



Pomiar tła akustycznego w środowisku – studium przypadków

Adam Zagubień
Politechnika Koszalińska

1. Wstęp

W artykule poddano analizie wybrane przypadki pomiaru tła akustycznego wokół instalacji będących źródłem hałasu przemysłowego. Tło akustyczne to wszystkie dźwięki występujące w środowisku poza ocenianą instalacją. Wyłączając ocenianą instalację np. zakład przemysłowy lub farmę wiatrową możemy zarejestrować poziom tła akustycznego. Na wynik pomiaru hałasu łącznie z tłem akustycznym oraz wynik pomiaru tła akustycznego w punkcie kontrolnym mają również wpływ dźwięki przypadkowe takie jak szczekanie psa, płacz dziecka, nawoływania lub krótkotrwałe użycie narzędzi itp. W przypadku pomiarów hałasu przemysłowego zakłóceniami będą również przejazdy samochodów nie związane z analizowaną instalacją (Ingielewicz i Zagubień 2016, Wszolek i Kłaczyński 2014). Koniecznością staje się korekta wyniku pomiaru hałasu instalacji łącznie z tłem akustycznym oraz pomiaru samego tła akustycznego. Korekty wyników dokonuje się eliminując próbki zawierające zakłócenia lub wycinając fragmenty pomiaru ciągłego. Pomiar tła akustycznego to ważny element procedury badania emisji hałasu w środowisku (Prusko 2013).

W wielu krajach referencyjne metodyki pomiarowe nakazują odjęcie poziomu tła akustycznego od zmierzonego poziomu emisji w punkcie kontrolnym (Dz. U. poz. 1542. 2014, Oppenheimer 2016). Odbywa się to zazwyczaj według wzoru (1) lub (2).

$$L_{AeqT} = L_{Aeq} - K \quad (1)$$

$$L_{AeqT} = 10 \cdot \log(10^{0,1L_{Aeq}} - 10^{0,1L_{AT}}) \quad (2)$$

gdzie:

L_{Aeq} – równoważy poziom dźwięku A hałasu źródła łącznie z tłem akustycznym, dalej nazywany poziomem emisji hałasu,

$K = 10 \cdot \log(1 - 10^{-0,1\Delta L})$ – poprawka korekcyjna ze względu na poziom tła akustycznego,

$\Delta L = L_{Aeq} - L_{AT}$ – zmierzona różnica źródło – tło,

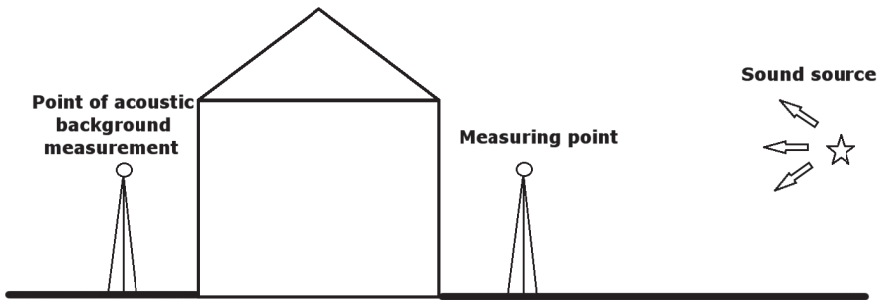
L_{AT} – równoważny poziom dźwięku A hałasu tła akustycznego, dalej nazywany poziomem tła akustycznego,

L_{AeqT} – wynik pomiaru po odjęciu tła akustycznego – równoważny poziom dźwięku A w czasie odniesienia, dalej nazywany poziomem emisji hałasu.

Metodyki referencyjne zalecają by pomiar tła akustycznego odbywał się w tym samym punkcie i w tym samym czasie odniesienia pory dziennej lub nocnej (w tej samej dobie pomiarowej) co zasadniczy pomiar emisji hałasu. Ze względu na zmienność warunków meteorologicznych oraz konieczność wyłączenia instalacji będącej źródłem emisji np. farmy wiatrowej na czas pomiaru tła akustycznego pojawiają się propozycje zmiany sposobu realizacji pomiarów (Gallo i in. 2016). Proponowane są przykładowo, wielotygodniowe rejestracje danych meteorologicznych oraz akustycznych. Następnie otrzymane dane akustyczne są czyszczone z sygnałów antropogenicznych i wykonywana jest analiza danych powtarzalnych. Mając na uwadze znaczną zmienność w czasie głównie prędkości wiatru, która powoduje zmiany mocy akustycznej poszczególnych turbin wiatrowych, otrzymane wyniki można uznać za średnie z czasu obserwacji. Z pewnością ta metoda nie pozwoli nam ustalić dobowego (dziennego i nocnego) poziomu równoważnego dźwięku odpowiadającego maksymalnej uciążliwości urządzeń. Wskaźniki hałasu określające dopuszczalne poziomy dźwięku w środowisku to różnica między wynikiem pomiaru emisji łącznie z tłem akustycznym, a tłem akustycznym zmierzonym w tym samym czasie. I właśnie w zależności od poziomu tła akustycznego instalacja taka jak np. farma wiatrowa może powodować przekroczenia poziomu dopuszczalnego lub nie.

