

**Wymagania i zalecenia
dotyczące ograniczenia
narażenia na hałas turbin
wiatrowych**

Danuta Augustyńska

Dariusz Pleban

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

2016 r.

Spis treści

1.	Wstęp	2
2.	Wymagania i zalecenia ogólne	3
3.	Wymagania i zalecenia szczegółowe	6
3.1.	Redukcja hałasu u źródeł powstawania (w turbinach wiatrowych)	6
3.2.	Propozycja dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku powodowanego przez turbiny wiatrowe	7
3.3.	Odległość turbin farm wiatrowych od stanowisk pracy usytuowanych na terenach z zabudową mieszkaniową	11
3.4.	Ograniczenie hałasu na stanowiskach pracy serwisantów obsługujących turbiny farm wiatrowych	12
	Bibliografia	15

1. Wstęp

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. Wejście w życie ustawy z 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii [23] wdrażającej dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych [2] skutkuje zwiększeniem inwestycji m.in. w energetykę wiatrową w Polsce, ponieważ w 2020 r. udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii w Polsce musi osiągnąć poziom 15%.

Rozwojowi energetyki wiatrowej w Polsce towarzyszy nie tylko wzrost liczby osób zatrudnionych na stanowiskach pracy na rzecz energetyki wiatrowej, w tym osób zatrudnionych do obsługi i prac serwisowych turbin wiatrowych, ale także wzrost liczby osób, których stanowiska pracy są zlokalizowane w pobliżu farm wiatrowych.

Wraz z rozwojem energetyki wiatrowej na całym świecie pojawiło się wiele pytań i wątpliwości dotyczących oddziaływania farm wiatrowych na ludzi i zwierzęta. Według [21] na etapie eksploatacji farmy wiatrowej jej oddziaływanie na środowisko jest postrzegane między innymi poprzez oddziaływanie na ornitofaunę i chiropterofaunę, na klimat akustyczny i elektromagnetyczny oraz na krajobraz. Jednocześnie hałas, infradźwięki oraz zjawiska optyczne (efekt migotania cieni) to najczęściej wymieniane w literaturze czynniki, które mogą wpływać na zdrowie osób zamieszkałych w pobliżu turbin wiatrowych [8].

W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy-Państwowym Instytucie Badawczym zrealizowano badania dotyczące uciążliwości i narażenia na hałas i hałas infradźwiękowy na stanowiskach pracy personelu obsługującego farmy wiatrowe oraz na stanowiskach pracy zlokalizowanych w pobliżu farm/turbin wiatrowych (tj. w odległości do 3 km). Badaniami hałasu objęto turbiny najbardziej popularnych w Polsce producentów, tj. Vestas, General Electric (GE) oraz ENERCON [20].

Przeprowadzone pomiary wykazały m.in., że poziomy hałas i hałas infradźwiękowego na stanowiskach pracy serwisantów nie przekraczają odpowiednio wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) hałasu (określonych w rozporządzeniu [16]) i kryteriów uciążliwości hałasu infradźwiękowego (określonych w normie PN-Z-01338 [13]). Przykładowo na stanowiskach pracy osób obsługujących w/w turbiny wiatrowe poziomy ekspozycji na hałas (odniesione do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub odniesione do przeciętnego) były w granicach od 74,6 dB do 83,9 dB, czyli mniejsze od wartości NDN hałasu wynoszącej 85 dB. Natomiast wyznaczone równoważne poziomy ciśnienia akustycznego skorygowane charakterystyką częstotliwościową G (odniesione do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub odniesione do przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy) wynosiły od 91 dB do 92,5 dB i były mniejsze od wartości kryterium uciążliwości hałasu infradźwiękowego wynoszącego 102 dB. Stwierdzono jednak, że w trakcie wykonywania prac serwisowych występują krótkotrwałe czynności, którym towarzyszy hałas charakteryzujący się równoważnym poziomem dźwięku A osiagającym wartości bliskie 102 dB.

Z kolei wyniki pomiarów przeprowadzonych na stanowiskach pracy zlokalizowanych w odległościach od 470 m do 2300 m od turbin wiatrowych w/w producentów wykazały, że hałas i hałas infradźwiękowy badanych turbin wiatrowych VESTAS V80-2.0 MW, GE 2.5 MW oraz ENERCON E70-E4 nie przekracza również w/w wartości NDN hałasu i wartości określających kryterium uciążliwości hałasu infradźwiękowego. Wyznaczone wartości równoważnego poziomu dźwięku A były w granicach od 29,9 dB do 52 dB, a równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową G były w granicach od 48,4 dB do 79,4 dB.

