



DOBRY WIATR

DLA REGIONÓW

EKSPERCI O ENERGETYCE WIATROWEJ



DOBRY WIATR

DLA REGIONÓW

EKSPERCI O ENERGETYCE WIATROWEJ





POLSKIE STOWARZYSZENIE
ENERGETYKI WIATROWEJ
ul. Polna 24/7, 00-630 Warszawa
www.psew.pl, e-mail: biuro@psew.pl

Dobry wiatr dla regionów – Eksperti o energetyce wiatrowej

Autorzy:

Dr hab. n med. Donata Kurpas, prof. nadzw.,
Prof. dr hab. Piotr Tryjanowski, Mgr Andrzej Łuczak,
Dr Krzysztof Badora, Prof. dr hab. inż. Tomasz Boczar,
Dr inż. Tomasz Malec.

Copyright © 2016 by Dr hab. n med. Donata Kurpas, prof. nadzw.,
Prof. dr hab. Piotr Tryjanowski, Mgr Andrzej Łuczak,
Dr Krzysztof Badora, Prof. dr hab. inż. Tomasz Boczar,
Dr inż. Tomasz Malec.

Korekta: Renata Surmacz

Skład, łamanie, druk, oprawa: Dom Poligraficzno-Reklamowy,
ul. Batorego 75C, 05-120 Legionowo, tel. 501 752 101

Warszawa 2016
ISBN 978-83-942050-1-0



Słowo wstępne

Korzystanie z odnawialnych źródeł energii (OZE) posiada wiele zalet ekonomicznych, ale również te, związane z ochroną środowiska naturalnego

W Polsce, z racji na warunki naturalne, dominującą technologią OZE jest energetyka wiatrowa. Według wielu analiz Polska ma wciąż ogromny, niewykorzystany potencjał naturalny dla rozwoju tej branży.

Razem z rozwojem energetyki wiatrowej w Polsce pojawiło się wiele pytań i wątpliwości czy w pobliżu wiatraków można spokojnie i bezpiecznie mieszkać? Jak farmy wiatrowe oddziałują na ludzi i zwierzęta?

Dzięki wsparciu finansowemu Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w okresie od kwietnia 2014 r. do czerwca 2015 r. została przeprowadzona ogólnopolska kampania „Dobry wiatr dla regionów”. Jej głównym celem było promowanie rzetelnej wiedzy o energii pozyskiwanej z wiatru. W 14 miastach Polski zorganizowano warsztaty, konferencje i śniadania prasowe, w których wzięli udział najlepsi eksperci z różnych dziedzin energetyki, ochrony zdrowia i środowiska. Spośród omawianych na tych spotkaniach tematów bezsprzecznie kilka zagadnień budzi największe zainteresowanie społeczności lokalnych, w których są lokalizowane wiatraki. Te tematy – generowany przez wiatraki hałas oraz oddziaływanie turbin wiatrowych na zdrowie, krajobraz i ptaki – zostały podjęte w artykułach przez znamienitych akademików, ekspertów w swoich dziedzinach, którzy wzięli udział w kampanii „Dobry Wiatr dla Regionów”.

Proces powstawania tego materiału edukacyjnego został zapoczątkowany przez Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej. Publikacja w sposób merytoryczny i wyczerpujący odpowiada na ważne pytania, a także weryfikuje nagromadzone wokół owych zagadnień nieprawdziwe teorie i mity.

Zachęcam do zapoznania się z niniejszą publikacją.

Wojciech Cetnarski

Prezes Zarządu

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej





Spis treści

Słowo wstępne	3
Wpływ energetyki wiatrowej na zdrowie człowieka	9
1. Wstęp i założenia	11
2. Metody przeglądu piśmiennictwa	13
3. Aktualny stan wiedzy na temat wpływu farm wiatrowych na zdrowie człowieka	14
3.1. Zanieczyszczenia środowiskowe	14
3.2. Hałas	14
3.3. Infradźwięki i dźwięki niskiej częstotliwości	22
3.4. Promieniowanie elektromagnetyczne	27
3.5. Migotanie cienia	27
3.6. <i>Wind Turbine Syndrome</i>	28
3.7. Aspekty wizualne, postawy wobec farm wiatrowych, jakość życia mieszkańców	31
4. Podsumowanie	34
Wpływ farm wiatrowych na ptaki	37
1. Abstrakt	39
2. Wprowadzenie	40
3. Metody badań ornitologicznych dla potrzeb farm wiatrowych	44
4. Turbiny wiatrowe w krajobrazie rolniczym – konsekwencje dla ptaków	53
5. Turbiny – mit zaniku ptasich siedlisk i kolizji	56
6. Rozwiązywanie konfliktów	62
7. Podsumowanie	65
Oddziaływanie elektrowni wiatrowych na krajobraz	67
1. Wprowadzenie	69
2. Oddziaływanie na strukturę krajobrazu, jego funkcjonowanie oraz fizjonomię – charakterystyka zagadnienia	76

2.1.	Oddziaływanie na strukturę i funkcjonowanie krajobrazu	77
2.2.	Oddziaływanie widokowe i podstawowe cechy wpływające na to oddziaływanie	80
3.	Prawne podstawy oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz w Polsce w aspekcie nowelizacji przepisów po częściowym wprowadzeniu ustaleń Europejskiej Konwencji Krajobrazowej	90
3.1.	Klasyfikacja przedsięwzięć energetyki wiatrowej w systemie ocen oddziaływania na środowisko	90
3.2.	Sytuacja przedsięwzięć energetyki wiatrowej w aspekcie wdrożenia tzw. ustawy krajobrazowej	91
4.	Podejścia metodyczne do ocen wpływu na krajobraz w krajach intensywnego rozwoju energetyki wiatrowej – przegląd reprezentatywnych metod	95
4.1.	Przykładowe, reprezentatywne metody	95
4.2.	Założenia do zakresu referencyjnej metody krajowej	101
5.	Możliwości optymalizacji lokalizacji elektrowni wiatrowych zmniejszające oddziaływanie na krajobraz	104
6.	Podsumowanie i wnioski	107

Ocena oddziaływania hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe – charakterystyka zjawiska 109

1.	Wprowadzenie	111
1.1.	Emisja	114
1.2.	Propagacja	116
1.2.1.	<i>Wpływ odległości na poziomy dźwięku</i>	116
1.2.2.	<i>Tłumienie dźwięku przez powietrze</i>	117
1.2.3.	<i>Wpływ warunków meteorologicznych</i>	118
1.2.4.	<i>Prędkość i kierunek wiatru</i>	118
1.2.5.	<i>Wartość temperatury otoczenia</i>	119
1.2.6.	<i>Wpływ gruntu na propagację fali dźwiękowej</i>	121
1.2.7.	<i>Tłumienie przez przeszkody</i>	124
1.2.8.	<i>Tłumienie przez roślinność</i>	126

1.3.	Imisja	126
2.	Metodyka pomiarów i obliczeń wykorzystywanych do oceny uciążliwości hałasu	129
3.	Hałas słyszalny turbin wiatrowych	132
3.1.	Modelowanie akustyczne	132
3.2.	Pomiary hałasu w zakresie słyszalnym	135
4.	Hałas infradźwiękowy generowany pracą turbin wiatrowych	137
4.1.	Źródła infradźwięków	138
4.2.	Ocena infradźwięków	138
4.3.	Infradźwięki generowane przez turbiny wiatrowe	140
5.	Podsumowanie	143
Piśmiennictwo		145
	Wpływ energetyki wiatrowej na zdrowie człowieka	147
	Wpływ farm wiatrowych na ptaki	155
	Oddziaływanie elektrowni wiatrowych na krajobraz	156
	Ocena oddziaływania hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe – charakterystyka zjawiska	160
O autorach		163
	Dr hab. n. med. Donata Kurpas, prof. nadzw.	165
	Prof. dr hab. Piotr Tryjanowski	166
	Mgr Andrzej Łuczak	167
	Dr Krzysztof Badora	168
	Prof. dr hab. inż. Tomasz Boczar	169
	Dr inż. Tomasz Malec	170

WPŁYW ENERGETYKI WIATROWEJ NA ZDROWIE CZŁOWIEKA

DR HAB. N MED. DONATA KURPAS,
PROF. NADZW.





1. Wstęp i założenia

Wyczerpywanie się tradycyjnych nośników energii jest jednym z istotniejszych problemów współczesnej cywilizacji (Hoedl, 2011; Ciżmowska, 2012; Pierńkowski, 2012; Kurpas i wsp., 2013; Mroczek i wsp., 2013). Zainspirowało także decydentów do poszukiwania nowych sposobów zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego poszczególnych krajów (Wiśniewski, Michałowska-Knapp, 2010). Według założeń przyjętych w Unii Europejskiej, produkcja energii z odnawialnych źródeł energii (OZE) w skali całej Wspólnoty ma osiągnąć poziom 20% w 2020 r. Jedną z dróg prowadzących do osiągnięcia tego założenia jest rozwój energetyki wiatrowej, której społeczna ocena nie jest jednoznaczna. Wśród korzyści podkreśla się pozytywny wpływ na środowisko, w szczególności brak emisji zanieczyszczeń podczas produkcji energii elektrycznej. Równocześnie jednak turbiny wiatrowe stanowią nowy i obcy element krajobrazu, stając się jednym ze stresorów środowiskowych (Evans, Cohen, 1987; Pedersen, 2011; Kurpas i wsp., 2013; Mroczek i wsp., 2013).

Energetyka wiatrowa, jako odnawialne źródło energii (OZE), stanowi ekologiczną alternatywę dla paliw kopalnych i umożliwia zwiększenie niezależności energetycznej państwa, ograniczając import paliw kopalnych (Raport 2004). Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce jest doskonałym przykładem korzyści, ale i trudności jakie niosą ze sobą założenia zrównoważonego rozwoju (Pawłowski, 2009).

Podobnie jak inne osiągnięcia cywilizacyjne turbiny wiatrowe w percepcji społeczności lokalnych mogą wiązać się z nieodwracalnymi konsekwencjami (m.in. katastrofy przemysłowe, dewastacja środowiska naturalnego, zmiany klimatu, choroby). Zwiększają prawdopodobieństwo braku poczucia zaufania wobec niektórych z kluczowych elementów systemu, a więc „społeczeństwa ryzyka” (Sztompka, 2007). Wobec powyższego budowa farm wiatrowych wywołuje silne emocje, których konsekwencją mogą być konflikty między mieszkańcami, lokalnymi decydentami i inwestorami (Mroczek 2011, Kurpas 2011). Z jednej strony uregulowania w Europie i Kanadzie wskazują na aktywne poparcie dla energetyki wiatrowej (Devine-Wright, 2005), z drugiej strony – lokalne społeczności coraz niechętniej reagują na plany budowy farm wiatrowych na swoich terenach manifestując postawę NIMBY („Not In My Back Yard”) (Wolsink, 2000).



Pierwsza elektrownia wiatrowa w Polsce powstała w 2001 r. Na koniec czerwca 2012 r. istniało w Polsce 619 elektrowni wiatrowych o łącznej mocy wynoszącej 2 189 MW. Przyrost mocy w 2011 r. wyniósł 437 MW (18 MW mniej niż w roku 2010 r.). Jak podaje Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej, było to znacznie poniżej prognoz operatorów, które dochodziły do 2 000 MW rocznie i jest to znacznie poniżej możliwości branży. Główną przyczyną osłabienia była i jest niepewność dotycząca systemu finansowania i regulacji (Raport, 2012; Mroczek i wsp., 2013). Na reprezentatywnej grupie Polaków wykazano jednak duże poparcie dla energetyki wiatrowej, jednak z równoczesną niewielką wiedzą społeczeństwa w tym zakresie (Mroczek 2011). Rozpoczęcie realizacji inwestycji związanej z energetyką wiatrową w zamieszkiwanej okolicy może być początkiem protestów u podłoża, których leżą, między innymi, sprzeczne informacje dotyczące wpływu farm wiatrowych na zdrowie człowieka (Mroczek 2011, Kurpas 2011).

Celem tego opracowania jest przegląd doniesień spełniających kryteria publikacji naukowych w odniesieniu do wpływu turbin wiatrowych na zdrowie człowieka.



2. Metody przeglądu piśmiennictwa

W przypadku narażenia na farmy wiatrowe przeprowadzenie badań typu RCT (*Randomized Controlled Trial*) jest niemożliwe – zarówno badani jak i badacze znają czynnik narażenia. Zgodnie z wytycznymi EBM (*Evidence-Based Medicine*) dla uzyskania rekomendacji o jak najwyższym poziomie należałoby więc analizować i przeprowadzać *high quality cohort studies* lub *case-control studies* (oba typy badań z grupą kontrolną) najlepiej włączających analizy geostatystyczne z oceną wariogramu i krigingiem) (Guyatt i wsp., 2008; Kurpas i wsp., 2013).

Wyszukiwano hasła „*wind farm + health effects*” w Thomson Reuters Web of KnowledgeSM oraz poprzez wyszukiwarkę Google. W niniejszej pracy przedstawiono dostępne publikacje z czasopism recenzowanych, które powstały na bazie projektów prowadzonych zgodnie z regułami badań naukowych, co jest przedmiotem oceny przez recenzentów i może stanowić podstawę przy tworzeniu rekomendacji zgodnie z wytycznymi EBM (Guyatt i wsp., 2008). Jedyny wyjątek zrobiono dla prac publikowanych pod postacią pozycji zwartych lub dokumentów na stronach internetowych, na które często powołują się przeciwnicy farm wiatrowych. Przedstawiono ich analizę pod kątem poprawności metodologicznej opracowania uzyskanych danych. Nie uwzględniono natomiast w niniejszej pracy oceny opracowań typu “Assessment of wind farm impact on environment” ponieważ nie są efektem badań oryginalnych. Nie analizowano również prac poświęconych wyłącznie pomiarom i ocenie hałasu emitowanego przez turbiny wiatrowe, jak i wpływowi infradźwięków hałasu niskoczęstotliwościowego na zdrowie zarówno po ekspozycji zawodowej, jak i środowiskowej, o ile ich źródłem nie były farmy wiatrowe.



3. Aktualny stan wiedzy na temat wpływu farm wiatrowych na zdrowie człowieka

3.1. Zanieczyszczenia środowiskowe

Energetykę wiatrową uważa się za jedno z najczystszych źródeł energii odnawialnej, niewpływającej na proces globalnego ocieplenia i niezwiększającej emisji zanieczyszczeń środowiskowych (WHO, 2004). WHO w raporcie z 2004 r. proponuje promowanie źródeł energii odnawialnej, wymieniając wśród nich energetykę wiatrową jako emitującą zanieczyszczenia na poziomie niemającym znaczenia dla środowiska. Energetyka wiatrowa wymieniana jest wśród głównych źródeł energii przyszłości, które wpłyną korzystnie na zmniejszenie konsekwencji zdrowotnych wynikających z zanieczyszczeń środowiskowych (WHO, 2004). Nawet przy uwzględnieniu procesu produkcji turbin wiatrowych – energetyka wiatrowa generuje 50 razy mniej emisji na MWh w porównaniu do przemysłu węglowego (AWEA, 2009). Dane z 2007 r. z USA wskazują, że energetyka wiatrowa zapobiegła emisji niemal 28 mln ton CO₂/rok. Z kolei w 2009 r. dzięki europejskiej energetyce wiatrowej uniknięto emisji 106 mln ton CO₂ /rok, co jest równoznaczne z produkcją CO₂ przez 25% samochodów Unii Europejskiej (EWEA, 2010).

Energetyka wiatrowa pozwala na zaoszczędzenie 6 bilionów euro rocznie poprzez ograniczenie zużycia paliw (EWEA, 2010). Warto tu podkreślić, że ograniczenie emisji CO₂ poprzez prewencję efektu cieplarnianego, pośrednio wpływa na ograniczenie dystrybucji alergenów układu oddechowego, pokarmowego, skóry, jak również rozprzestrzenianiu się chorób infekcyjnych (Hoedl, 2011; EWEA, 2010).

3.2. Hałas

Dźwięki to fale ciśnienia, które mogą mieć różną częstotliwość, przy czym ludzkie ucho rejestruje te od 20 do 20000 Hz (infradźwięki mają częstotliwość poniżej 20 Hz), (Rogers, 2006). Efekt, jaki hałas może mieć na ludzi, można sklasyfikować w trzech kategoriach: efekty subiektywne (podenerwowanie, dyskomfort, niezadowolenie), ingerencja w konkretne aktywności (rozmowa, sen, nauka) oraz efekty fizjologiczne (niepokój,



szum w uszach), (Rogers, 2006). Poziomy dźwięków, związane z nowoczesnymi turbinami, generują efekty tylko w pierwszej kategorii, czyli efektów subiektywnych. Przypadki z trzeciej kategorii (efektów fizjologicznych) występują w sytuacjach takich, jak praca w fabrykach lub w pobliżu włączonych silników samolotów. To, czy dźwięk jest niepożądany, będzie zależało od typu dźwięku (tonalny, szerokopasmowy, o niskiej częstotliwości lub impulsywny) oraz okoliczności i osobniczej wrażliwości osoby, która go słyszy (Rogers, 2006).

Określony poziom dźwięków jest stałym elementem otoczenia. Wszystkie urządzenia, które posiadają ruchome części generują dźwięk i turbiny wiatrowe nie są w tym przypadku wyjątkiem (Keith i in., 2008; Pawlas, 2009). Elementy turbiny, które mogą powodować hałas to: wentylatory chłodzące, generator, konwerter mocy, pompy hydrauliczne, silniki obracające wirnikiem, łożyska, śmigła. Informacje na temat hałasu generowanego przez turbiny są dostarczane przez producenta, a mierzone przy użyciu międzynarodowych standardów. Te informacje są stosowane do określenia poziomu dźwięków w danej lokalizacji.

Słyszalność pracy turbin wiatrowych zależy od wielu czynników, w tym od ilości hałasu w danym otoczeniu (Wind, 2007). Prawdłowo zaprojektowane farmy wiatrowe są ciche przy pracy i w porównaniu z hałasem np.: ruchu drogowego, pociągów, samolotów czy robót budowlanych, poziom odgłosów pracy turbin wiatrowych jest bardzo niski (CWEA, 2007; Hanning, Evans, 2012; Pedersen i wsp., 2004; Pedersen i wsp., 2010). Rozchodzenie się hałasu z farm wiatrowych zależy nie tylko od zastosowanego rozwiązania konstrukcyjnego, wielkości i liczby turbin, ale także od kierunku wiatru i jego charakteru (spokojny lub z turbulencjami). O ile w dzień latem, nawet przy silnym wietrze, hałas ten jest słyszalny co najwyżej z odległości kilkuset metrów, to w nocy jest on słyszalny nawet z odległości kilku kilometrów (van den Berg, 2003).

Odgłosy pracy turbin są niższe od pochodzących z innych obszarów codziennej działalności. Turbina wiatrowa wytwarza dwa rodzaje hałasu: aerodynamiczny (ze śmigieł) oraz mechaniczny (z obracającego się mechanizmu). Aerodynamiczny hałas został przyrównany do szelestu gałęzi podczas niewielkiego wiatru. Mechaniczny hałas można zminimalizować poprzez wykorzystanie sprawdzonych praktyk inżynierskich i zastosowanie narzędzi planowania do oszacowania wytwarzanego hałasu z farm wiatrowych (Keith i wsp., 2008; DTI, 2001).



Na zewnątrz domów, które oddalone są minimum o 500 m, a często dalej, odgłos turbiny generującej prąd jest porównywalny do odgłosu płynącego strumienia, oddalonego o 50-100 m, lub do odgłosu liści szeleszczących pod wpływem delikatnego wiatru. Odgłosy te są jeszcze mniej słyszalne wewnątrz budynków mieszkalnych. Można to również porównać do poziomu dźwięków w pokoju z działającym piecykiem gazowym, czytelnici w bibliotece, gdzie przekładane są kartki książek, czy pustym biurze z klimatyzacją (Pawlas, 2009).

Hałas generowany przez turbiny wiatrowe zmniejsza się wraz z postępem technologicznym. Wraz z podniesieniem wydajności płatów śmigieł, więcej energii wiatru zmienia się w energię obrotu, a mniej w energię akustyczną. Tłumienie drgań i ulepszona konstrukcja mechaniczna także znacznie zmniejszyły hałas o podłożu mechanicznym (Rogers 2006; AWEA, 2009).

Naukowcy z Uniwersytetu Salford w Wielkiej Brytanii ustalili, że ze 133 działających instalacji wiatrowych, w 27 odnotowano skargi odnośnie hałasu. Łączna liczba 239 formalnych skarg wpłynęła w Wielkiej Brytanii od 1991 r., z czego 152 dotyczyły jednej lokalizacji. Łączna liczba zgłaszających skargę wyniosła 81 w ciągu szesnastoletniego okresu, co pokazuje, że w kontekście liczby mieszkańców, hałas ze strony farm wiatrowych jest problemem o niewielkiej skali w porównaniu z innymi typami hałasu. Dla porównania liczba skarg dotyczących hałasu przemysłowego przekracza tysiąckrotnie te dotyczące hałasu z farm wiatrowych. Tylko w jednym z powyższych przypadków hałas generowany przez elektrownie wiatrowe uznany został za spełniający prawne przesłanki uciążliwości. Wskazuje to, że częstotliwość występowania hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe i hałasu aerodynamicznego jest niska. Hałas aerodynamiczny potwierdzono w 4. lokalizacjach, a jako możliwy czynnik sprawczy w kolejnych 8. W odniesieniu do tych 4. lokalizacji, analiza meteorologicznych danych sugeruje, że warunki odpowiednie do wystąpienia tego hałasu, miały miejsce w od 7% do 15% czasu. Nie był zatem obecny przez większość dni, ale mógł występować okresowo przez kilka dni. Skargi z czasem uciły w 3. z 4. lokalizacji, w jednym wypadku w wyniku zastosowania systemu kontroli turbin. Potwierdza to, że bardzo niewiele osób ma do czynienia z hałasem, którego źródłem są farmy wiatrowe (Moorhouse i wsp., 2007).



Dźwięki pracy turbin wiatrowych nie stanowią zagrożenia utraty słuchu lub innego negatywnego wpływu na zdrowie (CCA, 2015), a u niektórych ludzi odgłosy pracy turbin mogą powodować irytację. Nie ma jednak dowodów na to, że słyszalne dźwięki emitowane przez turbiny wiatrowe mają jakikolwiek bezpośredni efekt fizjologiczny u ludzi (Colby i wsp., 2009; van den Berg, 2004; CCA, 2015).

Większość skarg kierowanych pod adresem turbin wiatrowych jest konsekwencją dyskomfortu wywołanego ich pracą, który wynika z charakterystycznego szumu śmigieł turbiny, nieprzekraczającego poziomu hałasu w przeciętnym środowisku. Niewielka liczba zanotowanych zgłoszeń wynika z podenerwowania i stresu w wyniku słuchania wspomnianych odgłosów u osób, u których podobne efekty wywołuje przejazd samochodu, praca maszyny rolniczej, czy urządzeń AGD (Colby i wsp., 2009). Podenerwowanie nie jest jednak jednostką chorobową, a wynika z subiektywnego postrzegania danego dźwięku (Pedersen, Waye, 2004; Pedersen i wsp., 2007; Pedersen, Larsman, 2008; Pedersen, Waye, 2007; Pedersen, Waye, 2008; Pedersen i wsp., 2009).

Obszerny przegląd piśmiennictwa przygotowany przez Pedersen (2003) dla Szwedzkiej Agencji Środowiska potwierdza, że turbiny wiatrowe nie powodują żadnych innych zmian zdrowotnych poza pewną uciążliwością, a na terenach rekreacyjnych jako elementy intruzyjne mogą powodować irytację w konsekwencji odbierania ich jako obiekt obcy.

W badaniach Pedersen i Waye (2004) 16% respondentów spośród mieszkających w pobliżu turbin wiatrowych, na terenie gdzie hałas określano na poziomie 35 dB LAeq, zgłaszało zaburzenia snu (Pedersen, Waye, 2004). Autorzy wnioskowali, że hałas pochodzący z turbin wiatrowych może być intensywniej odbierany w nocy, a stopień zaburzeń snu (wybudzanie i trudności z ponownym zaśnięciem) narasta wraz z nasilaniem się hałasu. Nawet przy najmniejszym poziomie hałasu – 20% respondentów zgłaszało zaburzenia snu co najmniej w ciągu jednej nocy w miesiącu (Van den Berg i wsp., 2008).

W 2007 Pedersen i wsp. przeprowadzili kolejną obserwację potwierdzając, że zależność między hałasem wytwarzanym przez turbiny wiatrowe i jego percepcją przez człowieka jest zjawiskiem wielowymiarowym i bardzo indywidualnym, zależnym od cech osobowości i stopnia trud-



ności z zaakceptowaniem zmian zachodzących w otoczeniu (Pedersen i wsp., 2007).

W 2008 r. Pedersen i Larsman opublikowali badanie określające zależność między widocznością turbin wiatrowych, nastawieniem do widocznych turbin wiatrowych i VVA (*Vertical Visual Angle*) (Pedersen, Larsman, 2008). Publikacja była konsekwencją wcześniejszych obserwacji potwierdzających zależność między stopniem irytacji u mieszkańców w pobliżu turbin wiatrowych, aspektami wizualnymi i indywidualnym nastawieniem do hałasu (Pederson, Waye, 2004; Pederson, Waye, 2007; Pederson, Waye, 2008; Pedersen, 2011). Pedersen i Larsman (2008) wnioskowali, że respondenci mieszkający w okolicy, gdzie turbiny wiatrowe kontrastowały z otoczeniem (płaskie tereny) częściej zgłaszali irytację z powodu hałasu, niż mieszkający na terenach pagórkowatych (turbiny wiatrowe nie była tam elementem kontrastowym), niezależnie od poziomu obserwowanego hałasu. Autorzy wnioskowali, że opinia negatywna na temat turbin wiatrowych może być bardziej związana z subiektywnym aspektem estetycznym niż ze stymulacją słuchowo-wizualną (Pedersen, Larsman, 2008).

Pedersen i Waye w kolejnych publikacjach (Pederson, Waye, 2004; Pederson, Waye, 2007; Pederson, Waye, 2008) wykazali, że respondenci (w 2004 r.: $n=351$; w 2007 r.: $n=754$) potwierdzali hałas pochodzący z turbin wiatrowych (39%: 307/754, w zakresie <32.5 , $32.5-35.0$, $35.0-37.5$, $37.5-40.0$, and >40.0 dB(A)), a liczba respondentów wzrastała linearnie wraz ze wzrostem nasilenia hałasu. Jedynie 31 z 754 respondentów (Pederson, Waye, 2007) potwierdziło irytację hałasem wytwarzanym przez turbiny wiatrowe, w zakresie hałasu <32.5 do 37.5 dB(A) – 3% do 4% respondentów, w zakresie $37.5-40.0$ dB(A) – 6% i w zakresie >40.0 – 15% respondentów. Dodatkowo 36% spośród 31 respondentów, którzy zgłaszali irytację hałasem, zgłaszało również zaburzenia snu wynikające z pracy turbin wiatrowych.

Kiedy połączono wyniki obu badań (Pederson, Waye, 2004; Pederson, Waye, 2007) ($n=1095$) potwierdzono linearny wzrost respondentów zgłaszających irytację wraz ze wzrostem natężenia hałasu: 5-15% zauważających hałas przy 29 dB(A) do 45-90% przy 41 dB(A) (Pederson, Waye, 2008). Wyniki badań Pedersen i Waye (Pederson, Waye, 2004; Pederson, Waye, 2007; Pederson, Waye, 2008) wskazują także, że liczba respondentów średnio lub znacznie poirytowanych była stabilna przy hałasie w zakresie 29-37 dB(A) (nie więcej niż 5% respondentów), ale wzrastała



przy hałasie powyżej 37 dB(A), z największym nasileniem przy 38 dB(A) i 41 dB(A), kiedy to do 30% respondentów było poirytowanych. Respondenci w tych badaniach przekrojowych (i innych: van den Berg, 2003) zgłaszali świsty, gwizdy, głośne i pulsujące lub tylko pulsujące dźwięki – były to cechy najbardziej skorelowane z irytacją w konsekwencji hałasu turbin wiatrowych wśród respondentów, którzy zauważyli hałas w środowisku otaczającym budynki mieszkalne. Zostało to również potwierdzone w badaniach Leventhalla (2006). Siedem procent respondentów ($n=25$) w badaniu Pedersen i Waye (2004) odczuwało irytację w konsekwencji hałasu turbin wiatrowych, zależnie od kategorii hałasu, z kolei 23% ($n=80$) miało zaburzenia snu spowodowane przez hałas. Spośród 128 respondentów mieszkających w obszarze ekspozycji na hałas powyżej 35.0 dB(A), 16% ($n=20$) potwierdziło zaburzenia snu spowodowane hałasem. Autorzy badania komentowali, że niektóre osoby mogą odbierać hałas pochodzący z turbin wiatrowych jako bardziej dokuczliwy niż np. hałas w konsekwencji ruchu drogowego, czy lotniczego, przy takim samym poziomie hałasu w przeliczeniu na dB.

Pedersen i Waye (2004) potwierdzili, że aspekt wizualny, nastawienie do samej obecności turbin wiatrowych i wrażliwość na dźwięk, mogą warunkować przeżywanie przez respondentów hałasu wytwarzanego przez turbiny wiatrowe.

Na przykład, 13% zmiana w nasileniu wywołanego przez turbiny wiatrowe, powoduje wzrost szansy na irytację o 1,87, nastawienie szansę tę zwiększa do 5,05.

Pedersen i Waye (2007) przeprowadzili także badanie w siedmiu obszarach Szwecji o różnym stopniu urbanizacji. Irytacja hałasem turbin wiatrowych pozostawała w bezpośredniej zależności z miejscem zamieszkania i ukształtowaniem terenu (najwyższe ryzyko obserwowano na płaskich terenach wiejskich). Potwierdzono dominujące znaczenia aspektu wizualnego: respondenci, którzy uważali, że turbiny wiatrowe są nieestetyczne – częściej skarżyli się na irytację i zaburzenia snu (Pederson, Waye, 2007).

W metaanalizie trzech europejskich baz danych ($n=1764$), opracowanej przez Pedersen i wsp. (2009) – zaburzenia snu wzrastały przy nasilaniu hałasu. Ponadto autorzy stwierdzili, że uciążliwość jest większa u osób negatywnie nastawionych do takich inwestycji. Dodatkowo mieszkańcy,



którzy czerpali korzyści ekonomiczne z obecności w ich pobliżu turbin wiatrowych – wykazywali statystycznie istotnie niższy poziom irytacji w porównaniu z respondentami, którzy nie czerpali takich korzyści, niezależnie od poziomu hałasu (Pedersen i wsp., 2009). Podobne wyniki uzyskano w konsekwencji badań prowadzonych przez Mroczek i wsp. (2010), które wykazały, że subiektywna ocena stanu zdrowia osób ekspozowanych na obecność farm wiatrowych nie zależy od bliskiej odległości od farmy wiatrowej, a sama inwestycja nie jest oceniana jako pogarszająca stan zdrowia. Średnia ocena stanu zdrowia poniżej dobrej była w tym badaniu odzwierciedleniem występujących problemów zdrowotnych, takich jak dolegliwości bólowe, zdenerwowanie, bezsenność, których przyczyną mogą być zachowania ryzykowne dla zdrowia, takie jak palenie papierosów, picie alkoholu i niewłaściwe odżywianie się wyrażone BMI > 25. W kolejnych badaniach potwierdzono, że ocena stanu zdrowia wzrasta w miarę otrzymywania korzyści ekonomicznych związanych z inwestycją w farmy wiatrowe, a wymienione problemy zdrowotne występują podobnie jak w populacji mieszkającej z dala od farm wiatrowych (Mroczek i wsp., 2012a). Podobne wyniki opublikowały również inne zespoły naukowców na podstawie analizy piśmiennictwa: zespół ekspertów Colby et al. 2009 i CMOH Report (2010).

Podobne wyniki do Pedersen i wsp. uzyskali van der Berg i wsp. (2008) z University of Groningen w Holandii. Opublikowali wyniki badań ankietowych prowadzonych wśród respondentów żyjących 2,5 km od turbin wiatrowych (project WINDFARMperception). Randomizowany wybór 1948 rezydentów pozwolił na zebranie 725 (37%) kwestionariuszy. Obiektywnie mierzone nasilenie hałasu wahało się między 24 i 54 dB LAeq. Badania potwierdziły, że dźwięk generowany przez turbiny wiatrowe był najistotniejszą przyczyną irytacji i zaburzeń snu, nawet w najniższym zakresie 20% respondentów zgłaszało zaburzenia snu co najmniej raz w miesiącu. Przy hałasie na poziomie 30-35 dB LAeq, 10% respondentów zgłaszało irytację w stopniu średnim i nasilonych, 20% przy 35-40 dB LAeq i 25% przy 40-43 dB LAeq (ekwiwalent do 38-41 dB LA90) (van der Berg i wsp. 2008).

W 2010 r. Pedersen i wsp. (2010) postawili hipotezę, że wysoki poziom hałasu w tle może maskować hałas generowany przez turbiny wiatrowe. Nie przeprowadzono jednak stosownych badań, które potwierdziłyby, że lokalizacja farmy wiatrowej np. w okolicy drogi szybkiego ruchu jest



bardziej korzystna z punktu widzenia indukowania irytacji u mieszkańców, w porównaniu z lokalizacją na pierwotnie cichym terenie wiejskim (Pedersen, Waye, 2008).

W 2011 r. badania Pedersen prowadzone w dwóch rejonach Szwecji: płaski teren wiejski ($n=351$) i podmiejska okolica wzgórzowa ($n=754$) oraz w jednej lokalizacji w Holandii: płaski teren, ale z różnym stopniem intensyfikacji ruchu drogowego ($n=725$), wykazały związek irytacji z dźwiękiem generowanym przez turbiny wiatrowe. Zaburzenia snu występowały głównie u respondentów z terenów o ukształtowaniu płaskim, a zależność ta nie miała charakteru linearnego (Pedersen, 2011). Wyniki Pedersen (2011) potwierdziły także, że zgłaszane przez respondentów odczucia: poczucie napięcia, stres, rozdrażnienie były związane z irytacją wynikającą z hałasu, ale nie samym hałasem (OR i $95\%CI > 1.0$), a zaburzenia snu były związane zarówno z irytacją, jak i zakresem hałasu (OR i $95\%CI > 1.0$). W publikacji wnioskowano, że wyniki te nie są dowodem na konsekwencje hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe, a obserwowane skargi mogą być wyjaśnione indywidualnym przeżywaniem stresora środowiskowego, jakim jest obecność turbiny wiatrowej (Pedersen, 2011).

W badaniu Nissenbaum i wsp. (2011) wśród mieszkających w pobliżu dwóch farm wiatrowych w odległości 375-1400 m obserwowano zaburzenia snu i senność w ciągu dnia, podobnie jak u respondentów mieszkających do 2 km od inwestycji.

Shepherd i wsp. (2010) badali wpływ turbin wiatrowych w Nowej Zelandii i podobnie jak w pracach grupy Pedersena stwierdzili, że pierwotnym skutkiem efektu farm wiatrowych na zdrowie jest ich uciążliwość i pogorszenie jakości snu. Dodatkowym czynnikiem zwiększającym odczucie uciążliwości takiego hałasu jest indywidualna wrażliwość na hałas. Wtórnie do tego pojawia się pogorszenie samopoczucia i zaburzenia zdrowia związane ze stresem, jakim jest stresor środowiskowy (hałas). Według autorów oddziaływanie hałasu turbin wiatrowych zależy również od specyficznych warunków pogodowych. Z kolei w badaniach Krogh i wsp. (2011) stwierdzono wpływ ekspozycji na indukowanie poczucia znacznego zmęczenia, zaburzenia snu i bólów głowy. Liczba osób dotkniętych tymi problemami malała wraz z odległością od farmy.

Dostępne są także opracowania Hanninga (2009, 2010, 2011), które są jednak przeglądem prac opisanych powyżej. Autor zwraca szczególną uwagę na rolę snu dla zdrowia człowieka. Na podstawie analizy prac oryginalnych



nalnych wysuwa wnioszek, że hałas pochodzący z turbin wiatrowych może powodować zaburzenia snu oraz że wymagane są dalsze badania w tym kierunku ze względu na niską jakość dotychczas przeprowadzonych. Nisko ocenia zwłaszcza badania oparte o ankiety i samoocenę snu. Hanning sugeruje celowość przeprowadzenia badań polisomnograficznych. Badania takie ze względu na logistykę i wysokie koszty są jednak bardzo trudne do przeprowadzenia.

Keith i wsp. (2008) zaproponowali ustalenie granicy dopuszczalnego hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe. Nie powinien przekraczać 45 dB(A) w pobliżu domów mieszkalnych, szpitali, szkół. Autorzy zakładali, że taki poziom hałasu może wiązać z wystąpieniem irytacji u 6,5% rezydentów (Keith i wsp., 2008). W wytycznych WHO (*Night Noise Guidelines for Europe*) z 2008 r. określono, że niezależnie od źródła limit hałasu nie powinien przekraczać 40 dB, co koresponduje z poziomem dźwięków generowanych przez cichą ulicę w zamieszkałym rejonie (WHO, 2008).

