

ANALIZA UCIAŹLIWOŚCI HAŁASU TURBIN WIATROWYCH W ŚRODOWISKU PRACY

Dariusz Pleban

Słowa kluczowe: hałas, turbina wiatrowa, uciążliwość, stanowisko pracy, badanie ankietowe

Streszczenie. Odnawialne źródła energii stanowią alternatywę dla tradycyjnych nośników energii, tj. paliw kopalnych. Pozyskanie tej formy energii w Polsce wykazuje w ostatnich latach tendencję zwyżkową. Udział energii ze źródeł odnawialnych w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem wzrósł w latach 2019–2020 z 19,74 % do 21,60 %. Energia pozyskiwana ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2020 r. pochodziła w przeważającym stopniu z biopaliw stałych, energii wiatru i z biopaliw ciekłych. W przypadku energii wiatru, stosowanie turbin wiatrowych, pomimo licznych zalet, wywołuje od wielu lat szereg pytań i wątpliwości z zakresu oddziaływania turbin na człowieka. Oddziaływanie to obejmuje wiele czynników, w szczególności hałas turbin wiatrowych. Hałas turbin wiatrowych postrzegany jest jako źródło uciążliwości dla osób zamieszkających i pracujących w pobliżu farm wiatrowych. W celu dokonania oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych wśród pracowników zatrudnionych w pobliżu farm wiatrowych zostało przeprowadzone badanie ankietowe.

1. WSTĘP

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 12-krotnie. W przemyśle wzrost ten był jeszcze większy, bo ponad 20-krotny [8]. Przez ostatnie 40 lat tendencja ta trochę osłabła, ale nadal wykazywała charakter wykładniczy (218 EJ w 1970 r., 347 EJ w 1990 r. i 426 EJ w 2001 r.). Dotyczy to także krajowego rynku energetycznego. Obserwuje się 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 [21].

Wyżej wspomniany systematyczny wzrost zapotrzebowania na energię, jak również towarzyszący jemu wzrost zanieczyszczeń środowiska będący skutkiem stosowania głównie paliw kopalnych, spowodował wzrost wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Jednocześnie regulacje Unii Europejskiej w zakresie polityki energetyczno-środowiskowej i wdrażające je przepisy prawa krajowego wpływają na system elektroenergetyczny, a w szczególności na źródła wytwarzania energii elektrycznej. Obowiązująca w Polsce Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii [12], wdrażająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych [1] skutkuje zwiększeniem inwestycji w pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych. Źródła te obejmują zasadniczo wodę, wiatr, biomasę, promieniowanie słoneczne, rozpad izotopów i grawitację.

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego z 2021 r. [3] udział energii ze źródeł odnawialnych

w pozyskiwaniu energii pierwotnej ogółem wzrósł z 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 biopaliw ciekłych (7,79 %). Łączna wartość energetyczna pozyskanej energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w 2020 r. wyniosła 524.113 TJ.

W przypadku krajowej energetyki wiatrowej, jej dynamika rozwoju lokowała nasz kraj na drugim miejscu w Europie [24], lecz od 2018 r. stwierdza się bardzo mały przyrost mocy zainstalowanej bazującej na wykorzystaniu energii wiatru. Spowodowane to jest działaniami legislacyjnymi i wprowadzeniem tzw. „ustawy odległościowej” [13], która doprowadziła w zasadzie do niemal całkowitego uniemożliwienia realizacji nowych inwestycji na obszarze lądowym [7]. Mimo tego w styczniu 2022 r. został osiągnięty miesięczny rekord mocy wyprodukowanej przez turbiny wiatrowe zainstalowane w Polsce – wyprodukowano ponad 6,6 GWh [2].

Stosowanie turbin wiatrowych do generowania energii elektrycznej posiada wiele oczywistych zalet. W publikacjach [5, 6] wymienione są takie zalety jak brak kosztów paliwa podczas eksploatacji, brak szkodliwych zanieczyszczeń, w tym CO₂.