Często podczas badań występuje przypadek ciągłej pracy instalacji, a co za tym idzie, brak możliwości wyłączenia wszystkich urządzeń

(przerwania produkcji) na czas pomiaru tła akustycznego. W typowych zakładach przemysłowych o nieziennej technologii produkcji w ciągu roku jest możliwe odstępstwo od zalecanych procedur pomiarowych lub ich modyfikacja ściśle uzasadniona merytorycznie. Sytuacja taka może zachodzić również w przypadku, gdy zmierzony poziom emisji jest nierozróżnialny z tłem akustycznym ($L_{Aeq} - L_{AT} < 3$), a zakłócenia wyraźnie pochodzą od innego zakładu lub instalacji. Dopuszcza się wtedy, przykładowo w polskiej metodyce referencyjnej (Dz. U. poz. 1542. 2014) wykonanie pomiaru tła akustycznego w cieniu akustycznym powstającym za ocenianym obiektem chronionym akustycznie w stosunku do podstawowego źródła emisji (rys. 1). Jednak postępowanie to musi być przeprowadzone w tym samym czasie odniesienia i w tej samej dobie pomiarowej ze względu na zmienność parametrów meteorologicznych w czasie (Zagubień 2017).



Rys. 1. Lokalizacja zastępczego punktu pomiaru tła akustycznego

Fig. 1. Location of an alternate background noise measurement point

Instalacją emitującą hałas, dla której pomiar tła akustycznego powinien być wykonywany bezwzględnie w tym samym punkcie pomiarowym i w tym samym czasie odniesienia co pomiar zasadniczy jest farma wiatrowa. Wynika to ze znacznej zmienności w czasie kierunku i prędkości wiatru (Bullmore i in. 2009, Ro i Hunt 2007, van den Berg 2008, Wszolek i Kłaczyński 2014, Koppen i Fowler 2015, Zagubień i Ingielewicz 2017). W artykule omówione zostały dwa szczególne przypadki sposobu pomiaru tła akustycznego wraz z uzasadnieniem. Pierwszy dla zakładu przemysłowego o pracy ciągłej, drugi dla farmy wiatrowej.

2. Metodyka pomiarowa i wyniki badań

Pomiary prowadzono przy wykorzystaniu cyfrowego analizatora dźwięku klasy 1 SVAN 912AE z osłoną przeciwwietrzną, umożliwiającą jednoczesny pomiar większości parametrów charakteryzujących hałas. Przed i po pomiarach, tor pomiarowy w postaci: analizatora dźwięku, okablowania, przedwzmacniacza i mikrofonu, sprawdzono kalibratorem akustycznym klasy 1. Cały zestaw pomiarowy miał niezbędne świadectwa wzorcowania.

Położenie punktu pomiarowego określa jego lokalizacja w terenie np. współrzędne geograficzne oraz wysokość nad poziomem terenu. Wysokość pomiarową ustalono na 4,0 m nad poziomem terenu. Lokalizację punktów pomiarowych przyjęto na granicach działek terenów chronionych akustycznie, najbliższych w stosunku do analizowanej instalacji będącej źródłem hałasu. Sytuowanie punktów przy elewacji budynków zwiększa odległość od instalacji, ogranicza możliwość rozbudowy obiektów chronionych w przyszłości i wymaga korekty zmniejszającej wyniki pomiarów kontrolnych o 3 dB. Wykonywanie pomiarów kontrolnych, w punktach położonych na granicy działek najbliższych terenów akustycznych, jest bardziej bezpieczne dla ludzi i środowiska (Ingielewicz i Zagubień 2016).

