu (26).

Wyniki wcześniejszych badań nt. uciążliwości hncz w środowisku komunalnym wykazały, że osoby wrażliwe na ten rodzaj hałasu niekoniecznie muszą być wrażliwe na hałas jako taki (1). Z tego właśnie powodu w niniejszej pracy brano pod uwagę nie tylko ogólną wrażliwość na hałas, ale również wrażliwość na hncz.

Do oceny ogólnej wrażliwości na hałas zadaptowano stosowany wielokrotnie we wcześniejszych badaniach kwestionariusz wrażliwości na hałas Weinsteina (13-14,26). Natomiast jako podstawę oceny wrażliwości na hncz zaproponowano trzy stwierdzenia uwzględniające typowe reakcje i symptomy ekspozycji na ten rodzaj hałasu.

Wyniki przeprowadzonej klasyfikacji osób z punktu widzenia indywidualnej wrażliwości na hałas potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia, że wyższa wrażliwość na specyficzny rodzaj hałasu, jakim jest hncz niekoniecznie musi być równoznaczna z ogólnie z wyższą wrażliwością na hałas (1). Dlatego wydaje się zasadne, aby przy rozpatrywaniu wpływu hncz na sprawność funkcji psychicznych uwzględniać indywidualną wrażliwość na ten rodzaj hałasu.

Mimo to, iż w innych ostatnio przeprowadzonych badaniach wrażliwość na hncz była oceniana w oparciu o podobne dwa lub trzy pytania/stwierdzenia (np. „Czy jesteś wrażliwy na hncz?” lub „Jestem wrażliwy na dudniący hałas wentylatorowy”), autorzy biorą pod uwagę możliwość weryfikacji dotychczas stosowanego sposobu oceny (13-15).

W omawianym eksperymencie wpływ rodzaju ekspozycji lub/i wrażliwości na hałas na poziom sprawności procesów umysłowych lub interakcję pomiędzy ww. czynnikami głównymi obserwowano w przypadku trzech spośród czterech wykonywanych testów, tj.: Testu Wykrywania Sygnału, Testu Kolorowego Słowa Stroopa i Testu Porównywania Nazw.

Ogólnie rzecz biorąc różnice między wynikami osiąganymi przez badane osoby w różnych warunkach ekspozycji

stwierdzono jedynie w przypadku Testu Rozpoznawania Nazw. Największy procent błędnych odpowiedzi udzielono w warunkach tła akustycznego, a najmniejszy – podczas ekspozycji na hałas referencyjny.

Tendencję do osiągania przez osoby o wyższej wrażliwości bądź ogólnie na hałas, bądź hncz w szczególności, gorszych wyników podczas ekspozycji na hncz w porównaniu do warunków tła akustycznego i hałasu referencyjnego stwierdzono w trakcie wykonywania Testu Kolorowego Słowa Stroopa i Wykrywania Sygnału. W pierwszym przypadku u osób uznanych jako ho-hncz+ obserwowano wyższe wartości wskaźnika interferencji czytania, co sugeruje większą podatność na bodźce zakłócające przebieg procesów psychicznych. Z kolei w drugim przypadku, osoby ho+hncz- popełniały istotnie więcej błędów, co może świadczyć o pogorszeniu zdolności różnicowania wzrokowego i uwagi.

Godnym uwagi jest fakt, iż stwierdzono związek pomiędzy wrażliwością na hałas a niektórymi wynikami testów w warunkach tła akustycznego. Osoby sklasyfikowane jako hn+hncz+, w porównaniu do osób przypisanych do innych kategorii wrażliwości na hałas, osiągały dłuższe czasy reakcji w Teście Wykrywania Sygnału i wykazywały większą podatność na bodźce zakłócające przebieg procesów psychicznych przejawiającą się większymi wartościami interferencji czytania w Teście Kolorowego Słowa Stroopa. Jest to dość interesujący wynik, zwłaszcza że rezultaty wcześniejszych badań w warunkach tła akustycznego (30 dB(A)) oraz symulowanego hałasu drogowego o równoważnym poziomie dźwięku A rzędu 50 i 75 dB, nie wykazały związku pomiędzy wrażliwością na hałas ocenianą kwestionariuszem Weinsteina a poziomem sprawności procesów umysłowych w warunkach tła akustycznego (26).