Pomimo zalet, korzystanie z energii wiatru (turbin wiatrowych) wywołuje stale szereg pytań i wątpliwości. Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce napotyka na poważne wyzwania o charakterze prawnym, technicznym, finansowym oraz społecznym [23]. 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. W związku z tym zagad-

nienie oddziaływania hałasu farm wiatrowych na człowieka jest tematem licznych prac naukowych. W literaturze można spotkać wiele doniesień na temat skutków tego hałasu u osób mieszkających w pobliżu farm wiatrowych. Przykładami takich badań są wyniki zawarte między innymi w [9-11, 14-19, 22].

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie analizy wyników badania ankietowego dotyczącego subiektywnej oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych, przeprowadzonego wśród pracowników zatrudnionych w odległości do 3 km od farm wiatrowych.

2. METODA BADANIA

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 pracowników 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”.

W celu określenia uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na zlokalizowanych w pobliżu farm wiatrowych stanowiskach pracy wymagających koncentracji uwagi, opracowano kwestionariusz, który stanowił narzędzie badawcze. Opracowując kwestionariusz kierowano się wytycznymi i zasadami określonymi w międzynarodowym dokumencie normalizacyjnym – specyfikacji technicznej ISO/TS 15666:2003 [4].

Opracowany kwestionariusz składa się z czterech następujących części:

- wstępu zawierającego informację o badaniu,
- pytań dotyczących danych osobowych (m.in. płeć, odległość stanowiska pracy od farmy wiatrowej)
- pytań dotyczących uciążliwości hałasu na stanowisku pracy (m.in. ocena hałasu w formie opisowej, jak i z wykorzystaniem skali liczbowej),
- pytań dotyczących uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na stanowisku pracy (m.in. ocena z wykorzystaniem skali liczbowej).

Przeprowadzenie badania ankietowego z wykorzystaniem opracowania kwestionariusza zostało pozytywnie zaopiniowane przez Komisję Etyki Badań Nau-

kowych z Udziałem Ludzi przy Instytucie Nauk o Żywieniu Człowieka SGGW w Warszawie (uchwała nr 27/2021 z dnia 19.07.2021 r.).

Badanie zostało zrealizowane techniką wywiadu bezpośredniego – osobistego z wykorzystaniem skategoryzowanego papierowego wywiadu kwestionariuszowego PAPI (*Paper and Pan Personal Interview*). Każdy z respondentów odpowiadał na pytania zawarte w kwestionariuszu ankiety.

3. BADANA PRÓBA

Badanie zostało przeprowadzone na terenach pięciu województw: pomorskiego, zachodniopomorskiego, łódzkiego, podkarpackiego oraz podlaskiego w okresie lipiec - sierpień 2021 r. Wielkość próby wynosiła $N = 200$ pracowników, których stanowiska pracy znajdowały się w pobliżu farm wiatrowych (tj. w odległości do 3 km od farm). W celu zachowania heterogeniczności badanej próby w badaniach uczestniczyły osoby pracujące w pobliżu takich farm jak: Farma Wiatrowa Bukowsko, Park Wiatrowy Kamieński, Park Wiatrowy Taciewo, Park Wiatrowy Piecki oraz Park Wiatrowy Hnatowice-Orzechowce. Z respondentami spełniającymi określone kryteria według ściśle określonej ścieżki doboru, przeprowadzony został bezpośredni wywiad kwestionariuszowy.

Tabela 1.
Zawód wykonywany przez respondenta
lub zajmowane stanowisko pracy

Zawód lub stanowisko pracy	Częstość	Procent
Referent, inspektor, urzędnik	23	11,5
Sprzedawca	21	10,5
Nauczyciel	19	9,5
Pracownik administracyjny	16	8,0
Księgowa	12	6,0
Mechanik	11	5,5
Rolnik	10	5,0
Kierownik	7	3,5
Pracownik socjalny	7	3,5
Pracownik biurowy	6	3,0
Pracownik poczty	5	2,5
Pracownik gospodarczy	4	2,0
Stolarz	4	2,0
Przedsiębiorca, właściciel firmy	4	2,0
Pracownik serwisu	4	2,0
Kasjer	3	1,5
Pracownik produkcji	3	1,5
Bibliotekarz	2	1,0
Fryzjer	2	1,0
Pomoc kuchenna	2	1,0
Pracownik działu zamówień	2	1,0
Pracownik fizyczny	2	1,0
Pracownik magazynu	2	1,0
Pracownik zakładu kamieniarskiego	2	1,0
Inny	27	13,5
Ogółem	200	100