3.3. Infradźwięki i dźwięki niskiej częstotliwości

Infradźwięki to fale dźwiękowe niesłyszalne dla człowieka, ponieważ ich częstotliwość jest za niska, aby odebrało je ludzkie ucho (1-20 Hz). Infradźwięki występują powszechnie w naszym otoczeniu. Wytwarzane są przez zjawiska przyrodnicze: sztorm, tsunami, bolidy, wodospady, fale morskie, lawiny, silny wiatr, grzmoty, tornada, zorza polarna, trzęsienia ziemi (fale sejsmiczne), wulkany, zwierzęta: słonie, żyrafy, okapi, wieloryby, aligatory. Generuje infradźwięki także ludzka działalność: miksery, lodówki, odkurzacze, klimatyzatory, ciężkie pojazdy samochodowe, drgania mostów, eksplozje, głośniki, odrzutowce i śmigłowce, przemysł (sprężarki tłokowe, pompy próżniowe i gazowe, wieże wiertnicze, turbodmuchawy, elektrownie wiatrowe), młoty kuźnicze, sprężarki, rurociągi, wentylatory, muzyka filmowa (Pawlas, 2009; Jakobsen, 2005; Leventhall i wsp., 2003; Berglund, Hassmen, 1996; Langbauer, 2000; Stepanow 2001).

Nie ma dowodów na to, aby infradźwięki poniżej progu słyszalności mogły oddziaływać na fizjologię czy psychikę człowieka (Jakobsen, 2005; Leventhall i in., 2003; Leventhall, 2006; Rogers, 2006; CCA, 2015).



Turbiny wiatrowe produkują dźwięki o niskiej częstotliwości, ale nie udowodniono, że jest to czynnik powodujący podenerwowanie. Dźwięk, generowany przez elektrownie wiatrowe, ma swoje źródło w kilku mechanizmach, związanych z różnymi interakcjami między śmigłem turbiny a powietrzem. Dźwięki o niskiej częstotliwości przeważnie są rezultatem przemieszczenia powietrza przez śmigło i turbulencji na powierzchni śmigła (Pedersen i in., 2007; Pedersen, Larsman, 2008). Istotna część spektrum dźwięku o niskiej częstotliwości może być konsekwencją nagłej zmiany w przepływie powietrza, jakie napotyka śmigło. Ten efekt nie jest uważany za istotny, ponieważ częstotliwość obrotu śmigieł jest rzędu jednego herca, podczas gdy ludzkie ucho jest na to mało wrażliwe (Jakobsen, 2005; Wind, 2009).

Podobnie jak infradźwięki dźwięki o niskiej częstotliwości, czyli na poziomie poniżej 500 Hz, nie stanowią ryzyka negatywnych oddziaływań (Wind, 2010; CCA, 2015). Co więcej według analiz, w odległości większej niż 300 m. nie występuje znaczący poziom dźwięków o niskiej częstotliwości (Jakobsen, 2005; Hellweg, Lampeter, 2009).

W badaniach doświadczalnych ukierunkowanych na biologiczny efekt infradźwięków wykorzystywano ekspozycje o wiele wyższe niż obserwowane w otoczeniu farm wiatrowych np. 145 dB i 165 dB (Leventhal i wsp., 2003; Leventhall i wsp. 2006); 130 dB (Yuan i wsp., 2009; O'Neal i wsp., 2011). Podobne badania laboratoryjne wykazały, że dźwięki o niskiej częstotliwości wywołują bardziej nasiloną irytację, nudności, bóle głowy, zaburzenia snu, poznawcze i psychologiczne niż dźwięki o wysokich częstotliwościach (Møller, Pedersen, 2010).

Przy funkcjonowaniu wielu wiatraków w jednym miejscu dźwięki generowane przez nie interferują ze sobą i hałas przypomina wówczas specyficzny szelest, czy świst, a w pewnych warunkach również komponentę tonalną co powoduje, że osoby narażone na hałas o takich cechach oceniają go jako zdecydowanie bardziej uciążliwy niż hałas z innych źródeł. Poziom hałasu pochodzącego z farm wiatrowych w infradźwiękowym paśmie częstotliwości mieści się poniżej progu słyszalności. Dotychczas publikowane wyniki badań wykazały, że zmiany zdrowotne u człowieka wywołane ekspozycją na dźwięki, w tym infradźwięki, pojawiają się wtedy, gdy sygnał jest słyszalny. Zatem problemem są składowe niskoczęstotliwościowe hałasu turbin wiatrowych z przedziału 100–500 Hz. Poziom dźwięku hałasu generowanego przez turbiny w tym przedziale częstotliwości przekracza progi



słuchu. Jest więc nie tylko postrzegany, ale swoim trwaniem, zmiennością przebiegu w czasie i pojawianiem się zjawiska pulsowania hałasu określonego jako „klapanie” wywołuje reakcje pozasłuchowe. Leventhall uważa, że to pulsowanie jest błędnie oceniane jako infradźwięki. (Jacobson 2005, Leventhall 2006). Jacobsen (2005) przedstawił, że hałas generowany przez turbiny wiatrowe zawiera infradźwięki o poziomach znacznie niższych od położenia progu słuchu w tym zakresie oraz że w zależności od typu turbin (*downwind* i *upwind*) hałas generowany przez turbiny może się różnić nawet o 30 dB. Leventhall (2006) opisuje naturalne i stworzone przez człowieka źródła infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego, receptory tych sygnałów jak i źródła nieporozumienia i niepokoju społeczeństwa jakim był prace Gavreau nad pociskami akustycznymi, niesłusznie przez oponentów turbin wiatrowych interpretowane jako potencjalny skutek ekspozycji na hałas turbin wiatrowych. Jak pisze Leventhall specyfika hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe będące wynikiem turbulencji wiatrowych wymagać będzie ustalenia odpowiednich kryteriów oceny.

Istotnym jest fakt, że do pomiarów i oceny hałasu generowanego przez farmy wiatrowe stosuje się metodykę pomiarową i kryteria oceny stosowane do oceny „zwykłego” hałasu środowiskowego bez uwzględnienia, że w hałasie generowanym przez farmy wiatrowe dominują infradźwięki i hałas niskoczęstotliwościowy. Tak więc pomiary wykonuje się z zastosowaniem charakterystyki ważenia A i w oparciu o odpowiednie kryteria reglamentujące poziom wyrażany w dBA stosowane dla oceny hałasu środowiskowego. Stosując do pomiarów charakterystykę częstotliwościową A, dźwięki o niskiej częstotliwości są w dużym stopniu „wycinane” w tak mierzonym końcowym poziomie ogólnym, stąd mimo iż dopuszczalne poziomy dźwięku A nie będą przekroczone, to dźwięki o niskich częstotliwościach mogą już być dobrze słyszalne, co jest warunkiem wywoływania reakcji (w tym uciążliwości) i ekspozycja na hałas z udziałem infradźwięków i dźwięków o niskiej częstotliwości (jak to ma miejsce w przypadku takiego hałasu jak hałas turbin wiatrowych) może być niedoszacowana. Z drugiej strony hałas wytwarzany przez farmy wiatrowe ma komponenty tonalne i charakter dźwięku modulowanego. Obie te cechy znacznie zwiększają jego uciążliwość w przypadku, gdy są słyszalne (Kryter, 1970). Stąd prawdopodobnie uciążliwość hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe pojawia się już przy względnie niskich poziomach dźwięku niż w przypadku innych źródeł hałasu niskoczęstotliwościowego (lotniczy, drogowy, przemysłowy) (Pawlas, 2009).



Salt et al. (2010, 2011a) sugerują, że wprawdzie wewnętrzne komórki rżęsate ślimaka nie są wrażliwe na działanie niskich częstotliwości, ale OHC (*Outer Hair Cells*) są wystarczająco czułe, by przewodzić sygnały o niskich częstotliwościach, wywołując zmiany zdrowotne mimo niewywoływania wrażeń słuchowych. Autorzy tym tłumaczą pojawianie się uciążliwości podczas ekspozycji na hałas turbin wiatrowych przy znacznie niższych poziomach niż w przypadku innych źródeł hałasu. Na konferencji w Rzymie w 2011 r. przedstawili pracę (Salt 2011b), w której wykazali reakcję narządu Cortiego na ten zakres częstotliwości. Autorzy nie testowali jednak tej hipotezy, wskazali jedynie na konieczność badań w tym kierunku.

W 2004 r. zespół pod przewodnictwem Branco zaprezentował przypadek czteroosobowej rodziny z objawami tzw. choroby wibro-akustycznej (*Vibro-Acoustic Disease*, VAD), powstałymi w wyniku sąsiedztwa portowego terminalu zbożowego. W czasie trzech kolejnych lat zgłosiły się do wspomnianego zespołu rodziny narzekające na hałas, pochodzący od wzniesionych niedaleko nich turbin wiatrowych. Stąd w kwietniu 2007 r. zespół wykonał badania akustyczne w domu, wokół którego postawiono 4 turbiny wiatrowe (taka lokalizacja w nowoczesnych farmach wiatrowych nie może mieć miejsca), a także porównał te dane z informacjami ze środowisk, w których ludziom grozi choroba wibro-akustyczna (Alves-Pereira, Branco, 2007a; Alves-Pereira, Branco, 2007b).

W konsekwencji – Alves-Pereira i Branco (2007a, 2007b) opisywali, że nadmierna ekspozycja na infradźwięki i dźwięki o niskiej częstotliwości może wywoływać tzw. chorobę wibro-akustyczną (*Vibro-Acoustic Disease*, VAD). Badania natury tej choroby są prowadzone, od lat 80. ubiegłego wieku, przez zespół pod przewodnictwem Branco. Należy jednak podkreślić, że miejscem badań uczonych były obszary występowania infradźwięków o daleko wyższych poziomach niż występujące w przypadku turbin wiatrowych oddalonych co najmniej o 500 m od najbliższego budynku mieszkalnego. Co więcej, badacze stwierdzali tę chorobę częściej u osób z zaburzeniami lękowymi. Nie uwzględnili w swoich analizach ekspozycji na inne czynniki ryzyka środowiskowego (w portach lotniczych gdzie prowadzono badania ogromne znaczenie ma m.in. stres oksydacyjny), nie uwzględnili również grupy kontrolnej. Stąd metodologia ich obserwacji jest krytykowana w innych publikacjach (Alves-Pereira, Branco, 2007a; Alves-Pereira, Branco, 2007b).



Według badań zespołu Branco, poziom infradźwięków i dźwięków o niskiej częstotliwości wewnątrz wspomnianego, otoczonego turbinami domu, jest wyższy niż w domu skażonym hałasem z portowego terminalu zbożowego. Stąd, mając na względzie zdrowie mieszkańców, jednoznacznie zaczęto przestrzegać stanowiska, że nie można urządzeń generujących infradźwięki i dźwięki o niskiej częstotliwości lokować w taki sposób, aby otaczały budynki mieszkalne (Alves-Pereira, Branco, 2007a; Alves-Pereira, Branco, 2007b).

Należy tu podkreślić, że choroba wibro-akustyczna nie pojawiła się w doniesieniach innych naukowców od 1999 r., zaczęto wręcz podważać możliwość jej istnienia (Bolin i wsp., 2011; Kåsin i wsp., 2012).

W krytykujących elektrownie wiatrowe opracowaniach dotyczących infradźwięków (żadne z nich nie zostało opublikowane w renomowanym czasopiśmie medycznym) przedstawia się analizy badań prowadzonych na koloniach komórkowych lub zwierzętach. Nie są to badania z użyciem czystych infradźwięków, ale zawsze prowadzone w połączeniu z dźwiękami słyszalnymi. Co więcej – stosowane w tych eksperymentach ekspozycje można porównać do daleko przekraczających bezpośrednio oddziaływanie elektrowni wiatrowej na człowieka pozostającego w bezpośrednim kontakcie (w odległości mniejszej niż 1 m) przez wiele lat, co więcej bez przerwy 24 godziny/dobę, 7 dni w tygodniu, 30-31 dni w miesiącu. Przedstawiane w powyższych badaniach zmiany na poziomie molekularnym w komórkach nie są typowe tylko dla infradźwięków. Wywołuje je każdy bodziec fizyczny i chemiczny: dotyk, zmiana ciśnienia, zmiana pH w otoczeniu, przenikanie substancji chemicznej przez skórę i błony śluzowe, lek, żywność, pokarm.

Warto podkreślić, że nie ma aktualnie doniesień naukowych jednoznacznie potwierdzających niekorzystny wpływ na zdrowie człowieka infradźwięków i dźwięków o niskiej częstotliwości indukowanych przez farmy wiatrowe. Te, które to sugerowały skrytykowano w świecie naukowym jako niewiarygodne, ze względu na nieprawidłowy sposób prowadzenia eksperymentu, czy wyciągania wniosków.



3.4. Promieniowanie elektromagnetyczne

Fale elektrycznej i magnetycznej energii, poruszające się razem w przestrzeni są określane jako promieniowanie elektromagnetyczne. Emitowane jest ono przez naturalne źródła, takie jak Słońce, Ziemia czy jonosfera. Każde urządzenie elektryczne generuje pole elektromagnetyczne. Promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej jest emitowane przez: telefony komórkowe, wieże nadawcze, instalacje radarowe, aparaty do zdalnego sterowania oraz elektryczny i elektroniczny sprzęt.

W przypadku turbin wiatrowych wymienia się cztery potencjalne źródła promieniowania elektromagnetycznego: linię łączącą turbinę z siecią energetyczną, generator turbiny, elektryczny transformator i okablowanie podziemne. Nasilenie pola elektromagnetycznego, pochodzącego z linii łączącej, jest porównywalne z tym, jakie pochodzi ze sprzętów domowych AGD. W przypadku generatora i okablowania podziemnego, to obudowa wokół nich powoduje, że pole elektromagnetyczne jest równe zeru. Natomiast transformator jest tak umieszczony, że żaden człowiek nie podejdzie na tyle blisko (ze względu na izolujące ogrodzenie), aby generowane pole elektromagnetyczne mogło spowodować jakiejkolwiek konsekwencje w zakresie zdrowia (AusWEA, 2004). Z powyższego wynika, że promieniowanie elektromagnetyczne związane z funkcjonowaniem elektrowni wiatrowej nie ma i potencjalnie nie może mieć negatywnego wpływu na zdrowie człowieka.

3.5. Migotanie cienia

Migotanie cienia to okresowe zmiany w natężeniu światła, w wyniku przechodzenia cienia śmigła turbiny przez konkretny punkt. Efekt ten występuje najczęściej w godzinach porannych i wieczornych, kiedy Słońce znajduje się nisko na horyzoncie i w wyniku tego cienie są wydłużone (Shadow, 2006). Zjawisko to występujące rzadziej niż przez 30 godzin w roku, głównie podczas zmierzchu lub o świcie, kiedy Słońce znajduje się na horyzoncie. To, czy migotanie cienia jest uciążliwością zależy od odległości obserwatora od turbiny, kierunku usytuowania budynku mieszkalnego oraz orientacji jego okien i drzwi względem farmy wiatrowej, częstotliwości migotania i czasu trwania efektu. Częstotliwość migotania zależy od szybkości obrotów i ilości turbin. Zostało zalecone, aby krytyczna



częstotliwość nie przekraczała 2,5 Hz, co przy turbinie o trzech śmigłach jest równoznaczne z prędkością 50 obrotów na minutę (Shadow, 2006). Należy wspomnieć, że nowoczesne turbiny wiatrowe wiodących producentów wykonują 12-20 obrotów na minutę.

Harding i Wilkins (2008) oraz Smedley i wsp. (2010) badali zależność między wywoływanymi efektami świetlnymi napadami padaczki i migotaniem cienia. Wyniki obu badań potwierdzają, że częstotliwość migotania cienia większa niż 3Hz stwarza potencjalne ryzyko napadu padaczkowego u 1,7 ludzi na 100 000 (biorąc pod uwagę jedynie fotosensytywną populację). Dla turbiny z trzema śmigłami oznacza to 60 obrotów na minutę.

Migotanie cienia w wyniku pracy turbin wiatrowych nie jest więc szkodliwe nawet dla ludzi z padaczką, ponieważ teoretyczna częstotliwość błysków w wyniku obrotów śmigieł, przy której mogłoby dojść do ataku padaczki, musiałaby wynosić od 3 do 5 błysków na sekundę, a śmigła dużych turbin wiatrowych nie mogą się tak szybko obracać (AWEA, 2009).

Występowanie efektu migotania można łatwo przewidzieć za pomocą modeli komputerowych, a metody łagodzenia jego oddziaływania to zachowanie odpowiedniej odległości lub tworzenie ekranów roślinnych.

Brak jest więc uzasadnienia dla lęku przed efektem migotania cienia, nie należy także obawiać się refleksów światła indukowanych przez obracające się śmigła turbiny, ponieważ producenci wszystkich dużych śmigieł turbin pokrywają je warstwą zapobiegającą odbłaskom, stąd ryzyko wystąpienia zjawiska jest bardzo małe (EWEA, 2010), a uciążliwość z powodu refleksów światła nie ma znaczenia dla zdrowia mieszkańców (Derrick, 2008).

3.6. Wind Turbine Syndrome

W roku 2009 został opracowany przez Ninę Pierpont raport, w którym opisano objawy tzw. Syndromu Turbiny Wiatrowej (*Wind Turbine Syndrome, WTS*). Jednak mała grupa badanych i błędy metodologiczne w samym projekcie obserwacji były przyczyną krytyki przez innych naukowców wniosków zawartych w tym opracowaniu. Warto podkreślić, że wyniki badań N. Pierpont nie zostały opublikowane w żadnym recenzowanym czasopiśmie (Pierpont, 2009).

Badanie prowadzone przez Ninę Pierpont tzw. *case series* (opis serii przypadków) objęło grupę 38 osób (10 rodzin). Respondenci byli w różnym wieku: od poniżej 1 roku życia do 75 lat, badanie dotyczyło osób



mieszkających w odległości od 350 m do 1,5 km od turbin wiatrowych o mocy zainstalowanej od 1,5 do 3 MW, wybudowanych po 2004 r. Dorosli i nastolatki przeszli szczegółowe ankiety medyczne dotyczące zaobserwowanych symptomów: przed wybudowaniem elektrowni, w czasie gdy elektrownie już funkcjonowały oraz w okresie po zmianie miejsca zamieszkania. Według informacji zamieszczonych w raporcie odległość elektrowni wiatrowych od gospodarstw domowych w USA zwykle wówczas wynosiła od 305 do 457 m.

Oprócz próby udowodnienia istnienia *Wind Turbine Syndrome* Nina Pierpont wysunęła następujące wnioski:

- elektrownie wiatrowe powinny być budowane w odległości min. 2 km od gospodarstw domowych na obszarach równinnych (3,2 km na obszarach górzystych),
- nie wszyscy, którzy mieszkają w sąsiedztwie elektrowni wiatrowych skarżą się na kłopoty ze zdrowiem, N. Pierpont nie udało się jednak ocenić jakiego odsetka mieszkańców i jakich odległości syndrom ten rzeczywiście dotyczy,
- istnieją osoby podatne i odporne na hałas emitowany przez turbiny.

Jako dowód swojej teorii Nina Pierpont cytuje m.in. pracę dra Neila Todda z Uniwersytetu w Manchester. Po wystąpieniu N. Pierpont dr Neil Todd sprostował jednak, że ich badania nie dowodzą tego, by istniał jakikolwiek bezpośredni związek między emisją hałasu i wibracji przez turbiny wiatrowe, a uruchomieniem się w ludzkim organizmie łańcucha „reakcji akustyczno-psychologicznych”, o których pisze w swoim opracowaniu Pierpont. Jednoznacznie podkreśla on, że raport Pierpont nie może stanowić dowodu istnienia *Wind Turbine Syndrome*, ponieważ – grupa badanych osób była zbyt mała, zabrakło odniesienia do tzw. grupy kontrolnej, brak również danych dotyczących natężenia hałasu w gospodarstwach domowych, w których mieszkaly osoby rzekomo cierpiące na *Wind Turbine Syndrome*. Według dra Todda praca Niny Pierpont nie wykazała istnienia związku przyczynowo-skutkowego między stanem zdrowia a sąsiedztwem turbin wiatrowych. Uznaje, że badania N. Pierpont opierają się głównie na subiektywnych odczuciach respondentów, nie zastosowano natomiast żadnego standaryzowanego (wartościowego) narzędzia badawczego (Todd i wsp., 2009). Podstawowymi zarzutami jest tendencyjne wyselekcjonowanie osób do badań, stosowanie zbyt prymitywnego testu do oceny zależności (tylko test Chi-kwadrat) i brak określenia korelacji między objawami a wskaźnikami ekspozycji.



Jeżeli przyjrzymy się obserwacjom M. Alves-Pereira i N.C. Branco (opisywali tzw. chorobę wibro-akustyczną, *Vibro-Acoustic Disease*, VAD) i ich tezom, że występowała ona u osób z pewnymi cechami nadwrażliwości, czy wręcz zaburzeniami lękowymi – podobne wnioski nasuwają się w przypadku WTS. Większość wymienianych w zakresie Syndromu Turbiny Wiatrowej objawów wchodzi w skład obrazu klinicznego zaburzeń adaptacyjnych i reakcji na stres, które będą miały miejsce w przypadku każdej zmiany w otoczeniu osób o dużej wrażliwości bez względu na to, czy jest to budowa nowej drogi, budynku mieszkalnego, czy farmy wiatrowej.

Po nieudanych próbach opublikowania wyników obserwacji w renomowanych czasopismach Nina Pierpont wydała książkę. Ona również nie udowadnia jednak w sposób wiarygodny związku przyczynowo-skutkowego między dźwiękami o niskiej częstotliwości i infradźwiękami, generowanymi przez turbiny wiatrowe, a oddziaływaniami zdrowotnymi na mieszkających w pobliżu nich ludzi. Zdaniem ekspertów, książka wydaje się być ukierunkowana na określanie symptomów, występujących u ludzi mieszkających w sąsiedztwie różnych farm wiatrowych. Nie zebrano w niej jakichkolwiek akustycznych danych odnoszących się do uczestników badania. Pomimo wcześniejszych zarzutów eksperci przeanalizowali poszczególne stwierdzenia z pracy Niny Pierpont, odwołując się do źródeł cytowanych przez autorkę. Przykładowo, krytykują powołanie się przez Pierpont na badania NASA, opisujące oddziaływania na ludzi dźwięków o niskiej częstotliwości, ponieważ, zdaniem autorów, we wspomnianych badaniach użyto dźwięków powyżej progu słyszalności oraz o 35-90 dB wyższym poziomie od tego, jaki generują turbiny wiatrowe. Uznano, że książka Niny Pierpont nie przedstawia wiarygodnie związku przyczynowo-skutkowego między dźwiękami o niskiej częstotliwości i infradźwiękami, a oddziaływaniami na zdrowie ludzi mieszkających w pobliżu farm wiatrowych (CWEA, 2007; Hellweg, Lampeter, 2009).

Syndrom Turbin Wiatrowych uznano aktualnie za źle zinterpretowane objawy reakcji na podenerwowanie odgłosami emitowanymi przez turbiny. Również dowody na występowanie tzw. choroby wibro-akustycznej nie są wiarygodne przy poziomie dźwięków emitowanych przez elektrownie wiatrowe (Colby, 2009).



Uważa się że symptomy WTS mają podłoże w stresie wywołanym zmianą w najbliższym otoczeniu (Renawable UK, 2010).

Na podstawie przeglądu publikacji dotyczących oceny infradźwięków oraz dźwięków o niskiej częstotliwości – w oparciu o istniejące kryteria analizy prac naukowych, można jednoznacznie stwierdzić, że nie ma wiarygodnych dowodów naukowych na możliwość zaistnienia konsekwencji zdrowotnych, zakłóceń lub umiarkowanie odczuwalnych wibracji z tytułu infradźwięków czy dźwięków o niskiej częstotliwości, generowanych przez farmy wiatrowe (Hellweg, Lampeter, 2009; Todd, 2009).

3.7. Aspekty wizualne, postawy wobec farm wiatrowych, jakość życia mieszkańców

Pojawiają się opinie, że niektóre farmy wiatrowe są wizualnie estetyczniejsze od innych. Opinie te opierają się na indywidualnych ocenach i osądach, a wpływ na nie mają: waga, jaką dana osoba przywiązuje do miejsca proponowanej lokalizacji; waga, jaką dana osoba przywiązuje do czystej produkcji elektryczności i zmniejszenia zanieczyszczeń; poziom zaznajomienia danej osoby z tą technologią i alternatywnymi źródłami energii; zainteresowanie i świadomość danej osoby w kwestii wytwarzania i zapotrzebowania energetycznego (Pedersen, 2011; Mroczek, 2011; CCA, 2015).

Niektórzy producenci turbin czynią starania, aby poprawić wygląd swoich urządzeń. To doprowadziło chociażby do zmiany żerdzi z kratkowych na jednolite – cylindryczne oraz do wprowadzenia bardziej smukłych i subtelnych gondoli z mechanizmem turbiny. Dodatkowo, często konsultuje się rozkład farm wiatrowych z architektami krajobrazu. Zwraca się także uwagę na kolor turbiny, co wpływa na jej mniejszą widoczność (DTI, 2001).

Efekt wizualny, nastawienie do farm wiatrowych i inne czynniki subiektywne są wskaźnikami zmiennymi w czasie, niezależnie od źródła mogą wpływać na subiektywną ocenę samopoczucia mieszkańców. Większość badań, potwierdzając zależność między turbinami wiatrowymi i ich wpływem na zdrowie człowieka, podkreśla jednak, że zależność ta jest modelowana przez wiele zmiennych, w większości niemających charakteru fizycznego. Najpowszechniejsze jest stwierdzenie, że obecność turbin wiatrowych może być przyczyną rozdrażnienia. W recenzowanych publikacjach obserwuje się nasilenie rozdrażnienia od poziomu powyżej



35 dB(A), ale równocześnie zauważa się, że jest ono związane z czynnikami subiektywnymi takimi jak efekty wizualne, nastawienie do farm wiatrowych i osobniczą wrażliwością na hałas – w stopniu istotniejszym niż z hałasem generowanym przez turbiny wiatrowe (WHO, 2004; Leventhall i wsp., 2008; Chatham-Kent Public Health Unit, 2008; Minnesota Department of Health Environmental Health Division, 2009; CMOH, 2010; Australian Government, 2010; CCA, 2015).

Zgłaszane objawy w prowadzonych badaniach wiąże się z rozdrażnieniem i lękiem (Pedersen, 2011). Shargorodsky i wsp. (2010) potwierdza, że ok. 50 milionów dorosłych w USA zgłasza szумы uszne i zaburzenia lękowe. Co więcej, szansa występowania szumów usznych jest większa przy równoczesnym występowaniu zaburzeń lękowych. Folmer i Griest (2000) opierając się na badaniu wśród 174 pacjentów poddanych leczeniu z powodu szumów usznych, stwierdzają, że zaburzenia snu wiążą się z większym nasileniem szumów usznych, jak również drażliwością i zaburzeniami lękowymi. Bowling i wsp. (2006) opisał w modelu statystycznym, że percepcja środowiska otaczającego może wpływać na poziom zdrowia. Percepcja problemów w otoczeniu (np. hałas, przestępczość, niska jakość powietrza, zaśmiecenie, ruch, graffiti) wiązała się z niższymi ocenami zdrowia. W publikacji z 2003 r. Henningsen i Priebe opisują „nową chorobę środowiskową”, w której pacjenci zdecydowanie wierzą, że ich objawy są spowodowane czynnikami środowiskowymi, nawet jeśli objawy te nie są zbieżne z danymi empirycznymi. Kluczowym komponentem tej choroby jest nastawienie pacjenta wobec czynników środowiska (Onakpoya i wsp., 2015; CCA, 2015). Co więcej, potwierdzono zmniejszanie się objawów zdrowotnych związanych z podenerwowaniem w konsekwencji interwencji behawioralnych i poznawczo-behawioralnych (Leventhall i wsp., 2008; Tazaki M, Landlaw, 2006) co potwierdza wnioski badań Pedersen (2011), że konsekwencje zdrowotne obserwowane u mieszkańców w pobliżu farm wiatrowych mogą być wyjaśnione przez poznawczą teorię stresu. Innymi słowy – nie ma znaczenia jaka, ale sama zmiana w środowisku otaczającym związana jest ze zgłaszanymi efektami zdrowotnymi.

Badania Mroczek i wsp. (2012b, 2015) określające poziom jakości życia związanego ze zdrowiem z wykorzystaniem kwestionariusza SF-36v2 wśród 1277 respondentów zamieszkujących tereny do 2 km od farmy wiatrowej wykazały, że najwyższe wartości ogólnej jakości życia stwierdzano u mieszkańców najbliżej inwestycji (vs. respondenci mieszkających po-



wyżej 1500m od inwestycji). Wartości w zakresie oceny zdrowia psychicznego, domeny emocjonalnej i funkcjonowania społecznego były wyższe u respondentów zamieszkujących tereny najbliższej położone względem już istniejącej inwestycji (vs. respondenci zamieszkujący tereny gdzie inwestycja jest planowana, ale jeszcze jej nie rozpoczęto). Obserwowano dodatnie korelacje między oczekiwaniami zysku finansowego i samooceną zdrowia. Najniższe oceny jakości życia korespondowały z niskim poziomem akceptacji dla inwestycji, występowały one również u respondentów mieszkających na terenach, gdzie dopiero planowano inwestycję lub inwestycja była w trakcie powstawania (Mroczek i wsp. 2012b; Mroczek i wsp., 2015).



4. Podsumowanie

Zdaniem Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) energia wiatrowa powiązana jest z mniejszą ilością negatywnych oddziaływań na zdrowie niż inne formy tradycyjnego wytwarzania energii, a wręcz będzie miała pozytywne skutki dla zdrowia poprzez zmniejszenie emisji zanieczyszczeń. Potwierdzają to naukowcy zajmujący się akustyką i zdrowiem środowiskowym ministerstw Kanady i USA (Gillis i wsp., 2009; Leventhall i wsp., 2003; Leventhall, 2006; Ramakrishnan, 2007; WHO, 2001; WHO, 2009; CCA, 2015).

W krajach, w których od wielu lat pozyskuje się energię dzięki farmom wiatrowym problemem są ewentualne subiektywne efekty wizualne, nie dyskutuje się natomiast z wpływem farm wiatrowych na zdrowie mieszkańców – powszechnie uznano tam, że ewentualny wpływ negatywny został wykluczony. Co więcej – coraz powszechniejsze stają się w USA tzw. „przydomowe farmy wiatrowe”, wykorzystywane na potrzeby energetyczne danego gospodarstwa domowego.

Syndrom Turbiny Wiatrowej, którego występowanie stara się udowodnić Nina Pierpont, nie został naukowo potwierdzony, ale skrytykowany przez ekspertów, a wyników tych badań nie opublikowało żadne z renomowanych czasopism.

W oparciu o aktualnie opublikowane doniesienia naukowe, nie można jednoznacznie stwierdzić, że farmy wiatrowe stanowią zagrożenia dla zdrowia człowieka (CMOH, 2010; EWEA, 2010; CCA, 2015). Do dnia dzisiejszego nie ukazały się bowiem doniesienia spełniające kryteria prac naukowych, potwierdzające związek między emitowanymi przez turbiny wiatrowe dźwiękami słyszalnymi, dźwiękami niskiej częstotliwości i infradźwiękami a zmianami patofizjologicznymi u człowieka (Onakpoya i wsp., 2015; CCA, 2015). Zaburzenia snu w konsekwencji irytacji obserwowane przy hałasie przekraczającym 40 dB(A) miały silny związek z aspektami subiektywnymi, takimi jak: wygląd turbin wiatrowych, nastawienie do energetyki wiatrowej i wrażliwość na hałas niezależnie od jego źródła. Infradźwięki, podobnie jak objawy zgłaszane przez mieszkańców w pobliżu farm wiatrowych – nie są typowymi tylko dla farm wiatrowych. Irytacja wykazuje silniejszy związek z wyglądem turbin wiatrowych i nastawieniem do energetyki wiatrowej niż z występowaniem infradźwięków (Onakpoya i wsp., 2015; CCA, 2015). Wspiera to teorię wskazującą na



farmy wiatrowe jako stresor środowiskowy, który stanowić będzie każda nowa inwestycja na danym terenie, zwłaszcza terenie płaskim w okolicy wiejskiej, oddalonej od dużej aglomeracji.

Wskazuje się więc na konieczność prowadzenia konsultacji społecznych od najwcześniejszych etapów inwestycji, obejmujących szerokie akcje informacyjne na temat wpływu energetyki wiatrowej na zdrowie człowieka – redukuje to lękowe nastawienie liderów i członków społeczności lokalnych (Mroczek 2011, Kurpas 2011).

Aktualne wyniki badań, ze względu na metodologię, nie pozwalają na stworzenie rekomendacji o wysokim poziomie zgodnie z wytycznymi EBM (*Evidence-Based Medicine*), ponieważ nadal brak wystarczającej liczby *high quality cohort studies* lub *case-control studies* (oba typy badań powinny być zaprojektowane z uwzględnieniem grup kontrolnych) najlepiej włączających analizy geostatystyczne z oceną wariogramu i krigingiem) (Guyatt i wsp., 2008; Kurpas i wsp., 2013). Kierując się zaleceniami EBM warto podkreślić, że idealnymi badaniami w przypadku farm wiatrowych byłyby obserwacje retrospektywne danej grupy mieszkańców przed budową farmy wiatrowej i podczas jej funkcjonowania, jak i *cohort studies* lub *case-control studies* z grupami kontrolnymi dobranymi pod względem zmiennych socjoekonomicznych, obciążenia chorobami przewlekłymi i narażenia na czynniki ryzyka środowiskowego tak, aby jedyną zmienną różnicującą było zamieszkiwanie w pobliżu farmy wiatrowej. Niezbędnym elementem tych badań jest ocena aspektu funkcjonowania psychologicznego mieszkańców i nastawienia wobec zmian w otaczającym ich środowisku (Kurpas i wsp., 2013; CCA, 2015).





WPŁYW FARM WIATROWYCH NA PTAKI

PROF. DR HAB. PIOTR TRYJANOWSKI
MGR ANDRZEJ ŁUCZAK





1. Abstrakt

Człowiek ma ogromny wpływ na środowisko naturalne. Dlatego też wraz z rozwojem cywilizacyjnym większość siedlisk zwierzęcych została mocno przekształcona przez ludzi. Nie ma metod pozyskiwania energii obojętnych środowisku. Zagrożenia są bardzo mocno zróżnicowane lokalnie, dlatego warto im się przyglądać w dłuższej skali czasowej i przy dostrzeganiu możliwie różnych punktów odniesień. Także produkcja tzw. zielonej energii, w tym pochodzącej z wiatru, może powodować pewne straty środowiskowe. Często są one jednakże wyolbrzymiane. W ocenie wpływu farm wiatrowych należy zachować zdrowy rozsądek, a przede wszystkim warto śledzić najnowsze publikacje naukowe i propagować polskie wyniki badań zebrane w rygorystycznym reżimie naukowym. Dla dyskusji o energetyce, ale i dla ochrony przyrody nie ma nic gorszego niż opieranie się na mitach. Dobrze wiemy, że korzystając z informacji zbieranych przez przyrodników, jak i inwestorów, można i należy wypracować kompromis. W przypadku turbin wiatrowych, dobrze zlokalizowanych i poprzedzonych szczegółowymi badaniami, ich wpływ na środowisko naturalne i populację ptaków jest nie tylko niegroźny, ale i mniejszy niż w przypadku innych źródeł energii.



2. Wprowadzenie

Współczesna gospodarka stoi przed wieloma wyzwaniami – z jednej strony musi zapewnić bezpieczeństwo podstawowych dóbr konsumpcyjnych na potrzeby wciąż zwiększającej liczebność populacji ludzkiej, a z drugiej strony zachować dla przyszłych pokoleń środowisko w stanie niepogorszonym, wypełniając tym samym założenia zrównoważonego rozwoju. Kluczowym zagadnieniem dla zrozumienia funkcjonowania gospodarki jest poznanie problemów związanych z wytwarzaniem i transportem energii. Budowa miejsc wytwarzania energii (kopalń, elektrowni etc.) oraz infrastruktury przekaźnikowej znacząco oddziałuje na środowisko. Przede wszystkim jednak największy wpływ, tak w sensie lokalnym, jak i globalnym, ma eksploatacja kopalni. Z tego powodu sięgnięto po inne, tzw. odnawialne źródła energii (energię wiatru, słońca, fal morskich). Międzynarodowa Agencja Energetyczna szacuje, że zapotrzebowanie na energię w ciągu najbliższych dwóch dekad wzrośnie aż o 40%. W połączeniu z zaostrzającymi się normami środowiskowymi dotyczącymi emisji CO₂ znacząco przyspieszyło to rozwój energetyki wiatrowej. Obecnie branża ta rozwija się na świecie w tempie aż 20-30% rocznie i nic nie wskazuje, aby trend ten miał ulec zahamowaniu.

W niniejszym rozdziale zajmiemy się oddziaływaniem energetyki wiatrowej na populację ptaków. Ptaki wybrano z dwóch podstawowych przyczyn. Po pierwsze, jeden z mitów dotyczących farm wiatrowych mówi, że obracające się łopaty turbin wiatrowych rzekomo stanowią bezpośrednie zagrożenie dla ptaków. Po drugie, ptaki stanowią dobre bioindykatory, czyli poprzez obecność wybranych gatunków możemy w prosty sposób ocenić jakość środowiska przyrodniczego [Ramka 1.].