2. Wymagania i zalecenia ogólne

W myśl rozporządzenia ministra pracy i polityki socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [15] i rozporządzenia 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 [14] na pracodawcy ciąży obowiązek przeprowadzenia oceny ryzyka

zawodowego¹⁾ związanego z narażeniem pracowników na hałas z uwzględnieniem m.in.:

- wartości NDN hałasu²⁾ [16], wartości progów działania³⁾ [14], wartości dopuszczalnych hałasu określonych w przepisach dotyczących zatrudnienia kobiet i młodocianych⁴⁾⁵⁾ [18,19] oraz wartości stanowiących kryterium uciążliwości hałasu⁶⁾, w tym hałasu infradźwiękowego⁷⁾ [11,13],
- informacji dotyczących poziomu emisji hałasu dostarczonych przez producenta,
- informacji uzyskanych w wyniku profilaktycznych badań lekarskich pracowników [17].

Pracodawca powinien eliminować u źródła ryzyko zawodowe związane z narażeniem na hałas albo ograniczać je do możliwie najniższego poziomu, uwzględniając dostępne rozwiązania techniczne oraz postęp naukowo-techniczny.

Po osiągnięciu lub przekroczeniu wartości NDN hałasu pracodawca jest zobowiązany do sporządzenia i wprowadzenia w życie programu działań organizacyjno-technicznych zmierzających do ograniczenia narażenia. W programie tym powinny być

¹⁾ Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego są określone w Polskiej Normie PN-N-18002 [12].

²⁾ Wartości NDN hałasu określone ze względu na ochronę słuchu w rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [16] wynoszą: $L_{Ex,8h}$ lub $L_{Ex,w} = 85$ dB, $L_{Amax} = 115$ dB, $L_{Cpeak} = 135$ dB.

³⁾ Wartości progów działania określone w rozporządzeniu 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 [14] wynoszą: $L_{Ex,8h}$ lub $L_{Ex,w} = 80$ dB, $L_{Cpeak} = 135$ dB.

⁴⁾ Wartości dopuszczalne hałasu określone w rozporządzeniu rady ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom [18] wynoszą: $L_{Ex,8h}$ lub $L_{Ex,w} = 65$ dB, $L_{Amax} = 110$ dB, $L_{Cpeak} = 130$ dB.

⁵⁾ Wartości dopuszczalne hałasu określone w rozporządzeniu rady ministrów z dnia 24 sierpnia 2004 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudnienia [19] wynoszą: $L_{Ex,8h}$ lub $L_{Ex,w} = 80$ dB, $L_{Amax} = 110$ dB, $L_{Cpeak} = 130$ dB.

⁶⁾ Wartości stanowiące kryterium uciążliwości hałasu określone w PN-N-01307:1994 [11] wynoszą jak poniżej:

Lp.	Stanowisko pracy	Równoważny poziom dźwięku A, $L_{p,A,eq,Te}$, dB
1.	W kabinach bezpośredniego sterowania bez łączności telefonicznej, w laboratoriach ze źródłami hałasu, w pomieszczeniach z maszynami i urządzeniami liczącymi, maszynami do pisania, dalekopisami i w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	75
2.	W kabinach dyspozytorskich, obserwacyjnych i zdalnego sterowania z łącznością telefoniczną używaną w procesie sterowania, w pomieszczeniach do wykonywania prac precyzyjnych i w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	65
3.	W pomieszczeniach: administracyjnych, biur projektowych, do prac teoretycznych, opracowania danych i innych o podobnym przeznaczeniu	55

Uwaga: wartości w tabeli nie powinno się odnosić do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy. Dotyczą czasu T_e , w jakim pracownik przebywa na danym stanowisku pracy.