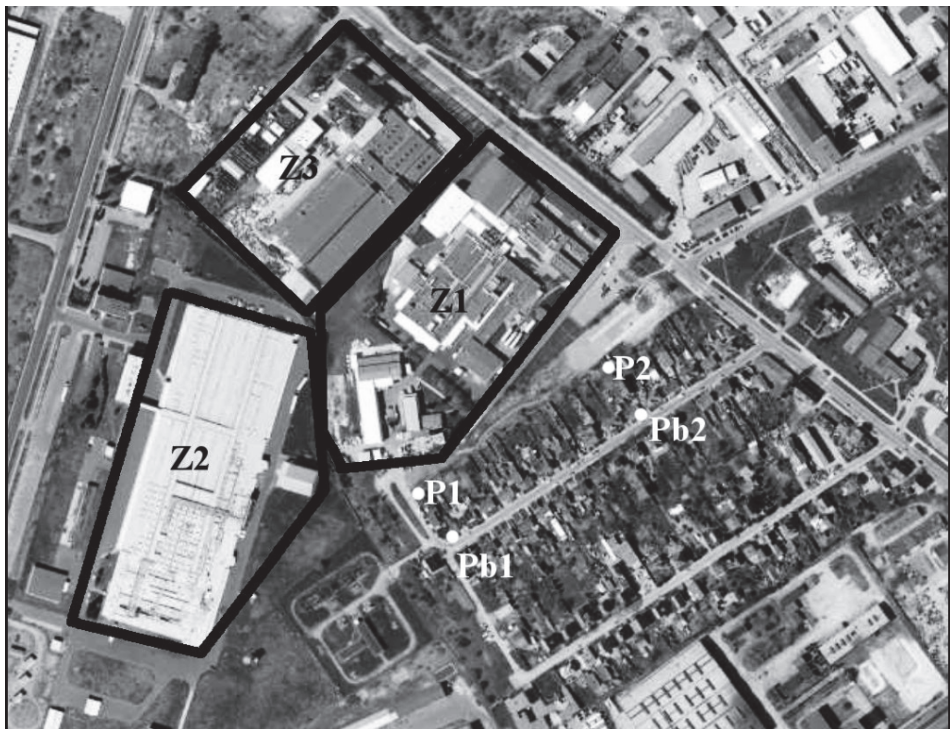
Parametry meteorologiczne podczas pomiarów zawierały się w granicach: ciśnienie atmosferyczne 990-1020 hPa, wilgotność względna 60-80%, temperatura 12-18°C. Średnia prędkość wiatru podczas pomiarów hałasu wokół zakładu przemysłowego nie przekraczała 1 m/s. Podczas pomiarów hałasu wokół farmy wiatrowej średnia prędkość wiatru zawierała się w przedziale 4-5 m/s. Powyższe wartości ustalano za pomocą stacji meteo mocowanej poniżej mikrofonu pomiarowego na wysokości około 3,5 m nad poziomem terenu.

Zasadniczym problemem podczas rejestracji hałasu farm wiatrowych jest dobór optymalnych parametrów prędkości wiatru napędzającego turbiny, przy jednoczesnym zachowaniu warunków meteorologicznych określonych w zastosowanej metodyce pomiarowej. Fakt ten potwierdzają także autorzy innych opracowań (Boczar i in. 2012, Wszolek i Kłaczyński 2014). Prowadząc pomiary należy dążyć do takich warunków, by prędkość wiatru na wysokości osi wirników turbin wiatrowych osiągała wartości odpowiadające maksymalnej mocy akustycznej turbin lub bliskie tym wartościom. Przykładowo, wykonując pomiary zgodnie z polską metodyką referencyjną należy spełnić warunek prowadzenia

pomiarów przy średniej prędkości wiatru w punkcie kontrolnym (najczęściej 4,0 m nad terenem) nie przekraczającej wartości 5 m/s. Zachowanie tego warunku łącznie z dążeniem do sytuacji, by pomiary wykonać przy maksymalnym poziomie mocy akustycznej turbin w praktyce jest trudne do osiągnięcia, a możliwości jego spełnienia zależą od konfiguracji i zagospodarowania terenu (Bullmore i in. 2009), lokalizacji punktów pomiarowych i występujących w otoczeniu elementów ekranujących.

2.1. Pomiary wokół zakładu przemysłowego

Analizowany zakład przemysłowy Z1 zlokalizowany jest w dzielnicy przemysłowej miasta. Niestety, do granic zakładu przylega od strony południowej pierwsza linia miejskiej zabudowy mieszkalnej, chroniona akustycznie. Od strony zachodniej i północnej, analizowany zakład przylega do innych instalacji będących również źródłem hałasu (rys. 2).



Rys 2. Lokalizacja zakładów i punktów pomiarowych
Fig 2. Location of plants and measuring points

Wykonane pomiary kontrolne w punktach P1 i P2 oraz pomiary tła w punktach Pb1 i Pb2 wykazały, że poziom emisji hałasu w pobliżu zakładu Z1 jest nieznacznie przekroczony w porze nocnej. Jak widać na rysunku 2 pomiar tła wykonany został w cieniu akustycznym powodowanym przez pierwszą linię zabudowy mieszkalnej. Postąpiono tak dlatego, że zakłady Z1, Z2 i Z3 pracują nieprzerwanie całą dobę. Nie było technicznych możliwości przerwania produkcji. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki pomiarów podczas pracy wszystkich zakładów

Table 1. Measurements results during operation of all plants

Punkty pomiarowe	L_{Aeq} – poziom emisji hałasu	L_{AT} – poziom tła akustycznego	L_{AeqT} – poziom emisji hałasu	Dopuszczalny poziom hałasu
	[dB]			
P1/Pb1	42,5	36,4	41,3	40
P2/Pb2	41,4	34,7	40,4	

W analizowanym przypadku pomiarowym na tło akustyczne składa się hałas ciągły od pracy zakładu Z1 oraz sąsiednich zakładów Z2 i Z3. Ponadto pomiary hałasu i tła zakłócały były innymi, krótko trwającymi, zdarzeniami akustycznymi np. szczekanie psa, wyraźnie słyszalny przejazd pojedynczych samochodów, odgłosy z zabudowań i posesji mieszkalnych itp. Zakłócenia te podczas pomiarów eliminowano poprzez odrzucenie takich próbek (pomiarów), jako obciążonych tzw. „grubym błędem”.