Ramka 1.

Ptaki jako wskaźniki stanu środowiska przyrodniczego.

Idealny wskaźnik stanu środowiska powinien być: (1) związany z konkretnymi zjawiskami ekologicznymi, (2) różnicujący procesy naturalne i powodowane przez człowieka, (3) czuły na zmiany, pozwalający na wczesne ostrzeganie, (4) dostępny i możliwy do szerokiego zastosowania, (5) prosty i względnie tani.

Wśród wskaźników – bioindykatorów – wyróżniamy:

- gatunki wskaźnikowe (*indicator species*) – odzwierciedlające szczególny stan środowiska lub w podobny sposób reagujące na zmiany środowiskowe;
- gatunki kluczowe (*keystone species*) – wywierające duży wpływ na pozostałe składniki i gatunki, kształtując ekosystem;
- gatunki osłonowe (*umbrella species*) – o dużych wymaganiach terytorialnych, których występowanie i ochrona związane są z dużą liczbą gatunków współwystępujących;
- gatunki flagowe (*flagship species*) – popularne lub charyzmatyczne (np. bielik, żuraw);
- gatunki z czerwonych list (*red-listed species*) – uznane za zagrożone i ginące.

Choć nie ma wskaźników idealnych, z różnych powodów jako najbliższe wzorcowi bioindykatora podawane są ptaki. W Polsce dotychczas stwierdzono 436 gatunków, w tym ok. 250 gatunków lęgowych. Zasiedlają one zróżnicowane siedliska, odzwierciedlają zmiany innych grup gatunków roślin i zwierząt oraz są wrażliwe na zmiany środowiska. Ze względu na różnice w migracyjności oraz zakresie tolerancji ekologicznej monitoring ptaków dostarcza danych o różnych parametrach środowiska w skali lokalnej (głównie gatunki osiadłe) lub globalnej (głównie wędrowne). Od-



mienne dane można uzyskać monitorując gatunki rzadkie i gatunki pospolite. Na przykład, w Wielkiej Brytanii w monitoringu ptaków lęgowych krajobrazu rolniczego i lasów przez 25 lat badano 187 gatunków rodzimych, w tym 42 o liczebności poniżej 500 par lęgowych. Gatunki rzadkie wykazały wzrost liczebności rzędu 260%, wskazując na efektywność realizowanych działań ochronnych, podczas gdy gatunki pospolite wykazały spadek indeksów liczebności o ok. 20%, wskazując tym samym na pogorszenie się ogólnych warunków środowiskowych, a pośrednio także jakości życia człowieka.

Należy jednak pamiętać, że w polskich warunkach turbiny wiatrowe stawiane są w krajobrazie rolniczym, a więc środowisku stworzonym, jak i niestety mocno degradowanym przez człowieka. Tymczasem wiele obszarów na kuli ziemskiej już uległo degradacji, niektóre nieodwracalnej, co oznacza, że zmniejsza się odsetek terenów produktywnych dla rolnictwa. Przez długi czas kluczowym celem rolników, sadowników i ogrodników było uzyskanie jak największego plonu z uprawianej powierzchni. Intensywna produkcja rolnicza powoduje jednak wiele negatywnych skutków dla środowiska, które odbijają się z kolei na jakości gleb uprawnych i płodów rolnych, a także okolicznych ekosystemów. Między innymi z tego powodu pomyślano o innych funkcjach agro-ekosystemów i wykorzystaniu gruntów rolnych do produkcji energii elektrycznej.

Podczas rozpatrywania zagadnienia wpływu farm wiatrowych na ptaki musimy pamiętać, że niestety nie żyjemy w świecie idealnym. Oznacza to, że każdy element pochodzenia antropogenicznego ma wpływ na organizmy żywe. Szczególnym przypadkiem jest pozyskanie energii, budzące szereg emocji, właśnie takich jak w przypadku lokalizacji turbin wiatrowych. Czy zatem wpływ turbin można porównywać do efektu kopalni, szybu naftowego, reaktora jądrowego czy też może raczej do pojedynczego, wysokiego i starego drzewa? Przy każdych porównaniach trzeba znać i ważyć proporcje. Te zastrzeżenia mają charakter filozoficzny, ale jasno pokazują w jak skomplikowanej materii musimy się poruszać. Uwagę tę



zamieszczamy między innymi po to, by jasno wskazać, że mimo niektórych głośnych akcji społecznych z jednej strony i podejmowania licznych inicjatyw badawczych z drugiej, nasza wiedza o wpływie turbin na środowisko naturalne, jest wciąż niewielka. Stąd różne inicjatywy, oparte przede wszystkim na analizie monitoringów porealizacyjnych, by ten stan zmienić. Zastrzeżenie drugie –

nie ma obojętnych dla środowiska metod pozyskania energii.

Nie porównujemy zatem wiatraków z nieistniejącymi tworami idealnymi, tylko ze światem realnym. Światem dymiących kominów elektrowni, koniecznością budowy długich linii przesyłowych czy wielkimi tamami powodującymi degradację rzek.



3. Metody badań ornitologicznych dla potrzeb farm wiatrowych

Do zlokalizowania farmy wiatrowej, a później do oceny jej wpływu na stan środowiska, w tym na populacje ptaków niezbędne są badania przedrealizacyjne, zwane monitoringiem ornitologicznym. Po powstaniu inwestycji konieczne jest ich powtórzenie i porównanie ze stanem wyjściowym. W Polsce zaproponowano monitoringi uwzględniające szerokie badania wszystkich gatunków ptaków przebywających na obszarze projektowanej czy powstałej farmy wiatrowej, we wszystkich okresach fenologicznych roku. Schemat badań ornitologicznych jest bardzo skomplikowany i rozbudowany, ale dzięki temu pozwala na możliwie najlepszą ocenę interakcji ptaków z turbinami wiatrowymi [Ramka 2.]. W lokalnych warunkach badania te, w niektórych przypadkach są uzupełniane jeszcze dodatkowymi modułami, np. obserwacją nocnych migrantów na tarczy księżycy, obrączkowaniem i oceną śmiertelności wybranych gatunków, czy nawet technologicznie zaawansowanymi badaniami przemieszczeń ptaków przy pomocy specjalistycznych radarów.

Ramka 2.

Moduły wykonywane w ramach monitoringu ornitologicznego

- I. Badania transektowe liczebności i składu gatunkowego – występowania ptaków w cyklu rocznym: obszar obserwacji – transekty, czyli trasy przemarszu, o łącznej długości 3-15 km pokrywające w miarę równomiernie obszar planowanej farmy (tj. ściśły obszar farmy wraz z powierzchnią 300 m od skrajnych turbin) oraz przebiegające przez wszystkie najbardziej reprezentatywne biotopy w granicach tego terenu. Kontrole każdego transektu co około 6-18 dni, w zależności od ścieżki monitoringu, z nasileniem w okresie przelotów wiosennych (III-V), jesiennych (VIII-XI) i w sezonie lęgowym (IV-VI). Moduł ten realizowany jest w trakcie każdej kontroli, przy czym w sezonie lęgowym



(IV-VI) wskazane jest rozpoczynanie kontroli o wschodzie słońca. W pozostałych miesiącach kontrole transektów mogą być prowadzone naprzemiennie w różnych porach dnia. Należy notować na planach powierzchni stwierdzenia widzianych i słyszanych ptaków w trzech strefach odległości od obserwatora oraz zachowania ptaków (przelot, żer, budowanie gniazda, śpiew, itd.). Ptaki w locie należy przypisać do pułapu wysokości, o którym mowa powyżej. Rejestracji podlegają również ptaki nierozpoznane co do gatunku. Wyniki badań transektowych w formie tabelarycznej, powinny zawierać liczebności ptaków w rozbiściu na poszczególne gatunki oraz poszczególne kontrole. Należy m.in. określić liczbę osobników na 1 km transektu (ptaki stacjonarne) lub 1 godzinę obserwacji (ptaki lecące) w poszczególnych okresach fenologicznych.

- II. Badania w protokole Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych (MPPL). MPPL Monitoring to długofalowy program, którego celem jest uzyskanie corocznych wskaźników liczebności 80-100 najpowszechniej występujących w Polsce gatunków ptaków. Program stanowi część Państwowego Monitoringu Środowiska koordynowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Zatem wyniki uzyskane na farmie wiatrowej mogą być odniesione do zestandaryzowanych wyników zebranych w całej Polsce. By tego dokonać ustala się powierzchnie próbne – kwadraty o wymiarach 1x1 km, w obrębie których wytyczone są dwa równoległe transekty o długości 1 km każdy, oddalone od siebie o około 500 m i 250 m od krawędzi kwadratu, przebiegające w siedlisku reprezentatywnym dla obszaru przedsięwzięcia. Każdy z transektów musi być podzielony na pięć równych odcinków o długości 200 m, dających w sumie 10 odcinków (2x5), ponumerowanych kolejno od 1 do 10. Należy zanotować punkty wyznaczające granice tych odcinków, najlepiej w odniesieniu do istniejących w terenie stałych punktów orientacyjnych (drzewa, domy, słupy).



III. Badanie natężenia wykorzystania przestrzeni powietrznej przez ptaki (w tym ocena natężenia migracji i jej zmienności w czasie) – punkty obserwacyjne: powierzchnie próbne – punkty obserwacyjne w miejscach o dobrej widoczności oddalone od siebie o minimum 1,5 km, pokrywające w miarę równomiernie obszar planowanej farmy (ściśły obszar farmy wiatrowej wraz z powierzchnią 300 m od turbin). W zależności od wielkości obszaru, około 1-5 punktów na farmę. Kontrole każdego punktu co około 6-18 dni, w zależności od ścieżki monitoringu, z nasileniem w okresie przelotów wiosennych (III-V), jesiennych (VIII-XI) i sezonu lęgowego (IV-VI), trwające minimum 1 godzinę/punkt. Moduł ten realizowany jest w trakcie każdej kontroli, przy czym należy różnicować godziny rozpoczęcia kontroli na punktach. W przypadku kilku punktów na powierzchni, wskazane jest rozpoczynanie kontroli zawsze od innego punktu. Liczone są wszystkie ptaki widziane i słyszane w podziale na kategorie pułapu przelotu. Rejestracji podlegają również ptaki nierozpoznane co do gatunku. Wyniki badań terenowych w formie tabelarycznej powinny obrazować dane z każdej kontroli w rozbiciu na poszczególne gatunki i strefę pułapu wysokości. Należy określić liczbę osobników na godzinę obserwacji w poszczególnych okresach fenologicznych.

IV. Cenzus lęgowy gatunków rzadkich i średniolicznych (gatunków o dużych rozmiarach ciała, w szczególności: ptaków drapieżnych, bocianów, żurawi, gęsi, łabędzi): powierzchnia próbna – obszar farmy (ściśły obszar farmy wiatrowej wraz z powierzchnią 300 m od turbin) wraz z buforem 2 km wokół ww. terenu. Kontrole całości obszaru w sezonie lęgowym (III-VII), wykonane zgodnie z zasadami monitoringu ptaków lęgowych (Chylarecki P., Sikora A., Cenian, Z. (red.) 2009. Monitoring ptaków lęgowych. Poradnik metodyczny dotyczący gatunków chronionych Dyrektywą Ptasią. GIOŚ, Warszawa), plus



obserwacje oportunistyczne przy okazji innych badań. W marcu-kwietniu dodatkowa nocna kontrola w poszukiwaniu sów (z zastosowaniem symulacji głosowej). Ponadto, liczenie bociana białego w pierwszych dniach lipca oraz w pierwszych dniach czerwca, kontrola nocna ukierunkowana na wykrycie derkacza i innych chruścili (symulacja głosowa) oraz przepiórki. Kontrole będą prowadzone w sprzyjających warunkach pogodowych. Wynikiem obserwacji powinny być m.in. mapy ukazujące rozmieszczenie stanowisk lęgowych/terytorium stwierdzonych gatunków ptaków, z uwzględnieniem lokalizacji turbin.

Należy stwierdzić, że choć istnieją przepisy i kodeks dobrych praktyk ustalające zakres monitoringów ornitologicznych w Polsce, wykonywanych na potrzeby raportów o oddziaływaniu na środowisko dla farm wiatrowych, to bywa, że są niekiedy przedmiotem różnych interpretacji raportów środowiskowych w poszczególnych Regionalnych Dyrekcjach Ochrony Środowiska. Raport z takiego monitoringu powinien spełniać wymagania przepisu art. 66 ust. 1 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko, w którym określono zakres raportu, zawierającego przynajmniej:

1. Opis planowanego przedsięwzięcia, a w szczególności charakterystykę całego przedsięwzięcia i warunki użytkowania terenu w fazie budowy i eksploatacji lub użytkowania;
2. Opis elementów przyrodniczych środowiska objętych zakresem przewidywanego oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na środowisko (ornitofaunę) w tym elementów środowiska (ornitofauny) objętych ochroną na podstawie ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody;
3. Opis przewidywanych skutków dla środowiska (ornitofauny) w przypadku niepodejmowania przedsięwzięcia;
4. Opis analizowanych wariantów, w tym:
 - a) wariantu proponowanego przez wnioskodawcę oraz racjonalnego wariantu alternatywnego;



- b) wariantu najkorzystniejszego dla środowiska (ornitofauny) wraz z uzasadnieniem ich wyboru;
- 5. Określenie przewidywanego oddziaływania na środowisko (ornitofaunę) analizowanych wariantów;
- 6. Uzasadnienie proponowanego przez wnioskodawcę wariantu, ze wskazaniem jego oddziaływania na środowisko (ornitofaunę);
- 7. Opis metod prognozowania zastosowanych przez wnioskodawcę oraz opis przewidywanych znaczących oddziaływań planowanego przedsięwzięcia na środowisko (ornitofaunę), obejmujący oddziaływanie bezpośrednie, pośrednie, wtórne, skumulowane, krótko-, średnio- i długoterminowe, stałe i chwilowe;
- 8. Opis przewidywanych działań mających na celu zapobieganie, ograniczanie lub kompensację przyrodniczą negatywnych oddziaływań na środowisko (ornitofaunę), w szczególności na cele i przedmiot ochrony obszaru Natura 2000 oraz integralność tego obszaru;
- 9. Przedstawienie zagadnień w formie kartograficznej w skali odpowiadającej przedmiotowi i szczegółowości analizowanych w raporcie zagadnień oraz umożliwiającej kompleksowe przedstawienie przeprowadzonych analiz oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko (ornitofaunę);
- 10. Przedstawienie propozycji monitoringu (ornitologicznego) planowanego przedsięwzięcia na etapie jego budowy i eksploatacji lub użytkowania, w szczególności na cele i przedmiot ochrony obszaru Natura 2000 oraz integralność tego obszaru,
- 11. Wskazanie trudności wynikających z niedostatków techniki lub niedostatków współczesnej wiedzy, jakie napotkano, opracowując raport;
- 12. Streszczenie w języku niespecjalistycznym informacji zawartych w raporcie;
- 13. Nazwisko osoby lub osób sporządzających raport;
- 14. Źródła informacji stanowiące podstawę do sporządzenia raportu.

Jak zatem widać, dzięki rzetelnej realizacji raportu możemy bardzo dokładnie przewidzieć wpływ powstania inwestycji na populację ptaków. Uważna lektura nakazuje zauważyć także inny punkt – co się stanie, gdy farmy wiatrowe nie będą powstawały.



Każdy chce przecież mieć prąd w gniazdku, dlatego w przypadku braku farmy wiatrowej należałoby rozważyć jak na ornitofaunę wpłyną inne źródła energii, które będą musiały zrekompensować brak energii wytwarzanej za pomocą wiatraków.

Ten aspekt niestety jest jednak bardzo często pomijany w dyskusjach administracyjnych oraz społecznych i to mimo, że może odgrywać kluczową rolę w decyzjach tak społeczeństwa, jak i gremiów politycznych i samorządowych.

Sam raport choć stanowi właściwy dokument przedstawiający przyrodnicze, w tym ornitologiczne, uwarunkowania farmy wiatrowej jest tak naprawdę krokiem kończącym badania ornitologiczne. Oczywiście opracowań nie ma sensu wykonywać tam, gdzie konflikty z ptakami można przewidzieć nawet bez prowadzenia intensywnych prac terenowych. Taką wstępną ocenę na terenie planowanej farmy i racjonalnego wariantu alternatywnego nazywamy *screeningiem*. *Screening*, nie tylko może więc wykluczyć przedmiotową lokalizację, ale także określi jedną ze ścieżek inwentaryzacji ornitologicznej, różniących się liczbą wizyt w terenie. Minimalna ilość takich wizyt powinna wynosić 40 (ścieżka podstawowa). W każdej ze ścieżek realizowane będą badania określone czterema modułami.

Ocena wstępna (*screening*) jest przeprowadzana w oparciu o dostępne informacje na temat charakterystyk występowania ptaków, położenia geograficznego i fizjografii terenu, istniejących w pobliżu powierzchniowych form ochrony przyrody oraz wizję terenową.

Dokonując oceny wstępnej lokalizacji uwzględnia się:

1. Liczebność występowania gatunków ptaków (lęgowych i pozalęgowych) wymienionych w art. 4(1) Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa i wymienionych w Załączniku 1 tejże Dyrektywy;
2. Zagęszczenie lęgowych lub nielegowych (zimujących, przelotnych) ptaków drapieżnych;
3. Liczebność występowania gatunków ptaków znanych ze szczególnej kolizyjności;
4. Występowanie pozalęgowych koncentracji żerowiskowych lub noclegowych dużych ptaków blaszkoziołych;
5. Występowanie kolonii lęgowych dużych i średniej wielkości ptaków w okolicy lokalizacji projektu (w zasięgu oddziaływania);



6. Odległość od obszarów specjalnej ochrony ptaków Natura 2000 i ostoi ptaków o znaczeniu europejskim (IBA);
7. Odległość od parków narodowych, rezerwatów przyrody, parków krajobrazowych;
8. Odległość od dolin dużych rzek, mokradeł i zbiorników wodnych;
9. Położenie na terenie lub w pobliżu przełęczy;
10. Odległość od stref ochronnych powołanych dla występowania gatunków, wymagających ustalenia stref ochrony miejsc rozrodu;
11. Odległość od korytarzy migracji i tras migracji długodystansowej i regionalnej;
12. Stopień rozpoznania lokalizacji pod kątem awifauny;
13. Stopień przekształcenia terenu przez człowieka;
14. Strukturę użytkowania terenu (w tym występowanie śródpolnych zadrzewień i zakrzewień);
15. Liczbę i typ turbin w projekcie;
16. Odległość od innych projektów wiatrowych.

Dopiero wykonanie oceny wstępnej (*screening*), umożliwia wstępny opis lokalizacji, jak i opracowanie szczegółowego planu inwentaryzacji ornitologicznej zgodnie z wybraną ścieżką monitoringu. Tym razem zbierane dane charakteryzują się jeszcze większym poziomem dokładności, bowiem:

1. Należy wykonać co najmniej roczną inwentaryzację ornitologiczną, celem której będzie uzyskanie informacji m.in. o:
 - a) składzie gatunkowym i liczebności awifauny w cyklu rocznym,
 - b) liczebności gatunków kluczowych:
 - wskazanych w art. 4 (1) Dyrektywy Ptasiej i wymienionych w Załączniku 1 tejże dyrektywy,
 - wymienionych w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt (Głowaciński, 2001),
 - gatunków SPEC (Species of European Conservation Concern) w kategorii 1-3 (BirdLife International 2004: <http://www.birdlife.org/datazone>),
 - gatunków objętych strefową ochroną miejsc występowania,
 - gatunków o rozpowszechnieniu lęgowym <10%, ocenianym w siatce kwadratów 10x10 km (Sikora i in. 2007),
 - gatunków o liczebności krajowej populacji <1000 par lęgowych;



- c) zagęszczeniu wszystkich gatunków ptaków w głównych okresach fenologicznych (migracja wiosenna, okres lęgowy, okres koncentracji polęgowej, przelot jesienny, zimowanie);
 - d) natężeniu i sposobie wykorzystania przestrzeni powietrznej przez ptaki, w szczególności: drapieżniki i inne gatunki o dużych rozmiarach ciała, migranty dalekodystansowe, ptaki tworzące lokalne koncentracje żerowiskowe i noclegowiskowe;
2. Należy określić wykorzystanie przestrzeni powietrznej przez ptaki na poszczególnych wysokościach pracy elektrowni wiatrowej, tj. poniżej pracy śmigieł, na pułapie odpowiadającym zakresowi pracy śmigieł wiatraka, powyżej pracy śmigieł wiatraka;
 3. Ornitologiczna inwentaryzacja przedrealizacyjna obejmuje cztery moduły [Ramka 2.]. Kontrole powinny być zaplanowane w sposób regularny, zapewniający ich większe nasilenie w okresach migracji i sezonie lęgowym, a mniejsze w okresie letnim i zimowym.
- Prace należy dokumentować w taki sposób, aby później możliwe były analizy danych w układzie eksperymentalnym BACI [Ramka 3.].

Ramka 3.

Pomiar zmian w środowisku – układ *before-after-control-impact* (BACI)

Celem rzetelnego pomiaru wpływu realizacji inwestycji – w naszym wypadku farmy wiatrowej – niezbędny jest odpowiednio dobrany plan badawczy (nazywany też układem eksperymentalnym).

Tylko poprawnie zaplanowane badania umożliwiają rzetelną, zgodną z regułami współczesnej statystyki ocenę wpływu farmy na awifaunę. Oznacza to także, iż pomiary zbierane przypadkowo, bez zastosowania poprawnych modułów obserwacyjnych często nie pozwalają na wyciąganie jednoznacznych, naukowo wiarygodnych wniosków. Szereg badań wykonanych w USA i Europie Zachodniej wskazuje, iż wpływ budowy farmy wiatrowej na ptaki najlepiej analizować w układzie BACI (*Before-After-Control-*



Impact), czyli porównanie stanu środowiska przed i po wybudowaniu farmy. Oznacza to konieczność dwukrotnego wykonywania pomiarów (charakterystyki liczebności i składu struktury awifauny):

- zarówno przed budową farmy, jak i po jej zbudowaniu,
- w miejscu występowania możliwego oddziaływania (powierzchnia eksperymentalna; tu: farma wiatrowa), jak i w miejscu, gdzie oddziaływanie nie występuje (powierzchnia kontrolna; tu: poza farmą wiatrową).

Ocena wpływu farmy na charakterystyki ptaków polega w tym układzie na porównaniu wartości stwierdzanych na obszarze farmy po oddaniu jej do eksploatacji z dwoma układami referencyjnymi:

- na tym samym terenie przed realizacją inwestycji,
- na powierzchni kontrolnej, czyli położonej **poza** turbinami przed i po realizacji inwestycji.

Zastosowanie takiego podwójnego układu odniesienia pozwala oddzielić rzeczywisty efekt inwestycji od innych efektów, czyli zmian zachodzących równolegle w szerszej perspektywie, niezależnie od budowy siłowni, np. zmian zachodzących w miejscach migracji czy zimowania wielu gatunków. W badaniach wykonywanych na potrzeby oceny oddziaływania farm wiatrowych na ptaki, źródłem danych z powierzchni eksperymentalnej są oczywiście wyniki monitoringu porealizacyjnego porównywane z danymi zbieranymi w taki sam sposób w ramach badań przedrealizacyjnych. Źródłem danych porównawczych są takie same badania prowadzone równolegle na powierzchniach kontrolnych poza obszarem farmy, np. wykonywane w tzw. buforze. Najlepiej jeśli są to powierzchnie specjalnie wyznaczone i kontrolowane już na etapie badań przedinwestycyjnych.



4. Turbiny wiatrowe w krajobrazie rolniczym – konsekwencje dla ptaków

Działalność człowieka wiąże się z istnieniem w krajobrazie różnorodnych struktur antropogenicznych, takich jak: drogi, budynki, linie wysokiego napięcia, mosty. Przykładami nowych, sztucznych elementów notujących w ostatnich latach istotny rozwój są farmy wiatrowe, budowane zarówno na lądzie, jak i na morzu w celu zwiększenia wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych. Pod względem ekologicznym, ekonomicznym i technicznym pozyskiwanie energii z wiatru niesie za sobą szereg zalet. Po przeprowadzeniu monitoringu i oszacowaniu wartości terenu powstaje farma wiatrowa. W tym momencie zwykle rozpoczynają się kolejne dyskusje dotyczące tego, jak inwestycja wpływa na populację ptaków?

Poza niebezpieczeństwem kolizji – o tym szerzej w następnym fragmencie – wiatraki mogą być także przyczyną przemieszczania się populacji ptaków z terenów świeżo zajętych przez farmę wiatrową na obszary bezpieczniejsze. Jest to tzw. efekt bariery i zaniku siedliska spowodowany przeznaczeniem powierzchni pod infrastrukturę energetyczną. Trudno jednak oszacować skalę tego zjawiska, zwłaszcza gdy dotyczy gatunków dramatycznie zwiększających liczebność, np. gęsi, łabędzi i żurawi.

Farma wiatrowa składa się standardowo z szeregu siłowni wiatrowych, które lokalizowane są na otwartych terenach, jak wspomniano, w warunkach europejskich najczęściej w krajobrazie rolniczym. Podobnie jak w przypadku każdego rodzaju inwestycji, niewielkie zagrożenia dla środowiska, w tym populacji ptaków, mogą występować nie tylko w fazie eksploatacji, ale również w fazie budowy i likwidacji. Jednakże zmiany te najczęściej mają lokalny charakter i przy dobrze prowadzonej inwestycji, sytuacja jest szybko przywracana do stanu pierwotnego.

Poza samymi wiatrakami instalacja składa się z elementów sieci przesyłowych czy stacji transformatorowej. Teren siłowni wiatrowej obejmuje także drogi dojazdowe i place dostępowe (o wymiarach ok. 30x20 m) wysypane żwirem. Przestrzeń dookoła turbiny urządzona jest w specyficzny sposób. Między placem a otaczającymi uprawami znajduje się strefa przejściowa nieużytkowanej gleby o zmiennej szerokości, porośnięta przez roślinność segetalną i ruderalną, czyli związaną z przekształceniem siedlisk przez człowieka, a zwłaszcza wprowadzeniem obcych komponentów – nasypów żwiru, elementów betonowych. Dookoła turbiny również zazwy-



czaj rozpościera się obszar nieuprawianej gleby, stopniowo porastanej roślinnością. W tym miejscu często występują różnice terenu między placem a podstawą turbiny, co powoduje powstawanie różnego rodzaju nasypów. W sąsiedztwie turbiny można też spotkać usypiska ziemi wydobytej podczas budowy. Pod wiatrakami i w otoczeniu placu najczęściej znajduje się większa lub mniejsza ilość kamiennego substratu w postaci drobnego żwiru czy też większych kamieni. Miejsca te stanowić mogą wręcz atrakcyjne miejsca żerowiskowe dla małych gatunków ziarnojadów (szczygieł, dzwonić, makolągwa), a nawet lęgowe dla gatunków naziemnych (skowronek, bażant, czajka, sieweczka rzeczna).





Fot. 1. Turbiny wiatrowe lokalizowane są na wielkoobszarowych polach uprawnych, stanowiących atrakcyjne miejsca żerowania np. dla wielotysięcznych stad gęsi. Gęsi, podobnie, jak kaczki, żurawie a nawet czajki licznie żerują w pobliżu turbin wiatrowych (Fot. W. Plata).



Fot. 2. U podstawy turbiny znajduje się nie tylko plac manewrowy, ale często roślinność o charakterze ruderalnym – atrakcyjne miejsce lęgowe dla skowronka (*Alauda arvensis*), ale także ważne miejsca zdobywania pokarmu dla łuszczaków (zięb, dzwońców, mokołągów i trznadli) (Fot. P. Tryjanowski).



5. Turbiny – mit zaniku ptasich siedlisk i kolizji

Od samego początku wykorzystywania na szeroką skalę turbiny wiatrowe reklamowane były jako źródło „czystej” energii. Wskazywano, że zajmują niewiele miejsca, produkują minimalne ilości odpadów, a ich wpływ na środowisko naturalne jest znikomy. Jednak wraz z masowym stawianiem kolejnych farm wiatrowych, czasami także w zupełnie nieprzemyślanych lokalizacjach, zaczęto wskazywać ich negatywne oddziaływania. W wyniku protestów przyrodników i grup obywateli zdecydowano więc o stawianiu turbin w odległości nie mniejszej niż 200 m od zabudowań mieszkalnych, a później odległość tę zwiększono do 500 m i dzisiaj jest ona przyjęta za dobrą praktykę. Rozwiązało to częściowo problemy społeczne, jednak nie załatwiło wszystkich spraw środowiskowych. Przyrodnicy, w większości ornitologzy, swoje obawy popierali danymi z badań przeprowadzonych głównie w krajach Europy Zachodniej i USA. Należy jednak zwrócić uwagę, że tamtejsze farmy wiatrowe mają zazwyczaj inną charakterystykę niż te lokalizowane w Polsce – chodzi między innymi o wielkość farmy czy rozmiar turbin, jak i środowisko w jakim są zlokalizowane.

W toku budowania kolejnych farm wiatrowych, zdarzało się że niektóre decyzje lokalizacyjne podejmowano bez brania pod uwagę, że z konkretnego terenu mogą również korzystać ptaki. Te sytuacje doprowadziły do wytworzenia się „czarnego PR-u” dotyczącego całej branży energetyki wiatrowej. Po dokładnym przyjrzeniu się zjawisku wiemy jednak, że

farmy wiatrowe w Europie Zachodniej były w ubiegłych latach przyczyną śmierci od 0 do 60 ptaków rocznie. Stanowi to jednak drobny procent śmiertelności pochodzenia antropogenicznego, gdzie prym wiedzie drapieżnictwo ze strony kotów, kolizje z szybami budynków i z pojazdami mechanicznymi. Wszystkie te źródła śmiertelności są o rzędy wielkości większe niż kolizje z turbinami wiatrowymi.

Wskaźniki śmiertelności ptaków są bardzo zróżnicowane i główną rolę odgrywa tu lokalizacja farmy. U zarania energetyki wiatrowej instytucje ustawodawcze i regulacyjne nie nadążały za jej prężnym rozwojem; stąd wynikał brak przepisów głównie odnośnie lokalizacji elektrowni. Podczas stawiania turbin czynnikiem decydującym były warunki wietrzne i



układy własnościowe gruntów, a na środowisko naturalne nikt nie zwracał uwagi, bo zwyczajnie nie widziano takiej konieczności. Dlatego też np. w Niemczech możemy znaleźć turbiny wiatrowe postawione nawet w środku lasu! Oczywiście jest, że śmiertelność ptaków (ale także nietoperzy) będzie tam nieporównywalnie większa niż dla turbin stojących w ubogim krajobrazie rolniczym.

Mimo to przeciwnicy obecnie budowanych farm wiatrowych sprzeciwiając się inwestycjom przytaczają wyniki badań przeprowadzonych nawet kilkanaście lat temu, zatem w czasach gdy nie istniały tak konkretne normy, jak obecnie.

Jak pokazują najnowsze badania na nowych farmach wiatrowych stopień kolizyjności ptaków z turbinami jest znacznie mniejszy (nawet o rząd wielkości!) od starszych przewidywań; jednak ciągle bardzo zróżnicowany. Na wielkość współczynnika ryzyka kolizji ptaków z turbinami mają wpływ różne czynniki, które można podzielić na trzy grupy.

Do pierwszej należą czynniki zwiększające ryzyko kolizji związane z samymi ptakami. Wiadomym jest, że nie każdy gatunek jest tak samo podatny na zderzenie z turbiną. Istnieje prosta zależność mówiąca, że ptaki większe są bardziej narażone na kolizje od mniejszych. Przede wszystkim związane jest to ze sposobem lotu – wznoszenie się przy wykorzystaniu prądów wstępujących – co skutkuje niższą sterownością i stąd mniejszą możliwością wyminięcia łopat turbiny.

Jednak widząc przeszkodę ptaki większych rozmiarów najczęściej ją omijają,

co pokazały badania nad sposobem pokonywania terenów farm wiatrowych przez stada gęsi, łabędzi, żurawi, a nawet bocianów. Drugim aspektem behawioralnym powodującym większą kolizyjność jest zachowanie w locie, ale dotyczy to przede wszystkim gatunków drapieżnych. Ptaki te – zwłaszcza żerujące myszołowy, pustułki i błotniaki – polując, przez większość czasu wpatrują się w ziemię, szukając potencjalnych ofiar i po prostu mogą nie zauważyć niektórych przeszkód. Z racji ograniczeń anatomicznych mają wąskie pole widzenia znacznie obniżające zdolność wykrycia przeszkody. Zaś trzecim aspektem wpływającym na kolizyjność ptaków są



ich specyficzne zachowania. Wykazano, że u niektórych gatunków bardziej narażone na zderzenie są tylko określone grupy wiekowe (ptaki młode nie opanowały jeszcze wszystkich subtelności lotu) lub płciowe co wynika ze specyfiki ich zachowań (np. loty godowe dorosłych samców).

Drugą grupą czynników ryzyka jest, wymieniana wcześniej jako kluczowa, lokalizacja farmy. Oczywistym jest, że turbiny ustawione na szlakach sezonowych migracji i przemieszczeń żerowiskowych ptaków powodują większą liczbę kolizji. Badania pokazują, że podczas migracji giną relatywnie częściej ptaki wróblowe niż drapieżne. Te ostatnie najczęściej są ofiarami w miejscach stałego przebywania, zwłaszcza zasobnych w pokarm. Na trasach migracji są znacznie bardziej bezpieczne, ponieważ przeloty odbywają zwykle na dużych wysokościach. Nowe badania wykonywane z użyciem radarów w Bułgarii i w Turcji jasno pokazują, że

zdecydowana większość przelotu drapieżników odbywa się poza zasięgiem łopat rotora.

Stąd też niezwykle istotne jest rozpoznanie istniejących siedlisk ptaków drapieżnych już na etapie monitoringu przedinwestycyjnego i unikanie stawiania turbin w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Znaczenie ma także samo rozłożenie turbin względem tras przelotów. Wyniki prac niemieckich i skandynawskich naukowców wskazują, iż farmy położone prostopadle do szlaków migracji powodują zwiększoną kolizyjność niż te położone równolegle. Największe ryzyko kolizji, co także pokazały badania związane z rzeczywistym ustalaniem poziomu kolizyjności, występuje na skrajnych końcach rzędów wiatraków.

Trzecią grupę czynników ryzyka stanowią parametry techniczne samych turbin. Najważniejszymi są wysokość oraz średnica rotora, które uległy największym przekształceniom modernizacyjnym w ciągu ostatnich lat. Rzecz jasna wymienione parametry powiązane są z ryzykiem kolizji ptaków. Szczególnie średnica rotora jest istotna, ponieważ oprócz większego obszaru zagrożenia przy dłuższych łopatach ich końcówki mają większą prędkość kątową co, jak pokazują badania, czyni je praktycznie niewidzialnymi dla ptaków.



Tym niemniej nowe turbiny poruszają się wolniej i znacznie efektywniej niż wcześniejsze typy. Tymczasem wyliczenia współczynników kolizyjności były przeprowadzane dla starych, znacznie bardziej niebezpiecznych maszyn.

Dodatkowo, nie bez znaczenia wydają się być też światła ostrzegawcze na turbinach. Zagrożają one szczególnie ptakom migrującym w nocy dezorientując je, a nawet zwabiając w pobliże wiatraków. Problem jest ten szczególnie szeroko dyskutowany w Niemczech, lecz pozostaje on niezwykle trudny do rozwiązania ze względu na wymogi ruchu lotniczego.

W związku z coraz lepszą wiedzą na temat przyczyn kolizji ptaków z turbinami oraz opracowaniem szeregu wymogów ich lokalizacji i funkcjonowania należy się zastanowić czy ciągle obecne sprzeciwy niektórych przyrodników są zasadne.

Często występuje podpieranie się przez nich danymi sprzed wielu lat pochodzącymi z krajów, gdzie farmy stawiane były wobec dzisiejszych standardów w miejscach niedopuszczalnych. Notowana tam wysoka śmiertelność ptaków zaważyła na postrzeganiu całego sektora energetyki wiatrowej przez ornitologów. To tak jakby rozmawiać o wypadkach samochodowych na drogach opierając się tylko na danych z tzw. czarnych punktów. Czy rzeczywiście tak ma wyglądać poziom dyskusji naukowej? Natomiast mało który przeciwnik farm wiatrowych zdaje sobie sprawę, że

w porównaniu z innymi źródłami energii zabijają one nieporównywalnie mniej ptaków. Obliczono, że w USA przemysł związany z energetyką jądrową zabija ponad 300 tysięcy ptaków rocznie, a związany z paliwami kopalnymi ponad 13 milionów.

Przy tych danych energetyka wiatrowa wygląda naprawdę przyjaźnie powodując w ciągu roku śmierć niespełna 20 tysięcy ptaków. Póki co nie istnieją takie wyliczenia dla naszego kraju, ale zapewne proporcje energetyki paliw kopalnych i wiatrowej wyglądałyby podobnie.

Także inne negatywne efekty niż śmiertelność, np. efekt odstraszenia są wyolbrzymiane.



