

**Dariusz Pleban
Grzegorz Szczepański
Jan Radosz
Łukasz Kapica
Adrian Alikowski
Krzysztof Łada
Anna Włodarczyk**

Uciążliwość hałasu turbin wiatrowych

Materiały informacyjne



Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej.

Zadanie nr 2.SP.02/TSB,

pt. Badanie uciążliwości hałasu słyszalnego i hałasu niskoczęstotliwościowego turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracowników ich podstawowych zadań na stanowiskach pracy zlokalizowanych w pobliżu farm wiatrowych

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autorzy – dr hab. inż. Dariusz Pleban, prof. Instytutu, mgr inż. Grzegorz Szczepański, dr inż. Jan Radosz, mgr inż. Łukasz Kapica, inż. Adrian Alikowski, Krzysztof Łada, Anna Włodarczyk

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Fot. na okładce: YevgeniySam/Bigstockphoto

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (48-22) 623 46 50, fax (48-22) 623 36 93, www.ciop.pl

Spis treści

1.	Wprowadzenie	3
2.	Metoda badań	4
3.	Ocena uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na stanowiskach pracy w pobliżu farm wiatrowych	6
4.	Ocena uciążliwości hałasu turbin wiatrowych w warunkach laboratoryjnych	11
5.	Ocena uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań	13
6.	Podsumowanie	15
	Bibliografia	16

Wprowadzenie

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy *w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne* [1], w środowisku pracy hałas definiuje się jako każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia lub zwiększać ryzyko wypadku przy pracy. Hałas, poza oddziaływaniem na narząd słuchu, jako stresor może przyczyniać się do rozwoju różnego typu chorób (np. choroby nadciśnieniowej, choroby wrzodowej, nerwic), powodować rozproszenie uwagi, utrudniać pracę i zmniejszać jej wydajność [2, 3]. Zgodnie z definicją ISO/TS 15666 [4] uciążliwość wynikająca z ekspozycji na hałas jest indywidualną, niekorzystną reakcją osoby wpływającą na niezadowolenie, niepokój, zirytowanie, zakłócenie spokoju. Światowa Organizacja Zdrowia wiąże uciążliwość hałasu z niekorzystnym wpływem na zdrowie i definiuje jako doświadczenie wielu różnych reakcji, takich jak gniew, rozczarowanie, niezadowolenie, wycofanie, bezradność, depresja, lęki, rozproszenie uwagi, wyczerpanie [5].

Systematyczny wzrost zapotrzebowania na energię, jak również towarzyszący temu wzrost zanieczyszczeń środowiska będący skutkiem stosowania głównie paliw kopalnych, spowodował wzrost wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego z 2021 r. [6] udział energii ze źródeł odnawialnych w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem wzrósł 19,74% w 2019 r. do 21,60% w 2020 r. Energia pozyskana ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2020 r. pochodziła w przeważającym stopniu z biopaliw stałych (71,61%), energii wiatru (10,85%) i z biopaliw ciekłych (7,79%).

Korzystanie z drugiego spośród ww. źródeł energii, tj. energii wiatru wywołuje stale szereg pytań z zakresu oddziaływania farm wiatrowych na człowieka. Oddziaływanie to obejmuje wiele czynników związanych z funkcjonowaniem farm wiatrowych, a w szczególności hałas emitowany przez te farmy. W związku z tym zagadnienia związane z oddziaływaniem hałasu farm wiatrowych na człowieka jest tematem licznych prac naukowych. W niniejszej broszurze przedstawiono wyniki zrealizowanych w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy - Państwowym Instytucie Badawczym (CIOP-PIB) badań dotyczących wpływu hałasu turbin wiatrowych, jako czynnika uciążliwego, na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań.

Metody badań

Jak wykazują badania ankietowe prowadzone cyklicznie przez Europejską Fundację na Rzecz Poprawy Warunków Życia i Pracy (Eurofound) w Dublinie w ramach przeglądów warunków pracy, istnieje potrzeba przeprowadzenia oceny zagrożeń w środowisku pracy zarówno metodami obiektywnymi jak i subiektywnymi. Subiektywne oceny zagrożeń są uwarunkowane cechami indywidualnymi pracowników, warunkami psychologicznymi ich pracy, a także poczuciem ryzyka zawodowego. Stanowią one pośrednią metodę oceny o zagrożeniach zawodowych oraz ich skutkach dla zdrowia i życia. Znaczenie badań subiektywnych wiąże się bezpośrednio z definicją zdrowia przyjętą przez Światową Organizację Zdrowia WHO: „*zdrowie to nie tylko brak choroby czy ułomności, ale pełny dobrostan fizyczny, psychiczny i społeczny*”.