Podkreślić należy, że głównym słyszalnym (rejestrowanym uchem) źródłem hałasu wpływającym na poziom tła w punktach pomiarowych była ciągła równoległa praca zakładu Z2. Natomiast ze względu na zagospodarowanie terenu wokół zakładu Z1, zlokalizowanie zastępczego punktu pomiaru tła w cieniu akustycznym, ekranowanego wyłącznie od zakładu Z1 i jednocześnie posiadającego podobne warunki akustyczne, było niemożliwe. Cień akustyczny w otoczeniu zakładu Z1 występuje jedynie za linią zabudowy chronionej akustycznie od strony południowej w punktach pomiarowych Pb1 i Pb2. Każdy punkt zlokalizowany za linią tej zabudowy od strony południowej jest ekranowany nie tylko od zakładu Z1, ale również od innych źródeł hałasu wpływających na poziom tła w punktach pomiarowych P1 i P2, jakim są zakłady Z2 i Z3.

W omawianej sytuacji nie można było zlokalizować punktu pomiaru tła w cieniu akustycznym zachowując jednocześnie porównywalne warunki akustyczne jak w punkcie pomiarowym. Postanowiono wykonać dodatkową serię pomiarów tła akustycznego w innym terminie niż pomiar zasadniczy. Okazję do tego dała przerwa technologiczna w zakładzie Z1 trwająca dwa tygodnie raz w roku. W okresie czternastu dni wybrano dzień pomiaru, w którym warunki meteorologiczne były zbliżone do tych zarejestrowanych podczas pomiarów zasadniczych. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 2. Po uwzględnieniu wyników pomiarów tła akustycznego wykonanych w punktach P1 i P2 wykazano brak przekroczeń dopuszczalnego poziomu emisji w środowisku (Dz. U. 2014 poz. 112 2014).

Tabela 2. Wyniki pomiarów dla tła mierzonego po wyłączeniu zakładu Z1
Table 2. Measurement results for background noise measured after switching off plant Z1

Punkty pomiarowe	L_{Aeq} – poziom emisji hałasu	L_{AT} – poziom tła akustycznego	L_{AeqT} – poziom emisji hałasu	Dopuszczalny poziom hałasu
	[dB]			
P1	42,5	39,1	39,8	40
P2	41,4	37,9	38,8	

Na uzyskane wyniki końcowe emisji hałasu w środowisku znaczący wpływ ma tło akustyczne, którego głównym składnikiem są dźwięki emitowane przez zakład Z2.