Jak pokazują badania, gatunki o których sądzono, że obawiają się turbin i unikają obszarów farm, tak naprawdę zwraca na nie niewielką uwagę.

Takim gatunkiem jest choćby żuraw, który uchodzi za ptaka płochliwego jednak żeruje często nawet pod samymi turbinami. Pomimo takiego zbliżenia się do nich nie jest w ogóle ptakiem kolizyjnym. Podobnie rzecz ma się z bocianami.

Z drugiej strony, turbiny tworzą dla niektórych gatunków nowe, przyjazne siedliska wewnątrz jednolitych pól uprawnych dla niektórych gatunków.

Place dookoła turbin które są wyłączone spod upraw, porastają chwasty i stają się one atrakcyjnym miejscem żerowania dla wielu drobnych gatunków ptaków wróblowych jak np. trznadli czy pliszek. Te aspekty są podnoszone w kolejnych publikacjach.





Fot. 3. Kania ruda (*Milvus milvus*) uchodzi za gatunek wysoce kolizyjny. Zaleca się odsunięcie turbin przynajmniej na 1 km od stanowisk tego gatunku. Na terenie Niemiec nie wykazano jednak by turbiny wiatrowe modyfikowały liczebność i parametry rozrodu tego gatunku (Fot. W. Plata).



6. Rozwiązywanie konfliktów

Najlepszym sposobem rozwiązywania potencjalnych konfliktów jest po prostu niedopuszczanie do nich. Tutaj zdecydowanie pomaga solidna wiedza i otwarcie na argumenty tak zwolenników, jak i przeciwników produkcji energii wiatrowej. Zagrożenia dla ptaków mogą być mniejsze lub większe i są bardzo mocno zróżnicowane lokalnie. Zależą od układu i lokalizacji turbin, a przede wszystkim od lokalnych warunków przyrodniczych. Przykłady dobrego i złego rozmieszczenia turbin ze względu na konflikty z populacjami ptaków zamieszczono na mapkach [Mapki 1. i 2.]. Poza efektami bezpośrednich kolizji, efektu odstraszenia, zmian w strukturze krajobrazu, podnoszona jest także kwestia emisji infradźwięków. To rodzaj fal dźwiękowych niesłyszalnych dla człowieka, mający dwa rodzaje źródeł – naturalne (wiatr, burza, szum morza) i antropogeniczne (generowane np. przez grzejniki i klimatyzację).

Dotychczas przeprowadzone doświadczenia nie wskazują, by ta grupa infradźwięków generowanych przez turbiny wiatrowe była niebezpieczna dla ptaków i innych zwierząt.

Zaniepokojenie rolników i sadowników budzi sugerowane zagrożenie wiatraków dla pszczoł i pożytecznych owadów. W naturalny sposób interesuje to także ornitologów – wszak owady to podstawowy pokarm większości ptaków. Pojawiają się już wyniki badań naukowych, że wręcz przeciwnie,

istniejące fragmenty chwastowisk wokół turbin są atrakcyjnym miejscem rozrodu i żerowania dla owadów.

Jadąc przez Polskę można zaobserwować, że coraz większa liczba pszczelarzy ustawia przenośne pasieki właśnie pod turbinami wiatrowymi.

Raz jeszcze okazuje się, że oddziaływania nie są jednokierunkowe i jednoznaczne. Do powiązań tych różnych czynników pomiędzy sobą niezbędna jest – co staramy się promować od dłuższego czasu – profesjonalna analiza ryzyka.

Czy zatem wiatraki są niebezpieczne dla ptaków i innych komponentów przyrodniczych? Niekoniecznie. Można bowiem odpowiedzieć pyta-



niem na pytanie: a czy kopanie rowów jest niebezpieczne? Dla osoby, która w nie wpadnie zapewne tak. Dla rolnika, któremu taki rów odwodni pole także, ale już dla tego, komu uratuje dom przed zalaniem może być błogosławieństwem. Przykład ten wyraziście pokazuje, że nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Zależy od czasu, okoliczności i warunków środowiskowych.

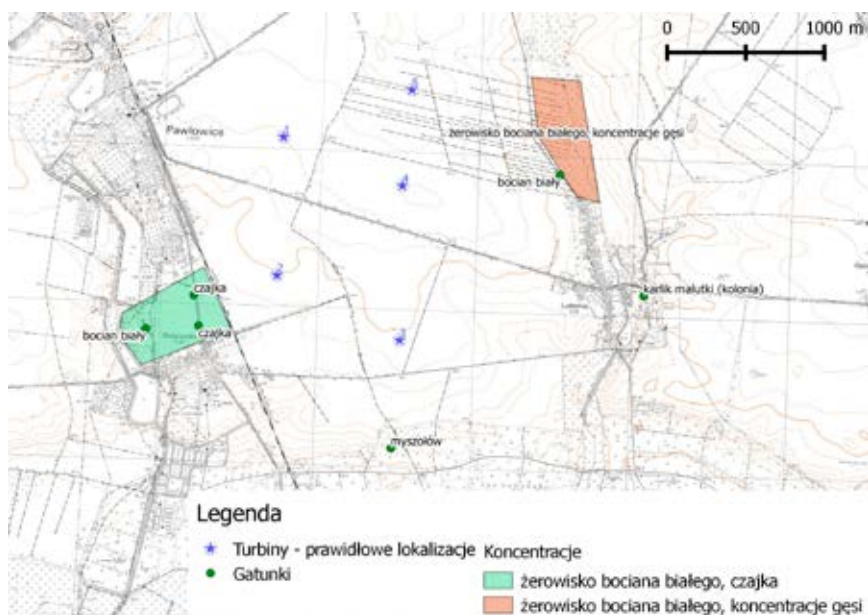
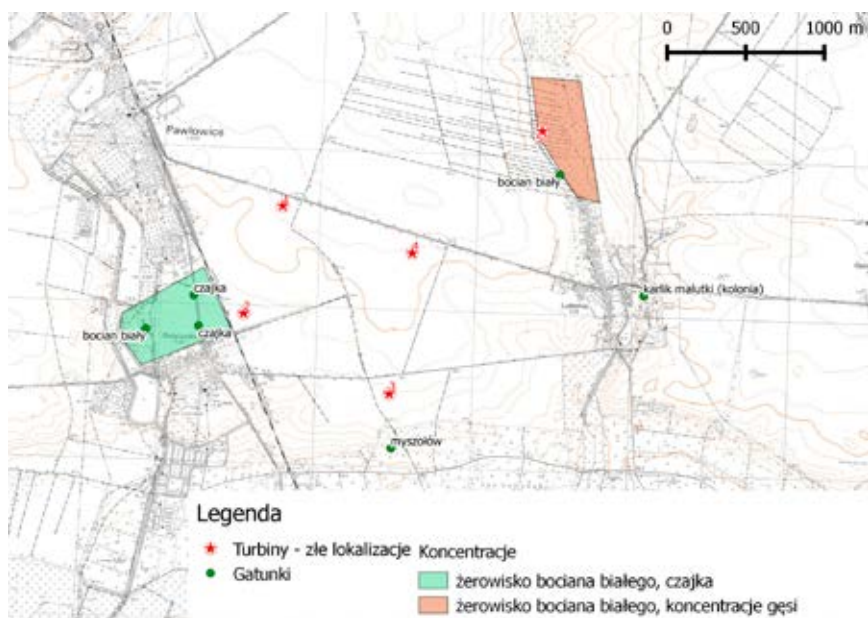
W przypadku dobrze zlokalizowanych turbin zagrożenie zarówno dla ptaków, jak i środowiska naturalnego jest minimalne.

Gdy nie przestrzega się norm lokalizacyjnych – np. nie zachowując odpowiedniej odległości od zabudowań czy terenów przyrodniczo cennych – wpływ ten lokalnie może być negatywny. Jednakże w dzisiejszych uwarunkowaniach środowiskowych i prawnych nie powinien mieć miejsca. Przyrodników, a często i zwykłych obywateli – miłośników przyrody, najbardziej interesuje bezpośredni wpływ działania turbin wiatrowych na ptaki. Wpływ ten niewątpliwie istnieje, ale raz jednak jeszcze podkreślamy

– kluczowa jest poprawna lokalizacja farmy wiatrowej.

Ponadto ostatnio rozwijane są nowe technologie budowy turbin wiatrowych. Technologie te mają właśnie na celu ograniczenie negatywnego wpływu środowiskowego – turbiny są coraz cichsze, obracają się wolniej, budowane są ze specjalnych kompozytów materiałowych. Branża ta jest naprawdę bardzo innowacyjna.





Mapy 1. i 2. Przykłady złej i dobrej lokalizacji turbin wiatrowych ze względu na występujące gatunki ptaków.



7. Podsumowanie

Nie istnieją obojętne dla środowiska metody pozyskania energii. W przypadku farm wiatrowych należałoby rozważyć jak na ornitofaunę wpłyną inne źródła energii, które będą musiały zrekompensować brak energii wytwarzanej za pomocą wiatraków. Mało który przeciwnik farm wiatrowych zdaje sobie sprawę, że w porównaniu z innymi źródłami energii zabijają one nieporównywalnie mniej ptaków. Obliczono, że w USA przemysł związany z energetyką jądrową zabija ponad 300 tysięcy ptaków rocznie, a związany z paliwami kopalnymi ponad 13 milionów. Przykładowo farmy wiatrowe w Europie Zachodniej były w ubiegłych latach przyczyną śmierci od 0 do 60 ptaków rocznie. Stanowi to jednak drobny procent śmiertelności pochodzenia antropogenicznego, gdzie prym wiedzie drapieżnictwo ze strony kotów, kolizje z szybami budynków i z pojazdami mechanicznymi. Wszystkie te źródła śmiertelności są o rzędy wielkości większe niż kolizje z turbinami wiatrowymi.

Przeciwnicy obecnie budowanych farm wiatrowych, sprzeciwiając się inwestycjom, przytaczają wyniki badań przeprowadzonych nawet kilkanaście lat temu, zatem w czasach gdy nie istniały tak konkretne jak obecnie normy. Nowe badania jasno pokazują, że zdecydowana większość przelotu drapieżników odbywa się poza zasięgiem łopat rotora. Kolejne badania wykazują, iż wiele gatunków, które uważano, że obawiają się turbin i unikają obszarów farm tak naprawdę zwraca na nie niewielką uwagę. Badania nad sposobem pokonywania terenów farm wiatrowych przez stada gęsi, łabędzi, żurawi, a nawet bocianów ukazują, iż widząc przeszkodę ptaki większych rozmiarów najczęściej ją omijają. Z drugiej strony, turbiny tworzą nowe, przyjazne siedliska wewnątrz jednolitych pól uprawnych dla niektórych gatunków.

Dotychczas przeprowadzone doświadczenia nie wskazują także, by infradźwięki generowane przez turbiny wiatrowe były niebezpieczne dla ptaków i innych zwierząt.

W związku z coraz lepszą wiedzą na temat przyczyn kolizji ptaków z turbinami oraz opracowaniem szeregu wymogów ich lokalizacji i funkcjonowania należy się zastanowić czy ciągle obecne sprzeciwy niektórych przyrodników są zasadne. Wyliczenia współczynników kolizyjności były przeprowadzane dla starych, znacznie bardziej niebezpiecznych maszyn. Nowe typy turbin poruszają się wolniej i znacznie efektywniej niż wcześniejsze modele.



Kluczowymi zagadnieniami minimalizującymi zagrożenie dla ptaków oraz środowiska naturalnego wciąż pozostają odpowiednia lokalizacja farm wiatrowych oraz przeprowadzenie szczegółowych badań poprzedzających powstanie farmy. Przy zachowaniu tych norm energetyka wiatrowa ma znacznie mniejszy wpływ na środowisko niż inne źródła energii.



ODZIAŁYWANIE ELEKTROWNI WIATROWYCH NA KRAJOBRAZ

DR KRZYSZTOF BADORA





1. Wprowadzenie

W dosyć zgodnej opinii specjalistów zajmujących się oddziaływaniem energetyki wiatrowej na środowisko przyrodnicze, badanie i diagnozowanie oddziaływania na krajobraz jest jednym z trudniejszych zagadnień zarówno pod względem metodycznym, jak i administracyjno-decyzyjnym. Jest to związane m.in. z:

- **przez wiele lat utrzymującą się niską rangą, jaką nadano ochronie krajobrazu w krajowym systemie ochrony środowiska.** W efekcie zagadnienie to było marginalizowane w systemie ocen oddziaływania na środowisko nie tylko w odniesieniu do energetyki wiatrowej. W ostatnim roku na przynajmniej części terenów Polski (krajobrazy priorytetowe po audycie krajobrazowym) ranga ochrony krajobrazu została podniesiona na skutek wdrożenia części przepisów ratyfikowanej przez Polskę Europejskiej Konwencji Krajobrazowej (2006) do ustaw o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Ustawa..., 2003), i o ochronie przyrody (Ustawa..., 1991). Przepisy te weszły w życie 11 września 2015 r., ale wpływ na rozwój energetyki wiatrowej będą mieć jednak dopiero po wykonaniu audytów krajobrazowych,
- **brakiem wskazań metodycznych określonych i zalecanych przez organy administracji państwowej, w zakresie badania oddziaływania i uwzględniania wyników tych badań w procesie decyzyjnym.** Większość krajów Unii Europejskiej ma wypracowane i wdrożone metodyki oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz, najczęściej w formie wytycznych, choć np., Czechy mają je przyjęte w formie aktu prawnego – rozporządzenia ministra środowiska,
- **bardzo zróżnicowanymi poglądami na istotę i wartość krajobrazu funkcjonującymi w środowisku naukowym, a w szczególności w społeczeństwie.** W środowisku naukowym poglądy są odzwierciedleniem paradygmatów obowiązujących w różnych dziedzinach naukowych zajmujących się krajobrazem, np. odmiennie jest on definiowany, postrzegany oraz badany przez różnych geografów krajobrazu i architektów (np. Myga-Piątek, 2001). Ta rozbieżność sama w sobie nie jest czymś niezwykłym lub niewłaściwym, ale wymaga uzgodnienia wspólnego stanowiska na płaszczyźnie pola badawcze-



go obejmującego metodykę ocen oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz. Również zróżnicowanie poglądów na krajobraz i jego wartości w społeczeństwie nie jest czymś niezwykłym. Występuje nie tylko w Polsce, ale również w innych krajach. Powszechnie wskazuje się, że sposób postrzegania krajobrazu jest w społeczeństwie zróżnicowany i zależy od wielu czynników, w tym wieku ludzi, wykształcenia, wykonywanego zawodu, miejsca zamieszkania, stanu zdrowia, doświadczeń życiowych oraz kodu kulturowego (przyjętych tradycji, systemu wartości, religii i innych czynników określających światopogląd ludzi). Założenie, że poglądy społeczne na rolę elektrowni wiatrowych w krajobrazie są tak rozbieżne, że nie ma możliwości obiektywnego badania tego zagadnienia (w domyśle: nie warto tego badać, bo to jest subiektywne) nie jest jednak prawdziwe (Badora, 2011). Zbiór indywidualnych ocen percepcji elektrowni wiatrowych w krajobrazie można badać obiektywnie metodami socjologicznymi, jako istniejącą wartość preferencji społecznych, na wzór badań indywidualnych poglądów politycznych lub konsumenckich. To, że jest to obarczone znacznym ryzykiem będzie przedmiotem analizy w dalszej części opracowania. Można także skonstruować metodę oceny wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz bez odwoływania się do poglądów poszczególnych ludzi, badając obiektywnie występujące w krajobrazie elementy struktury i funkcjonowania. Takie podejście do konstrukcji metodyki oceny oddziaływania przyjęto w większości krajów Europy (np. Guidelines..., 2002) i w wielu stanach Stanów Zjednoczonych (np. Vissering i in., 2011),

- **wieloaspektowością zagadnienia zarówno w zakresie oceny jakości krajobrazu, jak i oceny wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz.** Nie ma wątpliwości, że ocena oddziaływania przedsięwzięć energetyki wiatrowej na krajobraz jest wieloaspektowa i wymaga wiedzy z wielu dziedzin i dyscyplin naukowych (głównie przyrodniczej, historyczno-kulturowej, architektonicznej). Należy przy tym wskazać, że łatwiejszą częścią postępowania oceny jest dokonanie inwentaryzacji, diagnozy stanu i waloryzacji krajobrazu, jako odbiorcy oddziaływania, proste jest określenie ilościowe i jakościowe farmy wiatrowej, jako dawcy oddziaływania, a najtrudniejsza jest ocena wpływu farmy wiatrowej (dawcy) na krajobraz (biorcę).



Wykonywanie ocen oddziaływania przedsięwzięć energetyki wiatrowej na krajobraz oraz podejmowanie decyzji lokalizacyjnych w określonych wyżej uwarunkowaniach nie jest łatwe, a jest niezbędne dla przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko i może być wymagane, jeżeli nałożony zostanie obowiązek przeprowadzenia oceny, dla przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko. Ze względu na dyskusje i podwyższone emocje społeczne towarzyszące z reguły projektom energetyki wiatrowej organy wydające i uzgadniające decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach dla przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko decydują się na przeprowadzenie oceny i w efekcie wszystkie przedsięwzięcia tzw. przemysłowej energetyki wiatrowej wymagają dokonania w ramach oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko oceny wpływu na krajobraz. Wymóg ten został od 11 września 2015 r. wzmocniony nowelizacjami ustaw wprowadzającymi część przepisów Europejskiej Konwencji Krajobrazowej. Dla potrzeb właściwego prowadzenia oceny wymagane jest zastosowanie jasnej, merytorycznej i akceptowalnej naukowo oraz społecznie metody oceny. Zdefiniowania i odpowiedniego uregulowania metodycznego wymagają m.in. zagadnienia:

- **w jakich warunkach możemy mówić o oddziaływaniu elektrowni wiatrowych?** – zagadnienie to jest silnie powiązane z odległością od przedsięwzięcia, ale nie tylko. Najczęściej do określenia zasięgu oddziaływania używa się narzędzi GIS i modeli krajobrazu – DEM (*Digital Elevation Model*) lub DTM (*Digital Terrain Model*), co jest uzasadnione pod warunkiem, że wynik jest podany weryfikacji w oparciu o badania terenowe,
- **kiedy oddziaływanie jest intensywne?** – czyli od jakich progów, można mówić o znacznym oddziaływaniu. Najczęściej w zagranicznych wytycznych metodycznych określane jest to za pomocą stref oddziaływania, ale poszczególni autorzy metodyk wskazują, że ich zasięgi zależą od wielu czynników i mogą się wraz z tymi czynnikami zmieniać,
- **kiedy oddziaływanie elektrowni wiatrowych staje się negatywne?** – najczęściej w praktyce systemu ocen oddziaływania elektrowni wiatrowych stosuje się skrót myślowy polegający na tym, że widokowe oddziaływanie elektrowni na krajobraz jest zawsze negatywne, co nie jest prawdą,



- **kiedy oddziaływanie zaczyna być znacząco negatywne i wymaga podjęcia działań ze strony organu i inwestora od optymalizacji przestrzenno-technicznej projektu do zakazu lokalizacji włącznie?** – niektóre z oddziaływań elektrowni wiatrowych w krajobrazie, mimo negatywnego odbioru, może być akceptowalne z przyrodniczego, kulturowo-historycznego, fizjonomicznego oraz społecznego punktu widzenia.

Jest to tylko część podstawowych problemów badawczych, jakie system ocen oddziaływania elektrowni wiatrowych (i innych przedsięwzięć) na krajobraz powinien rozstrzygnąć nie tylko w związku ze zmianą przepisów.

Badania socjologiczne przeprowadzone w 2010 roku na reprezentatywnej grupie Polaków wskazują, że 42,6% osób pytanym czy elektrownie wiatrowe niekorzystnie wpływają na krajobraz odpowiada, że „raczej nie” i „nie”, 21,5% uznaje, że „ani tak, ani nie”. Niekorzystny wpływ elektrowni wiatrowych na krajobraz dostrzega 33,1% osób (Mroczek red., 2011). W badaniach prowadzonych w 2015 r. przez Centrum Badań Marketingowych INDICATOR 23% osób zdecydowanie nie zgadza się, że elektrownie wiatrowe negatywnie wpływają na krajobraz pod względem fizjonomicznym, 38% raczej się nie zgadza, 21% raczej się zgadza, a 9 zdecydowanie się zgadza (Raport..., 2015). Oba badania wskazują, że wpływ energetyki wiatrowej na krajobraz nie jest oceniany jednoznacznie, a powszechne negowanie przez społeczeństwo energetyki wiatrowej, jako szpecącej krajobraz, może być mitem.

Bezsporny jest fakt, że elektrownie wiatrowe, na tle wielu innych przedsięwzięć podlegających ocenom oddziaływania na środowisko, wybitnie wyróżniają się w krajobrazie. Podobnie jak to, że przedsięwzięcia energetyki wiatrowej realizowane są i funkcjonują w krajobrazie. Tym samym na etapie budowy, funkcjonowania i likwidacji wpływają bezpośrednio lub pośrednio na różne elementy tego krajobrazu (Badora, 2014b). Rodzaje oddziaływania i ich intensywność zależą od wielu czynników związanych z charakterem krajobrazu oraz jego wartością przyrodniczą, kulturowo-historyczną i fizjonomiczną, a także związanych ze skalą inwestycji, w tym ilością, typem i wielkością elektrowni wiatrowych, ich rozmieszczeniem, charakterem elementów towarzyszących, takich jak drogi technologiczne, place montażowe i inne.

Rola interakcji energetyki wiatrowej i krajobrazu w procesach rozwoju tego sektora odnawialnych źródeł energii była elementem wielu komplek-



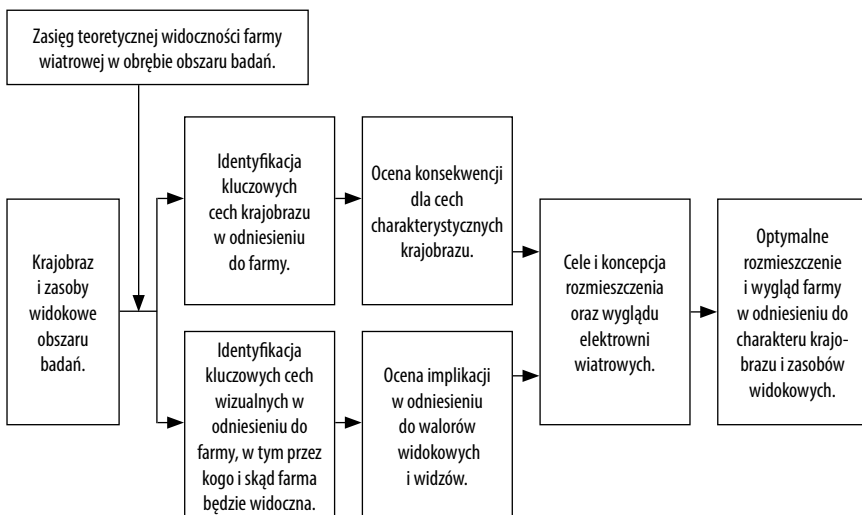
sowych opracowań obejmujących bardzo zróżnicowane aspekty rozwoju energetyki wiatrowej (m.in., Burton i in. 2001, Pasqualetti i in. 2002, Gipe, 2004, 2009, Hau, 2006, Mathew, 2006, Nelson, 2009, Manwell i in., 2009, Stankovic i in., 2009). Część opracowań dotyczy stricte zagadnienia wpływu energetyki wiatrowej na krajobraz, w tym często cytowana zbiorowa monografia M.J. Pasqualetiego, P. Gipa i R.W. Rihtera „Wind Power in View. Energy Landscapes in a Crowded World”, gdzie szczególnie dużo uwagi poświęcono zagadnieniu oddziaływania widokowego. Oddziaływanie to jest najczęściej indentyfikowane w ramach interakcji: elektrownie wiatrowe – krajobraz (również m.in. Guidelines..., 2002, Visual..., 2002, Priestley, 2006, Visual..., 2006) we wszystkich krajach, gdzie intensywnie rozwijana jest energetyka wiatrowa. Należy jednak zauważyć, że oddziaływanie na krajobraz to również oddziaływanie na elementy jego struktury i powiązania funkcjonalne między tymi elementami, na co wskazuje się w większości publikacji analizujących to zagadnienie na zachodzie Europy i w USA, a także w Polsce (m.in. Guidelines..., 2002, Landscape..., 2002, Sitting..., 2009, Badora, 2011). W systemach ocen oddziaływania na środowisko stosowanych w krajach anglosaskich jest ono nazywane oddziaływaniem na charakter krajobrazu i podlega analizie równolegle z oceną oddziaływania wizualnego (rys. 1).

Zagadnienie wpływu energetyki wiatrowej na krajobraz było w Polsce przedmiotem analiz m.in. Przewoźnika (2007), Staszka i Niecikowskiego (2010), Badory (2010a,b, 2011, 2013, 2014a,b), Kistowskiego (2012), Degórskiego red. (2012), Sowińskiej-Świerkosz i in. (2013), Malczyka (2013a,b). Obserwuje się coraz większe zainteresowanie badaczy tym zagadnieniem. Problematyka ta będzie w Polsce w najbliższych latach nabierała znaczenia ze względu na narastający dynamiczny rozwój tego sektora energetyki odnawialnej (Raport..., 2010) oraz wdrażanie przepisów o ochronie krajobrazu związanych z Europejską Konwencją Krajobrazową.

Większość lokalizowanych w kraju dużych farm wiatrowych ma liczbę turbin od 10 do 20 (Badora, 2014b). W obecnych warunkach rzadkością są jeszcze farmy z kilkudziesięcioma turbinami (w Polsce nie przewiduje się farm większych niż 60-70 elektrowni), chociaż mogą się pojawić w krajobrazach sytuacje, gdzie będzie widać ponad 100 elektrowni różnych farm. Wraz z rozwojem energetyki wiatrowej na dużą skalę może pojawić się wyzwanie skumulowanego wpływu wielu farm wiatrowych, które w regionach o najlepszych warunkach wietrznych już występują. Pojawi się



także zjawisko repoweringu, czyli zastępowania wysłużonych elektrowni wiatrowych nowymi. Wszystkie te procesy będą odbywać się w krajobrazie i będą mieć na niego wpływ. Mogą stać się polem narastających konfliktów przestrzennych i społecznych.



Rys. 1. Zakres postępowania oceny wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz oraz warunki fizjonomiczne zalecany dla Wysp Brytyjskich. Źródło: Badora (2011) na podstawie Siting... (2009).

Obszarami o największym nasyceniu elektrowniami wiatrowymi, gdzie w pierwszym etapie mogą wystąpić potencjalne konflikty, są w Polsce pobraża Morza Bałtyckiego oraz strefy krajobrazów młodogłacialnych (Badora, 2010b). Są to tereny o najkorzystniejszych warunkach wietrznych dla rozwoju energetyki wiatrowej i jednocześnie mające znaczne walory przyrodniczo-krajobrazowe, o czym świadczy nasycenie formami ochrony przyrody i krajobrazu, takimi jak parki krajobrazowe i obszary chronionego krajobrazu. Na pozostałych obszarach Polski intensywność jej rozwoju jest mniejsza, chociaż plany dla wielu regionów wyglądają imponująco (Badora, 2010a).

Analizując rolę wpływu energetyki wiatrowej na krajobraz należy również zauważyć, że jej rozwój następuje w skali wykładniczej i spośród wszystkich źródeł OZE jest najintensywniejszy (Raport..., 2010). Kluczowym elementem realizacji rozbudowanych planów jest dostępność do



sieci energetycznych i konieczność rozbudowy linii elektroenergetycznych wysokich napięć, co również nie będzie neutralne dla krajobrazu i jego wartości fizjonomicznych. Rozłoży jednak rozwój energetyki wiatrowej na dłuższą perspektywę czasową.

Większość projektów farm wiatrowych, w których planowane są nowe turbiny, obejmuje elektrownie o łącznej wysokości wieży i śmigieł ok. 105-120 m (zdarzają się projekty o łącznej wysokości elektrowni powyżej 150 m) i o mocach jednostkowych przekraczających 2 MW. Dominuje pogląd, że bardziej efektywne ekonomicznie i mające mniejszy sumaryczny negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze, w tym na krajobraz są turbiny duże, ale lokalizowane w mniejszych ilościach.



2. Oddziaływanie na strukturę krajobrazu, jego funkcjonowanie oraz fizjonomię – charakterystyka zagadnienia

W ostatnich kilkudziesięciu latach w Polsce równolegle występowały dwa wiodące nurty badania i definiowania krajobrazu – przyrodniczy i kulturowo-historyczno-architektoniczny. W nurcie przyrodniczym krajobraz był rozumiany i badany jako zespół powiązanych ze sobą elementów środowiska przyrodniczego, wyróżniających się w określonej przestrzeni. W nurcie drugim środowisko przyrodnicze miało mniejsze znaczenie, a wiodące uzyskiwały kulturowo-historyczne oraz współczesne wytwory działalności człowieka. Walory fizjonomiczne krajobrazu większe znaczenie miały w nurcie kulturowo-historyczno-architektonicznym, rozwijanym głównie przez architektów krajobrazu, architektów i urbanistów. Nurt przyrodniczy, tworzony głównie przez geografów fizycznych, biologów i geochemików, silny nacisk kładł na przyrodniczą strukturę (budowę) krajobrazu oraz jego funkcjonowanie w obrębie procesów przemian energii i materii, w tym migracji gatunków.

Zrozumienie dwoistości pojmowania krajobrazu w obliczu wzrastającego rozwoju energetyki wiatrowej i konieczności stosowania ocen oddziaływania na krajobraz jest bardzo ważne, ponieważ nie można systemu oceny oddziaływania na krajobraz nie osadzać w paradygmacie naukowym. Dlatego oddziaływanie elektrowni wiatrowych na krajobraz należy rozumieć jako oddziaływanie na:

- **krajobraz przyrodniczy** – jego strukturę i funkcjonowanie,
- **krajobraz kulturowo-historyczny** – jego strukturę i funkcjonowanie,
- **fizjonomię krajobrazu** – elementy struktury i ich powiązania.

Elementy krajobrazu przyrodniczego i kulturowo-historycznego współwystępują ze sobą i razem tworzą strukturalno-funkcjonalny charakter krajobrazu, który może być w systemie ocen oddziaływania rozpatrywany łącznie. Natomiast odrębnie należy traktować oddziaływanie na fizjonomię krajobrazu. Wynika ona z cech struktury krajobrazu przyrodniczego i kulturowo-historycznego, ale rządzi się innymi prawami w zakresie istoty i metodologii badań.

Obecnie w Polsce oba nurty znajdują płaszczyznę wspólnego stosowania i porozumienia, jaką jest proces wdrażania Europejskiej Konwencji Krajobrazowej, w której definiuje się krajobraz jako postrzeganą przez ludzi syntezę warunków przyrodniczych i kulturowych.



2.1. Oddziaływanie na strukturę i funkcjonowanie krajobrazu

Bezpośrednie lub pośrednie oddziaływanie przedsięwzięć energetyki wiatrowej na strukturę i funkcjonowanie krajobrazu, które można utożsamiać z jego charakterem, związane jest z przekształcaniem następujących grup elementów:

- **form ukształtowania**, wyrażonych rzeźbą terenu (np. form o charakterze wielko- i średnioprzestrzennym, jak tereny pagórkowate, tereny faliste, wzgórza, doliny, góry, równiny oraz form mniejszych, jak niewielkie wzniesienia wydmore, morenowe, kemowe, ozy, drumliny, źródła, skałki, polodowcowe oczka wodne, starorzecza, itp.). Krajobrazowym formom ukształtowania nadaje się obecnie nieco szersze znaczenie, opisując towarzyszącą rzeźbie terenu litologię,
- **form pokrycia**, utożsamianych najczęściej ze sposobem użytkowania i powiązaną z użytkowaniem szatą roślinną (las, zadrzewienia grupowe i liniowe, łąki, pastwiska, grunty orne, nieużytki, tereny osadnicze, przemysłowe, komunikacyjne itp.). Tutaj również poszczególnym formom pokrycia nadaje się szersze i głębsze znaczenie ekologiczno-krajobrazowe, pozwalające na późniejsze waloryzowanie krajobrazu, np. w obrębie łąk wyróżnia się łąki wilgotne, zmiennowilgotne, świeże, murawy kserotermiczne, napiaskowe, w obrębie lasów wyróżnia się buczyny, łęgi, bory, grądy, dąbrowy i inne,
- **obiektów i obszarów o charakterze zabytkowo-historycznym** – obiekty te również klasyfikuje się w różnych systemach inwentaryzacji i waloryzacji, co pozwala na określenie wartości historyczno-kulturowej krajobrazu, a następnie skali wpływu przedsięwzięcia.

Oddziaływanie na charakter krajobrazu obejmuje również oddziaływanie na powiązania funkcjonalne w krajobrazie: przyrodnicze (przemiana materii i energii oraz migracje gatunków) i kulturowo-historyczne, obejmujące głównie powiązania między poszczególnymi elementami krajobrazu o charakterze zabytkowym.

Oddziaływanie energetyki wiatrowej na charakter krajobrazu, w szczególności na jego strukturę, jest dosyć łatwe w identyfikacji i następuje poprzez nałożenie projektu przedsięwzięcia, obejmującego elektrownie wiatrowe, drogi dojazdowe, place montażowo-serwisowe, GPZ-ty, napowietrzne i podziemne linie elektroenergetyczne, podstacje i inne elementy



powiązane z projektem, na istniejącą, zwaloryzowaną strukturę krajobrazu. Dzięki temu można zidentyfikować obiekty i obszary kolidujące z elementami farm wiatrowych oraz określić skalę konfliktów przestrzennych.

Praktyka wskazuje, że oddziaływanie farm wiatrowych na charakter krajobrazu w Polsce nie jest na ogół znaczące, na co oprócz znacznego przekształcenia wielu krajobrazów i zatracenia cech charakterystycznych o dużych walorach, mają wpływ następujące główne czynniki:

- **nieprzydatność znaczącej części cennych przyrodniczo lub historycznie-kulturowo krajobrazów do lokalizacji elektrowni wiatrowych** – nie są one projektowane na terenach leśnych, dolin rzecznych, bagien, wód powierzchniowych, terenach zabytków i wielu innych cennych obiektach i obszarach, ze względu na niekorzystne uwarunkowania fizjograficzne lub przeszkody formalno-prawne,
- **lokalizacja elementów farm na gruntach ornych o niewielkim znaczeniu dla jakości i wartości struktury i funkcjonowania krajobrazu** – grunty orne zarówno przez przyrodników, jak i architektów nie są zazwyczaj traktowane za cenne wartości krajobrazowe, m.in. ze względu na powszechność występowania oraz znaczną degradację. W architekturze i urbanistyce mogą stanowić ważne elementy pól ekspozycji, ale same w sobie najczęściej dużej wartości nie przedstawiają. Wyjątkiem mogą być grunty orne z rozłogiem pól o charakterze historycznym, powiązaniem z zabytkowymi i cennymi układami ruralistycznymi,
- **wielkopowierzchniowy charakter przedsięwzięć**, dzięki któremu oddziaływanie na elementy struktury krajobrazu rozkłada się na znacznej przestrzeni i nie następuje duża kumulacja elektrowni, dróg dojazdowych, placów montażowych na niewielkim terenie,
- **nawiązywanie lokalizacji elementów farm wiatrowych do istniejących elementów topografii terenu**, np. powszechne prowadzenie dróg dojazdowych do elektrowni po już istniejących drogach gruntowych,
- **niewielkie potrzeby w zakresie prowadzenia powierzchniowych prac budowlanych** – realizacja elementów farmy wiatrowej nie wymaga dużych przestrzeni do przekształceń, a główne elementy farm, gdzie istnieje konieczność przekształcenia powierzchni terenu (fundamenty wież elektrowni, GPZ-y, drogi dojazdowe, place montażowe) realizowane są przy niewielkim zakresie przestrzennym i wysokościowym przekształceń terenowych,



- **tymczasowość i znaczna odwracalność skutków prowadzenia prac** – część niezbędnych przekształceń struktury krajobrazu jest dokonywana w bardzo krótkim czasie i teren jest przywracany po tym okresie do stanu zbliżonego do wyjściowego. Przykładem są prace związane z przeprowadzeniem podziemnych kabli elektroenergetycznych odprowadzających energię z elektrowni do GPZ, prace związane z przygotowaniem tymczasowych placów montażowych lub fundamentów elektrowni, które po wykonaniu są przykryte wcześniej zebrany materiał ziemnym, glebą i rekultywowane do użytkowania rolniczego.

Istotną przesłanką pozwalającą na wnioskowanie o niewielkim wpływie na strukturę i funkcjonowanie krajobrazu jest też czasowy charakter projektów i w zasadzie całkowita odwracalność oddziaływań na powierzchnię terenu na drodze rekultywacji.

Również oddziaływanie farm wiatrowych na podstawowe procesy funkcjonowania krajobrazu zazwyczaj nie jest duże. Inwestycje te nie przyczyniają się do znaczących zmian w obrębie takich procesów, jak przemiana materii, przepływy energii lub migracje gatunków. Wyjątkiem mogą tu być migracje ptaków i nietoperzy, ale te zagadnienia są odrębnie traktowane w systemie ocen oddziaływania i istnieją w Polsce instrumenty prawne oraz powszechnie akceptowane wytyczne, oceniające wpływ projektów farm wiatrowych na ptaki i nietoperze, umożliwiające optymalizację projektów przedsięwzięć.