Zrealizowane w CIOP-PIB badania dotyczące uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracowników ich podstawowych zadań objęły:

- badanie ankietowe dotyczące oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych, zlokalizowanych w pobliżu farm wiatrowych stanowiskach pracy,
- badanie ankietowe dotyczące oceny uciążliwości odtwarzanych w warunkach laboratoryjnych hałasów turbin o poziomach dźwięku A wynoszących 30 dB, 40 dB oraz 50 dB,
- badania laboratoryjne uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań.

W celu określenia uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na zlokalizowanych w pobliżu farm wiatrowych stanowiskach pracy opracowano ankietę, która stanowiła narzędzie badawcze. Opracowując ankietę kierowano się wytycznymi i zasadami określonymi w ISO/TS 15666:2003 [4].

Realizując badania wpływu hałasu turbin wiatrowych, jako czynnika uciążliwego, na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań za podstawę przyjęto zasadę, że obciążenie psychiczne to stan organizmu, który jest konsekwencją wykonywania zadań w określonym środowisku przez człowieka. Na poziom obciążenia psychicznego wpływają zatem cechy samego zadania – jego trudność, złożoność, rodzaj sprawności i funkcji zaangażowanych przy jego wykonaniu. Istnieją różne metody oceny obciążenia psychicznego. Jedną z nich polega na wykorzystaniu metod badających poziom sprawności poznawczej. Zmiany wyników w takich testach pozwalają oszacować obciążenie psychiczne. Z kolei różne warunki akustyczne w środowisku pracy wywołują różny poziom obciążenia psychicznego prowadząc do różnic w wykonywaniu testów sprawności poznawczej. W związku z tym do badań sprawności poznawczej wykorzystano 2 testy

psychologiczne z Wiedeńskiego Systemu Testów: test wydajności pracy ALS oraz test uwagi i koncentracji COG Kognitron.

Realizacja badań wymagała także opracowania laboratoryjnego stanowiska do badań uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań, umożliwiającego odtwarzanie hałasów turbin wiatrowych. Stanowisko to zostało zestawiono w komorze do badań akustycznych CIOP-PIB i bazuje ono na wielokanałowym systemie odtwarzania dźwięków wykorzystującym sieć DANTE (w której transmisja cyfrowych sygnałów akustycznych realizowana jest poprzez sieć Ethernet). W skład stanowiska (rys. 1) wchodzi m.in.:

- 16 aktywnych studyjnych monitorów pola bliskiego Avantone MixCube o zakresie przenoszenia od 90 Hz do 17 kHz,
- 2 głośniki niskotonowe LS600 o paśmie przenoszenia od 30 Hz do 200 Hz,
- 1 laboratoryjne źródło infradźwięków o paśmie przenoszenia od 8 Hz do 70 Hz.



Rys. 1. Stanowisko do laboratoryjnych badań uciążliwości hałasu turbin wiatrowych

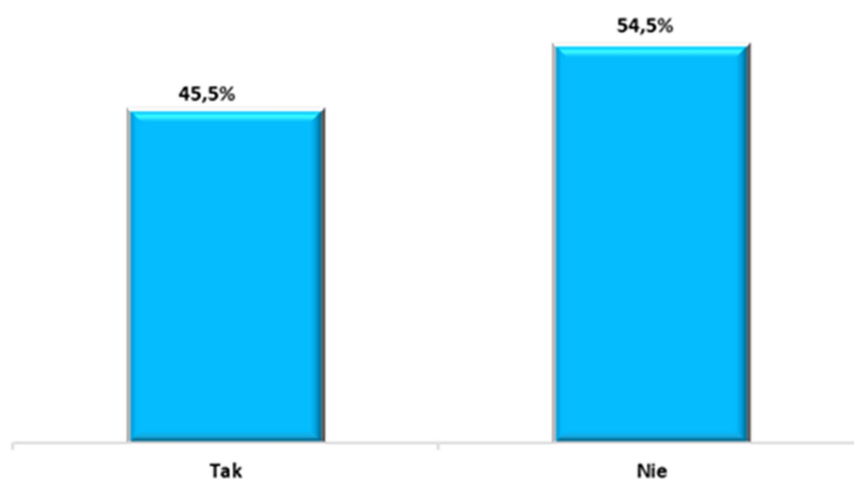
W trakcie badań laboratoryjnych odtwarzano na stanowisku badawczym 6 różnych wirtualnych środowisk akustycznych reprezentujących hałasy trzech turbin wiatrowych o poziomach dźwięku A wynoszących 30 dB, 40 dB oraz 50 dB. Podczas ekspozycji na każde z tych wirtualnych środowisk akustycznych badane osoby wykonywały na laptopie testy z Wiedeńskiego Systemu Testów

– test wydajności pracy ALS oraz test uwagi i koncentracji COG Kognitron, a także dokonywały subiektywnej oceny odtwarzanych hałasów turbin wiatrowych.