Wśród 200 badanych osób było 103 mężczyzn oraz 97 kobiet. W tab. 1 przedstawiono zawody respondentów lub zajmowane przez nich stanowiska pracy. Największy odsetek stanowili referenci, urzędnicy, nauczyciele, księgowi, sprzedawcy oraz pracownicy administracji i pracownicy biurowi (59% badanych).

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. Największy odsetek miejsc pracy – 37,0% znajdował się w odległości od 1 do 2 km od turbin wiatrowych oraz od 2 do 3 km (25,0%). W odległości do 0,5 km od turbin wiatrowych pracę wykonuje 17,0% badanych, natomiast 21,0% respondentów jest zatrudnionych na stanowiskach pracy znajdujących się w odległości od 0,5 do 1 km (tab.2).

Tabela 2.
Odległość stanowisk pracy od turbin wiatrowych

Odległość	Częstość	Procent
mniej niż 0,5 km	34	17,0
od 0,5 do 1 km	42	21,0
od 1 do 2 km	74	37,0
od 2 do 3 km	50	25,0
Ogółem	200	100,0

4. WYNIKI BADANIA

Hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowiskach pracy zajmowanych przez 45,5% respondentów. Ponad połowa badanych (54,5%) nie słyszy na stanowisku pracy hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe (tab.3).

Tabela 3.
Frekwencje odpowiedzi na pytanie „Czy hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowisku pracy?”

Odpowiedź	Częstość	Procent
Tak	91	45,5
Nie	109	54,5
Ogółem	200	100,0

Na pytanie „Czy hałas turbin wiatrowych jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?” blisko 2/3 respondentów (62,5%) stwierdziło, że hałas turbin wiatrowych nie jest uciążliwy podczas wykonywania prac zawodowych (tab. 4).

Tabela 4
Frekwencje odpowiedzi na pytanie „Czy hałas turbin wiatrowych jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?”

Odpowiedź	Częstość	Procent
Tak	75	37,5
Nie	125	62,5
Ogółem	200	100,0

Kluczowym pytaniem, które stanowiło podstawę do szczegółowych analiz niezbędnych do określenia regresji i korelacji, było wskazanie stopnia uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na stanowisku pracy. W związku z tym każdy respondent 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 (tab. 5).

Tabela 5.
Wyniki oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych w skali liczbowej

Ocena	Częstość	Procent
0	51	25,5
1	57	28,5
2	14	7,0
3	16	8,0
4	19	9,5
5	19	9,5
6	12	6,0
7	9	4,5
8	1	0,5
9	1	0,5
10	1	0,5
Ogółem	100	100,0

Ponadto respondenci dokonali oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych na stanowisku pracy korzystając z pięciostopniowej skali opisowej, obejmującej następujące kategorie odpowiedzi: wcale, lekko, umiarkowanie, bardzo, nadzwyczaj. W tym przypad-

ku odpowiedzi respondentów na pytanie „*Jak silnie uciążliwy jest hałas turbin wiatrowych na Pana/Pani stanowisku pracy?*” uzyskano następujące odpowiedzi (tab. 6): ponad połowa badanych (54,5%) uważa, że hałas emitowany przez turbiny wiatrowe nie jest uciążliwy na stanowisku pracy; pozostała grupa badanych (łącznie 45,5%) uznała, że hałas turbin wiatrowych jest uciążliwy na stanowisku pracy. Dla 28,5% badanych hałas ten jest lekko uciążliwy, a 9,5% badanych twierdzi, że hałas ten jest umiarkowanie uciążliwy. Z kolei hałas turbin wiatrowych oceniło jako bardzo uciążliwy lub nadzwyczaj uciążliwy odpowiednio 4,0% i 3,5% uczestników badania.