Wpływ na charakter krajobrazu poszczególnych projektów farm wiatrowych należy oceniać indywidualnie. Generalnie wzrasta on wraz ze zwiększeniem zróżnicowania ukształtowania rzeźby terenu oraz wzrostem udziału powierzchniowego i ilościowego elementów naturalnych w formach pokrycia. Wzrasta również ze wzrostem udziału, skali i rangi elementów kulturowych o dużych walorach historycznych, w tym wzorcowych dla danego typu krajobrazu. Najmniejszy wpływ na charakter krajobrazu występuje potencjalnie w krajobrazach równinnych, zdominowanych przez grunty orne, o bardzo niewielkim udziale elementów przyrodniczych i kulturowych o znaczeniu historycznym. Są to najczęściej krajobrazy z uproszczoną strukturą mozaiki śródpolnych zadrzewień, łąk, cieków, ponadto pozbawione cech historycznych. Największe potencjalne oddziaływanie występuje w krajobrazach pagórkowatych, wzgórz i górskich z dużym udziałem lasów, zadrzewień, łąk, zbiorników wodnych,



torfowisk i bagien, nasyconych dodatkowo licznymi elementami o dużym znaczeniu historycznym.

2.2. Oddziaływanie widokowe i podstawowe cechy wpływające na to oddziaływanie

Odrębnie w stosunku do charakteru krajobrazu należy traktować wpływ na jego fizjonomię i wartości widokowe, mimo że wartości te są ściśle powiązane z charakterem. Spośród analizowanych wpływów ten jest najsilniejszy ze względu na specyfikę inwestycji, a w szczególności rozmiary i kształty elektrowni wiatrowych, nieprzystające wraz z ruchem rotorów do innych wertykalnych elementów struktury krajobrazu. Wpływ na fizjonomię krajobrazu jest jednocześnie trudniejszy do diagnozowania niż wpływ na elementy struktury lub funkcjonowanie krajobrazu. Zależny jest od rozmiarów i rodzajów elektrowni wiatrowych, usytuowania w stosunku do form ukształtowania krajobrazu i form pokrycia, ilości elektrowni i ich wzajemnego rozmieszczenia w polu widzenia, kumulowania się oddziaływania z innymi elementami, w tym w szczególności liniami elektroenergetycznymi wysokich napięć, ruchu rotorów (Hecklau, 2006) (rys. 2).

Wśród innych czynników, które mają znaczenie w ocenie wpływu należy wymienić ponadto:

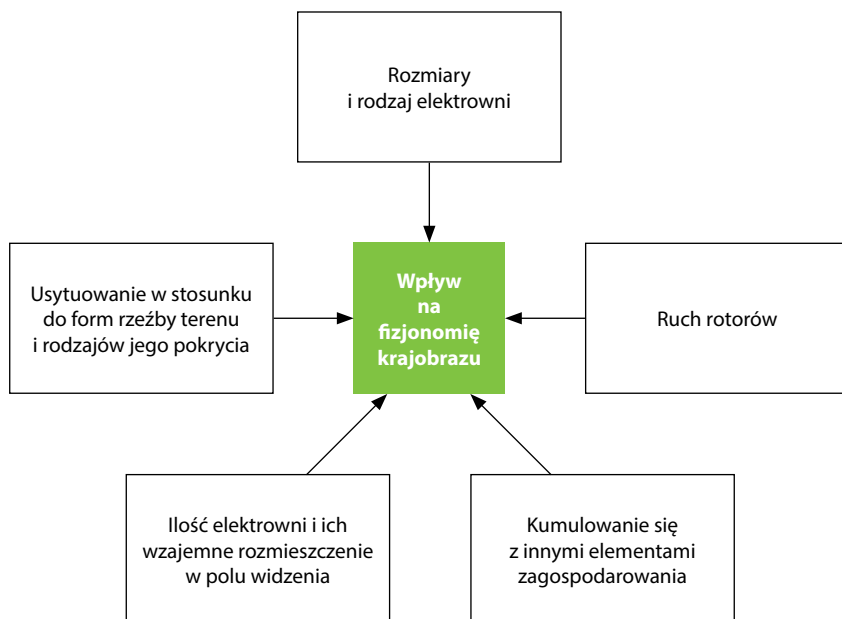
- **sposób usytuowania względem siebie elementów ekspozycji czynnej (skąd widać?) i biernej (co widać?)** – najsilniejsze oddziaływanie występuje z eksponowanych punktów i ciągów widokowych, wzdłuż osi widokowych powiązanych ze szlakami przemieszczania się ludzi. Ponadto w krajobrazach o rozbudowanych, głębokich i zróżnicowanych polach ekspozycji,
- **związki kompozycyjne w krajobrazie**, w tym charakter wnętrza krajobrazowych, występowanie w ich obrębie dominant, subdominant, punktów, akcentów i węzłów kompozycyjnych, osi widokowych, pól ekspozycji, i powiązania między tymi wszystkimi elementami, z uwzględnieniem m.in. harmonii, ładu przestrzennego, rytmiki, symetrii, stylu, stylizacji, zapożyczeń i innych związków kompozycyjnych,
- **występowanie i wyeksponowanie obiektów o znaczeniu historyczno-kulturowym**, w szczególności zabytków o kluczowym oddziaływaniu wizualnym, którymi w warunkach Polski są zamki, pałace, kościoły i inne obiekty budowlane wielokrotnie przewyż-



szające kubaturą lub wysokością budynki mieszkalne. Duże znaczenie mają również historyczne miejsca, które mniej wyróżniają się w krajobrazach, np. pola bitew, grodziska, kurhany, ale mają duże społeczne oddziaływanie kulturowo-tożsamościowe,

- **szerokości, głębokości panoram oraz ich podział na plany** – wraz ze wzrostem głębokości panoramy (długości pola widzenia od obserwatora do linii horyzontu), oraz wraz ze zwiększaniem się liczby planów w panoramie wartość wizualna i wrażliwość krajobrazu na zmiany będzie się zwiększać,
- **wypełnienia panoram elementami pokrycia zwiększającymi i obniżającymi jakość fizjonomiczną krajobrazu** – zarówno w literaturze krajowej, jak i zagranicznej istnieje pogląd (m.in. Nohl, 1993, Metodicky..., 2009, Vissering i in., 20100, Badora, 2014a), że elementami zwiększającymi wartość wizualną krajobrazu są elementy przyrodnicze, jak lasy, liniowe, obszarowe i punktowe zadrzewienia, łąki i murawy, wody powierzchniowe. Elementami obniżającymi wartość wizualną krajobrazu są wyeksponowane elementy zabudowy, w szczególności o industrialnym charakterze, takie jak: linie elektroenergetyczne, maszty i stacje telekomunikacyjne, elementy systemów komunikacji, zabudowania i instalacje przemysłowe oraz rolne, w mniejszym stopniu niska zabudowa mieszkaniowa i usługowa,
- **zróźnicowanie rzeźby terenu** – wartość fizjonomiczna krajobrazu zazwyczaj zwiększa się wraz ze wzrastającą rolą elementów rzeźby terenu w strukturze krajobrazu. Krajobrazy górskie generalnie uważane są za znacznie cenniejsze niż nizinne, co m.in. potwierdzają badania autora (Badora, 2014a).





Rys. 2. Czynniki niezależne od percepcji człowieka decydujące o wpływie na zmianę warunków fizjonomicznych krajobrazu według Hecklau (2006), zmienione i uzupełnione.

Wymienione wyżej czynniki są związane z elementami obiektywnie występującymi w krajobrazie i możliwymi do zbadania metodami geografii fizycznej i architektury krajobrazu.

Rozpatrywanie percepcji krajobrazu zmienionego przez społeczeństwo w kontekście skali pozytywnego lub negatywnego oddziaływania jest jeszcze bardziej złożone, ponieważ oprócz powyższych, rzeczywiście występujących w krajobrazie elementów, wymaga uwzględnienia, jakie znaczenie dla ludzi mają te elementy oraz uwzględnienia indywidualnych zdolności percepcyjnych ludzi, związanych np. z wykształceniem się zmysłów, stanem zdrowia fizycznego i psychicznego, wiekiem, itp. Jak zauważono w pierwszej części opracowania, społeczna percepcja efektu zmienionego krajobrazu, obejmująca pozytywne i negatywne postrzeganie elektrowni wiatrowych, jest możliwa do zbadania metodami socjologicznymi, ale z wielu względów nie jest to najlepsza metoda oceny wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz. Do głównych przeciwwskazań stosowania metod badania preferencji społecznych oceny wpływu widokowego elektrowni wiatrowych zalicza się przenoszenie ogólnej niechęci do pro-



jektów energetyki wiatrowej planowanych przy miejscu zamieszkania na ocenę wpływu wizualnego (i nie tylko wizualnego). Lokalna społeczność, która sprzeciwia się rozwojowi energetyki wiatrowej niedaleko miejsca swojego zamieszkania jest skłonna w obliczu konfliktu zawyżać wartość otaczającego krajobrazu i zawyżać negatywną ocenę wizualną w nadziei na zahamowanie prac nad projektem. Odwrotnie, ludzie zainteresowani np. finansowo rozwojem energetyki wiatrowej w pobliżu swojego miejsca zamieszkania i tym samym zainteresowani realizacją projektu będą obniżać ocenę jakości krajobrazu i zaniżać ocenę negatywnego wpływu widokowego. Innymi słowy, występuje opisywana w literaturze zależność wskazująca, że wraz ze wzrostem zaangażowania (pozytywnego lub negatywnego) w projekty energetyki wiatrowej jakość obiektywizacji oceny wpływu wizualnego (dotyczy to również innych oddziaływań) u poszczególnych ludzi maleje. Istotne znaczenie ma tu efekt NIMBY (*Not In My Back Yard*) opisywany m.in. przez Wolsinka (2007). Wielu ludzi jest skłonnych akceptować energetykę wiatrową, ale nie chcą jej rozwoju blisko swoich domów. Jest to przenoszona na ocenę jakości krajobrazu i siły oddziaływania widokowego elektrowni wiatrowych. Efekt ten nie dotyczy tylko energetyki wiatrowej, ale ten rodzaj przedsięwzięć jest szczególnie podatny na jego występowanie.

Z przedstawionych powyżej przyczyn należy preferować oceny wykonywane przez osoby z zewnątrz, mające wiedzę na temat badania struktury i funkcjonowania fizjonomii krajobrazu, i w oparciu o rzeczywiście występujące w krajobrazie elementy, wskazujące na jego wartość wizualną i skalę oddziaływania.

W literaturze przedmiotu formułowane są liczne wskazania dotyczące wpływu wizualnego elektrowni wiatrowych. Dla przykładu analizy dokonane przez Heckla (2006) w USA wskazują, że:

- elektrownie wiatrowe zazwyczaj dobrze komponują się w użytkowanym krajobrazie rolniczym,
- kolor biały elektrowni wiatrowych jest generalnie korzystny,
- oddziaływanie wizualne jest silnie uzależnione od pogody i stanu nieba,
- nie powinno się doceniać wpływu elektrowni położonych w dalszych lokalizacjach od miejsc obserwacji,
- nie powinno się ignorować oddziaływania urządzeń towarzyszących, takich jak stacje transformatorowe, drogi technologiczne,
- znaczący wpływ wizualny mogą mieć nocne światła sygnalizacyjne,



- ludzie bardziej pozytywnie reagują na pracujące wiatraki niż unieruchomione, ruch śmigieł redukuje oddziaływanie wizualne,
- korzystne jest skupianie turbin w małych grupach na określonym terenie, przy czym zbyt duże i bliskie nagromadzenie skupisk może wywołać wrażenie przypadkowości,
- akceptacja budowy elektrowni wiatrowych może ulec zmniejszeniu wraz z rosnącą liczbą elektrowni na danych terenie i wraz ze stosowaniem coraz większych turbin.

Istotne, a słabo badane w Polsce jest oddziaływanie skumulowane, które może narastać. Zachodzi ono na dwa sposoby (Cumulative..., 2005):

- kiedy z określonego punktu widzenia można zaobserwować w różnych odległościach kilka farm wiatrowych (w jednej osi widokowej, co jest oddziaływaniem silniejszym, lub w różnych osiach w panoramie 360 st., co jest oddziaływaniem słabszym),
- kiedy mijamy kolejne farmy wiatrowe wraz z przemieszczaniem się w krajobrazie (np. sytuowane wzdłuż linii kolejowych dróg lub szlaków turystycznych).

Powszechnie akceptowana jest teza, że oddziaływanie widokowe elektrowni wiatrowych maleje wraz ze wzrostem odległości. W poszczególnych krajach, gdzie rozwija się energetyka wiatrowa formułowane są zróżnicowane przedziały odległości, w których występuje różny poziom oddziaływania widokowego. W Polsce zaproponowano zapożyczone z literatury anglosaskiej następujące strefy oddziaływania (Stryjecki, Mielniczuk, 2011):

- do 2 km od farmy – w strefie tej farma jest elementem dominującym w krajobrazie, a obrotowy ruch wirnika jest wyraźnie widoczny i dostrzegany przez człowieka,
- 2-4,5 km od farmy – elektrownie wyróżniają się w krajobrazie, ale nie są elementem dominującym. Ruch obrotowy jest widoczny i przyciąga wzrok człowieka,
- 4,5-7 km – elektrownie są widoczne, ale nie są elementem inwazyjnym w krajobrazie. Ruch rotorów jest widoczny przy dobrych warunkach pogodowych, ale elektrownie nie wydają się być dużych rozmiarów na tle otoczenia,
- >7 km – elektrownie nie mają dużych rozmiarów i nie wyróżniają się znacząco w krajobrazie. Ruch obrotowy jest w zasadzie niedostrzegalny.

W wytycznych czeskich (Metodicky..., 2009) wyróżnia się 3 strefy oddziaływania: 0-3 km, 3-6 km, 6-10 km. W hiszpańskiej metodzie badania



oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz (Hurtado i in., 2003), strefa oddziaływania istotnego występuje w odległości do 6 km. W jednej z wiodących metodyk oceny stosowanych w Niemczech (Nohl, 1993, 2010) podaje się strefy: 0-0,2 km, 0,2-1 km, 1-10 km, przy czym warto zauważyć, że były one proponowane w okresie, gdzie standardowe wysokości elektrowni sięgały kilkudziesięciu metrów. W zaleceniach brytyjskich (Siting..., 2009) przyjmuje się następujące strefy: 0-2 km, 2-5 km, 5-15 km, >15 km, a w jednych z nowszych wytycznych zaproponowanych w USA (Vissering i in., 2011) strefy: 0-0,5 mili, 0,5-4 mili, 4-8 mili, 8-10 mili.

Przytoczone przez Stryckiego i Mielniczuka (2011) zasięgi stref oddziaływania nie były dotychczas negowane w środowisku ekspertów oraz przez społeczeństwo. Można uznać, że w szczególności dla terenów nizinnych Polski są one właściwe. Uwzględniając jednak zróżnicowanie krajobrazu oraz potrzebę jednoznacznego określenia zasięgu prowadzenia analiz krajobrazowych w ocenie oddziaływania przedsięwzięć proponuje się dla Polski następujące standardowe zasięgi przestrzenne znaczącego wpływu wizualnego elektrowni wiatrowych na krajobraz:

- bufor 4 km od skrajnych turbin farmy na terenach o przeważającej rzeźbie równinnej,
- bufor 6 km od skrajnych turbin farmy na terenach o przeważającej rzeźbie falistej i pagórkowatej,
- bufor 10 km od skrajnych turbin farmy na terenach występowania wzgórz i gór.

Ponadto biorąc pod uwagę zmienność czynników decydujących o sile oddziaływania wizualnego podczas sporządzania wytycznych metodycznych powinno się stworzyć możliwość zmiany zasięgu oddziaływania w przypadku uzasadnionych podwyższonych walorów przyrodniczych lub historyczno-kulturowych lub innych okoliczności (np. dużej liczby turbin, oddziaływania skumulowanego, bliskiego położenia form ochrony przyrody, krajobrazów priorytetowych, itp.).

Oprócz cech krajobrazu oraz odległości elektrowni wiatrowych podstawowe znaczenie ma charakter inwestycji. Do najważniejszych czynników, które są istotne dla wpływu wizualnego zalicza się:

- **liczbę i rozmieszczenie elektrowni** – oddziaływanie wizualne na krajobraz wzrasta wraz ze zwiększeniem liczby elektrowni, ważny jest też sposób ich rozmieszczenia. W niektórych wytycznych różni się projekty przedsięwzięć ze względu na skalę. Dla przykładu



- w wytycznych Scottish Natural Heritage (Siting..., 2009) przyjęto następujący podział farm ze względu na liczbę turbin: 1-3 – mała, 3-20 – średnia, 20-50 – duża, >50 – bardzo duża. Rozmieszczenie elektrowni również ma znaczenie dla wpływu wizualnego. Korzystniejsze są farmy o zwartym charakterze, gdzie elektrownie nie są rozrzucone w całej panoramie, a zajmują jej część. Korzystne jest również rozmieszczenie elektrowni w sposób nawiązujący do geometrii krajobrazu zarówno płaskiej (rozkład geometryczny pól, dróg), jak i wertykalnej (rozmieszczenie w sposób dostosowany do topografii wniesień). Korzystne jest usytuowanie turbin w równych odstępach i w rzędach, co tworzy wrażenie ładu i rytmiki. W szczególności kiedy istniejący krajobraz również ma takie cechy. Za korzystne uznaje się także zlokalizowanie elektrowni w rzędzie w osi widoku. Obszarowe oddziaływanie wizualne zmniejsza się wówczas do oddziaływania punktowego (poszczególne elektrownie się zasłaniają),
- **wysokość elektrowni** – ma znaczenie kluczowe. Obecnie planowane i budowane są nawet duże elektrownie dochodzące do 200 m wysokości, przy czym standardem są elektrownie 100-120 m, maksymalnie ok. 150 m. Porównanie stosowanych rozwiązań elektrowni pod względem wielkości w ostatnich 30 latach obrazowo przedstawia rys. 3. Im wyższe elektrownie, tym większy jest wpływ wizualny. Należy jednak podkreślić, że możliwości oceny wysokości elektrowni w krajobrazie są niewielkie, w szczególności, kiedy nie występują w pobliżu zabudowania lub inne elementy, które mogłyby służyć za porównanie, a także jeżeli w obrębie farmy zlokalizowane są elektrownie tej samej wysokości. Ze względu na wielkość elektrowni najmniej korzystne widokowo jest występowanie farm w osi widokowej za zabudową (fot. 1). Kontrast między istniejącymi zabudowaniami wiejskimi i elektrowniami jest bardzo duży i potęguje oddziaływanie. Najkorzystniejsze jest usytuowanie elektrowni na otwartej przestrzeni gruntów ornych, najlepiej przy linii horyzontu (fot. 2):



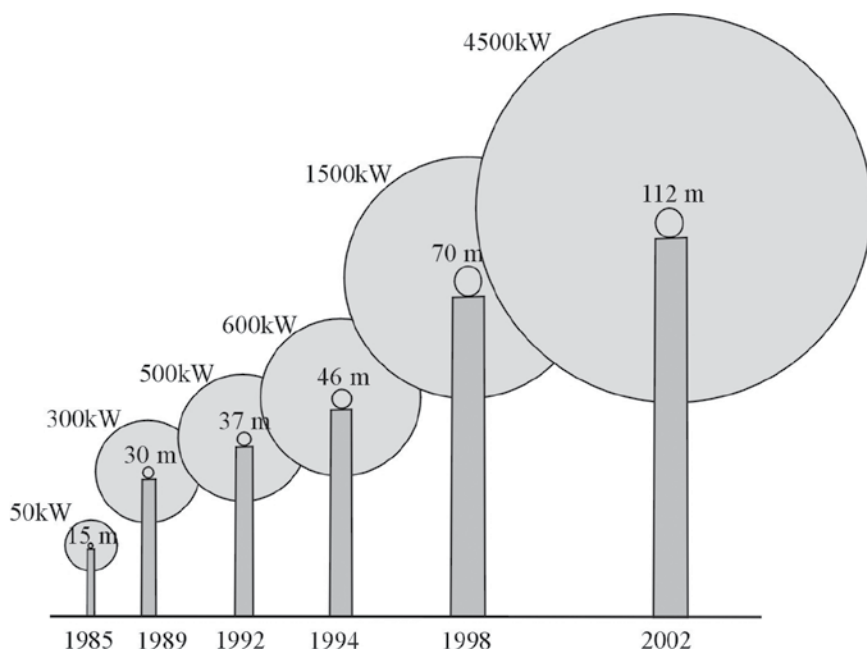


Fot. 1. Lokalizacja elektrowni wiatrowych za zabudową wsi i w tle linii energetycznych wysokich napięć zwiększa oddziaływanie wizualne. Farma wiatrowa koło Pągowa.



Fot. 2. Lokalizacja elektrowni wiatrowych w krajobrazie płaskim, w linii horyzontu i przy niewielkim udziale elementów przyrodniczych lub historycznych jest wizualnie bardzo korzystna.





Rys. 3. Zwiększanie się elektrowni wiatrowych wraz z rozwojem tego sektora. Źródło: opracowanie własne na podstawie Pasqualettiego (2006).

- **typ wieży** – najczęściej stosowane w Polsce elektrownie z wieżą słupową są traktowane jako najkorzystniejsze dla krajobrazu. Najmniej korzystne są wieże kratownicowe,
- **typ i wielkość gondoli** – miały większe znaczenie przy mniejszych elektrowniach. Obecnie gondole dochodzące do 10 m długości, 3 m szerokości i 3 m wysokości, niezależnie od kształtu nie mają tak istotnego oddziaływania wizualnego, kiedy sytuowane są na wieżach o wysokości 100 m i więcej,
- **stosunek długości rotora do wysokości wieży** – nie ma aż tak dużego znaczenia wizualnego jak np. wysokość elektrowni, ale korzystniejsze dla zmniejszenia oddziaływania są elektrownie, które mają ten stosunek w zakresie 1:3-1:4. Należy tu jednocześnie zauważyć, że długie rotory będące w ruchu zmniejszają optycznie wieże,
- **sposób malowania** – najkorzystniejsze są kolory jasne (biały, jasnoszary), korzystnie jest też dolną część wież malować w sposób nawiązujący do tła krajobrazu (np. gradacja odcieni zieleni dla wież



z tłem lasu). Elektrownie niezależnie od kolorystyki powinny być matowe, niepołyskujące,

- **rozwiązanie sposobu nocnego oświetlenia** – na rolę oddziaływania wizualnego nocnego oświetlenia elektrowni w szczególności zwraca się uwagę w USA (m.in. Vissering, 2011). Oświetlenie, podobnie jak ostrzegawcze malowanie końcówek śmigieł (najczęściej koloru czerwonego), jest niezbędne ze względu na przepisy lotnicze, niemniej w miarę możliwości należy ograniczać to oddziaływanie,
- **rozmieszczenie i typ elementów towarzyszących elektrowniom składających się na farmę** – w szczególności dotyczy podstacji, GPZ-ów, a w mniejszym zakresie dróg i placów montażowych-serwisowych. Krajobrazowe znaczenie dróg technologicznych oraz placów wzrasta wraz ze zróżnicowaniem rzeźby terenu, kiedy ich wybudowanie wymaga zmian w rzeźbie terenu i jednocześnie eksponują się lepiej w polach ekspozycji na stokach lub zboczach.



3. Prawne podstawy oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz w Polsce w aspekcie nowelizacji przepisów po częściowym wprowadzeniu ustaleń Europejskiej Konwencji Krajobrazowej

3.1. Klasyfikacja przedsięwzięć energetyki wiatrowej w systemie ocen oddziaływania na środowisko

Ocenę oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz prowadzi się w Polsce w ramach ocen oddziaływania na środowisko przedsięwzięć i strategicznych ocen oddziaływania na środowisko planów, studiów i polityk. Zakres i uwarunkowania postępowań przedstawiają wytyczne Stryjeckiego i Mielniczuka (2011). Kluczowe znaczenie ma etap oceny oddziaływania na środowisko przedsięwzięcia, ponieważ znane są na tym etapie wszystkie istotne z punktu widzenia oddziaływania informacje o projekcie, w tym liczba elektrowni, ich parametry, rozmieszczenie w przestrzeni, informacje o elementach towarzyszących (drogi technologiczne, podstacje, place montażowo-serwisowe i inne). Strategiczna ocena oddziaływania, w szczególności wykonywana dla tych dokumentów, gdzie nieznane są szczegóły planowanych przedsięwzięć, silniej bazuje na ocenie jakości krajobrazu i jego predyspozycji do sytuowania elektrowni wiatrowych. W przypadku strategicznych ocen wykonywanych dla potrzeb miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego zakres oceny oddziaływania na krajobraz może być zbliżony do zakresu stosowanego w postępowaniach ocen oddziaływania przedsięwzięć, ponieważ na etapie planu większość kluczowych informacji niezbędnych do oceny jest znana.

Ocenie oddziaływania na środowisko podlegają w krajowym systemie prawnym (Ustawa..., 2008) elektrownie wiatrowe zaklasyfikowane do przedsięwzięć mogących:

- zawsze znacząco oddziaływać na środowisko – tzw. I grupa,
- potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko – tzw. II grupa – jeżeli organ zdecyduje o przeprowadzeniu takiej oceny,
- znacząco oddziaływać na obszar Natura 2000 – tzw. III grupa – na podstawie decyzji organu.



Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. Nr 213, poz. 1397, z późn. zmianami) przedsięwzięciami zawsze znacząco oddziałującymi na środowisko są instalacje wykorzystujące do wytwarzania energii elektrycznej energię wiatru i łącznej mocy nominalnej elektrowni nie mniejszej niż 100 MW oraz lokalizowane na obszarach morskich RP. Dla przedsięwzięć tych wykonuje się obligatoryjnie raport oddziaływania na środowisko (w tym na krajobraz) oraz postępowanie oceny oddziaływania.

Do przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko zalicza się instalacje wykorzystujące do wytwarzania energii elektrycznej energię wiatru inne niż przedsięwzięcia zawsze znacząco oddziałujące na środowisko:

- zlokalizowane na obszarach form ochrony przyrody: parków narodowych, rezerwatów przyrody, parków krajobrazowych, obszarów chronionego krajobrazu, obszarów Natura 2000, użytków ekologicznych i zespołów przyrodniczo-krajobrazowych,
- o całkowitej wysokości nie mniejszej niż 30 m.

W tej grupie przedsięwzięć ocena oddziaływania na środowisko, w tym na krajobraz, a także sporządzenie raportu oddziaływania jest wymagane na podstawie postanowienia organu wydającego decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji przedsięwzięcia. W przypadku form ochrony przyrody wymienionych wyżej elektrownie wiatrowe mogą być zrealizowane, jeżeli ocena oddziaływania nie wykaże znaczącego negatywnego oddziaływania na te obszary (Ustawa..., 2004). Oznacza to, że wszystkie przedsięwzięcia energetyki wiatrowej planowane na obszarach wyżej wymienionych form ochrony przyrody powinny mieć przeprowadzoną ocenę i wykonany raport oddziaływania, w którym ocenia się m.in. wpływ na krajobraz.

3.2. Sytuacja przedsięwzięć energetyki wiatrowej w aspekcie wdrożenia tzw. ustawy krajobrazowej

Ranga oceny oddziaływania na krajobraz prowadzonej w ramach oceny oddziaływania na środowisko wzrosła po wprowadzeniu do krajowego prawodawstwa części przepisów z Europejskiej Konwencji Krajobrazowej.



Zostały one wprowadzone z inicjatywy Prezydenta RP w postaci tzw. ustawy krajobrazowej, która sprowadza się do nowelizacji kilku kluczowych ustaw z punktu widzenia ochrony i zagospodarowania krajobrazu. Przepisy weszły w życie 11 września 2015 r. Zgodnie ze znowelizowaną ustawą OOS (Ustawa..., 2008) w ramach oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko od 11 września 2015 r. analizuje się i ocenia bezpośredni i pośredni wpływ na krajobraz, w tym krajobraz kulturowy (znowelizowany art. 62). Elementy te zostały dodane do wykonywanego dotychczas zakresu oceny wpływu na środowisko, zdrowie i warunki życia ludzi, dobra materialne, zabytki, wzajemne powiązania między tymi elementami i dostępność do złóż kopalin. Jest to poważne wzmocnienie rangi oceny krajobrazowej przedsięwzięć.

Konsekwencją powyższych zmian jest rozszerzenie niezbędnego zakresu raportu oddziaływania na środowisko przedsięwzięcia. Do art. 66, ust. 1. określającego zakres raportu dodano następujące elementy:

- opis krajobrazu, w którym przedsięwzięcie ma być zlokalizowane,
- uzasadnienie proponowanego przez wnioskodawcę wariantu ze wskazaniem jego oddziaływania na krajobraz.

W warunkach Polski nie opracowano jak dotychczas przyjętych w formie wytycznych metodyk sporządzania ocen oddziaływania na krajobraz, w tym kulturowy. Nie ma także w przepisach ustawowych delegacji dla ministra środowiska, by sporządził rozporządzenie regulujące te kwestie. Najprawdopodobniej obszar ten pozostanie nieuregulowany lub będzie opierać się o opracowane wytyczne lub zalecenia metodyczne.

W ustawie o ochronie przyrody (Ustawa..., 2004) definiuje się obecnie niektóre podstawowe elementy istotne w ocenie wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz:

- przedpole ekspozycji – to rozległe poziome płaszczyzny, w szczególności zbiorniki wodne, zbocza lub płaskie dna dolin, umożliwiające ekspozycję panoram,
- punkt widokowy – miejsce lub punkt topograficznie wyniesiony w terenie, z którego układ wizualny obszaru widzenia dla obserwatora jest szeroki i daleki,
- walory krajobrazowe – wartości przyrodnicze, kulturowe, historyczne, estetyczno-widokowe obszaru oraz związane z nimi rzeźba terenu, twory i składniki przyrody oraz elementy cywilizacyjne, ukształtowane przez siły przyrody lub działalność człowieka,



Znowelizowana ustawa o ochronie przyrody znacznie zaostrza warunki dla realizacji elektrowni wiatrowych w obrębie dwóch kluczowych form ochrony krajobrazu, tj. parków krajobrazowych i obszarów chronionego krajobrazu, które łącznie zajmują ok. 30% powierzchni kraju. W szczególności w strefach, które po audycie krajobrazowym będą uznane za krajobrazy priorytetowe realizacja elektrowni wiatrowych będzie bardzo problematyczna, jeżeli nie niemożliwa.

Wzmocnieniu w zakresie ochrony krajobrazu podlegają plany ochrony parków narodowych, rezerwatów przyrody i parków krajobrazowych na obszarach uznanych po audycie krajobrazowym jako priorytetowe. Będzie się w nich określać granice stref ochrony krajobrazów stanowiących przedpola ekspozycji, osie widokowe, punkty widokowe oraz obszary zabudowane wyróżniające się lokalną formą architektoniczną. Będą sporządzane wykazy obiektów o szczególnym znaczeniu historyczno-kulturowym. Elementy te będą podlegać silniejszej ochronie.

Najistotniejsze zmiany mające wpływ na proces ochrony krajobrazu w planowaniu przedsięwzięć energetyki wiatrowej zostały wprowadzone do ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Ustawa..., 2003). W ustawie wprowadzono definicje prawne krajobrazu i krajobrazu priorytetowego, a także przepisy dotyczące audytu krajobrazowego i uwzględniania jego wyników w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Przepisy te są powiązane z przedstawianymi wyżej przepisami ustawy o ochronie przyrody oraz przepisami dotyczącymi ochrony dóbr kultury.

Zgodnie z nowelizacją krajobraz jest to postrzegana przez ludzi przestrzeń, zawierająca elementy przyrodnicze lub wytwory cywilizacji, ukształtowana w wyniku działania czynników naturalnych lub działalności człowieka. Jest to definicja zaczerpnięta z Europejskiej Konwencji Krajobrazowej. Krajobrazem priorytetowym jest krajobraz szczególnie cenny dla społeczeństwa ze względu na swoje wartości przyrodnicze, kulturowe, historyczne, architektoniczne, urbanistyczne, ruralistyczne lub estetyczno-widokowe i jako taki wymagający zachowania lub określenia zasad i warunków jego kształtowania.

Znowelizowana ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym określa konieczność i zasady sporządzania audytu krajobrazowego. Ma on być wykonany przez samorząd wojewódzki raz na 20 lat, obejmować cały obszar województwa. Audyt identyfikuje krajobrazy na terenie województwa, określa ich cechy charakterystyczne oraz dokonuje oceny ich



wartości. Kluczowym elementem wyników audytu jest wyróżnienie krajobrazów priorytetowych. Wyniki audytu są transponowane do ustaleń studiów gminnych i miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

Nieco mniejsze znaczenie mają zmiany przepisów o zabytkach i opiece nad zabytkami (Ustawa..., 2003). W znowelizowanej ustawie definiuje się krajobraz kulturowy jako postrzeganą przez ludzi przestrzeń, zawierającą elementy przyrodnicze i wytwory cywilizacji, historycznie ukształtowaną w wyniku działania czynników naturalnych i działalności człowieka. Reguluje się też sposób postępowania z parkami kulturowymi oraz zasady ochrony zabytków przed nośnikami reklamowymi. Z punktu widzenia energetyki wiatrowej i oceny wpływu na krajobraz ta nowelizacja ma mniejsze znaczenie.

Podsumowując analizę uwarunkowań prawnych lokalizacji elektrowni wiatrowych obowiązujące od 11 września 2015 r. przepisy, w szczególności w zakresie planowania i zagospodarowania przestrzennego, ochrony przyrody i ocen oddziaływania na środowisko stanowią fundamentalne krajobrazowe uwarunkowania rozwoju energetyki wiatrowej. Nie wykluczają one rozwoju energetyki wiatrowej, ale w szczególności w krajobrazach uznanych za priorytetowe będzie on bardzo trudny, jeżeli nie niemożliwy. Nowe przepisy większe znaczenie przywiązują do indywidualnych ocen oddziaływania przedsięwzięć na krajobraz.



4. Podejścia metodyczne do ocen wpływu na krajobraz w krajach intensywnego rozwoju energetyki wiatrowej – przegląd reprezentatywnych metod

4.1. Przykładowe, reprezentatywne metody

Analiza doświadczeń z różnych krajów Europy i z USA wskazuje, że metodyka oceny wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz rzadko ma rangę aktu prawa ogólnokrajowego, jak w Czechach. W większości krajów formułowane są wytyczne metodyczne, wskazujące przede wszystkim jak należy zagadnienie badać i słabiej transponujące wyniki badań na występowanie progów jednoznacznie ograniczających lub przyzwalających na realizację farm wiatrowych. W krajach federacyjnych (Niemcy, USA, Wielka Brytania) zostawia się to niższemu niż administracja rządowa poziomom organizacji państwa i raczej samorządom, wychodząc z założenia, że zróżnicowana struktura krajobrazów i aktywność inwestorów w różnych częściach państwa wymaga odrębnego traktowania, a także, że samorządy określają politykę przestrzenną i gospodarczą. Bardzo duże znaczenie w Wielkiej Brytanii i USA mają silne profesjonalnie działające (również pod względem naukowym) organizacje pozarządowe. Zdarza się, że formułuje się i akceptuje kilka zalecanych metodyk (np. Niemcy).

Wyróżnić można dwa generalne podejścia do konstrukcji metodyki. W pierwszym przypadku, reprezentowanym np. przez tzw. hiszpańską metodę badania wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz (Hurta-do i in, 2003), bazuje się na analizach GIS wykonywanych na modelach krajobrazu. Metoda hiszpańska polega na przygotowaniu modelu DTM z ważnymi elementami dla oceny, obejmującymi tereny zabudowane, lasy i drogi, a następnie na policzeniu kilku współczynników (współczynnik widoczności farmy wiatrowej z miejscowości, współczynnik widoczności miejscowości z farmy wiatrowej, współczynnik widoczności farmy wiatrowej wpisanej w prostopadłościan, średnia wartość współczynnika wyliczonego w oparciu o odległość między farmą wiatrową a daną miejscowością, współczynnik ludnościowy). Na podstawie wyliczonych współczynników dokonywana jest ocena wpływu efektu wizualnego. Wylicza się w tym celu wartość współczynnika końcowej oceny efektu wizualnego, będącego



iloczynem współczynników cząstkowych. Na podstawie wyliczeń przypisuje się projekt do jednego z sześciu poziomów oddziaływania wizualnego na miejscowości położone w obszarze ograniczonym buforem 5 km od centrum farmy wiatrowej. Wartości syntetycznego współczynnika oddziaływania na krajobraz wynoszące 0,0-0,1 oznaczają oddziaływanie minimalne, 0,1-0,3 – słabe, 0,3-0,5 – średnie, 0,5-0,7 – poważne, 0,7-0,9 – bardzo poważne, 0,9-1,0 – głębokie. Przy wpływie bardzo poważnym należy dokonać bardzo silnej korekty lokalizacyjnej farmy wiatrowej w zakresie liczby i rozmieszczenia elektrowni, przy wpływie głębokim wskazuje się na konieczność rezygnacji z lokalizacji farmy (Hurtado i in., 2003).