Ocena uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na stanowiskach pracy w pobliżu farm wiatrowych

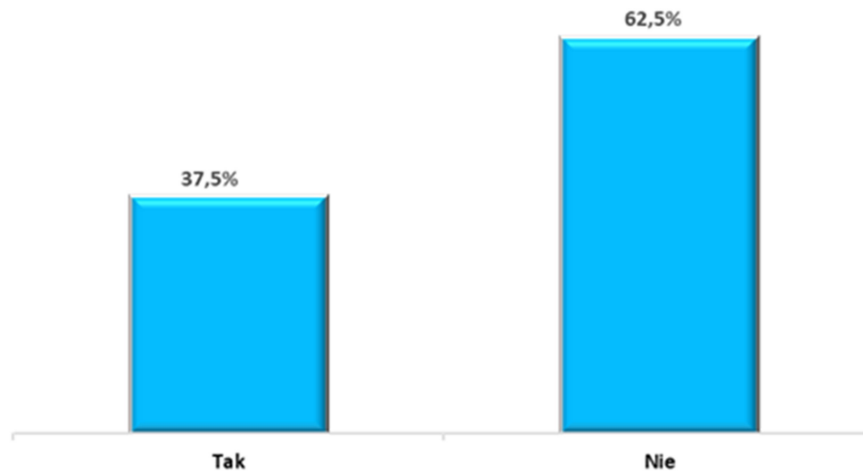
Badanie ankietowe dotyczące uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na stanowiskach pracy znajdujących się w pobliżu farm wiatrowych, tj. w odległości do 3 km przeprowadzono na grupie 200 pracowników. Wśród 200 badanych osób było 103 mężczyzn oraz 97 kobiet [8].

W wyniku badania stwierdzono, że hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowiskach pracy zajmowanych przez 45,5% respondentów. Natomiast ponad połowa badanych (54,5%) nie słyszy na stanowisku pracy hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe (rys. 2).



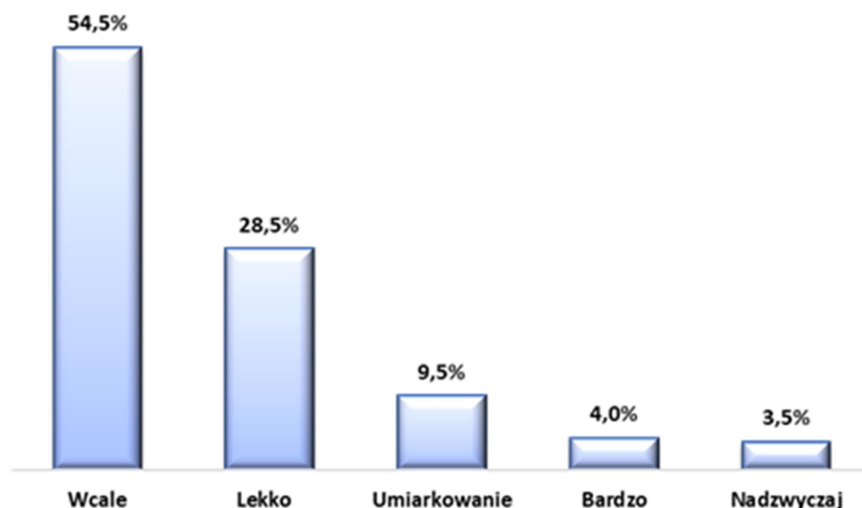
Rys. 2. Wynik odpowiedzi na pytanie „Czy Pan/Pani słyszy hałas turbin wiatrowych na stanowisku pracy?”

Na pytanie „Czy hałas turbin wiatrowych jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?” blisko 2/3 badanych osób (62,5%) stwierdziło, że hałas turbin wiatrowych nie jest uciążliwy podczas wykonywania prac zawodowych (rys. 3).



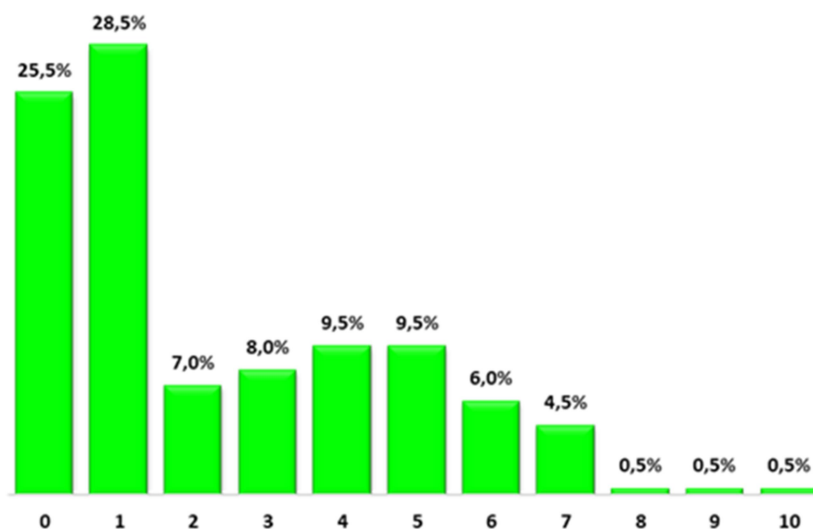
Rys. 3. Wynik odpowiedzi na pytanie „Czy hałas turbin wiatrowych jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?”