Tabela 6.
Wyniki oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych w pięciostopniowej skali opisowej

Ocena	Częstotliwość	Procent
Wcale	109	54,5
Lekko	57	28,5
Umiarkowanie	1	9,5
Bardzo	8	4,0
Nadzwyczajnie	7	3,5
Ogółem	200	100,0

5. ANALIZA WYNIKÓW BADANIA

Analiza wyników badania została przeprowadzona za pomocą programu SPSS 26 (wersja z 2020 r.) oraz programu R-biblioteka cocor (wersja z 2016 r.). W analizie wykorzystano test niezależności chi-kwadrat w tabelach krzyżowych, gdzie miarą wielkości efektu był współczynnik V Kramera oraz współczynnik korelacji Spearmana. Obliczono również istotność różnicy między współczynnikami korelacji.

W przypadku współczynnika Spearmana dla zmiennej odległości stanowiska pracy respondenta od turbiny wiatrowej oraz oceny uciążliwości (w pięciostopniowej skali opisowej) hałasu turbiny wiatrowej stwierdzono następującą zależność: im mniejsza odległość od turbiny wiatrowej, tym wyższa ocena uciążliwości hałasu turbiny wiatrowej ($Rho = -0,58$; $p < 0,001$, zależność jest na poziomie silnym).

W tab. 7 zamieszczono odpowiedzi na pytanie „*Czy hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowisku pracy?*” w zależności od odległości stanowiska pracy od turbiny wiatrowej.

Za analizy danych zawartych w tab. 7 wynika, że odległość od turbiny wiatrowej ma związek ze słyszalnością hałasu turbiny wiatrowej na stanowisku pracy: $\chi^2(N = 200; 3) = 62,37$; $p < 0,001$; współczynnik V Kramera = 0,56 wskazuje na silną współzależność. Współczynnik korelacji Spearmana $Rho = 0,54$; $p < 0,001$ również wskazuje na silną współzależność o kierunku dodatnim – oznacza to, że duża odległość

od turbiny wiatrowej koreluje z niesłyszalnością hałasu turbiny wiatrowej. Z podanych w tab.7 częstości można odczytać, 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.

Tabela 7.
Frekwencje odpowiedzi na pytanie „*Czy hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowisku pracy?*” w zależności od odległości stanowiska pracy od turbiny wiatrowej

Czy hałas turbin wiatrowych jest słyszalny na stanowisku pracy?		Odległość od 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	32	23	32	4	91
	Procent	94,1	54,8	43,2	8,0	45,5
Nie	Częstość	2	19	42	46	88
	Procent	5,9	45,2	56,8	92,0	54,5
Ogółem	Częstość	34	42	74	50	200
	Procent	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

W kolejnej tabeli (tab. 8) 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.

Tabela 8.
Frekwencje odpowiedzi na pytanie „*Czy hałas turbiny wiatrowej jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?*” w zależności od odległości stanowiska pracy od turbiny wiatrowej

Czy hałas turbin wiatrowych jest uciążliwy dla Pana/Pani podczas wykonywania prac zawodowych?		Odległość od 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	23	23	27	2	75
	Procent	67,6	54,8	40,5	4,0	39,0
Nie	Częstość	11	19	47	48	125
	Procent	32,4	45,2	59,5	96,0	61,0
Ogółem	Częstość	34	42	74	50	200
	Procent	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Analiza danych z tab. 8 wykazała, że odległość miejsca pracy od turbiny wiatrowej ma związek z oceną uciążliwości hałasu turbiny wiatrowej podczas wykonywania prac zawodowych: $\chi^2(N = 200; 3) = 42,50$; $p < 0,001$; współczynnik V Kramera = 0,46 wskazuje na umiarkowaną współzależność, $Rho = 0,46$; $p < 0,001$ wskazuje również na umiarkowaną zależność. Zależność ma kierunek dodatni zatem, im większa odległość od turbin wiatrowych, tym mniej ocen hała-

su jako uciążliwego 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 turbiny wiatrowej. W przypadku odległości do 0,5 km od 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 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 turbin wiatrowych odsetek osób uważających hałas turbin wiatrowych za nieuciążliwy podczas wykonywania prac zawodowych wynosi odpowiednio 45,2% oraz 59,5%.