Ogólnie rzecz biorąc dane nt. tego, jak hncz, o względnie niskich poziomach dźwięku A, występujących w pomieszczeniach biurowych i sterowniczych, wpływa na sprawność procesów umysłowych, są raczej skąpe. Przykładowo, przeprowadzone przez Persson Waye i in. pilotażowe badania laboratoryjne wykazały, że niskoczęstotliwościowy hałas wentylatorowy o poziomie dźwięku ok. 42 dB(A) może powodować wzrost czasu reakcji w teście werbalnym opartym na gramatycznej transformacji sentencji słownych w porównaniu do hałasu wentylatorowego o takim samym poziomie dźwięku A, ale bez dominujących niskich częstotliwości (12).

Kolejne badania, stanowiące kontynuację ww. potwierdziły wcześniejsze spostrzeżenia, iż w warunkach ekspozycji na hncz o względnie niskich poziomach ciśnienia akustycznego może dochodzić do zaburzeń złożonych procesów umysłowych, a szczególnie predysponowane do ich wystąpienia są osoby o dużej wrażliwości na ten czynnik (13).

W badaniach tych porównywano wyniki uzyskiwane w warunkach ekspozycji na niskoczęstotliwościowy hałas wentylatorowy i hałas wentylatorowy bez udziału niskich częstotliwości o tym samym poziomie dźwięku A równym 40 dB. Osoby badane czterokrotnie wykonywały serię testów

psychologicznych, po 2 razy w różnych warunkach ekspozycji na hałas (niezależne sesje). Dwukrotne powtarzanie zadań w ramach jednej sesji służyło ocenie, jak zmienia się w czasie sprawność procesów psychicznych.

Oceniając wpływ hałasu na wyniki testów psychologicznych i subiektywne reakcje brano pod uwagę indywidualną wrażliwość na hałas w ogóle i na hncz w szczególności, ale każdy rodzaj wrażliwości rozpatrywano oddzielnie. Wykazano znaczne poprawianie się czasu reakcji przy powtórnym wykonywaniu werbalnego testu gramatycznego w warunkach ekspozycji na hałas referencyjny w porównaniu do hncz. Wynik taki związany jest prawdopodobnie z wpływem procesu uczenia się zadania testowego, jaki zachodzi w czasie badania. Brak zmian czasu reakcji przy powtórnym wykonaniu testu w warunkach ekspozycji na hncz oznacza zatem znoszenie się efektu uczenia przy oddziaływaniu tego czynnika. Zakłócający wpływ hncz stwierdzono również w przypadku testu korekcji tekstu, co przejawiało się zmniejszaniem liczby dokonywanych korekt wraz z wydłużaniem się czasu ekspozycji. Zwrócono także uwagę na to, że osoby badane przypisywały wyższy stopień uciążliwości i większe obniżenie wydajności pracy warunkom ekspozycji na hncz niż na hałas referencyjny. Co więcej, efekty te były wyraźniejsze u osób bardziej wrażliwych na hncz, podczas gdy częściowo różne wyniki uzyskano w przypadku osób sklasyfikowanych jako bardziej wrażliwe na hałas w ogóle (13).

W niniejszej pracy również stwierdzono, iż ocena uciążliwości warunków akustycznych, w których wykonywano testy psychologiczne była powiązana z rodzajem ekspozycji i indywidualną wrażliwością na hałas. Nie stanowi zaskoczenia fakt, iż uciążliwość warunków tła akustycznego była oceniana najniżej. Tymczasem uciążliwość hncz była najwyżej oceniana przez osoby sklasyfikowane jako bardziej wrażliwe ogólnie (tj. ho+hncz+ i ho+hncz-). Z kolei uciążliwość hałasu referencyjnego najniżej oceniali osoby mniej wrażliwe zarówno ogólnie na hałas, jak i na hncz w szczególności.

Należy zwrócić uwagę, że bez względu na rodzaj ekspozycji na hałas oceny stopnia uciążliwości na 100-punktowej skali graficznej były skorelowane z liczbą zgłaszanych odczuć i dolegliwości subiektywnie wiązanych z warunkami przeprowadzania testów.