Metody podobne do hiszpańskiej mają swoje zalety i wady. Największą wadą jest ich opieranie o modele krajobrazu, a nie rzeczywistość. Model uwzględniający pokrycie terenu (jego użytkowanie) dla farm wiatrowych jest korzystniejszy w ocenie niż model odwzorowujący jedynie rzeźbę, ale oba dostarczają błędów mających znaczenie dla końcowych wyników oceny. Ponadto metody oparte o GIS analizują najczęściej oddziaływanie ze-wsząd, a nie z punktów i ciągów widokowych, czyli miejsc, gdzie rzeczywistość przebywają ludzie i odbierają efekt zmienionego krajobrazu (przy czym ocena taka też jest możliwa). Nie uwzględniają cech jakościowych krajobrazu, decydujących o wartości wizualnej zarówno przyrodniczych, jak i historyczno-kulturowych. Metody te wskazywane są jako obiektywne, ale tylko z pozoru. Ich subiektywizm jest związany z doбором wskaźników, które decydują o końcowym efekcie oceny, a także przyjęciu, że krajobraz nie ma wartości pozamaterialnych, a walory przyrodnicze i historyczno-kulturowe są ujednolicone. Oferta matematycznych wskaźników, które mogą być liczone w GIS jest w zasadzie nieograniczona. Zaletą tych metod jest szybkość uzyskania wyników i ich jednoznaczność. Ze względu na wady metod opartych o modele krajobrazu i GIS w większości krajów wskazuje się, że powinny one mieć charakter pomocniczy i być stosowane głównie na wstępnych etapach analiz, w tym przy wyznaczaniu zasięgu teoretycznej widzialności ZTV lub teoretycznego oddziaływania wizualnego ZVI.

W większości krajów z intensywnie rozwijającą się energetyką wiatrową preferowane są metody inwentaryzujące zasoby krajobrazowe, dokonujące ich waloryzacji elementowej i całościowej, i po nałożeniu projektu farmy na wyniki inwentaryzacji i waloryzacji, oceniające wpływ wizualny.

Najbardziej rozbudowane wytyczne metodyczne oceny wpływu farm wiatrowych na krajobraz ma Wielka Brytania, gdzie dbałość o jakość i cha-



rakter krajobrazu ma bardzo duże tradycje. Ocenę wpływu wykonuje się poprzez LVIA (Landscape and Visual Impact Assessment). To standardowa ocena wpływu na krajobraz, wykonana zgodnie z ustaloną metodologią (Guidelines..., 2002) (Badora, 2011). Celem LVIA jest ocena i identyfikacja najkorzystniejszego pod względem lokalizacji i rozwiązań projektowych wariantu inwestycji. Ocena wykonywana jest przez ekspertów, ale jej uczestnikami są decydenci i społeczność lokalna. Ocena i jej prezentacja mogą być częścią raportu oddziaływania na środowisko, lub też stanowić osobne opracowanie. Ma to znaczenie, gdyż zgodnie z prawem nie dla wszystkich elektrowni wiatrowych sporządza się raporty oddziaływania na środowisko (Badora, 2011). LVIA składa się z dwóch części:

- ocena oddziaływania na krajobraz – LIA, rozpatrująca zmiany w strukturze i konsekwencji funkcjonowaniu krajobrazu, które mogą zmienić jego charakter,
- wizualna ocena oddziaływania – VIA, koncentrująca się na zmianach kompozycji krajobrazu, konsekwencji dla jego charakteru widokowego oraz społeczeństwa (Badora, 2011).

W ramach postępowania można wcześniej określić, który z krajobrazów lub, które cechy widokowe są szczególnie wrażliwe na lokalizację farmy.

Kluczowy w ocenie jest raport projektowy (*Design Statement*). Powinien on być wykonywany niezależnie od tego czy farma będzie wymagała postępowania ocen oddziaływania na środowisko, czy nie. Zawiera on podstawowe informacje na temat założeń projektu, zakresu analiz, uwarunkowań topograficznych, możliwych opcji lokalizacyjnych i rozmieszczenia elementów inwestycji (wariantowych), lokalizacji infrastruktury, skali projektu (w tym liczby turbin), zaleceń optymalizacyjnych. Jest to z założenia opracowanie niezbyt rozbudowane i czytelne, mające ułatwić podejmowanie decyzji projektowych. Z założenia ma charakter dokumentacji procesu projektowego i dlatego nie wymaga bardzo dużego nakładu pracy. Przykładowe opracowanie tego typu przedstawiono w wytycznych (Siting..., 2009).

W prezentowaniu informacji na temat wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz i jego cechy widokowe stosowanych jest kilka podstawowych metod. Zobrazowanie wpływu ma za zadanie osiągnąć następujące cele:

- udokumentowania miejsca, w postaci zdjęć, szkiców,
- wygenerowania strefy teoretycznej widoczności (ZTV), wskazującej na potencjalny zasięg, skąd będzie widać farmę,



- wykonania wizualizacji, które pokazują inwestycję z określonego punktu widokowego,
- ilustracji kluczowych pojęć i zasad projektowania.

Wskazuje się na możliwość trójwymiarowego obrazowania projektowanej farmy, a także dynamicznego przedstawiania pracy turbin – wideowizualizacji.

Analiza wpływu elektrowni wiatrowych na wartości widokowe krajobrazu powinna uwzględniać następujące uwarunkowania (Siting..., 2009):

- liczbę turbin i rozmieszczenie,
- wielkość, wygląd i typ turbin,
- trasę dróg technologicznych, w tym powiązania z drogami publicznymi,
- lokalizację, projekt i przywrócenie tymczasowych elementów konstrukcji,
- lokalizację i wielkość masztów pomiaru wiatru,
- położenie i złagodzenie oświetlenia turbiny,
- obiekty dla zwiedzających, w tym oznakowania, parkingi, centra informacji turystycznej,
- zmiany zagospodarowania, w tym lasów, ogrodzeń, pastwisk.

Elementami, które mają podstawowe znaczenie kompozycyjne w odniesieniu do lokalizacji elektrowni wiatrowych są linia horyzontu i skala krajobrazu oraz perspektywa. Farma wiatrowa nie powinna w istotny sposób zmieniać linii horyzontu, która w sposób naturalny przyciąga ludzki wzrok. W odniesieniu do cech skali krajobrazu farmy wiatrowe nie powinny zajmować więcej niż 1/3 wysokości kluczowych elementów krajobrazu, a w poziomie znacznie większa część widoku powinna być wolna od turbin, niż zajęta.

W Niemczech ocenę oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz pozostawiono krajom związkowym. Ocenę realizuje się licznymi metodami (naliczono ich ok. 200), ale jedną z częściej zalecanych i powszechnie przywoływanych jest metoda Nohla (1993, 2010). W metodzie wiąże się estetykę krajobrazu z elementami struktury, i pomiar estetyki z pomiarem tych elementów. Zmierzona estetyka zestawiana jest z projektem elektrowni wiatrowych i na podstawie oceny zmian cech krajobrazu określa się siłę oddziaływania.

Przy ocenie estetyki uwzględnia się trzy kryteria:

- różnorodność struktury,
- naturalność,
- wielkość strat w zakresie własnej odrębności.



Każdy z tych elementów jest szczegółowo rozpisany w zakresie kryteriów oceny. Podane są również objaśnienia znaczeń. Określone są uwarunkowania towarzyszące widoczności oraz trzy strefy wpływu zależne od odległości: strefa bliska do 200 m, strefa średnia do 1 500 m oraz strefa daleka do 10 000 m.

Istotne znaczenie w metodzie ma określenie stopnia wrażliwości krajobrazu, który jest zależny od jego własnych walorów estetycznych, optycznej podatności na występujące naruszenia i potrzeby ochrony (analizuje się formy ochrony przyrody). Postępowanie ocenowe na każdym z etapów realizowane jest w ujęciu tabel metodą bonitacji punktowej. Zwraca się jednak uwagę na opis charakteru krajobrazu, ponieważ nawet ogólna informacja dużo mówi o wartościach i zagrożeniach w krajobrazie, i w konsekwencji o jego jakości.

Przykładowe i reprezentatywne stanowisko w zakresie metodyki badania wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz w USA przedstawia się w wytycznych Vissering i in. (2011). Zaslugują one na uwagę ponieważ są stosunkowo nowe i wykonane przy współudziale przedstawicieli 25 stanów. W metodzie odrzucono zasadność uwzględniania indywidualnego postrzegania elektrowni wiatrowych przez ludzi. Skoncentrowano się na określeniu istotnych cech wizualnych krajobrazów, zwłaszcza cech i właściwości, które przyczyniają się do jakości wizualnej, a także na określeniu, jak przedsięwzięcia energetyki wiatrowej wpłyną na te wartości. Przyjęto, że charakter krajobrazu można określić w sposób obiektywny, a także, że wpływ wizualny należy określać nie zewsząd, a z punktów widokowych z przestrzeni publicznych, w tym turystycznych, zabytków i komunikacyjnych.

Metoda uwzględnia dwa etapy oceny: inwentaryzacyjno-waloryzacyjny i ocenowy. W etapie pierwszym przygotowuje się informacje o krajobrazie uwzględniając: mapę projektu farmy, mapę strefy oddziaływania wizualnego (ZVI), informacje dotyczące istniejących przyrodniczych oraz kulturowych zasobów i wartości krajobrazowych, wyznaczenie punktów widokowych, wykonanie dokumentacji fotograficznej istniejących krajobrazów, wykonanie wizualizacji. Każdy z tych elementów jest szczegółowo opisywany w zakresie wskazówek i uzasadnień.

Część druga obejmuje postępowanie oceniające wpływ i składa się z następujących elementów:

- opisu projektu,
- ogólnej charakterystyki krajobrazów,



- oceny atrybutów zasobów wizualnych krajobrazu i poziomu ich wrażliwości (jakość wizualna krajobrazów i ich zasobów, oczekiwania odbiorców, unikatowość zasobów, liczba odbiorców krajobrazu),
- analizy jak projekt będzie odbierany z punktów widokowych z uwzględnieniem rozmiarów projektu, odległości od punktów widokowych, czasu trwania oddziaływania, kątów widzenia krajobrazów zajętych przez elektrownie, panoramiczności lub zawężenia panoram, relacji projektu farmy do kluczowych obiektów o znaczeniu ponadlokalnym, liczba elektrowni w widoku oraz zajęty przez nie obszar, wizualne uporządkowanie elektrowni, nocne oświetlenie elektrowni, migotanie cienia,
- oceny zasadności realizacji projektu obejmującej: dokumentację walorów fizjonomicznych, stopień zdominowania krajobrazu przez elektrownie wiatrowe,
- przyjęcia zasad minimalizujących oddziaływanie, w tym odpowiednią lokalizację projektu, zmniejszenie jej rozmiaru, przeniesienie elektrowni, ich oświetlenie, odpowiednie zaplanowanie wzoru rozmieszczenia, odpowiedniej kolorystyki, sposobu użytkowania i konserwacji, zaplanowania likwidacji, używania materiałów nieodblaskowych, minimalizacji usuwania roślinności, minimalizacji oddziaływania linii przesyłowych.

Inna przykładowa procedura oceny wizualnego oddziaływania stosowana w USA, przyjęta dla stanu Nowy Jork, obejmuje cztery elementy (Benas 2006):

- inwentaryzację krajowych, stanowych i lokalnych zasobów estetycznych oraz opisanie cech estetycznych krajobrazu,
- określenie wizualnego oddziaływania poprzez wizualizacje, profile linii widokowych i cyfrowe narzędzia oceny określone w przyjętej polityce oceny wpływu na walory widokowe,
- określenie wpływu na walory estetyczne,
- złagodzenie wpływu z zapewnieniem maksymalnych rozmiarów wykonalności wszystkich zaleceń z przygotowanej listy.



4.2. Założenia do zakresu referencyjnej metody krajowej

Analiza stosowanych w krajach o utrwalonej tradycji rozwoju energetyki wiatrowej metod badania wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz stanowi dobrą podstawę do podjęcia próby opracowania krajowej metodyki referencyjnej.

Pod względem chronologii postępowania w ocenie oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz metoda mogłaby w nawiązaniu do innych krajów oraz funkcjonującego w Polsce definiowania i badania krajobrazu obejmować następujące etapy:

1. Wprowadzenie z definicjami i podstawami prawnymi

- obejmujące m.in. definicje ważnych sformułowań określonych w pierwszej części niniejszego opracowania



2. Określenie zasięgu przestrzennego prowadzenia analiz wpływu

- oprócz strefy potencjalnego wpływu wizualnego, którą można określić analizami GIS, w badaniach powinno się określać strefę znaczącego oddziaływania wizualnego, którą dla terenów nizinnych należałoby określić na 4-5 km, zróżnicowanych wyżynnych i podgórskich – 8 km i gór – 10 km, z możliwościami modyfikacji w zależności od uwarunkowań. Analizę oddziaływania należy dalej prowadzić w tych strefach. Nie dostrzega się zasadności prowadzenia analizy oddziaływania w całym obszarze potencjalnej widoczności elektrowni wiatrowych



3. Wstępna ocena ryzyka wystąpienia znaczącego oddziaływania na krajobraz

- na bazie analizy istniejących opracowań, w tym planów zagospodarowania przestrzennego gmin i województw, strategii, programów i polityk ochrony środowiska oraz ochrony zabytków i innych opracowań waloryzujących krajobrazy. Należy zauważyć, że większość województw ma opracowane uwarunkowania rozwoju energetyki wiatrowej z wyznaczonymi strefami o różnym stopniu ryzyka wystąpienia konfliktów przestrzennych. Docelowo głównym opracowaniem określającym uwarunkowania rozwoju energetyki wiatrowej w odniesieniu do krajobrazu będą wyniki audytu krajobrazowego,



▼

4. Identyfikacja i przygotowanie niezbędnych materiałów wyjściowych i koniecznych analiz do przeprowadzenia analizy

▼

5. Inwentaryzacja krajobrazów w strefie oddziaływania

- z charakterystyką opisową i mapą krajobrazów
- ▼

6. Określenie charakterystycznych cech krajobrazu w zakresie cech przyrodniczych i kulturowo-historycznych

- z charakterystyką opisową i mapą cech charakterystycznych
- ▼

7. Waloryzacja krajobrazów oraz ich cech charakterystycznych

- z charakterystyką opisową i mapą waloryzacji
- ▼

8. Charakterystyka projektu

- z opisem wszystkich elementów przedsięwzięcia oraz mapą rozmieszczenia tych elementów w skali nie mniejszej niż 1:50 000 dla projektów dużych (kilkadziesiąt turbin) do 1:10 000 dla małych farm (kilka turbin) i pojedynczych elektrowni
- ▼

9. Ocena wpływu na krajobraz i jego cechy charakterystyczne

- analiza na podstawie nałożenia map z terenową weryfikacją miejsc ryzyka
- ▼

10. Ocena wpływu na fizjonomię krajobrazu

- inwentaryzacja punktów widokowych
 - ocena panoram z punktów widokowych i ich wrażliwości na zmiany po realizacji farmy
 - wykonanie wizualizacji
 - wskaźniki wpływu wizualnego farmy wiatrowej
 - ocena wpływu widokowego na krajobraz i cechy charakterystyczne fizjonomii krajobrazu.
- ▼

11. Ocena wpływu na zabytki

- realizowana odrębną metodą poprzez rozpoznanie terenowe elementów ekspozycji czynnej i biernej oraz oddziaływania
- ▼



12. Określenie działań ograniczających negatywny wpływ



13. Synteza



14. Załączniki

Dobrze opracowana metodyka powinna szczegółowo precyzować zakres postępowania badawczego, sposób jego prowadzenia i efekty postępowania ocenowego w postaci map i opisów dla każdego z wyżej wymienionych etapów. Powinna też określać propozycje ujednolicenia badań obejmujące np. wzorcowe tabele, wzorcowe legendy do poszczególnych map i wizualizacji, jednolite wytyczne wykonywania dokumentacji fotograficznej, itp.

Metodyka powinna bazować na badaniu krajobrazu, a nie jego modeli komputerowych. Ale powinna uwzględniać i posilkować się analizami GIS w zakresie wskaźników pozwalających na ocenę wpływu wizualnego, a w szczególności w zakresie wyznaczenia strefy oddziaływania wizualnego. Wyniki analiz stref oddziaływania wizualnego powinny być weryfikowane w terenie. Podstawą wszystkich badań powinno być rozpoznanie terenowe, niezbędne w szczególności w zakresie analizy ekspozycji czynnej i biernej oraz oceny wpływu na charakter krajobrazu.

Metoda powinna także pozwalać na klasyfikację projektów przedsięwzięć do grup ryzyka, w tym braku możliwości realizacji, realizacji pod warunkiem przeprowadzenia określonych działań minimalizujących, a także niskiego ryzyka pozwalającego na dosyć swobodne kształtowanie projektu w stosunku do krajobrazu.



5. Możliwości optymalizacji lokalizacji elektrowni wiatrowych zmniejszające oddziaływanie na krajobraz

We wszystkich wytycznych proponowanych dla różnych krajów wskazuje się na możliwości ograniczenia oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz, w szczególności w jego aspekcie wizualnym. Przykładowo z doświadczeń USA wynika, że elementami ograniczającymi oddziaływanie mogą być (State..., 2006, za Stryeckim i Mielniczukiem, 2011):

- stosowanie w obrębie farmy wiatrowej ujednoliconych elektrowni wiatrowych,
- jasna kolorystyka elektrowni (biały, jasnoszary, beżowy), lub malowanie w sposób dostosowany do otoczenia,
- wybór elektrowni i wirników z trzema łopatami,
- mniejsze oddziaływanie generuje farma z mniejszą liczbą elektrowni, ale o większej mocy, niż dużą liczbą o małej mocy,
- należy unikać lokalizowania elektrowni w miejscach o bardzo wysokich walorach widokowych i miejscach, gdzie wyznaczono normy oddziaływania akustycznego (oddziaływanie dźwiękowe potęguje oddziaływanie widokowe).

Dla warunków krajowych na podstawie licznych publikacji z wiodących krajów w rozwoju energetyki wiatrowej, sformułowano następujące zasady optymalizujące projekty farm wiatrowych z punktu widzenia minimalizacji oddziaływania na krajobraz, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu widokowego (Badora, 2013):

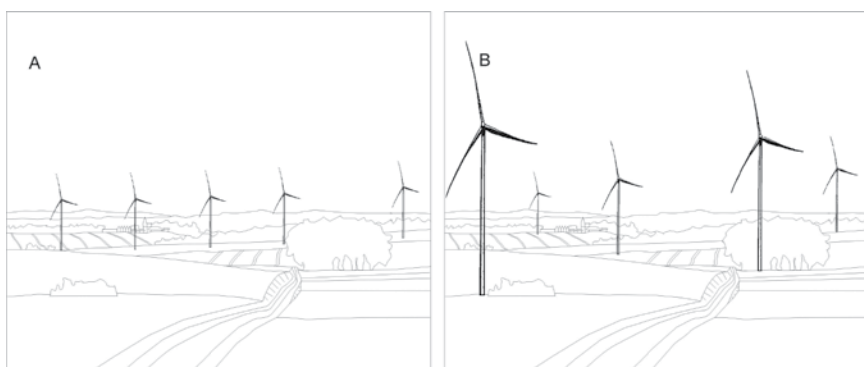
- **różnicowania reżimu ochronnego** – będąca zasadą nadrzędną i wskazująca, że szczególnej ochronie w procesie lokalizacji elektrowni wiatrowych podlegają kluczowe wartości widokowe krajobrazu widziane z kluczowych punktów widokowych,
- **ograniczenia liczebności turbin w farmie** – co wskazuje na konieczność dostosowania liczby turbin do pojemności widokowej krajobrazu i tworzenia harmonijnego krajobrazu wiejskiego z elektrowniami wiatrowymi, a niedopuszczania do tworzenia industrialnych krajobrazów elektrowni wiatrowych,



- **nawiązywania rozmieszczenia elektrowni wiatrowych do geometrii krajobrazu** – co wskazuje na zasadność lokalizacji elektrowni w sposób nawiązujący i podkreślający istniejącą rytmikę krajobrazu, wzdłuż podstawowych linii rozłogu pól, dróg, alej itp.,
- **budowania punkowego oddziaływania turbin** – turbiny wiatrowe powinny być rozmieszczone wzdłuż osi widokowych, a nie w liniach poprzecznych do tych osi,
- **unikania lokalizacji turbin wiatrowych w tle układów ruralistycznych** – kontrast między zabudowaniami i elektrowniami silnie wzmacnia ich wizualne oddziaływanie (fot. 1), w szczególności, kiedy układy ruralistyczne mają dużą wartość historyczno-kulturową (są nasycone zabytkami lub mają cenną formę założenia ruralistycznego),
- **koncentracji elektrowni w poszczególnych planach panoramy (podobnej odległości od obserwatora)** – elektrownie zgrupowane w jednym planie panoramy mają podobne rozmiary i zajmują jej wycinek, nie burząc zależności kompozycyjnych występujących w innych planach oraz między nimi (rys. 4),
- **zwartości** – najkorzystniej jest, gdy poszczególne turbiny tworzą zwartą farmę wiatrową i zajmują jedynie wycinek panoramy, a nie są rozrzucone w całej perspektywie widoku,
- **równomiernej gęstości** – korzystnie jest, gdy elektrownie lokalizowane są w podobnych odległościach od siebie. Zasada koresponduje z zasadą zwartości, porządkującą rozmieszczenie turbin w farmie, podczas gdy zasada równomiernej gęstości porządkuje usytuowanie farmy w krajobrazie,
- **lokalizacji w linii horyzontu** – zgodnie z zasadą zlokalizowanie elektrowni w linii horyzontu jest korzystniejsze niż w bliższych w stosunku do obserwatora planach panoramy. W krajobrazach z silniej urozmaiconą rzeźbą, gdzie linia horyzontu przedstawia konfigurację wzniesień rozmieszczenie turbin powinno być podporządkowane ich geometrii,
- **ochrony przedłużeń osi drogowych** – w myśl zasady osie widokowe wzdłuż dróg powinny podlegać szczególnej ochronie. Występuje z nich znacznie większe i dłuższe oddziaływanie niż na osiach poprzecznych do dróg. Ponadto elektrownie, szczególnie podczas pracy, zaburzają ocenę odległości i mogą utrudniać ocenę sytuacji na drodze, w tym w nocy, kiedy emitowane są pulsujące światła,



- **dekonzracji farm** – uzupełnia zasady zwartości i równomiernej gęstości turbin w farmach. Zgodnie z tą zasadą należy podejmować działania ograniczające możliwość występowania w jednej panoramie kilku farm i ich skumulowanego oddziaływania,
- **ograniczania efektu skumulowanego z liniami elektroenergetycznymi**, w szczególności linie wysokich napięć współwystępujące z elektrowniami wiatrowymi tworzą efekt silnej industrializacji krajobrazu,
- **jednolitości stosowanych turbin** – w farmach powinny być stosowane turbiny tego samego typu i rozmiarów, a także malowane w identyczny sposób,
- **ochrony istniejących dominant w układach ruralistycznych** – w szczególności wieże kościołów, pałace, zamki powinny być chronione przed zdominowaniem przez turbiny wiatrowe. Zasada koresponduje z zasadą niedopuszczania do lokalizacji turbin wiatrowych w tle układów ruralistycznych,
- **doboru kolorystyki** – zgodnie ze wskazaniami z licznych krajów najodpowiedniejszym kolorem wież i rotorów jest kolor biały lub jasnoszary. Podstawowe znaczenie dla oceny kontrastowości turbin ma dolna część wieży, która kolorystycznie powinna nawiązywać do istniejących form zagospodarowania.



Rys. 4. Rozmieszczenie turbin w jednym planie panoramy (A) jest korzystniejsze niż w wielu planach (B). Źródło: (Badora, 2013).



6. Podsumowanie i wnioski

Ocena wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz nie jest zagadnieniem prostym do przeprowadzenia, ale jeszcze większą trudność stanowi używanie wyników oceny jako podstawy do podejmowania decyzji administracyjnych, w szczególności do odmowy realizacji przedsięwzięcia. Procedury ocen oddziaływania na krajobraz farm wiatrowych w Polsce od wielu lat odbywały się w oparciu o bardzo słabe podstawy prawne ochrony krajobrazu, co zostało zmienione dopiero od 11 września 2015 r., po wejściu przepisów tzw. prezydenckiej ustawy krajobrazowej. O słabości tej świadczy chociażby fakt, że w rozporządzeniu klasyfikującym przedsięwzięcia do postępowań środowiskowych z 2010 r. dopuszcza się sytuowanie elektrowni wiatrowych o łącznej mocy do 100 MW na terenach parków narodowych, rezerwatów przyrody lub parów krajobrazowych, uzależniając to co prawda od wyników przeprowadzonej oceny oddziaływania na środowisko, ale wydaje się, że w tych formach ochrony przyrody przemysłowe elektrownie wiatrowe nie powinny powstawać z definicji.

Należy jednak zauważyć, że w większości krajów zalecane metodyki referencyjne koncentrują się na sposobie badania oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz, pozostawiając wyniki tych analiz konsultacjom społecznym. W części krajów, np. Wielkiej Brytanii, USA wyniki analiz są podstawą do trójstronnych porozumień między administracją, inwestorem i społeczeństwem. Stanowią więc podstawę do kompromisu, a nie twarde narzędzie eliminacji elektrowni wiatrowych z krajobrazu.

Dosyć istotne zmiany w zakresie możliwości rozwoju energetyki wiatrowej w krajobrazie, w tym ocen wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz weszły w życie 11 września 2015 r. poprzez wdrożenie tzw. ustawy krajobrazowej, czyli nowelizacji kilku ustaw, które zaproponowała Kancelaria Prezydenta RP. Są one spowodowane znowelizowanymi ustawami o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, o ochronie przyrody i ochronie zabytków. Na efekty i skutki większości tych zmian trzeba będzie jednak poczekać do czasu opracowania audytów krajobrazowych, co może potrwać kilka lat. Zanim będą opracowane audyty krajobrazowe należy się jednak spodziewać zwiększonego nacisku organów prowadzących i uczestniczących w ocenach oddziaływania na środowisko, na rzetelne badania wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz. Jest to konsekwencją wzmocnienia krajobrazu w systemie ocen oddziaływania na środowisko, w tym wpro-



wadzenia nowych wymogów w odniesieniu do zakresu raportów oddziaływania na środowisko. W nawiązaniu do tych uwarunkowań trwają obecnie prace nad metodykami referencyjnymi badania wpływu przedsięwzięć na krajobraz, w tym przedsięwzięć związanych z energetyką wiatrową.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można wysunąć następujące wnioski:

1. Proces dynamicznego rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce można było obserwować od wielu lat. Odbyswał się on w obliczu braku powszechnie akceptowanych instrumentów badania wpływu na krajobraz oraz uwzględniania wyników tych badań w postępowaniach administracyjnych.
2. Wprowadzone nowelizacje przepisów prawa w związku z tzw. ustawą krajobrazową zmieniają zasady oceny wpływu przedsięwzięć na krajobraz, w tym przedsięwzięć energetyki wiatrowej.
3. Polska pozostaje jednym z niewielu krajów UE niemającym przygotowanych referencyjnych metod badania wpływu elektrowni wiatrowych na krajobraz wskazywanych przez organy administracji i akceptowanych przez środowisko naukowe oraz organizacje pozarządowe. Niezbędne jest opracowanie takiej metody przy współudziale środowiska naukowego, administracji, organizacji społecznych i przedstawicieli inwestorów.
4. Doświadczenia innych krajów z dynamicznie rozwijającą się energetyką wiatrową wskazują na przyjęcie wytycznych o charakterze miękkim, pomocniczym. W krajach wiodących w rozwoju energetyki wiatrowej UE oraz w USA wytyczne oceny wpływu na krajobraz nie są instrumentem bardzo rygorystycznej selekcji inwestycji.
5. Referencyjna metodyka oceny wpływu powinna bazować na rozpoznaniu struktury, funkcjonowania i wartości wizualnych krajobrazu oraz umożliwiać ocenę wpływu na te elementy.
6. Metody oceny wpływu bazujące na uproszczonych modelach krajobrazu i technikach GIS powinny mieć charakter pomocniczy, a nie podstawowy w ocenie.



**OCENA
ODDZIAŁYWANIA
HAŁASU
GENEROWANEGO
PRZEZ TURBINY
WIATROWE
– CHARAKTERYSTYKA
ZJAWISKA**

**PROF. DR HAB. INŻ. TOMASZ BOCZAR
DR INŻ. TOMASZ MALEC**





1. Wprowadzenie

Hałas turbin wiatrowych, mechanizm jego powstawania oraz zjawiska fizyczne związane z jego propagacją i odbiorem są podobne do innych przemysłowych źródeł hałasu, których wiele znajduje się w bliskim otoczeniu zabudowań mieszkalnych.

Przed przejściem do opisu problemu oceny oddziaływania hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe należy zdefiniować wielkości opisujące hałas oraz zjawiska towarzyszące propagacji hałasu i sposób jego odbioru przez człowieka.

Fala dźwiękowa (akustyczna) to drgania mechaniczne cząsteczek rozchodzące się w ośrodku sprężystym (gaz, ciecz, ciało stałe), wywołane zaburzeniem położenia równowagi cząstek ośrodka powodowane poprzez ruch mechaniczny źródła (np. membrany) [www.ciop.pl]. Do opisu fali akustycznej wykorzystywane są głównie dwie następujące wielkości:

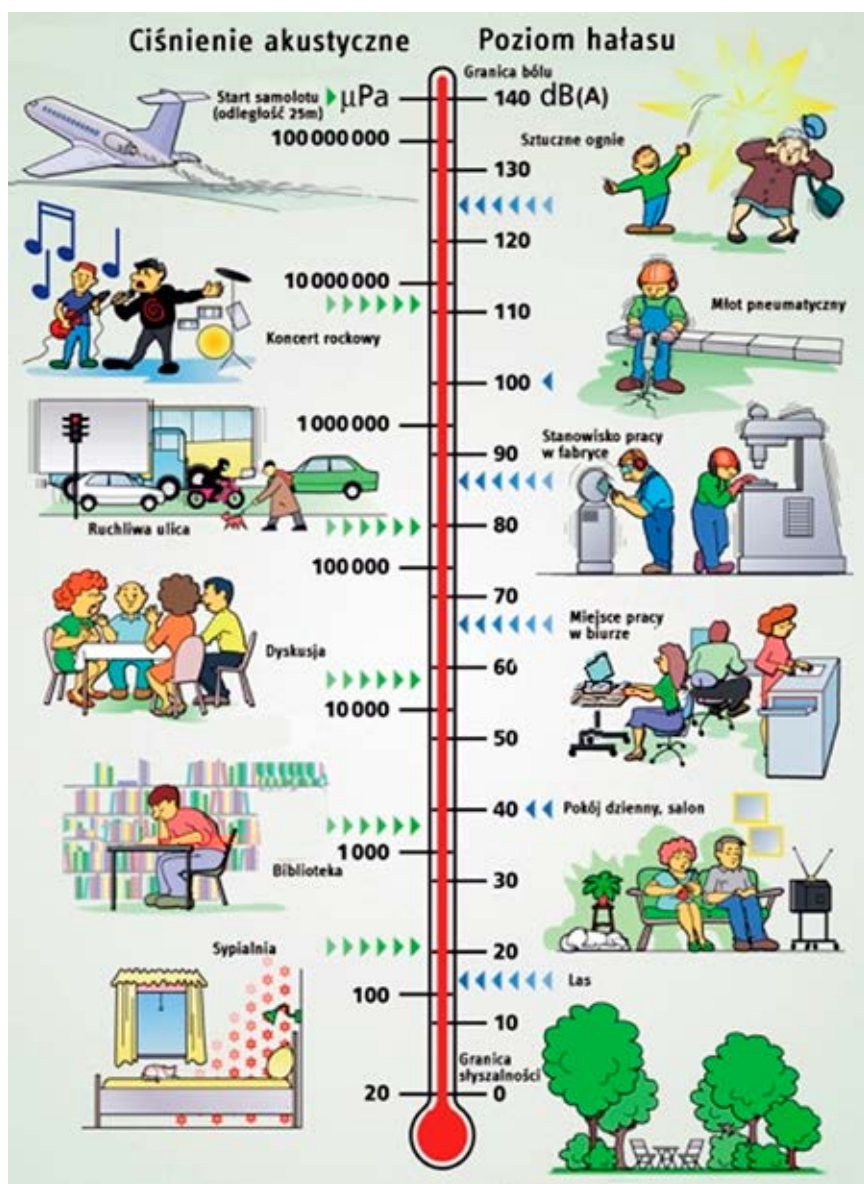
- moc akustyczna wyrażona w Watach [W],
- ciśnienie akustyczne wyrażone w Paskalach [Pa].

W przypadku mocy akustycznej zakres zmian zawiera się w granicach od 10^{-9} (szept) do 10^7 (samolot odrzutowy) Watów i odpowiednio dla ciśnienia jest w przedziale od $3 \cdot 10^{-4}$ (szept) do 20 (młot pneumatyczny) Paskali. Z powodu bardzo dużej rozpiętości obu wielkości do ich opisu stosuje się skalę logarytmiczną.

Wartości ciśnienia akustycznego i odpowiadające im poziomy wraz z wybranymi przykładami źródeł hałasu pokazano w sposób obrazowy na rys. 1.

Wykonując obliczenia dotyczące hałasu, należy pamiętać, że poziom ciśnienia akustycznego jest miarą logarytmiczną. Dla przykładu jeżeli obok siebie umieści się dwa źródła hałasu, z których każde wytwarza hałas o poziomie ciśnienia akustycznego 80 dB, to w wyniku sumowania powstanie hałas o poziomie 83 dB, a nie 160 dB. Dlatego jeśli obok siebie znajdują się 2 turbiny i każda z nich generuje hałas wielkości 35 dB to nie znaczy że obie turbiny będą generowały hałas 70 dB, lecz ta kumulacja spowoduje hałas łączny dwóch turbin rzędu 38 dB.





Rys. 1. Wybrane wartości ciśnienia akustycznego i odpowiadające im poziomy hałas dla różnych dźwięków [www.bksv.com].

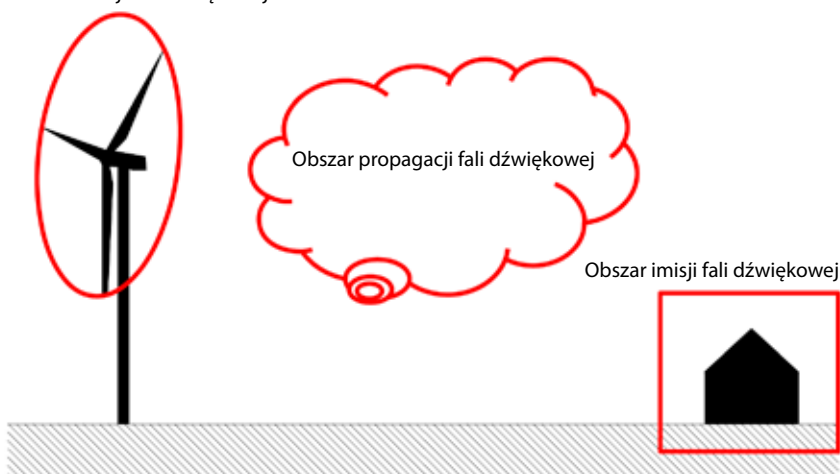


Uogólniając, poziom mocy akustycznej jest parametrem opisującym wielkość energii akustycznej emitowanej przez dane źródło hałasu i jest ściśle z nim związany. Analogią do poziomu mocy akustycznej może być moc cieplna grzejnika. Natomiast poziom ciśnienia akustycznego jest wielkością opisującą stan pola/klimatu akustycznego w danym punkcie przestrzeni i zależy od odległości od źródła i parametrów propagacji (drogi rozchodzenia się fali akustycznej), nie będąc ściśle powiązanym ze źródłem. W tym przypadku analogią do poziomu ciśnienia akustycznego może być wartość temperatury jaka jest w pomieszczeniu z grzejnikiem.

Opis fizyczny zjawisk związanych z powstawaniem, rozchodzeniem się i odbiorem fali akustycznej jest zagadnieniem stosunkowo złożonym. Przy czym generalnie można wyróżnić trzy zasadnicze obszary, w których charakteryzuje się zjawiska towarzyszące fali akustycznej:

- **Obszar emisji** – w ramach, którego opisuje się powstawanie fali akustycznej,
- **Obszar propagacji** – w ramach, którego opisuje się zjawiska zachodzące podczas przemieszczania się fali dźwiękowej,
- **Obszar imisji** – w ramach, którego opisuje się percepcję fali dźwiękowej przez narząd słuchu i ciało człowieka.

Obszar emisji fali dźwiękowej



Rys. 2. Główne obszary analizy fali dźwiękowej.