⁷⁾ Wartości stanowiące kryterium uciążliwości hałasu infradźwiękowego określone w PN-Z-01338:2010 [13] wynoszą: $L_{Geq,8h}$ lub $L_{Geq,w} = 102$ dB – dla ogółu pracowników, $L_{Geq,8h}$ lub $L_{Geq,w} = 86$ dB – w czasie pobytu pracownika na stanowisku do wykonywania prac koncepcyjnych.

uwzględnione w szczególności działania polegające na:

- unikaniu procesów lub metod pracy powodujących narażenie na hałas i zastępowaniu ich innymi, stwarzającymi mniejsze narażenie,
- dobieraniu środków pracy o możliwie najmniejszym poziomie emisji hałasu,
- ograniczeniu narażenia na hałas takimi środkami technicznymi, jak: obudowy dźwiękoizolacyjne maszyn, kabiny dźwiękoszczelne dla personelu, tłumiki, ekrany i materiały dźwiękochłonne,
- projektowaniu miejsc pracy i rozmieszczeniu stanowisk pracy w sposób umożliwiający izolację od źródeł hałasu oraz ograniczający jednocześnie oddziaływanie wielu źródeł na pracownika,
- ograniczeniu czasu i poziomu narażenia oraz liczby osób narażonych na hałas przez właściwą organizację pracy, w szczególności stosowanie skróconego czasu lub przerw w pracy i rotacji na stanowiskach pracy.

Gdy uniknięcie lub wyeliminowanie ryzyka zawodowego wynikającego z narażenia na hałas nie jest możliwe za pomocą wymienionych środków technicznych lub organizacji pracy, wówczas pracodawca powinien:

- udostępnić pracownikom środki ochrony indywidualnej słuchu, jeśli wielkości charakteryzujące hałas przekraczają wartości progów działania ($L_{Ex,8h} = 80$ dB, $L_{Cpeak} = 135$ dB),
- zobowiązać pracowników do stosowania środków ochrony indywidualnej słuchu i nadzorować prawidłowość ich stosowania, jeśli wielkości charakteryzujące hałas w środowisku pracy osiągają lub przekraczają wartości NDN.

Pracodawca powinien także oznaczyć znakami bezpieczeństwa miejsca pracy, w których wielkości charakteryzujące hałas przekraczają wartości NDN, oraz wydzielić strefy z takimi miejscami i ograniczyć dostęp do nich.

Ponadto pracodawca powinien zapewnić pracownikom narażonym na działanie hałasu informacje i szkolenie w zakresie wyników oceny ryzyka zawodowego, potencjalnych jego skutków i środków niezbędnych do wyeliminowania lub ograniczenia tego ryzyka.

Zgodnie z art. 229 § 2 Kodeksu pracy [22], w ramach profilaktyki pracownicy podlegają okresowym badaniom lekarskim. Tryb i zakres oraz częstotliwość badań określa rozporządzenie ministra zdrowia i opieki społecznej z dnia 30 maja 1996 r. [17]. W przypadku narażenia na hałas badania ogólne wykonuje się co 4 lata, a badania otolaryngologiczne i audiometryczne przez pierwsze trzy lata pracy w hałasie - co rok, następnie co 3 lata. W razie ujawnienia w okresowym badaniu audiometrycznym ubytków słuchu charakteryzujących się znaczną dynamiką rozwoju częstotliwość badań audiometrycznych należy zwiększyć, skracając przerwę między kolejnymi badaniami do roku lub 6 miesięcy. W razie narażenia na hałas impulsowy albo na hałas, którego równoważny poziom dźwięku A przekracza stale lub często 110 dB, badanie audiometryczne należy przeprowadzać nie rzadziej niż raz na rok.

W profilaktyce szkodliwego działania hałasu infradźwiękowego obowiązują takie same wymagania i zasady jak w przypadku hałasu. Jednakże ochrona przed infradźwiękami jest skomplikowana ze względu na znaczne długości fal infradźwiękowych (17-340 m), dla których tradycyjne ściany, przegrody, ekrany i pochłaniacze akustyczne są mało skuteczne. W niektórych przypadkach fale infradźwiękowe są wzmacniane na skutek rezonansu pomieszczeń, elementów konstrukcyjnych budynków lub całych obiektów. Poziomy ciśnienia akustycznego mogą wówczas przekraczać poziomy mierzone w pobliżu źródeł tych fal. Najlepszą ochronę przed szkodliwym działaniem infradźwięków stanowi ich zwalczanie u źródła powstawania, a więc w maszynach i innych urządzeniach.

3. Wymagania i zalecenia szczegółowe

3.1. Redukcja hałasu u źródła powstawania (w turbinach wiatrowych)

Turbiny wiatrowe są źródłami dwóch rodzajów hałasu [6, 21]:

- hałasu mechanicznego generowanego przez przekładnię i generator,
- hałasu aerodynamicznego generowanego przez obracające się łopaty wirnika, którego natężenie zależy od prędkości końcówek łopat.