Nie stanowi zaskoczenia fakt, iż w warunkach tła akustycznego większość badanych osób nic nie odczuwała i nie zgłaszała żadnych dolegliwości. Natomiast godnym uwagi jest fakt, iż podczas narażenia na hncz najczęściej skarżono się na zmęczenie i senność. Istnieją bowiem dowody na to, że hncz w większym stopniu niż hałasy o wyższych częstotliwościach może nasilać zmęczenie (27,28).

Reasumując, uzyskane wyniki potwierdzają rezultaty wcześniejszych badań wskazujące, że hncz o poziomach spotykanych w przemysłowych pomieszczeniach sterowniczych może być odbierany jako uciążliwy i ujemnie wpływać na koncentrację uwagi oraz spostrzegawczość, szczególnie w przypadku osób wrażliwych na ten rodzaj hałasu.

## WNIOSKI

1. Wpływ rodzaju ekspozycji lub/i wrażliwości na hałas na poziom sprawności procesów umysłowych lub interakcję pomiędzy ww. czynnikami głównymi obserwowano w przypadku trzech spośród czterech wykonywanych testów, tj.: Testu Wykrywania Sygnału, Testu Kolorowego Słowa Stroopa i Testu Porównywania Nazw.

2. Tendencję do osiągania gorszych wyników w narażeniu na hncz w porównaniu do warunków tła akustycznego i hałasu referencyjnego obserwowano u osób:

– bardziej wrażliwych na hncz i mniej wrażliwych ogólnie na hałas w Teście Kolorowego Słowa Stroopa (wyższa podatność na bodźce zakłócające przebieg procesów psychicznych, przejawiająca się większymi wartościami interferencji czytania),

– bardziej wrażliwych ogólnie na hałas i mniej wrażliwych na hncz w Teście Wykrywania Sygnału (ograniczona zdolność różnicowania wzrokowego i uwagi równoważna z większą ilością błędnych reakcji).

3. Stwierdzono związek pomiędzy wrażliwością na hałas a niektórymi wynikami testów w warunkach tła akustycznego, zawierającego znaczące składowe niskoczęstotliwościowe. Osoby bardziej wrażliwe na hałas w ogóle i na hncz w szczególności, w porównaniu do pozostałych osób, osiągały dłuższe czasy reakcji w Teście Wykrywania Sygnału i wykazywały większą podatność na bodźce zakłócające przebieg procesów psychicznych, przejawiającą się większymi wartościami interferencji czytania w Teście Kolorowego Słowa Stroopa.

4. Rodzaj ekspozycji i wrażliwość miały wpływ na ocenę uciążliwości warunków akustycznych, w których przeprowadzono testy psychologiczne. Uciążliwość hncz była najwyżej oceniana przez osoby sklasyfikowane jako bardziej wrażliwe ogólnie na hałas.

5. Reasumując, uzyskane wyniki potwierdzają rezultaty wcześniejszych badań, iż hałas niskoczęstotliwościowy o poziomach spotykanych w przemysłowych pomieszczeniach sterowniczych może być odbierany jako uciążliwy i ujemnie wpływać na koncentrację uwagi oraz spostrzegawczość, szczególnie w przypadku osób wrażliwych na ten rodzaj hałasu.

## PIŚMIENNICTWO

1. Persson-Waye K.: On the Effects of Environmental Low Frequency Noise [praca doktorska]. Gothenburg University, Sweden 1995.
2. Berglund B., Hassmen P., Job R.F.: Sources and effects of low-frequency noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 1996; 99 (5): 2985-3002.
3. Pawlaczyk-Luszczyńska M.: Evaluation of occupational exposure to infrasonic noise in Poland. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health.* 1999; 12 (2): 159-176.
4. Tokita Y.: Low frequency noise pollution problems in Japan. W: Moller H., Rubak P. [red.]. *Proceedings of Conference on Low Frequency Noise and Hearing*; 7-9 maja 1980; Aalborg. Aalborg University Press, Aalborg 1980, ss. 47-60.