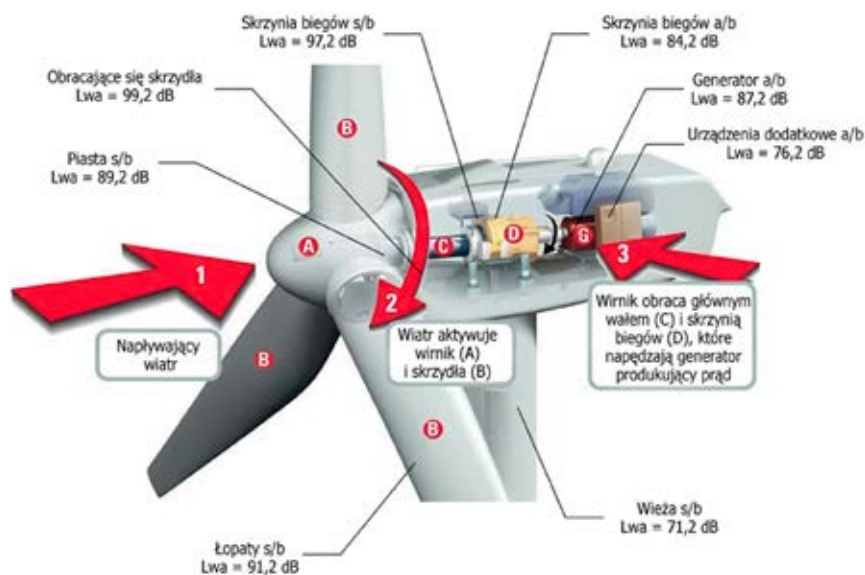
1.1. Emisja

W obszarze emisji wyróżnić można trzy podstawowe typy źródeł (punktowe, liniowe, powierzchniowe), z których każdemu można przypisać model matematyczny opisujący zjawisko generacji i propagacji fali akustycznej. Najbardziej elementarnym jest źródło punktowe, którym w praktyce można zastąpić każdy rodzaj źródła hałasu. Źródło liniowe i powierzchniowe można w tym wypadku zastąpić zbiorem źródeł punktowych. Dodatkowo każde źródło można zastąpić źródłem punktowym lub grupą źródeł punktowych.

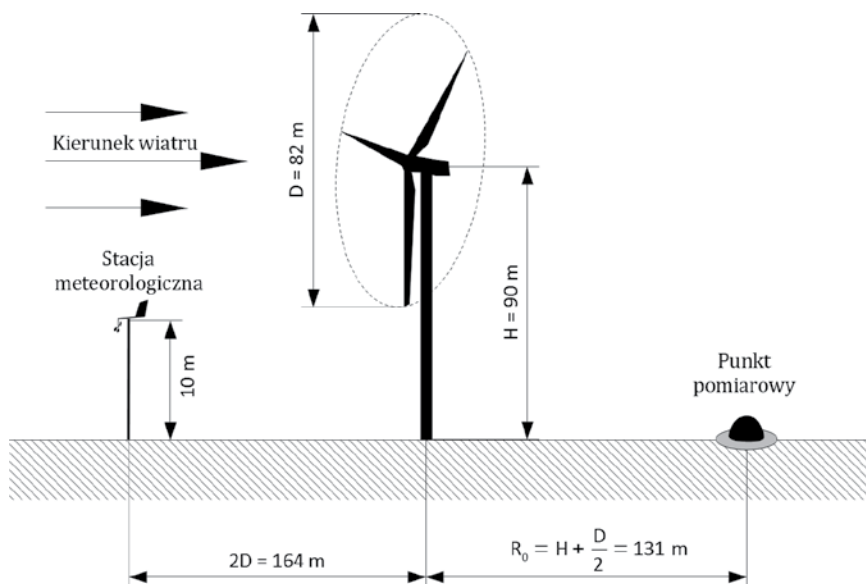
Parametrem opisującym wielkość energii akustycznej emitowanej przez dane źródło hałasu jest poziom mocy akustycznej (L_W) wyrażany w dB.

Pracy turbiny wiatrowej towarzyszy dźwięk, którego widmo reprezentuje szereg dźwięków składowych pochodzących od elementów konstrukcyjnych takich jak łopaty, przekładnia, generator, system chłodzenia (pompy), hamowania. Każde ze składowych źródeł hałasu charakteryzuje się innym poziomem mocy akustycznej, których zestawienie przedstawiono na rys. 3. W przypadku turbin wiatrowych, których maksymalne wymiary źródła hałasu dochodzą do 140 m (średnica rotora), a odległość najbliższych terenów mieszkalnych jest w większości przypadków większa niż 300 m, spełniony jest warunek, że wymiary źródła są dwa razy mniejsze od odległości do punktu odbioru. W związku z powyższym, w celu uproszczenia opisu zjawisk towarzyszących propagacji fali akustycznej, obszar analizy można zawęzić do przypadku źródła punkowego. Takie podejście uzasadnione jest również biorąc pod uwagę obowiązujące w tym zakresie unormowania, w tym normę zawierającą metodykę wyznaczania poziomu mocy akustycznej turbiny wiatrowej (PN-EN 61400-11) i normę opisującą zjawisko propagacji fali dźwiękowej w przestrzeni otwartej (ISO 9613). W celu wyznaczenia poziomu mocy akustycznej zastępczego punkowego źródła hałasu zgodnie z normą pomiary należy przeprowadzić w szczegółowo zdefiniowanych warunkach na poligonie pomiarowym, którego opis przedstawiono na rys. 4.





Rys. 3. Składowe źródła hałasu wchodzące w skład turbiny wiatrowej wraz z ich przykładowym poziomem mocy akustycznej [http://clf.org/orginal].



Rys. 4. Poligon pomiarowy służący do wyznaczenia poziomu mocy akustycznej turbiny wiatrowej [PN-EN 61400-11:2013-07 Turbozespoły wiatrowe – Część 11: Procedury pomiaru hałasu]



Jak można zauważyć, w celu wyznaczenia poziomu mocy akustycznej turbiny wiatrowej, mikrofon pomiarowy należy umieścić w obszarze największego oddziaływania akustycznego i mierzyć podczas szczególnie kontrolowanych warunków meteorologicznych, tak aby możliwe było zmierzenie maksymalnych wartości oddziaływania.

1.2. Propagacja

Po wygenerowaniu dźwięku, rozchodząca się w przestrzeni fala akustyczna wchodzi w interakcję z otaczającym ją środowiskiem. Znajomość zjawisk fizycznych, jakie zachodzą w czasie przemieszczania się fali dźwiękowej i jej propagacji w powietrzu, daje możliwość przeprowadzenia w sposób właściwy oceny wpływu pracy turbin wiatrowych na stan klimatu akustycznego.

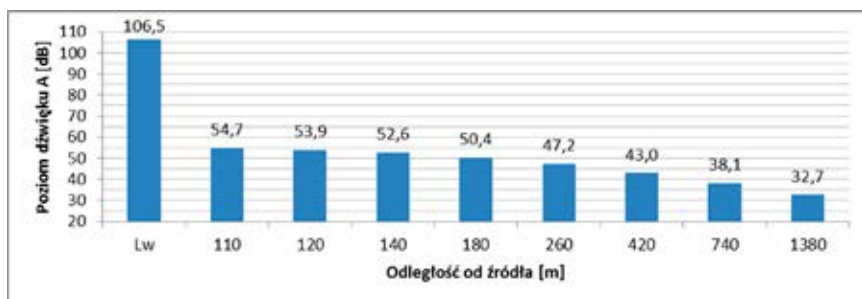
Propagacji dźwięku od źródła punkowego towarzyszy cały szereg czynników i zjawisk, do których zaliczyć można włącznie: pochłanianie dźwięku w powietrzu, niejednorodność warunków meteorologicznych (refrakcja i turbulencje) oraz interakcję z przeszkodami i powierzchnią gruntu. [J.S. Lamancusa, <http://www.me.psu.edu/lamancusa/me458/>]

W przypadku turbin wiatrowych najistotniejszymi elementami propagacji jest zjawisko tłumienia przez powietrze i powierzchnię gruntu, a także warunki meteorologiczne, ponieważ tłumienia te mają decydujący wpływ na poziom ciśnienia akustycznego w punkcie odbioru.

1.2.1. Wpływ odległości na poziom dźwięku

Podstawową wielkością, która ma bezpośredni wpływ na poziom dźwięku w punkcie odbioru jest jego odległość od źródła hałasu. W przypadku punktowych źródeł hałasu na każde podwojenie odległości, poziom dźwięku maleje odpowiednio o 6 dB. Na rys. 5. przedstawiono zmianę poziomu dźwięku w funkcji odległości dla źródła punkowego o poziomie mocy akustycznej równej 106,5 dB.





Rys. 5. Zmiana poziomu dźwięku wraz z odległością dla punkтового źródła hałasu (opracowanie własne).

Większość obecnie instalowanych turbin wiatrowych dużych mocy (powyżej 100 kW) ma poziom mocy akustycznej mieszczący się w zakresie od 100 do 108 dB. Poziom ten praktycznie nie zależy od maksymalnej wydajności czy wymiarów turbiny wiatrowej. Z punktu widzenia propagacji hałasu generowanego ich pracą istotny jest fakt, że dla turbiny wiatrowej o poziomie mocy akustycznej (108 dB), poziom dźwięku w odległości 400 m jest poniżej wartości 45 dB, która w Polsce stanowi dopuszczalny poziom hałasu w środowisku dla terenów zabudowy zagrodowej. Kwestie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku szczegółowo reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z 2007 r. [Dz. U. Nr 120, poz. 826], zmienione rozporządzeniem z 2012 r. [Dz. U. poz. 1109]. W rozporządzeniu tym wyszczególnione są funkcje terenu objęte prawną ochroną przed hałasem oraz poziomy hałasu, których nie należy przekraczać, z rozróżnieniem na porę dnia i nocy. Należy podkreślić, że w warunkach rzeczywistych, gdzie na tłumienie fali akustycznej wpływ mają jeszcze inne zjawiska (opisane poniżej) poziom hałasu byłby jeszcze niższy.

1.2.2. Tłumienie dźwięku przez powietrze

Szczegółowy opis sposobu obliczania tłumienia przez powietrze opisany został w normie PN-ISO 9613-1 (Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę).

Absorpcja dźwięku w powietrzu zaczyna odgrywać rolę dla odległości większych niż 30 m. W szczególności tłumienie to ma znaczenie dla wyższych częstotliwości (począwszy od 5 kHz). Wyjątkiem jest sytuacja całkowicie suchego powietrza, w takim przypadku tłumienie jest najmniejsze.



Z punktu widzenia oceny hałasu emitowanego przez pracujące turbiny wiatrowe zasadne staje się określenie średnich wartości temperatury i wilgotności powietrza, a także ich uwzględnienie w opracowanych modelach akustycznych.

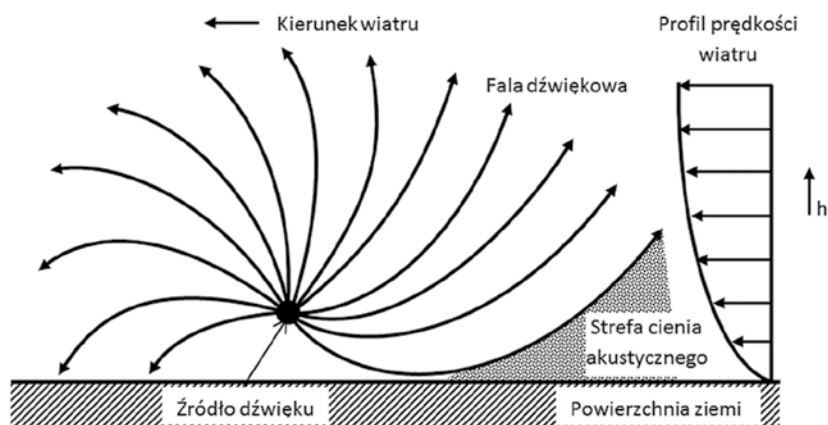
1.2.3. Wpływ warunków meteorologicznych

Warunki atmosferyczne mają znaczący wpływ na zjawisko propagacji dźwięku. Przy czym wpływ ten może być zarówno negatywny, jak i pozytywny (zwiększać lub odpowiednio zmniejszać natężenie dźwięku). Oprócz opisanego już tłumienia przez atmosferę, do najważniejszych czynników meteorologicznych, które mogą mieć wpływ na propagację fali akustycznej można zaliczyć: prędkości i kierunek wiatru, temperaturę otoczenia, turbulencje mas powietrza, a także lokalne ukształtowanie terenu.

1.2.4. Prędkość i kierunek wiatru

Nad otwartą powierzchnią gruntu zazwyczaj występuje wiatr o różnych prędkościach, który powstaje na skutek tarć między poruszającym się powietrzem i powierzchnią ziemi. Przy czym profil prędkości (kierunek i wartość) jest silnie zależny od pory dnia i roku, warunków atmosferycznych oraz ukształtowania powierzchni terenu. Wartość prędkości wiatru rośnie logarytmicznie wraz ze wzrostem wysokości w zakresie od 30 do 100 m, po czym jego wartość ustala się na określonym poziomie. W wyniku gradientu prędkości wiatru, fale dźwiękowe rozchodzące się zgodnie z jego kierunkiem są zaginane do dołu. W kierunku pod wiatr prędkość dźwięku maleje wraz ze wzrostem wysokości. W tym przypadku fale dźwiękowe uginają się do góry, powodując powstawanie stref cienia akustycznego, do których dźwięk nie dochodzi (rys. 6.). Zjawisko to nazywa się refrakcją. Promień krzywizny drogi dźwięku jest odwrotnie proporcjonalny do zmian prędkości. Przy czym dźwięk zawsze ugina się w kierunku mniejszej prędkości dźwięku [www.bksv.com].





Rys. 6. Efekt refrakcji powodowany wiatrem (opracowanie własne na podstawie T. F. W. Embleton, Tutorial on Sound Propagation Outdoors, J. Acoust. Soc. Am.).

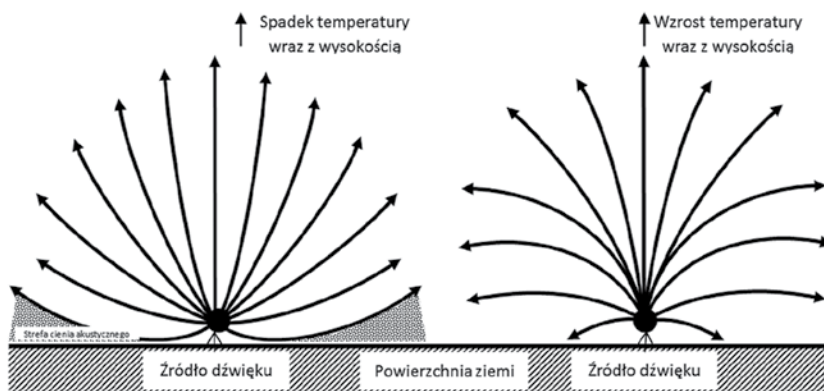
W pobliżu gruntu wiatr jest kluczowym czynnikiem zwiększającym refrakcję. Rozchodzenie się fali akustycznej pod wiatr powoduje refrakcję obniżającą poziom dźwięku w punkcie odbioru (niekorzystne warunki propagacji). Natomiast przeciwnie, czyli zgodne z kierunkiem wiatru rozchodzenie się dźwięku prowadzi do refrakcji zwiększającej poziom dźwięku w punkcie odbioru. Jak można zauważyć w celu określenia poziomu mocy akustycznej (patrz: rozdział 1.1.) przyjęto bardzo konserwatywne stanowisko, które zakłada wykonywanie pomiarów w miejscu gdzie oddziaływanie turbiny wiatrowej jest największe. Efekt cienia akustycznego może zarówno zwiększać, jak i zmniejszać poziom hałasu.

1.2.5. Wartość temperatury otoczenia

Refrakcja pod wpływem zmian temperatury jest podobna do tej związanej z wiatrem. W obecności pionowych różnic temperatury fala dźwiękowa ulega ugięciu w kierunku mniejszej prędkości dźwięku (zimniejszego powietrza). Typowe profile pionowe temperatur przedstawiono na rys. 7. W warunkach naturalnych występuje najczęściej niekorzystny spadek temperatury wraz ze wzrostem wysokości. Tego typu warunki są typowe dla słonecznego popołudnia, kiedy powierzchnia gruntu nagrzewa się wskutek pochłaniania



energii słonecznej. W takim układzie fale dźwiękowe są uginane do góry we wszystkich kierunkach od źródła, tworząc okrągłą strefę cienia. Odwrotna sytuacja ma miejsce w nocy i w okresie zimowym, kiedy następuje wzrost temperatury wraz ze wzrostem wysokości. W takim przypadku energia cieplna zgromadzona w gruncie jest szybko wypromieniowywana w powietrze, które staje się cieplejsze od powierzchni ziemi. Fale dźwiękowe zaczynają ugiąć się do dołu. W nocy dźwięk jest skupiany przy gruncie zamiast zostać wypromieniowany w górę, rozprzestrzenia się wokół.



Rys. 7. Refrakcja dźwięku w obecności gradientu temperatur. Lewy rysunek, normalny gradient zmian (temperatura maleje wraz ze wzrostem wysokości). Prawy rysunek, inwersja gradientu zmian (temperatura rośnie wraz ze wzrostem wysokości). [T.F.W.Embleton, Tutorial on Sound Propagation Outdoors, J. Acoust. Soc. Am.]

Reasumując należy podkreślić, że zjawisko inwersji temperatury, podczas którego następuje jej wzrost wraz ze wzrostem wysokości, jest znaczącym czynnikiem, który może wpływać na poziom dźwięku rozchodzącego się nad otwartym terenem i dla znacznych odległości.

Zjawiska związane z refrakcją fali akustycznej mogą prowadzić do wzmocnienia efektu modulacji amplitudy mierzonych sygnałów akustycznych. Modulacja amplitudy hałasu turbin wiatrowych powstaje w wyniku przechodzenia łopat turbin wiatrowej przez powietrze o różnej gęstości i jest główną przyczyną powstawania hałasu aerodynamicznego. Efekt wzmocnienia występuje głównie w przypadku dużych odległości od turbin wiatrowych (powyżej 1 km) i objawia się wahaniami mierzonych poziomów hałasu (dochodzącymi nawet do 5 dB) [Wind Turbine Amplitude



Modulation: Research to Improve Understanding as to its Cause and Effects, na www.renewable.uk.com].

W odległościach tych, poziom hałasu turbin wiatrowych jest już dużo poniżej wartości dopuszczalnych prawnie regulowanych i nawet traktowanie powyższego zjawiska jako hałasu impulsowego nie prowadzi do przekroczenia wielkości dopuszczalnych.

Wykorzystywane obecnie modele obliczeniowe do oceny rozkładu poziomu hałasu w sposób domyślny zakładają korzystne warunki propagacji, reprezentując podejście konserwatywne, w którym oceniamy sytuację najgłośniejszą, tzn. propagację zgodnie z kierunkiem wiatru przy umiarkowanej inwersji temperatury.

1.2.6. Wpływ gruntu na propagację fali dźwiękowej

Tłumienie przez grunt jest stosunkowo złożonym zjawiskiem akustycznym, które jest funkcją rodzaju gruntu, geometrii źródło-odbiornik i charakterystyki widmowej źródła dźwięku [T.F.W. Embleton, Tutorial on Sound Propagation Outdoors oraz R. Gołębiewski, Simple Methods for Determination of the Acoustical Properties of Ground Surfaces].

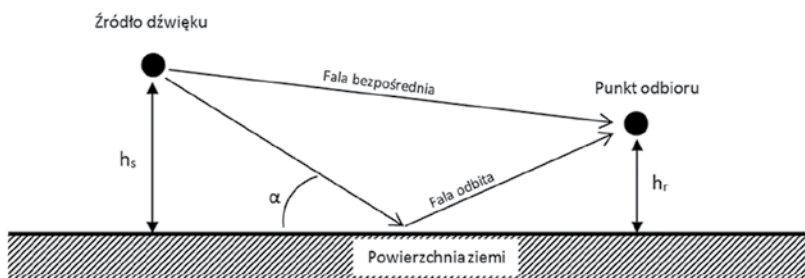
Efekt gruntu, znajdującego się między źródłem dźwięku a odbiornikiem, może wpływać na zmianę jego poziomu zarówno w sposób pozytywny, jak również negatywny, w zależności od jego rodzaju. Najogólniej grunt można podzielić na miękki lub twardy pod względem akustycznym.

Twardy grunt odnosi się do mocno odbijających powierzchni (np. woda, asfalt, beton). W przypadku gruntów twardych można mówić o klasycznym odbiciu, w wyniku którego do punktu odbioru dochodzi fala bezpośrednia oraz fala odbita. Następuje zjawisko sumowania się fal i w konsekwencji dochodzi do wzmocnienia poziomu hałasu, którego wielkość zależy od różnicy dróg.

Miękki grunt odnosi się do mocno pochłaniających powierzchni (np. teren pokryty gęstą roślinnością, śnieg). W przypadku gruntów miękkich w punkcie odbioru dochodzi do interferencji fali bezpośredniej oraz odbitej. Fazy tych fal są różne i dochodzi do zmniejszenia poziomu hałasu.



Parametrem opisującym typ gruntu, odpowiadającym za wzmocnienie lub tłumienie fal akustycznych, jest impedancja akustyczna gruntu (miara wielkości oporu, jaki stawia ośrodek rozchodzącej się w nim fali dźwiękowej), której wielkość zmienia się wraz z częstotliwością dźwięku. W przypadku gruntu impedancja ta jest wartością złożoną, posiadającą wartość rzeczywistą i urojoną. Część rzeczywista odpowiada za klasyczne odbicie, bez zmiany fazy sygnału. Natomiast część urojona odpowiada za zmianę fazy sygnału, wynikiem, której jest efekt dodatkowego zmniejszania poziomu dźwięku w punkcie odbioru. Ogólny schemat opisanej sytuacji przedstawia rys. 8.



Rys. 8. Geometria odbicia fali akustycznej od gruntu [opracowanie własne na podstawie T.F.W. Embleton, Tutorial on Sound Propagation Outdoors]

Do opisu zjawisk zachodzących podczas propagacji fal dźwiękowej nad gruntem zastosowanie ma teoria fal elektromagnetycznych, a całość, przy założeniu stabilności atmosfery (bez refrakcji), można opisać złożonymi zależnościami matematycznymi [Ministry of the Environment: Noise Guidelines for Wind Farms (...)].

Pomiary impedancji gruntu były wykonane dla wielu typów powierzchni. Jednocześnie prowadzono próby opisu wpływu gruntu na propagację sygnałów akustycznych, przy użyciu większej liczby parametrów. Ostatecznie stwierdzono, że do opisu właściwości akustycznych powierzchni gruntu wystarczająca jest znajomość oporności powierzchni. Oporność gruntu jest ściśle powiązana z tzw. porowatością powierzchni, przy czym nie chodzi tu o miękkość, a jedynie o gęstość materiału pokrywającego grunt. Im materiał bardziej porowaty, mniej gęsty, tym bardziej akustycznie



miękki i pochłaniający dźwięk. Wraz ze wzrostem gęstości, zmniejszeniem porowatości, grunt staje się twardszy akustycznie i odbijający dźwięk.

Należy przy tym podkreślić, że z akustycznego punktu widzenia, zamarznięta ziemia dalej stanowi grunt porowaty i charakteryzuje się dużą porowatością, stanowiąc grunt typu pochłaniającego.

W celu uproszczenia i zawężenia skali oceny właściwości akustycznych w stosowanych modelach obliczeniowych (PN-ISO 9613-2) impedancję gruntu zastąpiono wskaźnikiem G , który może przyjmować wartości z przedziału od 0 do 1, gdzie 0 opisuje grunt twardy, a 1 odpowiednio miękki.

Zgodnie z zapisami normy:

- **Grunt twardy** obejmuje bruk, wodę, lód, beton i wszystkie inne powierzchnie o małej porowatości. Na przykład ubita ziemia, która często występuje na terenach przemysłowych, może być uważana za grunt twardy. Dla gruntu twardego, $G=0$.
- **Grunt porowaty** obejmuje powierzchnie ziemi pokryte trawą, drzewami lub inną zielenią oraz wszystkie inne powierzchnie gruntu odpowiednie dla rozwoju roślinności. Na przykład pola uprawne, które występują na terenach wiejskich, mogą być uważane za grunt porowaty. Dla gruntu porowatego $G=1$.
- **Grunt mieszany** obejmuje powierzchnie składające się zarówno z gruntu twardego, jak i porowatego, a wartość wskaźnika G przyjmuje wartości z zakresu od 0 do 1, w zależności od ich wzajemnej proporcji.

W przypadku turbin wiatrowych wpływ gruntu nie odgrywa decydującej roli, ponieważ przy propagacji fali dźwiękowej dominującą rolę odgrywa fala bezpośrednia źródło – odbiornik. Jednakże w celu przeprowadzenia pełnej oceny oddziaływania akustycznego zaleca się klasyfikację typu gruntu ze względu na zagospodarowanie terenu, tak jak wykonuje się to przy opracowywaniu map akustycznych aglomeracji i głównych szlaków komunikacyjnych. Takie podejście jest zgodne z szeroko przyjętą praktyką i opisywane jest w wielu dokumentach zawierających wytyczne dla potrzeb klasyfikacji akustycznej powierzchni gruntu [Ministry of the Environment: Noise Guidelines for Wind Farms (...)].

Innym dokumentem zawierającym wytyczne dla potrzeb klasyfikacji akustycznej powierzchni gruntu jest przewodnik kanadyjskiego ministerstwa ochrony środowiska [Ministry of the Environment: Noise Guidelines



for Wind Farms (...)]. Zgodnie z tym przewodnikiem na obszarach wiejskich i podmiejskich zaleca się przyjmowanie następujących wskaźników gruntu:

- w strefie źródła, $G_s=1,0$,
- w strefie środkowej, $G_m=0,8$,
- w strefie odbioru, $G_r=0,5$.

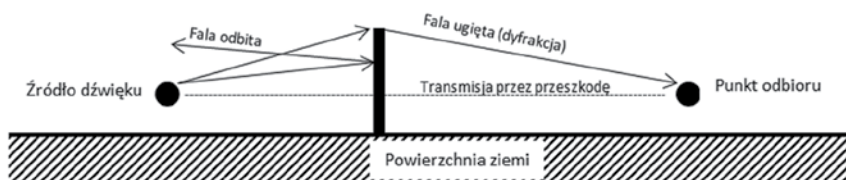
Podsumowując, współczynnik pochłaniania gruntu G , należy przyjmować zgodnie z faktycznym zagospodarowaniem terenu, w oparciu o istniejący stan wiedzy opisujący chłonność akustyczną oraz wytyczne przyjmowane w innych ocenach akustycznych. Większość planowanych i już istniejących farm wiatrowych zlokalizowanych jest na terenach pozamiejskich, na których dominują grunty o właściwościach pochłaniających, ze wskaźnikiem G bliskim 1.

1.2.7. Tłumienie przez przeszkody

Kiedy widoczność między źródłem i odbiornikiem jest zasłaniana przez sztywną, szczelną przegrodę lub budynek, pojawia się dostrzegalna redukcja wielkości hałasu. Dźwięk ulega dyfrakcji na przeszkodzie zmieniając tym samym długość drogi, jaką pokonuje. Zjawisko to jest powszechnie i szeroko wykorzystywane w celu zmniejszania poziomu hałasu drogowego poprzez zastosowanie ekranów akustycznych na obszarach zurbanizowanych.

Skuteczność tłumienia przez przeszkody uzależniona jest od kilku zjawisk takich jak: absorpcja, transmisja, odbicie i dyfrakcja, co zostało zobrazone na rys. 9.





Rys. 9. Absorpcja, transmisja, odbicie i dyfrakcja na ekranie [opracowanie własne na podstawie Guidelines on Design of NOise Barriers; Barriers Environmental Protection Department Highways Department Government of the Hong Kong]].

Dyfrakcja, czyli uginanie dźwięku na przeszkodzie, powstaje na górnej i bocznych krawędziach ekranu. Występowanie zjawiska dyfrakcji wiąże się z falową naturą dźwięku, podobnie jak w przypadku światła i fal wodnych.

Absorpcja opisuje pochłanianie dźwięku przez przeszkodę i wyrażana jest za pomocą współczynnika pochłaniania w przedziale od 0 do 1, gdzie 0 oznacza powierzchnię całkowicie odbijającą, a 1 powierzchnię całkowicie pochłaniającą.

Transmisję dźwięku przez przeszkodę wyraża się w postaci izolacyjności akustycznej. Istotne jest, aby poziom dźwięku za przeszkodą pochodzący z transmisji (przejścia) dźwięku przez barierę był znacznie mniejszy od poziomu dźwięku pochodzącego od zjawiska dyfrakcji. W praktyce wymagane jest, aby izolacyjność przeszkody była większa co najmniej o 10 dB od tłumienia wynikającego z dyfrakcji. Wartość ta gwarantuje, że izolacyjność przeszkody nie będzie wpływać na skuteczność ekranowania.

W przypadku oceny oddziaływania hałasu turbin wiatrowych tłumienie przez przeszkody odgrywa drugorzędne znaczenie, dlatego w ocenach oddziaływania stosuje się podejście konserwatywne, w którym tłumienia tego się nie uwzględnia, uzyskując w ten sposób maksymalne oddziaływanie akustyczne. Wynika to z faktu usytuowania źródła dźwięku (wysoko nad ziemią) i braku przeszkód na drodze fali bezpośredniej źródło – odbiornik. Przy ocenie oddziaływania akustycznego turbin wiatrowych zazwyczaj rozpatrywana jest pierwsza linia zabudowy, gdzie na drodze fali akustycznej nie ma żadnego ekranowania hałasu i turbina jest całkowicie widoczna.



1.2.8. Tłumienie przez roślinność

Roślinność, wbrew potocznemu odczuciu, stanowi bardzo słabą barierę dla rozchodzącego się dźwięku i jej wpływ jest istotny tylko wówczas gdy jest odpowiednio gęsta. Przy czym, pod pojęciem gęsty rozumie się tu zwarty i szeroki pas zieleni typu las, o minimalnej głębokości 10 m. Dodatkowo na skuteczność tłumienia roślinności wpływa też jej usytuowanie. Aby jej wpływ był znaczący, musi się ona znajdować w bezpośrednim sąsiedztwie źródła lub odbiornika. W innym przypadku nie odgrywa ona żadnej roli [PN-ISO 9613-2:2002 Akustyka - Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej(...)]. Efekt tłumienia przez zielen jest taki sam dla wszystkich typów źródeł hałasu (drog, kolei, zakładów przemysłowych, turbin wiatrowych).

W praktyce wpływ roślinności na propagację hałasu jest mocno ograniczony i występuje tylko na terenach intensywnie zalesionych (tzn. w lesie jest ciszej). W przypadku oceny hałasu emitowanego przez pracujące turbiny wiatrowe uwzględnianie terenów leśnych zasadne jest tylko w przypadku występowania ich w bezpośrednim otoczeniu zabudowy mieszkaniowej lub terenów objętych ochroną przed hałasem, ponieważ w konsekwencji może to prowadzić do obniżenia wyznaczanych poziomów hałasu.

1.3. Imisja

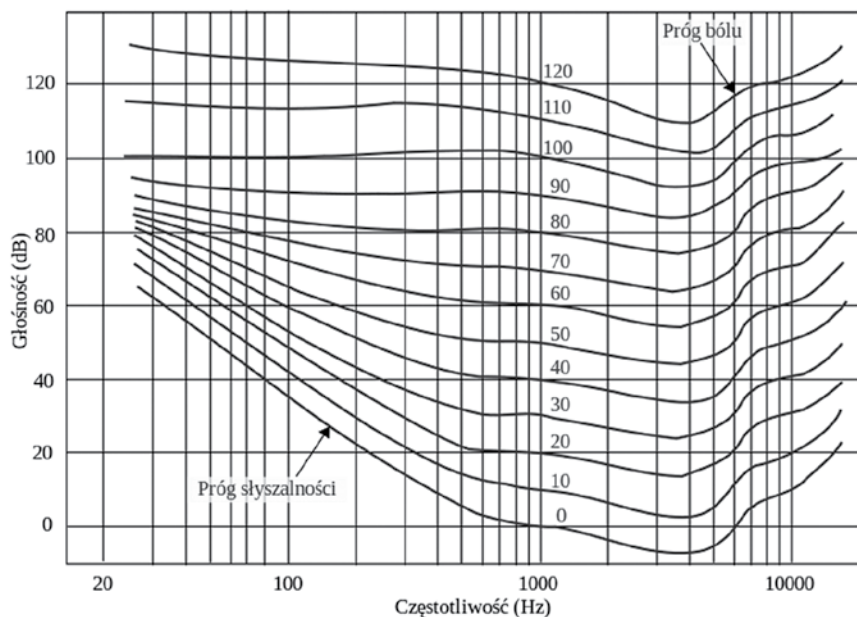
Jak wspomniano we wstępie jedną z głównych wielkości opisujących hałas jest poziom ciśnienia akustycznego (wzór 2.), który jednak nie oddaje poziomu głośności odbieranego przez człowieka. Organizm ludzki nie odbiera dźwięków w sposób liniowy, tzn. że dla różnych częstotliwości potrzeba bodźca o innym poziomie ciśnienia akustycznego, aby wywołać to samo wrażenie głośności. W celu opisu tego zjawiska wprowadzono krzywe jednakowej głośności, które szczegółowo opisano w normie ISO 226 [ISO 226:2003 – Acoustics – Normal equal-loudness-level contours]. Przebiegi krzywych jednakowej głośności przedstawione zostały na rys. 10.

W celu oceny hałasu o różnym poziomie głośności utworzone zostały krzywe ważenia dźwięku. Najpopularniejszą jest krzywa ważenia A, któ-



ra powstała z odwrócenia krzywej głośności 40 fon, a jej przebieg został zdefiniowany w normie IEC 61672:2003. Krzywa ta w sposób znacząco eliminuje składowe nisko i wysoko częstotliwościowe, skupiając się jedynie na tych, które ucho ludzkie odbiera najlepiej. Do pomiaru hałasu o większych poziomach, występującego głównie na stanowiskach pracy, wykorzystywana jest krzywa ważenia C, która powstała z odwrócenia krzywej głośności 100 fon.

W celu określenia poziomu dźwięku ważonego daną krzywą należy do zmierzonych nieważonych wartości dodać poziomy określone przez tą krzywą. Obie krzywe odnoszą się do hałasu w paśmie słyszalnym. Oprócz wymienionych krzywych stosowane są także inne. Jednak ich wykorzystanie uzasadnione jest tylko w specyficznych sytuacjach, jak w przypadku krzywej D, która stosowana jest do oceny hałasu lotniczego, czy krzywa B używana do oceny zestawów audio.



Rys. 10. Krzywe jednakowej głośności wraz z odpowiadającymi im wartościami fonów
[wikipedia.org/wiki/lzofona]

W celu przeprowadzenia oceny hałasu w paśmie częstotliwości infradźwiękowych, znajdującym się poniżej percepcji słuchowej, utworzona

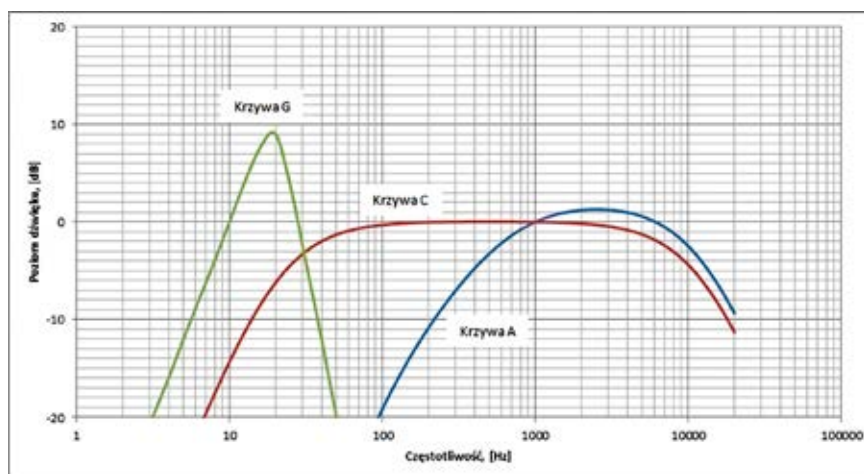


została krzywa ważenia G, która opisuje odbiór infradźwięków przez organizm człowieka. Kształt krzywej G określony jest w normie ISO 7196.

W celach porównawczych na rys. 11. przedstawiono przebiegi krzywych ważenia A, C oraz G.

W literaturze występuje dodatkowo krzywa Z (zero), która opisuje liniową, płaską charakterystykę, czyli wynik bez ważenia.

W przypadku oceny hałasu turbin wiatrowych do oceny hałasu słyszalnego zasadne jest stosowanie krzywej ważenia A, a do oceny hałasu infradźwiękowego krzywej ważenia G. Krzywe te pozwalają przeprowadzić ocenę uciążliwości hałasu i odnieść uzyskane wartości do poziomów dopuszczalnych regulowanych prawnie, które definiowane są jako poziomy hałasu uzyskane po zważeniu daną krzywą.



Rys. 11. Charakterystyki częstotliwościowe krzywych ważenia A, C i G, które opisują odbiór hałasu przez człowieka [opracowanie własne na podstawie ANSI Standards S1.4-1983 and S1.42-2001 oraz PN-ISO 7196:2002 Akustyka – Charakterystyka częstotliwościowa filtra do pomiaru infradźwięków].



