

Dariusz Pleban  
Jan Radosz

# Strefy uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość wykonywania przez pracownika jego podstawowych zadań

*Zalecenia*



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, dr inż. Jan Radosz  
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

© 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](http://www.ciop.pl)

## **Spis treści**

1.	Wprowadzenie	4
2.	Uciążliwość hałasu turbin wiatrowych	5
3.	Propagacja hałasu turbin wiatrowych	6
4.	Zalecenia dotyczące uciążliwości turbin wiatrowych	7
	Bibliografia	9

## Wprowadzenie

Wzrost zapotrzebowania na energię został spowodowany rewolucją naukowo-techniczną, która dodatkowo zbiegła się z 3,2-krotnym wzrostem populacji w latach 1850-1970. W okresie tym całkowita konsumpcja energii zwiększyła się aż dwunastokrotnie. W przemyśle wzrost ten był jeszcze większy, bo ponad dwudziestokrotny [1]. Z początkiem lat 70. ubiegłego wieku tendencja ta nieznacznie osłabła, ale nadal wykazuje charakter wykładniczy. Dotyczy to także krajowego rynku energetycznego. Można na nim zaobserwować systematyczny wzrost popytu m.in. na energię elektryczną i, według prognoz opracowanych przez różne instytucje, do 2040 r. może on osiągnąć w Polsce poziom 230 TWh rocznie [2].

Wspomniany, 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. [3] udział energii ze źródeł odnawialnych w krajowym 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%).

Stosowanie turbin wiatrowych do generowania energii elektrycznej posiada wiele oczywistych zalet, m.in. takich jak brak kosztów paliwa podczas eksploatacji, brak szkodliwych zanieczyszczeń, w tym CO<sub>2</sub> [4, 5]. Pomimo owych pozytywów, korzystanie z energii wiatru (turbin wiatrowych) wywołuje stale szereg pytań i wątpliwości. Wciąż pozostają aktualne pytania 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, który to zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne [6], w środowisku pracy definiuje się jako każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia lub zwiększać ryzyko wypadku przy pracy. Hałas, pomijając jego oddziaływanie na narząd słuchu, jako stresor może powodować rozwój różnego typu chorób (np. choroby nadciśnieniowej, choroby wrzodowej, nerwic), rozpraszać uwagę, utrudniać pracę i zmniejszać jej wydajność [7, 8].

## Uciążliwość hałasu turbin wiatrowych

W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym (CIOP-PIB) przeprowadzono badania, których celem było określenie stopnia uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracowników ich podstawowych zadań. Badania te objęły:

- ankietyzację dotyczącą oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na zlokalizowanych w pobliżu farm wiatrowych stanowiskach pracy,
- ankietyzację dotyczącą 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.

Podczas ostatniego z wymienionych badań, odtwarzano na stanowisku badawczym 6 różnych rodzajów 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 oraz w warunkach ciszy badane osoby wykonywały na laptopie testy z Wiedeńskiego Systemu Testów – test wydajności pracy ALS oraz test uwagi i koncentracji COG Kognitron. Testy te umożliwiają badanie sprawności poznawczej, a zmiany wyników w tych testach pozwalają oszacować obciążenie psychiczne, które jest konsekwencją wykonywania przez człowieka zadań w określonym środowisku.

Na podstawie wyników z powyższych badań, stwierdzono 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 uznali oni uciążliwość hałasu turbin wiatrowych za niewielką [9],
- 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.

Reasumując powyższe, 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.

### **Propagacja hałasu turbin wiatrowych**

W CIOP-PIB zrealizowano badania dotyczące wyznaczenia wartości poziomów hałasu turbin wiatrowych w funkcji odległości od farm wiatrowych. Obiektami tych badań były 3 farmy wiatrowe z zainstalowanymi na nich różnymi typami turbin wiatrowych. Pomiar hałasu turbin wiatrowych przeprowadzono w następujących odległościach od każdej z farm wiatrowych: 100 m, 300 m, 500 m, 800 m, 1000 m, 1500 m oraz 3000 m.

Z analizy wyników pomiarów wynika, że największe wartości poziomu dźwięku A zostały zmierzone w punktach pomiarowych zlokalizowanych w odległości 100 m od farm wiatrowych. W każdym z tych punktów pomiarowych równoważne poziomy dźwięku A hałasu turbin wiatrowych przekraczały wartość 50 dB i w zależności od typu turbin wiatrowych zainstalowanych na farmach wiatrowych zawierały się one w przedziale od 50,5 dB do 55,4 dB. Zwiększenie odległości od farm wiatrowych skutkowało zmniejszeniem mierzonych wartości poziomów hałasu turbin wiatrowych. W odległości 300 m od farm równoważne poziomy dźwięku A nie przekraczały wartości 50 dB i wynosiły one od 44,9 dB do 49,2 dB w zależności od typu turbin wiatrowych zainstalowanych na

farmach wiatrowych. W punktach pomiarowych zlokalizowanych w odległości 500 m od badanych farm wiatrowych wartości równoważnego poziomu dźwięku A hałasu turbin wiatrowych wynosiły od 38,2 dB do 46,9 dB, zaś w odległości 800 m wartości te były w przedziale od 40,1 dB do 46,5 dB. Natomiast w odległości wynoszącej 1000 m od badanych farm wartości równoważnego poziomu dźwięku A hałasu turbin wiatrowych wynosiły od 38,2 dB do 42,6 dB w zależności od typu turbin wiatrowych. Jeszcze niższe wartości równoważnego poziomu dźwięku A stwierdzono w odległościach 1500 m i 3000 m od farm wiatrowych i wynosiły one odpowiednio od 38,1 dB do 42,7 dB oraz od 35,6 dB do 41,6 dB. Z uzyskanych danych pomiarowych wynika, że wartość równoważnego poziomu dźwięku A hałasu turbin wiatrowych nie przekracza wartości 50 dB w odległości powyżej 300 m od farmy wiatrowej.