W przypadku nowoczesnych dużych turbin wiatrowych (z wirnikiem typu up-wind (nawietrznych)), dzięki zaawansowanym technologiom izolacji gondoli, hałas mechaniczny został ograniczony do poziomu poniżej hałasu aerodynamicznego.

Również hałas aerodynamiczny takich turbin został w znacznym stopniu zredukowany przez obniżenie prędkości końcówek łopat (zaleca się, aby prędkość ta nie przekraczała 65 m/s [21]).

Hałas aerodynamiczny turbin wiatrowych ma zazwyczaj charakter szerokopasmowy z dominującym udziałem częstotliwości infradźwiękowych (z zakresu od 1 Hz do 20 Hz) oraz niskich częstotliwości słyszalnych (z zakresu 20-500 Hz). Jak wykazują badania typowe poziomy infradźwięków emitowanych przez turbiny nie przekraczają progów słyszenia infradźwięków (ok. 100 dB dla 10 Hz – wg PN-ISO 7196 [10]), nie stanowią więc problemu uciążliwości.

Natomiast problem może stanowić hałas niskoczęstotliwościowy turbin wiatrowych, którego poziomy z zakresu 100-150 Hz przekraczają zazwyczaj progi słyszenia. W efekcie hałas ten może być oceniany przez osoby narażone, jako uciążliwy. Poziom emitowanego przez farmy wiatrowe hałasu zależy przede wszystkim od liczby i sposobu rozmieszczenia turbin w obrębie farmy, prędkości i kierunku wiatru, odległości punktu pomiarowego od farmy, ukształtowania terenu i propagacji fal akustycznych w powietrzu i terenie.

Z kolei percepcja hałasu przez osoby zatrudnione w pobliżu farm wiatrowych zależy głównie od odległości od farm wiatrowych i od poziomu hałasu tła tj. od hałasu pochodzącego od innych źródeł (ruchu drogowego, kolejowego i lotniczego, maszyn i urządzeń przemysłowych w pobliżu, których usytuowane są rozpatrywane stanowiska pracy, maszyn i urządzeń rolniczych i innych źródeł). Jeżeli poziom hałasu tła jest zbliżony do poziomu hałasu emitowanego przez turbiny wiatrowe, hałas turbin staje się niezauważalny. Należy zatem na terenie, na którym planowana jest lokalizacja farmy wiatrowej, wykonać pomiary hałasu tła [21].

3.2. Propozycja dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku powodowanego przez turbiny wiatrowe

Podstawowym sposobem ograniczenia uciążliwości hałasu pochodzącego od farm wiatrowych jest utrzymanie odpowiedniej odległości tych farm od terenów, dla których wyznaczono dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku. Dopuszczalne poziomy

hałasu w środowisku określa rozporządzenie ministra środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [7].

W powyższym rozporządzeniu podane są dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu takie jak: starty, lądowania i przeloty statków powietrznych, linie elektroenergetyczne, drogi lub linie kolejowe oraz pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu. Dopuszczalne poziomy hałasu są wyrażone wskaźnikami L_{AeqD} , L_{AeqN} , L_{DWN} oraz L_N , które mają zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby (w ciągu dnia lub w nocy) lub do prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony przed hałasem.

Ponieważ dotychczas nie wyznaczono dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku powodowanych przez turbiny wiatrowe proponuje się zaliczyć turbiny wiatrowe do jednej z następujących grup źródeł: „linie elektroenergetyczne” lub „pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu”. W tabelach 1 i 2 zestawiono dopuszczalne poziomy hałasu powodowanego przez w/w grupy źródeł zróżnicowane dla różnych rodzajów terenów.

Tabela 1. Dopuszczalne poziomy hałasu powodowanego przez linie elektroenergetyczne wyrażone wskaźnikami L_{AeqD} i L_{AeqN} , które to wskaźniki mają zastosowanie do ustalenia i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby oraz wskaźnikami L_{DWN} i L_N , które to wskaźniki mają zastosowanie do prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony przed hałasem [7]

L.p.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu odniesiony do jednej doby, w dB		Dopuszczalny długotrwały średni poziom dźwięku A, w dB	
		L_{AeqD} przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	L_{AeqN} przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	L_{DWN} przedział czasu odniesienia równy wszystkim dobom w roku	L_N przedział czasu odniesienia równy wszystkim porom nocy
1.	a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska b) Tereny szpitali, domów opieki społecznej c) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży	45	40	45	40
2.	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jedno- i wielorodzinnej oraz zabudowy zagrodowej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe c) Tereny mieszkaniowo-usługowe d) Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców	50	45	50	45