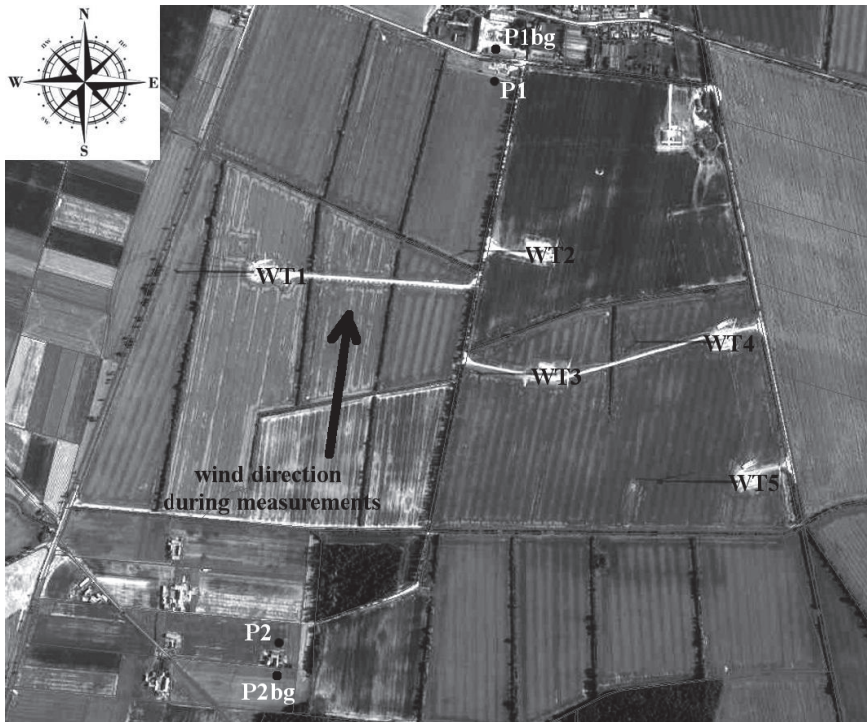
2.2. Pomiary wokół farmy wiatrowej

Ze względu na usytuowanie zabudowy mieszkalnej wokół farm wiatrowych, punkty pomiarowe reprezentatywne do oceny klimatu akustycznego zlokalizowane są wokół analizowanej grupy turbin WT1 do WT5 (rys. 3-5). Takie rozmieszczenie punktów pomiarowych powoduje uciążliwość w wykonaniu oceny emisji hałasu w środowisku. Nie występuje nigdy sytuacja, aby propagacja dźwięku od poszczególnych turbin wiatrowych znajdujących się na farmie wiatrowej odbywała się z wiatrem w kierunku każdego punktu pomiarowego. Prezentowane poniżej analizy dotyczą istniejącej farmy wiatrowej i są reprezentatywne dla większości przypadków prowadzenia pomiarów wokół grupy turbin. Punkt pomiaro-

wy P1 znajdował się w odległości 560 m, a punkt P2 w odległości 800 m od skrajnej turbiny farmy wiatrowej. Rozpatrzono trzy warianty pomiarowe W1, W2, W3 różniące się kierunkiem wiatru podczas badań terenowych. W każdym wariantcie tło akustyczne mierzono dwoma sposobami. Raz w cieniu akustycznym źródła w punktach P1bg i P2bg bez wyłączania turbin wiatrowych. Drugi raz w punktach P1 i P2 po wyłączeniu turbin wiatrowych. Założenie takie wymagało oczekiwania na odpowiedni dzień pomiarowy spełniający kryteria meteorologiczne.

Wariant W1

Podczas prowadzonych badań dominującym kierunkiem wiatru był kierunek południowy – rysunek 3.



Rys. 3. Lokalizacja punktów pomiarowych i dominujący kierunek wiatru
Fig. 3. Location of measuring points and wind direction

Uzyskane wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 3 i tabeli 4. W żadnym punkcie nie został przekroczony poziom dopuszczalny hałasu. Wartości uzyskane w punkcie P2 (tabela 3) nie pozwalają na określenie liczbowe poziomu emisji hałasu ze względu na małą różnicę wyników pomiaru hałasu łącznie z tłem i samego tła akustycznego ($L_{Aeq} - L_{AT} < 3$).

Tabela 3. Wyniki pomiarów emisji hałasu dla tła mierzonego w cieniu akustycznym źródła – wariant W1

Table 3. Results of measurements of noise emission for background noise measured in the acoustic shadow of the source – variant W1

Punkty pomiarowe	L_{Aeq} – poziom emisji hałasu	L_{AT} – poziom tła akustycznego	L_{AeqT} – poziom emisji hałasu	Dopuszczalny poziom hałasu
	[dB]			
P1/P1bg	42,6	35,4	41,7	45
P2/P2bg	35,9	33,2	wynik w tle ($L_{Aeq} - L_{AT} < 3$)	

Tabela 4. Wyniki pomiarów emisji hałasu dla tła mierzonego po wyłączeniu turbin wiatrowych – wariant W1

Table 4. Results of measurements of noise emission for background noise measured after switching off the wind turbines – variant W1

Punkty pomiarowe	L_{Aeq} – poziom emisji hałasu	L_{AT} – poziom tła akustycznego	L_{AeqT} – poziom emisji hałasu	Dopuszczalny poziom hałasu
	[dB]			
P1	42,6	36,4	41,4	45
P2	35,9	32,2	33,5	

Wariant W2

Podczas prowadzonych badań dominującym kierunkiem wiatru był kierunek północny – rysunek 4.

Uzyskane wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 5 i tabeli 6. W żadnym punkcie nie został przekroczony poziom dopuszczalny hałasu. Wartości uzyskane w punkcie P1 (tabela 5) nie pozwalają na określenie liczbowe poziomu emisji hałasu ze względu na małą różnicę wyników pomiaru hałasu łącznie z tłem i samego tła akustycznego ($L_{Aeq} - L_{AT} < 3$).