Każda z badanych osób dokonała oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na stanowisku pracy udzielając odpowiedzi na pytanie „*Jak silnie uciążliwy jest hałas turbin wiatrowych na Pana/Pani stanowisku pracy?*”. Udzielając odpowiedzi korzystano z pięciostopniowej skali opisującej uciążliwość, która obejmowała następujące odpowiedzi: *wcale*, *lekko*, *umiarkowanie*, *bardzo*, *nadzwyczaj*. Badane osoby oceniły uciążliwość hałasu turbin wiatrowych na stanowiskach pracy następująco (rys. 4): ponad połowa badanych osób (54,5%) uważa, że hałas emitowany przez turbiny wiatrowe nie jest uciążliwy na stanowisku pracy, zaś pozostała grupa badanych osób (45,5%) jest zdania, że hałas turbin wiatrowych jest uciążliwy na stanowisku pracy. Dla 28,5% badanych osób hałas ten jest lekko uciążliwy, a 9,5% badanych osób twierdzi, że hałas ten jest umiarkowanie uciążliwy. Z kolei tylko 7,5% uczestników badania hałas turbin wiatrowych ocenia jako bardzo uciążliwy (4%) lub nadzwyczaj uciążliwy (3,5%).



Rys. 4. Wyniki odpowiedzi w skali opisowej na pytanie „Jak silnie uciążliwy jest hałas turbin wiatrowych na Pana/Pani stanowisku pracy?”

Ponadto każdy uczestnik badania dokonał subiektywnej oceny hałasu według skali od 0 do 10, gdzie niższe wartości oznaczają hałas nieuciążliwy lub mało uciążliwy, wartości wyższe hałas bardzo uciążliwy. Zdecydowana większość uczestników badania ocenia uciążliwość hałasu turbin wiatrowych jako niewielką. Łącznie 69,0% badanych wskazało oceny od 0 do 3, w tym: 25,5% wskazało ocenę 0; 28,5% ocenę 1; 7,0% ocenę 2; natomiast 8,0% ocenę 3. Oceny świadczące o przeciętnej uciążliwości hałasu emitowanego przez turbiny wiatrowe (oceny od 4 do 6) wskazało łącznie 25,0% badanych, w tym po 9,5% wskazało oceny 4 oraz 5, natomiast 6,0% ocenę 6. Wysoko uciążliwość hałasu turbin wiatrowych ocenia łącznie 6,0% respondentów, w tym 4,5% badanych wskazało ocenę 7, natomiast tylko po 0,5% respondentów wymieniło oceny 8, 9 oraz 10. Średnia ocena uciążliwości hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe w skali od 0 do 10 wyniosła 2,33 a więc stwierdzono niewielką uciążliwość hałasu turbin wiatrowych (rys. 5).



Rys. 5. Wyniki odpowiedzi w skali liczbowej od 0 do 10 na pytanie „Jak silnie uciążliwy jest hałas turbin wiatrowych na Pana/Pani stanowisku pracy?”

W celu zróżnicowania badanej grupy dokonano podziału odległości stanowisk pracy od turbin wiatrowych. Uczestnicy badania wskazywali odległość stanowisk pracy od turbin wiatrowych. Na potrzeby badania wyznaczono następujące przedziały: stanowiska pracy w odległości do 0,5 km od turbin wiatrowych, stanowiska pracy w odległości od 0,5 do 1 km od turbin wiatrowych, stanowiska pracy w odległości od 1 do 2 km od turbin wiatrowych oraz stanowiska pracy w odległości od 2 do 3 km od turbin wiatrowych. W tab. 1 zamieszczono odpowiedzi na pytanie „Czy hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowisku pracy?” w zależności od odległości stanowiska pracy od farmy/turbiny wiatrowej.

Tab. 1. Odpowiedzi na pytanie „Czy hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowisku pracy?” w zależności od odległości stanowiska pracy od farmy/turbiny wiatrowej

Czy hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowisku pracy?		Odległość od farmy/turbiny wiatrowej				Ogółem
		mniej niż 0,5 km	od 0,5 do 1 km	od 1 do 2 km	od 2 do 3 km	
Tak	Częstość odpowiedzi, %	94,1	54,8	43,2	8	45,5
Nie	Częstość odpowiedzi, %	5,9	45,2	56,8	92	54,5

Odległość od farmy/turbiny wiatrowej ma związek ze słyszalnością hałas turbin wiatrowych na stanowisku pracy. Z podanych w tab.1 częstości odpowiedzi wynika, że aż 94,1% uczestników badania, którzy pracują w odległości mniejszej niż 0,5 km od turbiny wiatrowej słyszy generowany przez nią hałas. Natomiast podobnie duży odsetek (tj. 92,0%), lecz spośród osób pracujących w odległości od 2 do 3 km od turbiny wiatrowej, nie słyszy hałasu turbin wiatrowych.