### **Zalecenia dotyczące stref uciążliwości hałasu turbin wiatrowych**

W wyniku przeprowadzonych w CIOP-PIB badań uciążliwości hałasu turbin wiatrowych stwierdzono, że hałas turbin wiatrowych o równoważnym poziomie dźwięku A wynoszącym co najmniej 50 dB jest hałasem uciążliwym ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań. W związku z tym strefą uciążliwości hałas turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań jest obszar wokół farmy wiatrowej (lub turbiny wiatrowej), na którym równoważny poziom dźwięku A hałasu turbin wiatrowych jest większy lub równy 50 dB.

Zasięg strefy uciążliwości hałasu turbin wiatrowych zależy od szeregu czynników związanych zarówno z typem i parametrami technicznymi turbiny wiatrowej, jak również z czynnikami środowiskowymi. W przypadku turbiny wiatrowej, to jej typ, moc, wysokość wieży oraz średnica rotora i warunki pracy mają istotny wpływ na emitowany hałas, a tym samym na zasięg strefy uciążliwości hałasu. Z kolei takie czynniki środowiskowe jak ukształtowanie terenu i jego pokrycie, prędkość i kierunek wiatru, temperatura i wilgotność powietrza wpływają także na zasięg oddziaływania hałasu turbin wiatrowych. Dotychczas nie opracowano znormalizowanej metody predykcji hałasu turbin wiatrowych. Do predykcji tej wykorzystywane są m.in. komercyjne opracowania bazujące na trzech, wprowadzonych do katalogu Polskich Norm, normach międzynarodowych ISO 9613-1 [10], ISO 9613-2 [11] oraz EN/IEC 61400-11 [12].

Natomiast z przeprowadzonych w CIOP-PIB badań hałasu turbin wiatrowych w funkcji odległości od farm wiatrowych wynika, że w odległości 300 m od farm wiatrowych równoważny poziom dźwięku A hałasu turbin wiatrowych osiąga wartości poniżej 50 dB, czyli poniżej wartości, którą uznano w ramach niniejszego zadania za wartość uciążliwą ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań.

Uwzględniając zatem dane literaturowe oraz wyniki badań zrealizowanych w CIOP-PIB można stwierdzić, że:

- strefa uciążliwości hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań to obszar wokół farmy/turbiny wiatrowej, na którym równoważny poziom dźwięku A hałasu turbin wiatrowych jest równy lub większy od 50 dB,
- w odległościach powyżej 500 m od farm wiatrowych (lub turbin wiatrowych) równoważny poziom dźwięku A hałasu turbin wiatrowych nie przekracza wartości 50 dB, i w związku z tym należy przyjąć, że zasięg strefy, w której występuje uciążliwość hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji podstawowych zadań nie przekracza odległości 500 m od farmy (lub turbiny) wiatrowej,
- w odniesieniu do każdej farmy wiatrowej należy indywidualnie wyznaczać zasięg strefy, w której występuje uciążliwość hałasu turbin wiatrowych ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań korzystając z aktualnie dostępnych narzędzi i metod predykcji hałasu turbin wiatrowych.



## Bibliografia

1. Lewandowski WM.: Proekologiczne odnawialne źródła energii, Wydawnictwo WNT, Warszawa, 2012
2. Rusin A., Wojaczek A., Nawrat K.: Zmiana struktury systemu energetycznego i możliwości wytwórczych krajowych bloków energetycznych, Rynek Energii, 2020, nr 2, 3-7
3. 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](https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/3/15/1/energia_ze_zrodel_odnawialnych_w_2020_r.pdf)
4. Jędral W.: OZE i efektywność energetyczna w kontekście wyzwań dla wytwarzania i użytkowania energii elektrycznej w Polsce, Rynek Energii, 2019, nr 5, 3-8
5. Jurczyk M., Węcel D.: Koncepcja stanowiska badawczego wyposażonego w turbinę wiatrową małej mocy o poziomej osi obrotu, Rynek Energii, 2019, nr 5, 9-13
6. 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)
7. 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
8. 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
9. Pleban D.: Analiza uciążliwości hałasu turbin wiatrowych w środowisku pracy, Rynek Energii, 2022, 5(162), 64 – 69
10. PN-ISO 9613-1:2000 Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Obliczenie pochłaniania dźwięku przez atmosferę
11. PN-ISO 9613-2:2002 Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczania
12. PN-EN 61400-11:2013 Turbozespoły wiatrowe. Część 11: Procedura pomiaru hałasu.