Tabela 2. Dopuszczalne poziomy hałasu powodowanego przez pozostałe obiekty i działalność będącą źródłem hałasu, z wyłączeniem hałasu powodowanego przez starty, lądowania i przeloty statków powietrznych oraz linie elektroenergetyczne wyrażone wskaźnikami L_{AeqD} i L_{AeqN} , które to wskaźniki mają zastosowanie do ustalenia i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby oraz wskaźnikami L_{DWN} i L_N , które to wskaźniki mają zastosowanie do prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony przed hałasem [7]

L.p.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu odniesiony do jednej doby w dB		Dopuszczalny długotrwały średni poziom dźwięku A w dB	
		L_{AeqD} przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	L_{AeqN} przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	L_{DWN} przedział czasu odniesienia równy wszystkim dobom w roku	L_N przedział czasu odniesienia równy wszystkim porom nocy
1.	a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska b) Tereny szpitali poza miastem	45	40	45	40
2.	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży c) Tereny domów opieki społecznej d) Tereny szpitali w miastach	50	40	50	40
3.	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe d) Tereny mieszkaniowo-usługowe	55	45	55	45
4.	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców	55	45	55	45

Jak wynika z tab. 1 zakres dopuszczalnych poziomów hałasu powodowanego przez linie elektroenergetyczne wyrażonych wskaźnikami stosowanymi zarówno do oceny odniesionej do jednej doby jak i oceny długookresowej wynosi:

- 45-50 dB w dzień,
- 40-45 dB w nocy.

Natomiast w przypadku hałasu powodowanego przez pozostałe obiekty (patrz tab. 2), zakres dopuszczalnych poziomów hałasu stosowanych do oceny dobowej lub długookresowej wynosi:

- 45-55 dB w dzień,

– 40-45 dB w nocy.

Porównanie tych poziomów z dopuszczalnymi poziomami hałasu turbin wiatrowych przyjętymi w innych krajach [4] (które zawierają się w zakresie 40-45 dB) wskazuje, że do oceny hałasu turbin w Polsce należałoby przyjąć, do czasu ustalenia innych wartości, poziomy dopuszczalne ustalone dla linii elektroenergetycznych.

3.3. Odległość turbin wiatrowych od stanowisk pracy usytuowanych na terenach z zabudową mieszkaniową

Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych [24] określa warunki i tryb lokalizacji i budowy elektrowni wiatrowych (turbin wiatrowych) oraz warunki lokalizacji elektrowni wiatrowych w sąsiedztwie istniejącej albo planowanej zabudowy mieszkaniowej.

Zgodnie z w/w ustawą lokalizacja elektrowni wiatrowej następuje wyłącznie na podstawie planu zagospodarowania przestrzennego zwanego „planem miejscowym. Odległość, w której mogą być lokalizowane i budowane elektrownie wiatrowe – od budynku mieszkalnego albo budynku o funkcji mieszanej (tj. z możliwością prowadzenia działalności gospodarczej) w skład, której wchodzi funkcja mieszkaniowa – jest równa lub większa od dziesięciokrotności wysokości elektrowni wiatrowej mierzonej od poziomu gruntu do najwyższego punktu budowli, wliczając elementy techniczne, w szczególności wirniki wraz z łopatom (całkowita wysokość elektrowni wiatrowej).

Biorąc pod uwagę wysokość najczęściej stosowanych w Polsce turbin wiatrowych typu Vestas i GE odległość, o której mowa w w/w ustawie powinna wynosić zatem ok. 1500 m.

Z analizy zasad przyjętych w 24 krajach, niemieckich landach i kanadyjskich prowincjach [4] wynika, że:

- minimalna odległość budynków mieszkalnych od turbin wiatrowych w większości krajów znajduje się w przedziale od 500 do 1000 m, przy czym najbardziej rygorystyczne kryterium jest w Szkocji, gdzie odległość tę ustalono na 2000 m,

- proponowana minimalna odległość farmy lub turbiny wiatrowej w celu zapewnienia poziomu hałasu poniżej 40 dB na terenach zabudowy mieszkaniowej wynosi 550 m,
- maksymalny poziom dźwięku A hałasu turbin wiatrowych w miejscach zamieszkania (mierzony na zewnątrz budynków) w większości krajów waha się w granicach od 30 do 50 dB.