5. Nagai N., Matsumoto M., Yamasumi Y., Shirahi T., Nishimura K., Matsumoto K. i wsp.: Process and emergence on effects of infrasonic and low frequency noise on inhabitants. *J. L. F. Noise Vib.* 1989; 8: 87-99.
6. Persson-Waye K., Rylander R.: The prevalence of annoyance and effects after long-term exposure to low frequency-noise. *J. Sound. Vib.* 2001; 240: 483-497.
7. Berglund B., Lindvall T., Schwella D., Goh K.T.: Guidelines for Community Noise. World Health Organisation, Geneva 2000.
8. Moller H.: Physiological and psychological effects of infrasound on humans. *J. L. F. Noise Vib.* 1984; 3 (1):1-17.
9. Landstrom U.: Human exposure to infrasound. W: Cheremisinoff P.N. [red.]. *Encyclopedia of Environmental Control Technology: High Hazard Pollutants*. Gulf Publication, Huston 1995, ss. 431-453.
10. Benton S., Leventhal H.G.: Experiments into the impact of low level, low frequency noise upon human behavior. *J. L. F. Noise Vib.* 1986; 5 (4): 143-162.
11. Benton S., Robinson G.: The effects of noise on text problem solving for word processor user (WPU). W: Vallet M. [red.]. *Noise and Man'93. Noise as a Public Health Problem. Proceedings of the 6th International Congress*; 5-9 lipca 1993; Nice, France. Institut National de Recherche sur Le Transport et Luer Securite, Bron 1993, ss. 539-541.
12. Persson-Waye K., Rylander R., Benton S.: Effects on performance and work quality due to low frequency ventilation noise. *J. Sound Vib.* 1997; 205: 467-474.
13. Persson-Waye K., Bengtsson J., Kjellberg A., Benton S.: Low frequency noise pollution interferes with work performance. *Noise Health* 2001; 4: 33-49.
14. Persson-Waye K., Bengtsson J., Rylander R., Hucklebridge F., Evans P., Clow A.: Low frequency noise enhances cortisol among noise sensitive subject during work performance. *Life Sci.* 2002; 70 (7): 745-758.
15. Bengtsson J., Persson-Waye K.: Evaluation of effects due to low frequency noise in a low demanding work situation. W: Bengtsson J. [praca doktorska]. *Low Frequency Noise During Work-Effects on Performance and Annoyance*. Göteborg University, Sweden 2003.
16. Pawlaczyk-Łuszczczyńska M., Dudarewicz A., Waszkowska M.: Annoyance of low frequency noise in control rooms. W: Selamet A., Singh R, Maling G.C., [red.]. *Proceedings of the Inter-Noise 2002, The 2002 International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*; 19-21 sierpnia 2002; Dearborn, MI, USA [CD-ROM, paper no. N118]. Institute of Noise Control Engineering, USA, Inc. 2002.
17. PN-N-01307:1994: Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące przeprowadzania pomiarów. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1994.
18. Wiedeński System Testów [cytowany 19 września 2003]. Adres: <http://www.alta.pl>.
19. Noworol C., Beauvale A., Łączala Z., Żarczyński Z.: Bateria Testów Uzdolnień Ogólnych BUTO. Polska adaptacja Wersji B-10002B GATB - General Aptitude Test Battery [maszynopis]. Ministerstwo Pracy i Polityki Socjalnej, Warszawa 1997.
20. Green D., Swets J.A.: *Signal detection theory and psychophysics*. Wiley, New York 1966.
21. Łuczak A., Sobolewski A.: Charakterystyka psychometryczna testów psychometrycznych. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 2002.
22. Stroop J.R.: Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exp. Psych.* 1935; 18: 643-662.
23. Sikora A.: Test skłonności intreferycyjnej jako kryterium podatności na bodźce zakłócające przebieg procesów psychicznych. *Zdrow. Psych.* 1968; 4 (9): 18-27.
24. Weinstein N.D.: Individual differences in reaction to noise: A longitudinal study in a college dormitory. *J. Appl. Psychol.* 1978; 63: 458-466.
25. Jelnikova Z.: Coping with noise in noise sensitive subjects. W: Berglund B., Berglund U., Karlsson J., Lindvall T. [red.]. *Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem*; 21-25 sierpnia 1988; Stockholm, Sweden. Swedish Council for Building Research, Stockholm 1988, ss. 27-30.
26. Belojevic G., Ohrstrom E., Rylander R.: Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.*, 1992; 64 (4): 293-301.
27. Landstrom U., Bystrom M., Nordstrom B.: Changes in wakefulness during exposure to noise at 42 Hz, 1000 Hz and individual EEG frequencies. *J. J. L. F. Noise Vib.* 1984; 4: 27-33.
28. Landstrom U.: Noise and fatigue in working environments. *Environ. Int.* 1990, 16: 471-476.