Z kolei w tab. 2 zestawiono odpowiedzi na pytanie dotyczące uciążliwości hałasu turbiny wiatrowej (tj. „Czy hałas turbiny wiatrowej jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?”) w zależności od odległości stanowiska pracy od turbiny.

Tab. 2. Odpowiedzi na pytanie „Czy hałas turbiny wiatrowej jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?” w zależności od odległości stanowiska pracy od farmy/turbiny wiatrowej

Czy hałas turbin wiatrowych jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?		Odległość od farmy/turbiny wiatrowej				Ogółem
		mniej niż 0,5 km	od 0,5 do 1 km	od 1 do 2 km	od 2 do 3 km	
Tak	Częstość odpowiedzi, %	67,6	54,8	40,5	4	39
Nie	Częstość odpowiedzi, %	32,4	45,2	59,5	96	61

Z danych podanych w tab. 2 wynika, że odległość miejsca pracy od turbiny wiatrowej ma związek z oceną uciążliwości hałasu turbiny wiatrowej podczas wykonywania prac zawodowych. Z podanych częstości można odczytać, że odsetek oceniających hałas turbin wiatrowych jako uciążliwy zmniejsza się sukcesywnie wraz ze zwiększeniem odległości od farmy/turbiny wiatrowej. W przypadku odległości do 0,5 km od farmy/turbiny wiatrowej 67,6% badanych ocenia hałas generowany przez turbiny jako uciążliwy. Natomiast zwiększenie odległości do minimum 2 km (strefa w granicach od 2 do 3 km od farmy/turbiny wiatrowej) skutkuje tym, że jedynie 4,0% respondentów uważa hałas turbin wiatrowych za uciążliwy podczas wykonywania obowiązków zawodowych. Wśród osób pracujących w odległościach od 0,5 do 1 km oraz od 1 do 2 km od farm/turbin wiatrowych odsetek osób uważających hałas turbin wiatrowych za nieuciążliwy podczas wykonywania prac zawodowych wynosi odpowiednio 45,2% oraz 59,5%.

Ocena uciążliwości hałasu turbin wiatrowych w warunkach laboratoryjnych

Grupa 40 osób oceniła uciążliwość hałasów turbin wiatrowych o poziomach dźwięku A wynoszących 30 dB, 40 dB oraz 50 dB. Hałasy te były odtwarzane na stanowisku do laboratoryjnych badań uciążliwości hałasu turbin wiatrowych.

Badane osoby oceniały uciążliwość każdego z odtwarzanych hałasów turbin wiatrowych udzielając odpowiedzi na pytanie „*Jak silnie uciążliwy jest hałas turbiny wiatrowej?*”. Udzielając odpowiedzi korzystano zarówno z pięciostopniowej skali opisującej uciążliwość (która obejmowała następujące odpowiedzi: *wcale, lekko, umiarkowanie, bardzo, nadzwyczaj*) jak i skali liczbowej od 0 do 10, gdzie niższe wartości oznaczają hałas nieuciążliwy lub mało uciążliwy, wartości wyższe hałas bardzo uciążliwy.