Rys 4. Lokalizacja punktów pomiarowych i dominujący kierunek wiatru
Fig 4. Location of measuring points and wind direction

Tabela 5. Wyniki pomiarów emisji hałasu dla tła mierzonego w cieniu akustycznym źródła – wariant W2

Table 5. Results of measurements of noise emission for background noise measured in the acoustic shadow of the source – variant W2

Punkty pomiarowe	L_{Aeq} – poziom emisji hałasu	L_{AT} – poziom tła akustycznego	L_{AeqT} – poziom emisji hałasu	Dopuszczalny poziom hałasu
	[dB]			
P1/P1bg	37,9	35,0	wynik w tle ($L_{Aeq} - L_{AT} < 3$)	45
P2/P2bg	38,6	32,3	37,4	

Tabela 6. Wyniki pomiarów emisji hałasu dla tła mierzonego po wyłączeniu turbin – wariant W2

Table 6. Results of measurements of noise emission for background noise measured after switching off the wind turbines – variant W2

Punkty pomiarowe	L_{Aeq} – poziom emisji hałasu	L_{AT} – poziom tła akustycznego	L_{AeqT} – poziom emisji hałasu	Dopuszczalny poziom hałasu
	[dB]			
P1	37,9	34,4	35,3	45
P2	38,6	33,7	37,1	

Wariant W3

Podczas prowadzonych badań dominującym kierunkiem wiatru był kierunek wschodni lub zachodni – rysunek 5.



Rys 5. Lokalizacja punktów pomiarowych i dominujący kierunek wiatru
Fig 5. Siting measuring points and wind directions

Uzyskane wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 7 i tabeli 8. W żadnym punkcie nie został przekroczony poziom dopuszczalnego hałasu.

Tabela 7. Wyniki pomiarów emisji hałasu dla tła mierzonego w cieniu akustycznym źródła – wariant W3

Table 7. The results of measurements of noise emission for background noise measured in the acoustic shadow of the source – variant W3

Punkty pomiarowe	L_{Aeq} – poziom emisji hałasu	L_{AT} – poziom tła akustycznego	L_{AeqT} – poziom emisji hałasu	Dopuszczalny poziom hałasu
	[dB]			
P1/P1bg	41,7	35,4	40,5	45
P2/P2bg	36,9	33,2	34,5	

Niezależnie od sposobu pomiaru tła akustycznego, uzyskano podobne wartości poziomu równoważnego dźwięku w środowisku. Obliczone wyniki emisji hałasu w obu punktach pomiarowych są niższe od wyników uzyskanych dla propagacji fali dźwiękowej z wiatrem – patrz P1 – tabela 4 i P2 – tabela 6.

Tabela 8. Wyniki pomiarów emisji hałasu dla tła mierzonego po wyłączeniu turbin – wariant W3

Table 8. The results of measurements of noise emission for background noise measured after switching off the wind turbines – variant W3

Punkty pomiarowe	L_{Aeq} – poziom emisji hałasu	L_{AT} – poziom tła akustycznego	L_{AeqT} – poziom emisji hałasu	Dopuszczalny poziom hałasu
	[dB]			
P1	41,7	35,8	40,4	45
P2	36,9	32,9	34,7	

3. Podsumowanie i wnioski

Pomiary tła akustycznego po wstrzymaniu produkcji w zakładzie Z1, prowadzone w tych samych punktach pomiarowych co pomiar emisji łącznie z tłem, pozwalają na realną ocenę klimatu akustycznego wokół analizowanej instalacji. Niekiedy wyniki pomiaru tła akustycznego mają zasadniczy wpływ na przekroczenia poziomu dopuszczalnego hałasu w środowisku. W przedstawionej sytuacji pomiarowej różnice w sposo-

bie pomiaru tła akustycznego wpływały istotnie na ocenę klimatu akustycznego. Wynika z tego, że analiza klimatu akustycznego na terenach chronionych akustycznie powinna zostać przeprowadzona łącznie dla wszystkich trzech zakładów tj. Z1, Z2 i Z3. Jednak wyegzekwowanie przerwy technologicznej w tym samym terminie we wszystkich trzech zakładach było niemożliwe. Gdyby jednak udało się przeprowadzić taki pomiar, to w przypadku ustalenia przekroczeń poziomu dopuszczalnego powstałaby wątpliwość, który konkretnie zakład należy obciążyć karą za przekroczenia. Niezależnie od przedstawionych wątpliwości należy uznać, że w przypadkach uzasadnionych merytorycznie niezbędne są odstępstwa od zalecanych metod pomiarowych.

Pomiar tła akustycznego w cieniu akustycznym bez wyłączania farmy wiatrowej prowadzi do zafałszowania wyników w punkcie pomiarowym. Podczas pomiaru tła od strony nawietrznej często otrzymujemy wyniki równoważnego poziomu dźwięku w punkcie kontrolnym nierozróżnialne z tłem pomiarowym w związku z zawyżonym poziomem tła akustycznego. Powodem tego jest lokalizacja mikrofonu w cieniu akustycznym, a jednocześnie ekspozycja mikrofonu na wiatr. Natomiast od strony zawietrznej otrzymujemy przeszacowany wynik równoważnego poziomu dźwięku wynikający z rejestracji zaniżonego poziomu tła akustycznego. Powodem takiego stanu rzeczy jest lokalizacja mikrofonu pomiarowego nie tylko w cieniu akustycznym ale jednocześnie w miejscu osłoniętym od wiatru.