W celu sprawdzenia zależności między odległością miejsca pracy od turbiny wiatrowej a oceną uciążliwości hałasu turbin wiatrowych występującego na stanowisku pracy obliczono współczynnik korelacji Spearmana $Rho = -0,65$; $p < 0,001$. Współczynnik ten wskazuje, że zależność jest silna o kierunku ujemnym, a zatem im mniejsza odległość od turbiny wiatrowej, tym wyższa ocena uciążliwości hałasu.

6. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania ankietowe wśród 200 pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy zlokalizowanych w odległości do 3 km od farm wiatrowych zlokalizowanych w pięciu województwach dostarcza wiedzy na temat subiektywnej oceny hałasu turbin wiatrowych dokonanej przez tych pracowników.

Na podstawie badania stwierdzono, że w grupie badanych osób, wykonujących prace wymagające koncentracji uwagi, mniej niż połowa (45,5%) słyszy hałas turbin wiatrowych na swoich stanowiskach pracy. Dla 37,5% badanych osób hałas ten jest uciążliwy podczas wykonywania prac zawodowych (tzn. prac wymagających koncentracji uwagi). Badane osoby dokonały oceny uciążliwości hałasu turbin wiatrowych korzystając ze skali liczbowej (od 0 do 10), w której niższe wartości oznaczają hałas nieuciążliwy lub mało uciążliwy, zaś wyższe wartości oznaczają hałas bardzo uciążliwy. Średnia ocena uciążliwości hałasu turbin wiatrowych wyniosła 2,33. Wynik ten świadczy, że badani pracownicy postrzegają hałas turbin wiatrowych jako hałas o niewielkiej uciążliwości.

PODZIĘKOWANIE

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

Zadanie nr 2.SP.02

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”.

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Autor dziękuje firmie ALSTAT Centrum Badań Rynkowych i Społecznych za współpracę w przeprowadzeniu badania ankietowego.

LITERATURA

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniającą i w następstwie uchylającą dyrektywę 2001/77/WE oraz 2003/30/WE (Dz. Urz. UE L 140 z 05.06.2009, z późn. zm.).
- [2] Energia z wiatru dla Polaków. Rzeczpospolita, 7 lutego 2022 r., nr 30(12185), A21, <https://czytajto.rp.pl/e-reader/aviator.php?newspaper=RZ&edition=RZ&issue=20220207&startpage=1>.
- [3] Energia ze źródeł odnawialnych w 2020 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2021, file:///C:/Users/Admin/Downloads/energia_ze_zrodel_odnawialnych_w_2020_r.%20(1).pdf.
- [4] ISO/TS 15666:2003 Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and social-acoustics surveys.
- [5] Jędrał W.: OZE i efektywność energetyczna w kontekście wyzwań dla wytwarzania i użytkowania energii elektrycznej w Polsce. Rynek Energii, 2019, nr 5, 3-8.
- [6] Jurczyk M., Węcel D.: Koncepcja stanowiska badawczego wyposażonego w turbinę wiatrową małej mocy o poziomej osi obrotu. Rynek Energii, 2019, nr 5, 9-13.
- [7] Kotowicz J., Kwiatek B.: Analiza potencjału wytwórczego farmy wiatrowej. Rynek Energii, 2019, nr 4, 38-47.
- [8] Lewandowski W.M.: Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydawnictwo WNT, Warszawa, 2012.