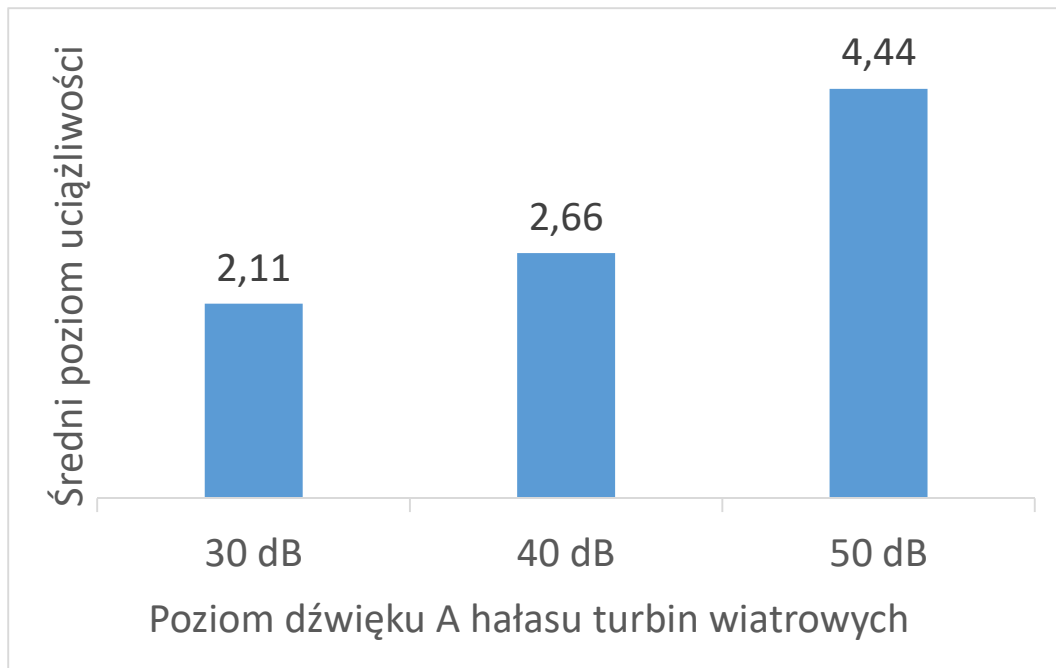
Hałas turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 30 dB oceniono następująco: najwięcej osób (45% badanych osób) stwierdziło, że oceniany hałas jest lekko uciążliwy, dla 5% badanych osób oceniany hałas nie był wcale uciążliwy, co piąta osoba (20% badanych osób) oceniła hałas jako umiarkowanie uciążliwy. Nikt z badanych nie ocenił hałasu turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 30 dB jako bardzo lub nadzwyczaj uciążliwy. Natomiast wynik oceny tego hałasu z wykorzystaniem skali liczbowej od 0 do 10 jest następujący: zdecydowana większość badanych osób oceniła uciążliwość tego hałasu jako niewielką. Łącznie 77,5% badanych osób wskazało oceny od 0 do 3, w tym: 15% badanych osób wskazało ocenę 0, 40% badanych wskazało ocenę 1, 10% badanych osób wskazało ocenę 2 oraz 12,5% badanych osób wskazało ocenę 3. Oceny świadczące o przeciętnej uciążliwości hałasu (tj. ocenę od 4 do 6) wskazali pozostali uczestnicy (tj. 22,5% badanych osób), przy czym po 10% badanych osób wskazało oceny 4 i 6 oraz 2,5% badanych osób wskazało ocenę 5. Żadna z badanych osób nie oceniła hałasu jako wysoko uciążliwy (oceny od 7 do 10).

Z kolei w przypadku hałasu turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 40 dB badani oceniali jego uciążliwość następująco: ponad połowa badanych osób (52,5%) stwierdziła, że oceniany hałas jest lekko uciążliwy, po 20% badanych osób oceniło hałas odpowiednio jako wcale uciążliwy i jako umiarkowanie uciążliwy, zaś pozostali badani (7,5%) ocenili hałas jako bardzo uciążliwy. Z kolei wynik oceny tego hałasu z wykorzystaniem skali liczbowej od 0 do 10 jest następujący: zdecydowana większość badanych osób (77,5% badanych osób) oceniła uciążliwość tego hałasu jako niewielką wskazując oceny od 0 do 3. W tej grupie badanych ocenę 0 podało 5% badanych osób, ocenę 1 podało 27,5% badanych osób, ocenę 2 podało 20% badanych osób, zaś

ocenę 3 podało 25% badanych osób. Pozostali uczestnicy badania podali oceny wskazujące na przeciętną uciążliwość hałasu (ocenę 4 podało 10% badanych osób, ocenę 5 podało 2,5% badanych osób i ocenę 6 podało także 2,5% badanych osób) oraz wysoką ocenę uciążliwości hałasu (ocenę 7 podało 5% badanych osób i ocenę 8 podało 2,5% badanych osób).

Zdecydowanie wyżej została oceniona uciążliwość hałasu turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 50 dB. Ponad połowa badanych osób (55% badanych osób) oceniła hałas odpowiednio jako lekko uciążliwy (20% badanych osób) i umiarkowanie uciążliwy (35% badanych osób), blisko co trzeci badany (30% badanych osób) ocenił hałas jako bardzo uciążliwy, zaś tylko 15% badanych osób oceniło ten hałas jako wcale uciążliwy. Wyniki oceny tego hałasu z wykorzystaniem skali liczbowej od 0 do 10 były następujące: mniej niż połowa badanych osób (40%) oceniła uciążliwość tego hałasu jako niewielką podając ocenę od 0 do 3. W tej grupie badanych ocenę 0 podało 7,5% badanych osób, ocenę 1 podało też 7,5% badanych osób, ocenę 2 podało 15% badanych osób i ocenę 3 podało 10% badanych osób. Oceny wskazujące na przeciętną uciążliwość hałasu (tj. oceny od 4 do 6) podało łącznie 32,5% badanych osób, w tym 15% badanych osób podało ocenę 4, 10% badanych osób podało ocenę 5 i 7,5% badanych osób podało ocenę 6. W przypadku tego hałasu stwierdzono największy odsetek badanych osób, które oceniły uciążliwość hałasu jako wysoką – było to łącznie 27,5% badanych osób. W tej grupie po 10% badanych osób podało oceny 7 i 8, 5% badanych osób podało ocenę 9 i 2,5% badanych osób podało ocenę 10.