Pomiar tła akustycznego w punktach pomiaru zasadniczego, ale po wyłączeniu farmy wiatrowej pozwala na ustalenie rzeczywistego równoważnego poziomu dźwięku. Jediną trudnością podczas tak prowadzonych pomiarów, jest konieczność odpowiedniego doboru terminu wykonania pomiarów tj. uwzględniającego prędkość i kierunek wiatru. Uzyskanie wyników pomiarów dla propagacji fali dźwiękowej z wiatrem wymaga wielokrotnych pomiarów. Uzasadnionym postępowaniem w przypadku badań prowadzonych wokół farm wiatrowych jest wykonanie pomiarów dla przynajmniej czterech różnych kierunków wiatru N, S, E i W we wszystkich punktach pomiarowych.

Ze względu na niższe poziomy dopuszczalne hałasu w porze nocnej pomiary kontrolne powinny być prowadzone wyłącznie w porze nocnej. Dopiero wyniki wskazujące na przekroczenia poziomów dopusz-

czalnych w porze nocnej powinny skutkować koniecznością prowadzenia oceny również w porze dziennej.

Podczas prowadzonych pomiarów kontrolnych nie należy kierować się czynnikiem ekonomicznym, lecz poprawnością oceny wpływu farmy wiatrowej na środowisko. Konieczność wyłączenia turbin wiatrowych na czas kilku pomiarów tła akustycznego szczególnie w porze nocnej, to zaledwie strata kilku godzin w produkcji energii. Natomiast poprawnie przeprowadzona ocena wpływu farmy wiatrowej na klimat akustyczny wokół instalacji, pozwala na rzetelne określenie uciążliwości dla okolicznych mieszkańców.

Literatura

- Boczar, T., Malec, T., Wotzka, D. (2012). Studies on Infrasound Noise Emitted by Wind Turbines of Large Power. *Acta Physica Polonica A*, 122(5), 850-853.
- Bullmore, A., Adcock, J., Jiggins, M., Cand, M. (2009). Wind Farm Noise Predictions and Comparison with Measurements. *Third International Meeting on Wind Turbine Noise*. Aalborg, Denmark.
- Dz. U. 2014 poz. 1542. (2014). *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody*. Warszawa: Dziennik Ustaw.
- Dz. U. 2014 poz. 112 (2014). *Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku*. Warszawa: Dziennik Ustaw.
- Gallo, P., Fredianelli, L., Palazzuoli, D., Licitra, G., Fidecaro, F. (2016). A procedure for the assessment of wind turbine noise. *Applied Acoustics*, 114, 213-217.
- Ingielewicz, R., Zagubień, A. (2016). Problemy oceny hałasu farm elektrowni wiatrowych na podstawie terenowych pomiarów kontrolnych. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 18, 531-549.
- Koppen, E., Fowler, K. (2015). International legislation for wind turbine noise. *Tenth European Conference on Noise Control, EuroNoise 2015*. Maastricht, Netherlands.
- Oppenheimer, C.H. (2016). A statistical background noise correction sensitive to the steadiness of background noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), 2888-2901.
- Prusko A. (2013). Znaczenie tła akustycznego w pomiarach hałasu w środowisku i ocenie uzyskanych rezultatów. *Energetyka*, 6, 472-477.

- Ro, K.S., Hunt, P.G. (2007). Characteristic Wind Speed Distributions and Reliability of the Logarithmic Wind Profile. *Journal of Environmental Engineering*, 133(3), 313-318.
- van den Berg, G.P. (2008). Wind turbine power and sound in relation to atmospheric stability. *Wind Energy*, 11, 151-169.
- Wszolek, T., Kłaczyński, M. (2014). Problems in Measurements of Noise Indicators for Wind Turbines in Poland. *Forum Acusticum*. Poland: Cracow.
- Zagubień, A., Ingielewicz, R. (2017). The Analysis of Similarity of Calculation Results and Local Measurements of Wind Farm Noise. *Measurement*, 106, 211-220.
- Zagubień, A. (2017). Wyniki pomiarów i analiz oddziaływania farm elektrowni wiatrowych na klimat akustyczny. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 19, 527-539.