Ponadto odległość farm wiatrowych od budynków może być ustalana w oparciu o liczbę turbin na farmie wiatrowej i poziom mocy akustycznej turbin wyrażony w decybelach. W tab. 3 podano przykład stosowanych w Kanadzie wytycznych dotyczących minimalnych odległości budynków od farm wiatrowych [3].

Tabela 3. Przykład stosowanych w Kanadzie wytycznych dotyczących minimalnych odległości budynków od farm wiatrowych [3]

Poziom mocy akustycznej turbiny wiatrowej w dB	Liczba turbin wiatrowych na farmie wiatrowej		
	1-5	6-10	11-25
102	550 m	650 m	750 m
104	600 m	700 m	850 m
105	850 m	1000 m	1250 m
107	950 m	1200 m	1500 m

3.4. Ograniczenie hałasu na stanowiskach pracy serwisantów obsługujących turbiny farm wiatrowych

Jak wykazały badania przeprowadzone przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy serwisanci obsługujący farmy wiatrowe należą do grupy pracowników najbardziej narażonych na hałas pochodzący od turbin wiatrowych. Wprowadzone mierzone poziomy ekspozycji na hałas odniesione do 8-godzinnego lub tygodniowego wymiaru czasu pracy nie przekraczają wartości NDN hałasu ($L_{Ex,8h} = 85$ dB, $L_{Amax} = 115$ dB, $L_{Cpeak} = 135$ dB), jednak równoważne poziomy dźwięku A mierzone podczas określonych operacji (np. prac diagnostycznych w gondoli) mogą osiągać znaczne wartości (80-102 dB), a tym samym mogą stanowić zagrożenie dla słuchu pracowników.

Dodatkowym czynnikiem ryzyka uszkodzenia słuchu mogą być występujące na stanowiskach pracy serwisantów turbin wiatrowych substancje chemiczne i oleje, które

przy łącznym działaniu z hałasem mogą stanowić dodatkowe zagrożenie dla słuchu. Na tych stanowiskach pracy należałoby kontrolować również narażenie na te czynniki.

Serwisanci powinni być wyposażeni i stosować na stanowiskach pracy, na których poziom hałasu przekracza 80 dB, właściwie dobrane do widma hałasu (zgodnie z PN-EN 458:2016 [9]) ochronniki słuchu [1, 5].

Podstawą tego doboru jest oszacowanie spodziewanego poziomu dźwięku pod ochronnikiem słuchu na podstawie parametrów tłumieniowych ochronników słuchu i wyników pomiarów hałasu na stanowisku pracy. Sposób doboru ochronników zależy od rodzaju hałasu: ustalonego, nieustalonego, impulsowego lub udarowego. Nieprzyjemne uczucie izolacji akustycznej powodują ochronniki słuchu, przy których stosowaniu uzyskuje się obniżenie poziomu dźwięku A pod ochronnikiem poniżej 65 dB. Ochronniki słuchu prawidłowo dobrane do wielkości charakteryzujących hałas zapewniają uzyskane pod ochronnikiem słuchu wartości poziomu dźwięku A w przedziale 70÷80 dB. Jednocześnie wartość poziomu dźwięku A pod ochronnikami słuchu nie powinna być mniejsza niż 70 dB ze względu na możliwość odbioru dźwięków użytecznych [5].

Należy także podkreślić, że warunkami determinującymi skuteczność prawidłowo dobranych ochronników słuchu są:

- stosowanie ochronników słuchu przez cały czas przebywania pracownika w obecności hałasu. Przerwy w stosowaniu ochronników słuchu mogą w znacznym stopniu zmniejszyć stopień ochrony, co może być przyczyną powstania ubytków słuchu.
- prawidłowe zakładanie ochronników słuchu. W szczególności należy zwrócić uwagę na poprawne umieszczanie wkładek przeciwhałasowych w zewnętrznym przewodzie słuchowym użytkownika. Aby wyeliminować sytuacje, gdy pracownik przebywa w hałasie z niepoprawnie założonymi ochronnikami słuchu, należy pracownika przeszkolić i przeprowadzać treningi poprawnego zakładania ochronników słuchu.
- uwzględnienie, że stosowanie ochronników słuchu, łącznie z innymi środkami ochrony indywidualnej (np. okularami, hełmami ochronnymi) może prowadzić do zmniejszenia skuteczności ograniczania hałasu przez ochronniki słuchu.