Z porównania uzyskanych średnich ocen uciążliwości hałasu turbin wiatrowych (z wykorzystaniem skali liczbowej od 0 do 10) wynika, że wzrost poziomu dźwięku A hałasu turbin wiatrowych skutkuje zwiększeniem wyniku średniej oceny uciążliwości, od 2,11 dla hałasu o poziomie dźwięku A wynoszącym 30 dB poprzez 2,66 dla hałasu o poziomie dźwięku A wynoszącym 40 dB do 4,44 dla hałasu o poziomie dźwięku A wynoszącym 50 dB (rys. 6). Zatem wg badanych osób hałas turbin wiatrowych dopiero o poziomie 50 dB uznaje się jako hałas o przeciętnej uciążliwości. Hałas turbin wiatrowych o niższych poziomach został oceniony jako hałas o niewielkiej uciążliwości.



Rys. 6. Średnia uciążliwość (w skali liczbowej od 0 do 10) badanych w warunkach laboratoryjnych hałasów turbin wiatrowych

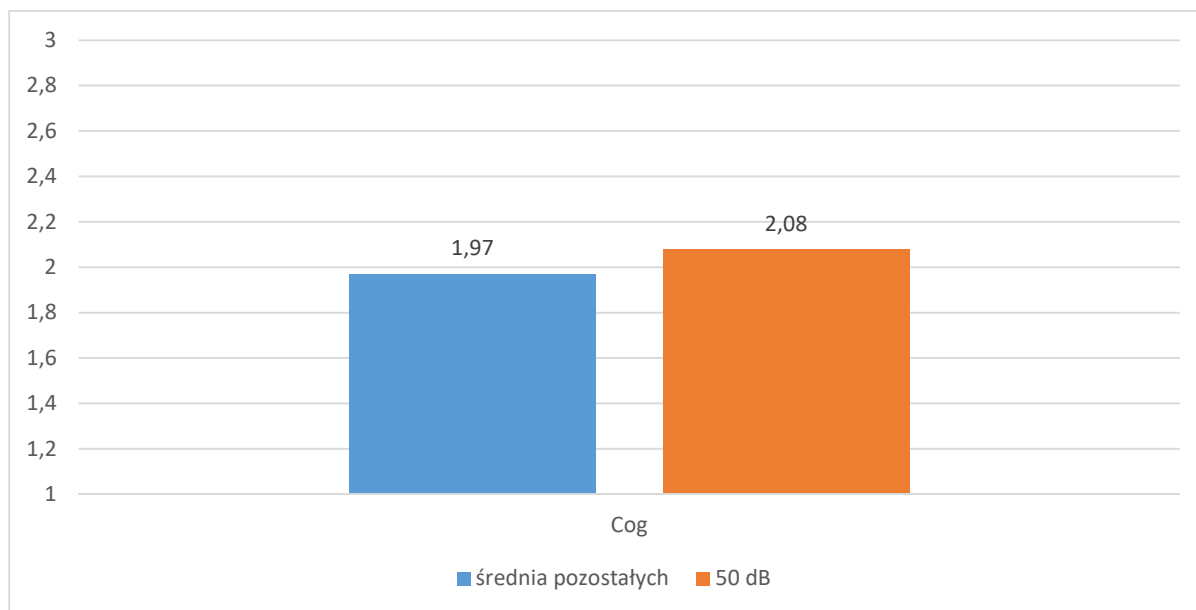
Ocena uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań

Ocena uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań została przeprowadzona na grupie 50 osób, które podczas ekspozycji na odtwarzane hałasy turbin wiatrowych wykonywały na laptopie testy z Wiedeńskiego Systemu Testów – test wydajności pracy ALS oraz test uwagi i koncentracji COG Kognitron. W teście ALS prezentowane są następujące po sobie zadania polegające na dodawaniu liczb jednocyfrowych, a zadaniem osoby badanej jest wykonywanie działań jak najszybciej i jak najdokładniej. Głównym wskaźnikiem wykonania testu ALS jest zmienna „Liczba działań, które wykonano”. Natomiast test COG Kognitron polega na porównywaniu figur geometrycznych, a zadaniem osoby badanej jest porównanie prezentowanej abstrakcyjnej figury z figurami wzorcowymi i stwierdzenie, czy są one identyczne. Głównym wskaźnikiem wykonania testu COG Kognitron jest zmienna „Średni czas poprawnego odrzucenia” (w sek.), tj. średni czas potrzebny osobie badanej do stwierdzenia, że prezentowana figura nie jest zgodna z żadną z figur wzorcowych. Badane osoby wykonywały testy ALS i COG Kognitron na stanowisku do laboratoryjnych badań uciążliwości hałasu turbin wiatrowych

podczas ekspozycji na hałasy różnych typów turbin wiatrowych o poziomach dźwięku A wynoszących 30 dB, 40 dB i 50 dB oraz w warunkach ciszy.