Measurement of Background Noise in the Environment – Cases Studies

Abstract

The article analyses selected cases of background noise measurement in the vicinity of installations which constitute sources of industrial noise. The background noise refers to all sounds occurring in the environment outside the installation which is undergoing evaluation. By means of excluding the aforementioned installation, e.g. an industrial plant or a wind farm, one is able to register the background noise level. The reference methodologies recommend that the background noise measurement should take place at the same location and at the same reference time of day or night (during the same measurement day) as the fundamental measurement of noise immission. The article discusses two specific cases of background noise measurement methods and provides justification for both of them. The first case is an industrial plant operating in a continuous manner located in the vicinity of other plants, the second one – a measurement around a wind farm. In the first of the presented measurement situations, the differences in the method of background noise measurement employed significantly influenced the assessment of the acoustic environment. As a result, the analysis of noise levels in acoustically protected areas should be carried out jointly for all plants being located in the vicinity of the measuring point. A deviation from the recommended measurement methodology was proposed and the background noise measurement was conducted at a different time than the measurement of the noise immission together with the background. Regardless of the doubts presented in the article, it should be recognized that in substantively justified instances, deviations from the recommended measure-

ment methods are required. Noise emitting installations, for which background noise measurement should unconditionally be carried out at the same measurement point and at the same reference time as the main measurement, are wind farms. This is due to significant variability in wind direction and velocity over time. Background noise measurement at the main measurement points, after the wind farm is switched off, allows to determine the actual equivalent sound level. The only difficulty during such measurements is the need to select an appropriate date of measurements, i.e. to take the velocity and direction of the wind into account. Obtaining measurement results for sound wave propagation through air requires multiple measurements. A reasonable course of action in wind farm research is to conduct measurements of at least four different wind directions (N, S, E, and W) at all measuring points. While conducting control measurements, one should not be guided by the economic factor but by the correctness of the assessment of the impact of the wind farm on the environment. The necessity of switching wind turbines off for the time which is needed to conduct a few measurements of background noise, especially at night, results in a loss of just a few hours of energy production.

Streszczenie

W artykule poddano analizie wybrane przypadki pomiaru tła akustycznego wokół instalacji będących źródłem hałasu przemysłowego. Tło akustyczne to wszystkie dźwięki występujące w środowisku poza ocenianą instalacją. Wyłączając ocenianą instalację np. zakład przemysłowy lub farmę wiatrową możemy zarejestrować poziom tła akustycznego. Metodyki referencyjne zalecają by pomiar tła akustycznego odbywał się w tym samym punkcie i w tym samym czasie odniesienia pory dziennej lub nocnej (w tej samej dobie pomiarowej) co zasadniczy pomiar imisji hałasu. W artykule omówione zostały dwa szczególne przypadki sposobu pomiaru tła akustycznego wraz z uzasadnieniem. Pierwszy przypadek to zakład przemysłowy o pracy ciągłej znajdujący się w otoczeniu innych zakładów, drugi to pomiar wokół farmy wiatrowej. W pierwszej przedstawionej sytuacji pomiarowej różnice w sposobie pomiaru tła akustycznego wpływały istotnie na ocenę klimatu akustycznego. Wynika z tego, że analiza hałasu na terenach chronionych akustycznie powinna zostać przeprowadzona łącznie dla wszystkich zakładów będących w otoczeniu punktu pomiarowego. Zaproponowano odstępstwo od zalecanej metodyki pomiaru i wykonano pomiar tła akustycznego w innym terminie niż pomiar imisji hałasu łącznie z tłem. Niezależnie od przedstawionych w artykule wątpliwości należy uznać, że w przypadkach uzasadnionych merytorycznie niezbędne są odstępstwa od zalecanych metod pomiarowych. Instalacją emitującą hałas, dla której pomiar tła akustycznego powinien być wykonywany bezwzględnie w tym samym punkcie pomia-

rowym i w tym samym czasie odniesienia co pomiar zasadniczy jest farma wiatrowa. Wynika to ze znacznej zmienności w czasie kierunku i prędkości wiatru. Pomiar tła akustycznego w punktach pomiaru zasadniczego, ale po wyłączeniu farmy wiatrowej pozwala na ustalenie rzeczywistego równoważnego poziomu dźwięku. Jediną trudnością podczas tak prowadzonych pomiarów jest konieczność odpowiedniego doboru terminu wykonania pomiarów tj. z uwzględnieniem prędkości i kierunku wiatru. Uzyskanie wyników pomiarów dla propagacji fali dźwiękowej od źródła do punktu odbioru z wiatrem, wymaga wielokrotnych pomiarów. Uzasadnionym postępowaniem w przypadku badań prowadzonych wokół farm wiatrowych jest wykonanie pomiarów dla przynajmniej czterech różnych kierunków wiatru N, S, E i W we wszystkich punktach pomiarowych. Podczas prowadzonych pomiarów kontrolnych nie należy kierować się czynnikiem ekonomicznym, lecz poprawnością oceny wpływu farmy wiatrowej na środowisko. Konieczność wyłączenia turbin wiatrowych na czas kilku pomiarów tła akustycznego szczególnie w porze nocnej, to zaledwie strata kilku godzin w produkcji energii.

Słowa kluczowe:

tło akustyczne, hałas środowiskowy, pomiar hałasu, propagacja hałasu

Keywords:

background noise, environmental noise, noise measurements, noise propagation