- [9] Michaud D. S., Keith S. E., Feder K., Voicescu S. A., Marro L., Than J., Guay M., Bower T., Denning A., Lavigne E., Whelan C., Janssen S. A., Leroux T., Van den Berg F.: Personal and situational variables associated with wind noise annoyance. *Journal of the Acoustical Society of America*, 139, 3, 2016, 1455-1466.
- [10] Michaud D. S., Feder K., Keith S. E., Voicescu S. A., Marro L., Than J., Guay M., Denning A., McGuire D., Bower T., Lavigne E., Murray B. J., Weiss S. K., Van den Berg F.: Exposure to wind turbine noise: perceptual responses and reported health effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 139, 3, 2016, 1443-1454.
- [11] Michaud D. S., Feder K., Keith S. E., Voicescu S. A., Marro L., Than J., Guay M., Denning A., Bower T., Villeneuve P. J., Lavigne E., Russell E., Koren G., Van den Berg F.: Self-reported and measured stress related responses associated with exposure to wind turbine noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 139, 3, 2016, 1467-1479.
- [12] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 stycznia 2020 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2020 poz. 261).
- [13] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 14 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych (Dz.U. 2021 poz. 724).
- [14] Pawlas K., Pawlas N., Boroń M.: Życie w pobliżu turbin wiatrowych, ich wpływ na zdrowie – przegląd piśmiennictwa. *Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine*, 2012, Vol 15, No 4, 150-198.
- [15] Pedersen E.: Health aspects associated with wind turbine noise – Results from three field studies. *Noise Control Engineering Journal*, 2011, 59(1), 47-53.
- [16] Pedersen E.: Noise annoyance from wind turbines - a review. Swedish Environmental Protection Agency, Report 5308, Stockholm, 2003.
- [17] Pedersen E., Larsman P.: The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbine. *Journal of Environmental Psychology*, 2008, 28, 379-389.
- [18] Pedersen E., Persson Waye K.: Perception and annoyance due to wind turbine noise – a dose-response relationship. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 6, 2004, 3460-3470.
- [19] Pedersen E., Persson Waye K.: Wind turbine noise, annoyance, and self-reported health and well-being in different living environments. *Occupational & Environmental Medicine*, 2007, 64, 480-486.
- [20] Pleban D., Radosz J., Szczepański G., Kapica Ł., Cempel C.: Ocena wpływu hałasu turbiny wiatrowej na wydajność pracy człowieka – badania pilotażowe. *Rynek Energii*, 2021, nr 1, 46-51.
- [21] Rusin A., Wojacek A., Nawrat K.: Zmiana struktury systemu energetycznego i możliwości wytwórczych krajowych bloków energetycznych. *Rynek Energii*, 2020, nr 2, 3-7.
- [22] Szychowska M., Hafke-Dys H., Preis A., Kociński J., Kleka P.: The influence of audio-visual interactions on the annoyance ratings for wind turbines. *Applied Acoustics*, 129 (2018), 190-203.
- [23] Tomaszewski K., Sekściński A.: Odnawialne źródła energii w Polsce – perspektywa lokalna i regionalna. *Rynek Energii*, 2020, nr 4, 10-19.
- [24] Zakrzewska S., Gil-Świdorska A.: Energetyczna infrastruktura krytyczna w Polsce – perspektywy i zagrożenia. *Rynek Energii*, 2018, nr 5, 55-64.

ANALYSIS OF WIND TURBINE NOISE ANNOYANCE IN THE WORKING ENVIRONMENT

Key words: noise, wind turbine, annoyance, workplace, survey

Summary. Renewable energy sources are an alternative to traditional energy carriers, i.e. fossil fuels. Obtaining this form of energy in Poland shows an upward trend in recent years. The share of energy from renewable sources in the total primary energy production increased in the years 2019-2020 from 19.74 % to 21.60 %. Energy obtained from renewable sources in Poland in 2020 mainly came from solid biofuels, wind energy and liquid biofuels. In the case of wind energy the use of wind turbines, despite its numerous advantages, has been causing a number of questions and doubts about the human impact for many years. This impact involves many factors, in particular wind turbine noise. Wind turbine noise is seen as a source of annoyance for people living and working near wind farms. In order to assess the wind turbine noise annoyance for people employed in the vicinity of wind farms, a survey was carried out. The paper presents the results of this study and their analysis. The obtained results show that the surveyed employees perceive wind turbines noise as noise with a slight annoyance – the average annoyance rating was 2.33 on a scale from 0 to 10.

Dariusz Pleban, dr hab. inż., profesor Instytutu, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, kierownik Zakładu Zagrożeń Wibroakustycznych, członek Komitetu Akustyki PAN, e-mail: daple@ciop.pl