Wyniki zrealizowanych badań wykazały następującą tendencję: wzrost poziomu dźwięku A odtwarzanego hałasu turbiny wiatrowej skutkuje m.in. zmniejszeniem poziomu wydajności pracy badanych osób oraz obniżeniem poziomu jakości wykonanej pracy. W przypadku testu ALS najmniejszą wartość średniej arytmetycznej zmiennej „*Liczba działań, które wykonano*”, czyli głównego wskaźnika wykonania testu ALS, będącego miarą określającą poziom wydajności badanej osoby, uzyskano podczas wykonywania przez badane osoby testu w środowisku akustycznym reprezentującym hałas turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 50 dB.

Natomiast wyniki testu COG Kognitron (testu opartego na teorii opisującej wysiłek niezbędny do koncentracji na realizacji zadaniu) wskazują na największe obciążenie psychiczne człowieka w przypadku wykonywania zadań w środowisku akustycznym reprezentującym hałas turbin wiatrowych także o poziomie dźwięku A wynoszącym 50 dB (rys. 8).



Rys. 8. Porównanie zmiennej Średni czas poprawnego odrzucenia uzyskanej w środowisku akustycznym reprezentującym hałas turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 50 dB z uśrednionym wynikiem uzyskanym w pozostałych środowiskach akustycznych

Podsumowanie

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań (tj. badania ankietowego dotyczącego uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na stanowiskach pracy znajdujących się w pobliżu farm wiatrowych, badania ankietowego dotyczącego subiektywnej oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych w warunkach laboratoryjnych oraz wyników badań laboratoryjnych uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań) można stwierdzić, że:

- średnia ocena uciążliwości hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe w skali od 0 do 10 dokonana przez pracowników zatrudnionych w pobliżu farm wiatrowych wyniosła 2,33, a zatem a stwierdzono niewielką uciążliwość,
- w ramach badania ankietowego badane osoby spośród odtwarzanych hałasów turbin wiatrowych jako najbardziej uciążliwy oceniły hałas turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 50 dB. Hałas ten badane osoby oceniły w stopniu istotnym statystycznie jako bardziej uciążliwy od hałasów turbin wiatrowych o poziomach dźwięku A wynoszących odpowiednio 30 dB i 40 dB,
- zaobserwowano tendencję, że zwiększenie poziomu dźwięku A odtwarzanego hałasu turbiny wiatrowej skutkuje m.in. zmniejszeniem poziomu wydajności pracy badanych osób oraz obniżeniem poziomu jakości wykonanej pracy
- najmniejszą wartość średniej arytmetycznej zmiennej „*Liczba działań, które wykonano*” – głównego wskaźnika wykonania testu ALS, będącego miarą określającą poziom wydajności badanej osoby - uzyskano podczas wykonywania przez badane osoby testu w środowisku akustycznym reprezentującym hałas turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 50 dB,
- wyniki testu COG Kognitron (testu opartego na teorii opisującej wysiłek niezbędny do koncentracji na realizacji zadaniu) wskazują na największe obciążenie psychiczne człowieka w przypadku wykonywania zadań w środowisku akustycznym reprezentującym hałas turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A wynoszącym 50 dB.

Uwzględniając powyższe podsumowanie, można stwierdzić, że hałas turbin wiatrowych o równoważnym poziomie dźwięku A wynoszącym co najmniej 50 dB należy uznać za hałas uciążliwy ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań.

Bibliografia

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne, Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318.
2. Field JM.: Effect of personal and situational variables upon noise annoyance in residential areas, *Journal of the Acoustical Society of America*. 1993, 93 (5), 2753–2763
3. Lercher P., Hörtnagl J., Kofler WW.: Work noise annoyance and blood pressure: combined effects with stressful working conditions, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1993, 65 (1): 23–28
4. ISO/TS 15666:2021 Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.
5. Berglund B., Lindvall T., Schwela D.: H & World Health Organization. Occupational and Environmental Health Team. Guidelines for community noise. World Health Organization, 1999. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>
6. Energia ze źródeł odnawialnych w 2020 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2021, https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/3/15/1/energia_ze_zrodel_odnawialnych_w_2020_r.pdf
7. Pleban, D., Szczepański, G., Radosz, J., Morzyński, L. (2022), Stanowisko laboratoryjne do odtwarzania hałasu turbin wiatrowych, *Materiały XLVIII i XLIX Szkoły Zimowej Akustyki Środowiska i Wibroakustyki*, 73-84, Polskie Towarzystwo Akustyczne – Oddział Górnośląski.
8. Pleban D.: Analiza uciążliwości hałasu turbin wiatrowych w środowisku pracy, *Rynek Energii*, 2022, 5(162), 64 – 69