- regularne kontrolowanie stanu technicznego ochronników słuchu. Elementy uszkodzone i zużyte powinny być zastąpione nowymi. Nawet niewielkie odkształcenie poduszki nauszników przeciwhałasowych może być przyczyną znacznego pogorszenia ich właściwości ochronnych.
- czyszczenie ochronników słuchu środkami i w sposób zgodny z zasadami przedstawionym w instrukcji użytkowania. Ochronniki słuchu powinny być przechowywane zgodnie z zaleceniami producenta.

Ze względu na charakter pracy oraz poziomy ciśnienia akustycznego hałasu występującego na stanowiskach pracy serwisantów turbin wiatrowych zaleca się stosowanie:

- lekkich nauszników przeciwhałasowych (ewentualnie mocowanych do przemysłowego hełmu ochronnego), lub
- wkładek przeciwhałasowych skrzydełkowych, lub
- wkładek wyposażonych w sprężynę dociskową.

Pracownicy powinni być również poddawani lekarskim badaniom profilaktycznym. Profilaktyka lekarska obejmuje wstępne i okresowe badania lekarskie, którymi powinni być objęci pracownicy [17]. Badania lekarskie mają na celu wyeliminowanie przy pracach w narażeniu na hałas osób, których stan zdrowia odbiega od normy, gdyż w wyniku narażenia na hałas może on ulec znacznemu pogorszeniu. Na podstawie wyników tych badań będzie można również określić wczesne objawy zmian chorobowych (uszkodzenia słuchu) powstające pod wpływem narażenia na hałas i niedopuszczenie do pogłębiania się choroby.

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. Projekt nr II.P.12 pn. „Badanie uciążliwości i narażenia na hałas, w tym na hałas niskoczęstotliwościowy, emitowany przez turbiny i elektrownie wiatrowe”

Bibliografia

1. Dobór środków ochrony indywidualnej, pod redakcją K. Majchrzyckiej, A. Pościka, CIOP-PIB, Warszawa, 2007.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii z źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywę 2001/77/WE oraz 2003/30/WE (Dz.U. UE L. 140/16 z 5 czerwca 2009 r.).
3. Fortin P., Rideout K., Copes R., Bos C., Wind turbines and health, National Collaborating Centre for Environmental Health 2013, http://www.ncceh.ca/sites/default/files/Wind_Turbines_Feb_2013.pdf (dostęp 23 sierpnia 2016).
4. Haugen K. M. B., International review of policies and recommendations for wind turbine setbacks from residences: setbacks, noise, shadow flicker and other concerns, Minnesota Department of Commerce: Energy Facility Permitting. October 19, 2011.
5. Kozłowski E., Młyński R., Ochronniki słuchu – dobór i użytkowanie. CIOP-PIB, Warszawa, 2015.
6. Leventhall G., Bowdler D., Wind turbine noise. Multi-Science Publishing Co. Ltd., 2011, United Kingdom.
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (tekst jednolity, Dz. U. 2012, poz. 1109).
8. 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.
9. PN-EN 458:2016 Ochronniki słuchu. Zalecenia dotyczące doboru, użytkowania, konserwacji codziennej i okresowej. Dokument przewodni.
10. PN-ISO 7196:2002 Akustyka - Charakterystyka częstotliwościowa filtra do pomiarów infradźwięków (ISO 7196:1995).
11. PN-N-01307:1994 Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.

12. PN-N-18002:2011 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.
13. PN-Z-01338:2010 Akustyka. Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy.
14. 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. nr 157, poz. 1318).
15. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (tekst jednolity, Dz.U. 2003, poz. 169).
16. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2014, poz. 817).
17. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (Dz.U. 1996, nr 69 poz. 332 z późn. zm.).
18. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom (Dz.U. 1996, nr 114, poz. 545, z późn. zm.).
19. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 2004 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac (tekst jednolity, Dz.U. 2015, poz. 929).
20. Stan energii wiatrowej w Polsce w 2015 roku, Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej, 2016.
21. Stryjecki M., Mielniczuk K., Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływania na środowisko farm wiatrowych. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, 2011.
22. Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy (tekst jednolity, Dz.U. 2016, poz. 960).
23. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015, poz. 478 z późn. zm.).
24. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych (Dz.U. 2016, poz. 961).