2. Metodyka pomiarów i obliczeń wykorzystywanych do oceny uciążliwości hałasu

W celu ujednolicenia i standaryzacji metod oceny hałasu, pod kątem jego wpływu na środowisko naturalne i człowieka opracowany został szereg norm i rozporządzeń zarówno krajowych, jak również międzynarodowych.

Zestawienie najważniejszych unormowań prawnych, które regulują kwestie oceny oddziaływania hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe zostało przedstawione w tabeli poniżej.

NORMY

PN-EN 61400-11:2013-07 Turbozespoły wiatrowe – Część 11: Procedury pomiaru hałasu.	Metodyka wyznaczania poziomu mocy akustycznej stanowiąca daną wejściową do modelu akustycznego.
PN-ISO 9613-2:2002 Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Ogólna metoda obliczania.	Metodyka opisująca techniczną metodę obliczania tłumienia dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej, w celu prognozowania poziomów hałasu środowiskowego w określonej odległości od różnych źródeł hałasu. Metoda służy do prognozowania równoważnego poziomu dźwięku A od źródeł o znanej emisji dźwięku, w korzystnych dla propagacji warunkach meteorologicznych.
PN-ISO 9613-1:2000 Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę.	Zawiera analityczną metodę obliczania tłumienia dźwięku w wyniku pochłaniania przez atmosferę dla różnych warunków meteorologicznych, gdy dźwięk z dowolnego źródła rozchodzi się w przestrzeni otwartej.

USTAWY I ROZPORZĄDZENIA

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627 wraz z nowelizacjami).	Ustawa regulująca kwestie związane z hałasem w środowisku i ochroną przed nim, w której zawarta jest definicja hałasu oraz określony jest porządek prawny obowiązujący w tym zakresie.
---	--



Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko.	Ustawa regulująca postępowanie w sprawie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, w ramach której określone zostały procedury i treść karty informacyjnej przedsięwzięcia oraz raportu oddziaływania na środowisko. Dodatkowo ustawa wprowadza pojęcie inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko oraz mogących wpływać potencjalnie, dla których wykonuje się ocenę oddziaływania na środowisko.
Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2010 nr 213 poz. 1397) oraz Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 czerwca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2013 poz. 817).	Rozporządzenie definiujące rodzaje inwestycji, które sklasyfikować można jako zawsze znacząco oddziaływające na środowisko, dla których konieczne jest przeprowadzenie oceny oddziaływania na środowisko oraz mogących wpływać jedynie potencjalnie, dla których ocena może, ale nie musi być wykonywana.
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007 nr 120 poz. 826) oraz Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012 poz. 1109) Zabudowa jednorodzinna: • Pora dnia L_{AeqD}: 40 dB • Pora nocy L_{AeqN}: 50 dB Zabudowa zagrodowa: • Pora dnia L_{AeqD}: 45 dB • Pora nocy L_{AeqN}: 55 dB	Rozporządzenie określające wartości dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. Hałas turbin wiatrowych zalicza się do kategorii: pozostałych obiektów i działalności będącej źródłem hałasu. Rozporządzenie rozróżnia różne rodzaje terenu oraz określa dla nich poziomy dopuszczalne dla pory dnia i nocy.
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz.U. 2014 poz. 1542)	Rozporządzenie, w którym opisano metodykę referencyjną wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku pochodzącym z zainstalowanych urządzeń.

Zestawienie unormowań prawnych regulujących metodykę oceny hałasu generowanego przez elektrownie wiatrowe.



Uogólniając w ramach opracowanych norm i przepisów prawa określone zostały następujące elementy, które są niezbędne na etapie oceny oddziaływania hałasu na środowisko naturalne:

- metody pomiaru hałasu i poziomu mocy akustycznej,
- metody obliczania rozkładu poziomu hałasu w środowisku,
- kryteria i wskaźniki oceny uciążliwości hałasu,
- sposoby opisu i oceny hałasu w ramach obowiązujących ram prawnych.

Przyjęte zapisy prawne oraz ustandaryzowane podejście zapewnia zachowanie powtarzalności i transparentności opracowywanych ocen oddziaływania na środowisko prezentujących rozkład hałasu wokół farm wiatrowych oraz pomiarów hałasu w ich otoczeniu.



3. Hałas słyszalny turbin wiatrowych

3.1. Modelowanie akustyczne

Jednym z podstawowych etapów procesu inwestycyjnego elektrowni wiatrowej jest przeprowadzenie oceny jej oddziaływania na środowisko, której głównym elementem jest modelowanie akustyczne. Hałas turbin wiatrowych zalicza się do hałasu przemysłowego, dla którego zostały określone jego dopuszczalne poziomy w środowisku. W zakresie hałasu przemysłowego kwestię tę reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. *w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody, które w załączniku nr 7 określa metodykę referencyjną wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku, pochodzącego od instalacji lub urządzeń, z wyjątkiem hałasu impulsowego. W punkcie F załącznika do w/w rozporządzenia zostały określone obliczeniowe metody oceny hałasu emitowanego do środowiska tj.:*

Metody obliczeniowe oparte są na modelu rozprzestrzeniania się hałasu w środowisku zawartym w normie PN ISO 9613-2 Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczenia.

Podstawowymi danymi źródłowymi do obliczeń poziomów dźwięku w oparciu o powyższy model, wymieniony w normie PN ISO 9613-2, są moce akustyczne źródeł hałasu (instalacji i urządzeń) funkcjonujących na obszarze zakładu.

Dodatkowo zgodnie z dyrektywą unijną 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. *odnoszącą się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku* w załączniku II zaleca się także stosowanie powyższej normy dla hałasu przemysłowego.

Zgodnie z wymienionymi wyżej unormowaniami prawnymi do oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych stosować należy model obliczeniowy zgodny z normą PN-ISO 9613-2.



Podstawowym parametrem charakteryzującym hałas konkretnego typu turbiny wiatrowej, będącym jednocześnie daną wejściową do modelu obliczeniowego, jest poziom emitowanej podczas jej pracy mocy akustycznej. Jego wartość wyznacza się zgodnie z normą PN-EN 61400-11:2013-07E *Turbozespoły wiatrowe – Część 11: Procedury pomiaru hałasu*. Norma ta w sposób szczegółowy opisuje metodę pomiaru oraz sposób opracowania i prezentacji uzyskiwanych wyników, jednocześnie umożliwiając ich weryfikację. W ramach pomiarów uwzględnia się wszystkie typy hałasu generowanego przez badaną turbinę wiatrową (hałas mechaniczny gondoli i aerodynamiczny łopat) i wyraża poprzez wartość poziomu mocy akustycznej dla danej prędkości wiatru.

Posiadając jednoznacznie zdefiniowany model obliczeniowy i dane wejściowe w postaci poziomu mocy akustycznej istnieje konieczność zdefiniowania wszystkich pozostałych jego elementów, takich jak: właściwości gruntu, ukształtowanie terenu, warunki meteorologiczne i pozostałe parametry definiowane przez model obliczeniowych zawarty w normie PN-ISO 9613-2. Wyniki przeprowadzonych obliczeń należy przedstawiać na mapach rozkładu hałasu w załącznikach graficznych, w skali umożliwiającej ich analizę (zwykle w skali nie mniejszej niż 1:10 000). Dodatkowo na obszarach objętych ochroną i zlokalizowanych najbliżej turbin wiatrowych należy umieścić punkty kontrolne w celu wykonania dla nich obliczeń. Uzyskane wyniki powinno podawać się wraz z ich położeniem określonym w państwowym układzie współrzędnych geodezyjnych 1992, zgodnie z: Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych.

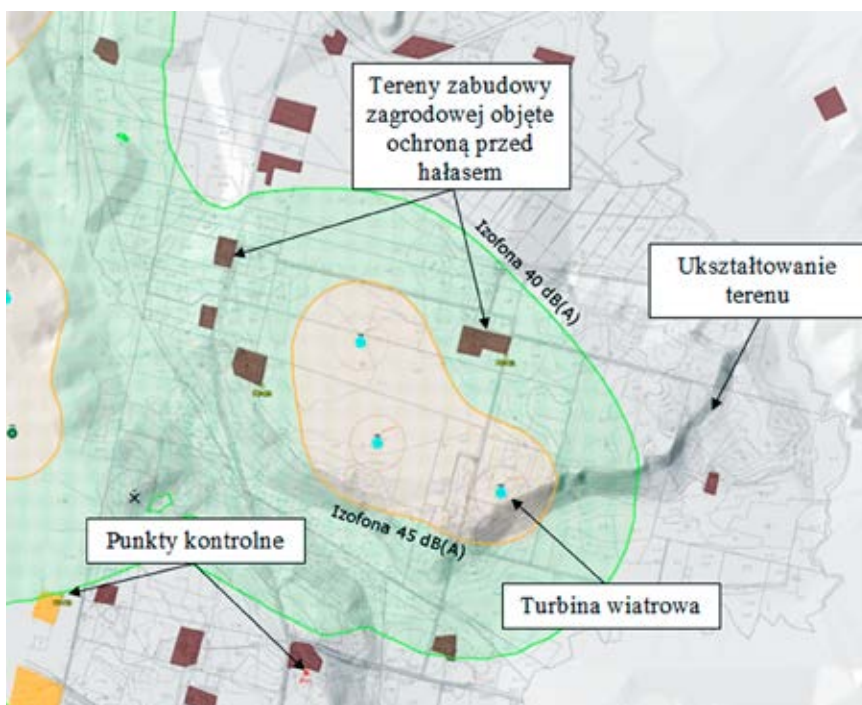
Jak wykazują liczne badania wykonywane w ramach pomiarów kontrolnych realizowanych po oddaniu do użytkowania inwestycji wiatrowych, wyniki pomiarów praktycznie zawsze przyjmują wartości znacznie poniżej rezultatów uzyskiwanych na podstawie obliczeń [Rogers A.L., Manwell J.F., Wright S., Wind Turbine Acoustic Noise – A white paper (...)]. Z doświadczeń Autorów wynika, że stosunkowo rzadko wartości zmierzone są na poziomie obliczonych i praktycznie nigdy ich nie przekraczają.

W praktyce pomiarowej występują również często sytuacje, w których zmierzone poziomy hałasu podczas pracy turbin są nierozróżnialne z poziomem tła akustycznego naturalnie występującego na danym obszarze. Należy także podkreślić, że na eta-



pie oceny oddziaływania, do obliczeń przyjmuje się maksymalny poziom mocy poszczególnych turbin wiatrowych oraz pracę wszystkich turbin jednocześnie. W rzeczywistości taka sytuacja jest mało prawdopodobna i dźwięk generowany przez farmy wiatrowe jest na co dzień cichszy.

Poniżej przedstawiono fragment przykładowej mapy hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe, na której zaznaczono wyznaczone na podstawie obliczeń przebiegi izofon (linii o tym samym natężeniu dźwięku).



Mapa 1. Fragment przykładowej mapy rozkładu hałasu dla nowo projektowanej farmy wiatrowej [opracowanie własne].



3.2. Pomiary hałasu w zakresie słyszalnym

Wymagany zakres pomiarów hałasu w środowisku, który jest generowany przez źródła przemysłowe, reguluje rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2013 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody, które w załączniku nr 7 określa *metodykę referencyjną wykonywania okresowych pomiarów hałasu w środowisku, pochodzącego od instalacji lub urządzeń, z wyjątkiem hałasu impulsowego*.

W ramach przyjętej metodyki w sposób jednoznaczny określono następujące elementy niezbędne do wykonania oceny oddziaływania hałasu przez źródła przemysłowe:

- wskaźniki oceny hałasu w postaci równoważnego poziomu hałasu dla pory dnia (L_{AeqD}) i nocy (L_{AeqN}),
- dopuszczalny błąd pomiaru, w postaci niepewności rozszerzonej U_{95} mniejszej lub równej 2,7 dB,
- kryteria lokalizacji punktów pomiarowych na terenach zabudowanych i niezabudowanych,
- wymagania stawiane zestawom pomiarowym,
- warunki meteorologiczne, dla których można wykonywać pomiary,
- procedury pomiarowe dla pomiarów ciągłych i wykonywanych metodą próbkowania,
- obliczeniowe metody oceny hałasu emitowanego do środowiska,
- informacje, które należy zamieścić w protokole i sprawozdaniu z przeprowadzonych pomiarów.

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce regulacjami prawnymi pomiary do celów kontrolnych wykonywać mogą tylko akredytowane laboratoria i certyfikowane jednostki badawcze (art. 147a Prawa ochrony środowiska). W przypadku turbin wiatrowych pomiary powinny zostać przeprowadzone co najmniej raz na etapie oddawania inwestycji do użytkowania. Należy przy tym podkreślić, że organy zobowiązane do kontrolowania stanu środowiska naturalnego mogą wykonać pomiary kontrolne w dowolnym czasie, zgodnie z obowiązującą metodyką.

Z punktu widzenia specyfiki elektrowni wiatrowych najistotniejszym wymaganiem, które musi być spełnione podczas przeprowadzania pomiarów jest konieczność zapewnienia stabilnych i odpowiednich warunków wietrznych. Przyjęta metodyka dopuszcza wykonywanie pomiarów hałasu



w przypadku, gdy średnia prędkość wiatru na wysokości 3,5 m nad poziomem terenu nie przekracza wartości 5 m/s.

W praktyce należy dążyć do tego, aby w trakcie pomiarów średnia prędkość wiatru mierzona zgodnie z metodyką zbliżała się do 5 m/s, ponieważ przy tej prędkości na wysokości gondoli wiatry osiągają prędkość dochodzącą do 10 m/s. Przy tej prędkości nowoczesne turbiny wiatrowe osiągają optymalną wydajność pracy, przy której występuje generacja hałasu charakteryzującego się maksymalnym poziomem mocy akustycznej.



4. Hałas infradźwiękowy generowany pracą turbin wiatrowych

Zgodnie z zapisami polskiej normy PN-Z-01338:2010 zakres hałasu infradźwiękowego obejmuje dźwięki z przedziału od 1 Hz do 20 Hz, czyli hałas, w którego widmie występują składowe poniżej zakresu odbioru ludzkiego ucha. Obecnie w literaturze coraz powszechniej używa się również pojęcia hałas niskoczęstotliwościowy, które obejmuje szerszy zakres częstotliwości od około 10 Hz do 250 Hz. W przypadku hałasu emitowanego przez pracujące turbiny wiatrowe rozpatrywać powinno się oba zakresy tj.: hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego. Infradźwięki i hałas niskoczęstotliwościowy charakteryzują się bardzo dużą długością fali (powyżej 17 m) i przez to są słabo tłumione i mogą rozchodzić się na duże odległości [www.ciop.pl/6541.html]. W przypadku tak długich fal, zatrzymanie ich wymaga przeszkód o wymiarach większych od nich. Infradźwięki emitowane przez turbiny wiatrowe są jednak nieodczuwalne zarówno w dalszej, jak i bliższej odległości od turbiny.

Infradźwięki, wbrew powszechnemu odczuciu o ich niesłyszalności, są odbierane w organizmie specyficzną drogą słuchową (głównie przez narząd słuchu). Słyszalność ich zależy od poziomu ciśnienia akustycznego. Stwierdzono jednak dużą zmienność osobniczą w zakresie percepcji słuchowej infradźwięków, szczególnie dla najniższych częstotliwości. Progi słyszenia infradźwięków są tym wyższe, im niższa jest ich częstotliwość i wynoszą dla przykładu: dla częstotliwości $(6 \div 8)$ Hz około 100 dB, a dla częstotliwości $12 \div 16$ Hz około 90 dB. Poza specyficzną drogą słuchową infradźwięki odbierane są także przez receptory czucia wibracji. Progi tej percepcji znajdują się o $20 \div 30$ dB wyżej niż progi słyszenia.

Gdy poziom ciśnienia akustycznego przekracza wartość (140-150) dB, infradźwięki mogą powodować trwałe, szkodliwe zmiany w organizmie człowieka. Poziomy mierzone w otoczeniu turbin wiatrowych, jak wykazano dalej, są jednak znacznie poniżej tych wartości. Możliwe jest występowanie zjawiska rezonansu struktur i narządów wewnętrznych organizmu, subiektywnie odczuwane już od 100 dB jako nieprzyjemne uczucie wewnętrznego wibrowania. Jest to obok ucisku w uszach jeden z najbardziej typowych objawów stwierdzonych przez osoby narażone na infradźwięki. Jednak dominującym efektem wpływu infradźwięków na organizm, jest ich uciążliwe działanie, występujące już przy niewielkich przekroczeniach



progu słyszenia. Działanie to charakteryzuje się subiektywnie określonymi stanami nadmiernego zmęczenia, dyskomfortu, sennaści, zaburzeniami równowagi, sprawności psychomotorycznej oraz zaburzeniami funkcji fizjologicznych. Obiektywnym potwierdzeniem tych stanów są zmiany w ośrodkowym układzie nerwowym, charakterystyczne dla obniżenia stanu czuwania [ISO 226:2003 – Acoustics – Normal equal-loudness-level contours].

4.1. Źródła infradźwięków

Źródła infradźwięków można podzielić na naturalne i sztuczne. Głównymi naturalnymi źródłami hałasu infradźwiękowego w środowisku są fale morskie, silny wiatr, trzęsienia ziemi, pioruny, duże wodospady oraz wulkany. Natomiast do podstawowych sztucznych źródeł hałasu infradźwiękowego w środowisku można zaliczyć: środki transportu drogowego, kolejowego, lotniczego i wodnego, drgania mostów, eksplozje, sprzęt agd, systemy kanalizacyjne, urządzenia chłodzące i ogrzewające powietrze, rurociągi, dźwigi, maszyny drogowe itd., a także elektrownie wiatrowe.

4.2. Ocena infradźwięków

Hałas infradźwiękowy w środowisku otwartym, w tym generowany pracą turbin wiatrowych, jest nieunormowany i nie posiada zdefiniowanych wskaźników do oceny jego szkodliwości dla ludzi. Brak uregulowań prawnych w tym zakresie dotyczy nie tylko Polski, ale także innych krajów Unii Europejskiej i krajów poza wspólnotowych. Taki stan rzeczy wynika z braku jednordownej metodyki badawczej oraz sposobów oceny infradźwięków w środowisku zewnętrznym. Wyjątek stanowią uregulowania prawne obowiązujące w Danii [Statutory Order Noise From Wind Turbine – The Danish Ministry of the Environment], w których przewidziano wykonywanie oceny hałasu infradźwiękowego na podstawie pomiarów i wyników przeprowadzonych obliczeń. Zgodnie z przyjętymi unormowaniami w celu dokonania oceny uciążliwości infradźwięków wyznacza się równoważny poziom dźwięku A w budynku na wysokości 1,5 m przy prędkości wiatru równej 8 m/s mierzony 10 m nad poziomem terenu. Przyjęta metodyka oceny opiera się o wartości poziomów mocy akustycznej wyznaczone na drodze pomiarowej, które zarejestrowano dla pasm tercjonowych w za-



kresie częstotliwości od 10 do 160 Hz. Wartości te wprowadza się następnie jako dane wejściowe do obliczeń poziomu dźwięku w danym punkcie odbioru. Zaproponowana metoda wyznaczania poziomu mocy akustycznej jest zgodna z istniejącą normą PN-EN 61400-11. Dlatego danymi wejściowymi do obliczeń mogą być wyniki pomiarów przeprowadzonych zgodnie z zapisami normy. Wartością kryterialną wykorzystywaną do oceny jest poziom 20 dB(A) wyznaczany w punkcie odbioru umieszczonym wewnątrz budynku. W zasięgu oddziaływania izofony 20 dB(A) nie mogą znajdować się tereny przeznaczone pod stały pobyt ludzi.

Zupełnie inaczej wygląda problem oceny hałasu infradźwiękowego na stanowisku pracy. Jego uciążliwość została dokładnie zbadana, opracowano sposoby jego oceny i określono wartości dopuszczalne. Hałas infradźwiękowy na stanowiskach pracy jest charakteryzowany przez równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwością G. W chwili obecnej podstawą do monitorowania i oceny narażenia na hałas infradźwiękowy na stanowiskach pracy i oceny ryzyka zawodowego związanego z tym czynnikiem jest 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 r., nr 169, poz. 1650 ze zm.) oraz normy PN-Z-01338, PN-ISO 9612 i PN-ISO 7196 [Moller H., Pedersen Ch. S., Low-frequency noise from large].

Wielkości wartości dopuszczalnych określonych w normie PN-Z-01338 [PN-Z 01338:2010, Akustyka – Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy] są następujące:

- równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową G odniesiony do 8-godzinnej dnia pracy lub tygodnia pracy: 102 dB;
- równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową G w czasie pobytu pracownika na stanowisku do wykonywania prac koncepcyjnych wymagających szczególnej koncentracji uwagi: 86 dB.

Prezentowane w normie wartości zostały przyjęte z uwzględnieniem obecnego stanu wiedzy na temat skutków oddziaływania infradźwięków na organizm człowieka.

W normie zrezygnowano z określenia wartości maksymalnych i szczytowych obowiązujących wcześniej w rozporządzeniu.



4.3. Infradźwięki generowane przez turbiny wiatrowe

W artykułach naukowych [Bellhose G., oraz Stryjecki M., Mielniczuk K., Ellenbogen J.M., Grace S., Heigher-Bernays W., Maxwell J.F., Mills D.], których tematyka dotyczy problemu hałasu infradźwiękowego powstającego podczas pracy nowoczesnych turbin wiatrowych uzyskiwane wartości poziomu ciśnienia akustycznego są mniejsze lub porównywalne do rezultatów uzyskiwanych w paśmie słyszalnym (powyżej 20 Hz).

Poziom emisji infradźwięków jest na tyle mały, że jest praktycznie nieodczuwalny nawet bezpośrednio w pobliżu turbiny.

W zakresie słyszalnym, poziom mocy akustycznej turbin wiatrowych dużej mocy mieści się w zakresie od 100 do 110 dB(A). Aby hałas infradźwiękowy był odczuwalny w odległości 300 m od źródła, poziom jego mocy akustycznej powinien wynosić co najmniej 145 dB dla częstotliwości 10 Hz i odpowiednio większą wartość dla niższych częstotliwości lub dla większych zasięgów. Na podstawie informacji zawartych w artykułach naukowych można stwierdzić, że turbiny wiatrowe generują infradźwięki o poziomach nie przekraczających wartości 140 dB [Moller H., Pedersen Ch. S.].

Na podstawie informacji zawartych w specyfikacjach technicznych podawanych przez producentów turbin wiatrowych można stwierdzić, że średni poziom mocy akustycznej typowej turbiny wiatrowej dużej mocy dla tercji 16 Hz wynosi mniej niż 110 dB przy prędkości wiatru 10 m/s.

Oznacza to, że poziom infradźwięków już w odległości 100 m będzie się wahał w zakresie 50-55 dB, co jest znacznie poniżej progu percepcji wynoszącego 85 dB.

Częstotliwości mniejsze niż 16 Hz posiadają jeszcze wyższy próg percepcji i wymagają źródeł o znacznie większych poziomach mocy akustycznej. Dlatego poziom ciśnienia dźwięku generowany przez turbiny wiatrowe dla bardzo małych częstotliwości infradźwiękowych (<16 Hz) jest znacznie mniejszy od progu percepcji dla tych częstotliwości. Zgodnie z polską normą PN ISO 7196 infradźwięki o poziomie 90 dBG i mniejszym są przez większość ludzi niewyczuwalne [www.ciop.pl/6541.html].



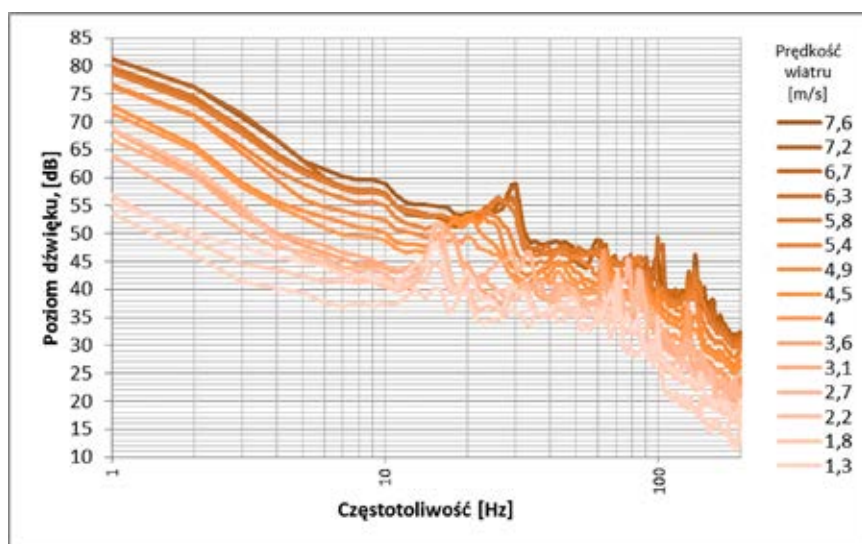
Potwierdzeniem powyższych stwierdzeń są pomiary przeprowadzone przez Autorów przy turbinie wiatrowej, wchodzącej w skład nowo oddanej do użytkowania farmy wiatrowej składającej się z 15 jednakowych turbin, o sumarycznej mocy elektrycznej 30 MW [Statutory Order Noise From Wind Turbine – The Danish Ministry of the Environment]. Podczas wykonanych pomiarów określono poziom hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego dla różnych prędkości wiatru z przedziału od 1,3 m/s do 7,6 m/s. W żadnym z pomiarów poziom hałasu infradźwiękowego, mierzony liniowo, bez jakichkolwiek krzywych ważenia oraz ważony krzywą G, nie przekraczał poziomu 86 dB, a dla większości częstotliwości był znacznie mniejszy. Uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 12 i 13.

Dla badanej turbiny uzyskano poziomy dźwięku dużo poniżej wartości progowych, powyżej których byłyby one szkodliwe dla człowieka. Po zastosowaniu krzywej ważenia G, która stworzona została do oceny percepcji infradźwięków przez człowieka, mierzone wartości są jeszcze mniejsze i w żadnym miejscu nie zbliżają się nawet do poziomów kryterialnych.

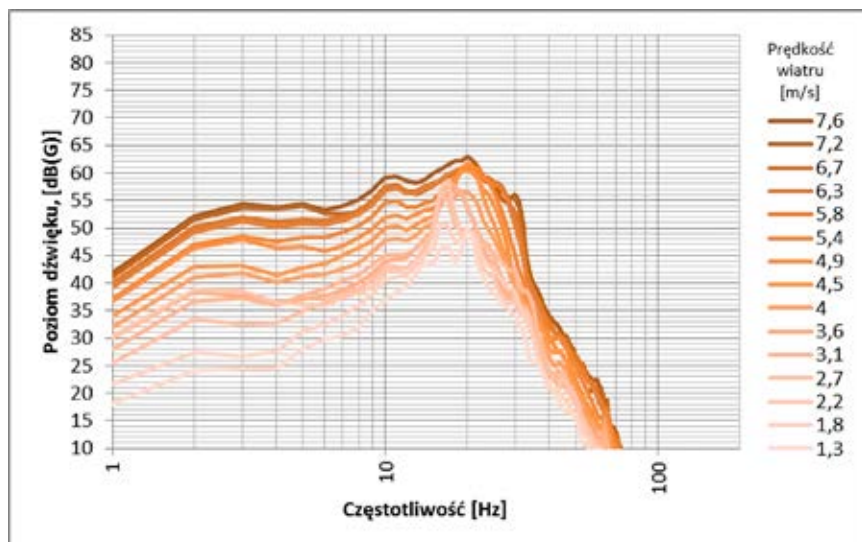
Należy podkreślić, że Autorzy przeprowadzili szereg pomiarów sygnałów niskiej częstotliwości i infradźwiękowych emitowanych przez turbiny wiatrowe różnych mocy, typów i o różnym czasie eksploatacji, które były prezentowane m.in. [Malec T., Boczar T., Wotzka D.].

Na podstawie uzyskanych wyników oraz informacji zawartych w artykułach naukowych i prezentowanych w referatach konferencyjnych można stwierdzić, że generowany przez elektrownie wiatrowe hałas o składowych infradźwiękowych jest poniżej progu ludzkiej percepcji (86 dB(G)) na obszarach, gdzie najczęściej występuje zabudowa mieszkaniowa.





Rys. 12. Przebiegi widm amplitudowych sygnałów akustycznych niskiej częstotliwości generowanych przez turbinę wiatrową o mocy 2 MW, które wyznaczono porównawczo dla różnych prędkości wiatru – wykres bez krzywych ważenia [Statutory Order Noise From Wind Turbine – The Danish Ministry of the Environment]



Rys. 13. Przebiegi widm amplitudowych sygnałów akustycznych niskiej częstotliwości generowanych przez turbinę wiatrową o mocy 2 MW, które wyznaczono porównawczo dla różnych prędkości wiatru – wykres ważony krzywą G (opracowanie własne).



5. Podsumowanie

- Hałas turbin wiatrowych nie różni się od innych już istniejących źródeł hałasu. W celu dokładnego określenia jego wielkości oraz oceny czy może on stanowić uciążliwość dla ludzi, na etapie projektowania farmy wiatrowej oraz podczas jej eksploatacji, przeprowadza się szereg prognoz i badań, zgodnie z obowiązującym prawem i stanem wiedzy w zakresie akustyki.
- Jak wykazują badania istniejących instalacji, poziom hałasu wokół farm wiatrowych nie przekracza dopuszczalnych poziomów, których wartość regulują przepisy prawne. Jednocześnie rzeczywiste oddziaływanie, z racji asekuracyjnego podejścia na etapie planowania farmy wiatrowej, jest zazwyczaj poniżej oddziaływania prognozowanego obliczanego dla maksymalnych parametrów pracy turbin wiatrowych.
- W przypadku turbin wiatrowych, których maksymalne wymiary źródła hałasu dochodzą do 140 m (średnica rotora), a odległość najbliższych terenów mieszkalnych jest w większości przypadków większa niż 300 m, spełnione są warunki umożliwiające zastąpienie turbiny wiatrowej punktowym źródłem hałasu.
- W przypadku turbin wiatrowych najistotniejszymi elementami propagacji jest zjawisko tłumienia przez powietrze i powierzchnię gruntu, a także warunki meteorologiczne, ponieważ tłumienia te mają decydujący wpływ na poziom ciśnienia akustycznego w punkcie odbioru.
- Współczynnik pochłaniania gruntu G , należy przyjmować zgodnie z faktycznym zagospodarowaniem terenu, w oparciu o istniejący stan wiedzy opisujący chłonność akustyczną oraz wytyczne przyjmowane w innych ocenach akustycznych. Większość planowanych i już istniejących farm wiatrowych zlokalizowanych jest na terenach pozamiejskich, na których dominują grunty o właściwościach pochłaniających, z wskaźnikiem G bliskim 1.
- W praktyce należy dążyć do tego, aby w trakcie pomiarów średnia prędkość wiatru mierzona zgodnie z metodyką zbliżała się do 5 m/s, ponieważ przy tej prędkości na wysokości gondoli wiatry osiągały prędkość dochodzącą do 10 m/s. Przy tej prędkości nowoczesne turbiny wiatrowe osiągają optymalną wydajność pracy, przy której



- występuje generacja hałasu charakteryzującego się maksymalnym poziomem mocy akustycznej.
- Na podstawie informacji zawartych w specyfikacjach technicznych podawanych przez producentów turbin wiatrowych można stwierdzić, że średni poziom mocy akustycznej typowej turbiny wiatrowej dużej mocy dla tercji 16 Hz wynosi mniej niż 110 dB przy prędkości wiatru 10 m/s. Oznacza to, że poziom infradźwięków już w odległości 100 m będzie się wahał w zakresie 50-55 dB, co jest znacznie poniżej progu percepcji wynoszącego 85 dB.
 - Na podstawie uzyskanych wyników oraz informacji zawartych w artykułach naukowych i prezentowanych w referatach konferencyjnych można stwierdzić, że generowany przez elektrownie wiatrowe hałas o składowych infradźwiękowych jest poniżej progu ludzkiej percepcji (86 dB(G)) na obszarach, gdzie najczęściej występuje zabudowa mieszkaniowa.



PIŚMIENNICTWO





Wpływ energetyki wiatrowej na zdrowie człowieka

1. Alves-Pereira M., Branco NC., Industrial Wind Turbines, Infrasound and Vibro-Acoustic Disease (VAD). Center for Human Performance, 2007b.
2. Alves-Pereira M., Castelo Branco NAA. In-home Wind Turbine Noise is Conductive to Vibroacoustic Disease. In: Proceedings of the 2nd International Meeting on Wind Turbine Noise. 2007a Sep 20-21; Lyon, France.
3. Australian Government, National Health and Medical Research Council: Wind Turbines and Health: A Rapid Review of the Evidence. 2010.
4. AusWEA – The Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Field Implications for Wind Farming in Australia, Australian Wind Energy Association, 2004.
5. AWEA – Wind Turbines and Health, American Wind Energy Association, 2009.
6. Berglund B., Hassmen P., Sources and effects of low-frequency noise. J Acoust Soc Am 1996, 99:2985-3002.
7. Bolin K., Bluhm G., Eriksson G., & Nilsson M. E. Infrasound and low frequency noise from wind turbines: Exposure and health effects. Environmental Research Letters 2011, 6(3), 1-6.
8. Bowling A., Barber J., Morris R., Ebrahim S., Do perceptions of neighbourhood environment influence health? Baseline findings from a British survey of aging. J Epidemiol Community Health 2006, 60:476-483.
9. CCA – Understanding the Evidence: Wind Turbine Noise. Council of Canadian Academies, 2015.
10. Chatham-Kent Public Health Unit: The Health Impact of Wind Turbines: A Review of the Current White, Grey and Published Literature. 2008. OpenURL
11. Chief Medical Officer of Health (CMOH), Report Ontario, May 2010.
12. Cizmowska A., Social Policy in the European Sustainable Development Strategy, in: Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development 2012, 7 (2): 51-59.



13. Colby WD., Dobie R., Leventhall G., et al. Wind Turbine Sound and Health Effects. An Expert Panel Review. American Wind Energy Association & Canadian Wind Energy Association 2009.
14. CWEA – Wind Turbines And Sound: Review And Best Practice Guidelines, Canadian Wind Energy Association, 2007.
15. Derrick A., Assessment of shadow flicker at Ytterberg wind farm, RES 2008.
16. Devine-Wright P., Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy. *Wind Energy* 2005, 8:125-139.
17. DTI – Wind power: environmental and safety issues, Department of Trade and Industry, 2001.
18. Evans G.W., Cohen S., Environmental stress, in: *Handbook of Environmental Psychology*, ed. Stokols D., Altman I., Wiley-Interscience Publication John Wiley&Sons, New York 1987: 571-610.
19. EWEA – Wind Energy Factsheets, European Wind Energy Association, 2010.
20. Folmer RL, Griest SE: Tinnitus and Insomnia. *Am J Otolaryngol* 2000, 21:287-293.
21. Gillis L., Krogh C., Kouwen N., A self-reporting survey: adverse health effects with industrial wind turbines and the need for vigilance., *WindVOiCe: Wind Vigilance for Ontario Communities*; London 2009.
22. Guyatt GH., Oxman AD., Vist GE., Kunz R., Falck-Ytter Y., Alonso-Coello P., Schünemann HJ., GRADE Working Group. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendation. *BMJ*. 2008; 336(7651): 924-926.
23. Hanning C., Nissenbaum Selection of outcome measures in assessing sleep disturbance from wind turbine noise. Fourth International Meeting on Wind Turbine Noise, Rome Italy 12-14 April 2011
24. Hanning C., Sleep disturbance and wind noise <http://docs.wind-watch.org/Hanning-sleep-disturbance-wind-turbine-noise.pdf>



25. Hanning C., Wind Turbine Noise, Sleep And Health
http://www.acousticecology.org/wind/winddocs/health/Hanning%202010_Wind%20turbine%20noise%20sleep%20and%20health%20November%202010.pdf
26. Hanning CD, Evans A., Wind Turbine Noise. *BMJ*. 2012 Mar 8;344:e1527. doi: 10.1136/bmj.e1527.
27. Harding P., Wilkins A., Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them. *Epilepsia* 2008, 49:1095-98.
28. Hellweg RD., Lampeter R., Response to Wind Turbine-Syndrome, NextEra Energy Resources, LLC, 2009.
29. Henningsen P., Priebe S., New environmental illnesses: What are their characteristics? *Psychother Psychosom* 2003, 72:231-234.
30. Hoedl E., Europe 2020 Strategy and European Recovery, in: *Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development* 2011; 6, 2: 11-18.
31. Hoedl E., Europe 2020 Strategy and European Recovery, in: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development* 2011, 6 (2): 11-18.
32. Jakobsen J., Infrasound emission from wind turbines. *J Low Freq Noise Vib Active Contr* 2005; 24, 3: 145-155.
33. Kåsin, J.I., Kjellelland, T.O., Kjekshus, J., Nesheim, G.B., & Wagstaff, A. CT examination of the pericardium and lungs in helicopter pilots exposed to vibration and noise. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 2012, 83(9): 858-864.
34. Keith SE, Michaud DS, Bly SHP., A proposal for evaluating the potential health effects of wind turbine noise for projects under the Canadian Environmental Assessment, in: *Act. J Low Freq Noise Vib Active Control*. 2008; 27, 4: 253-265.
35. Keith SE, Michaud DS, Bly SHP: A proposal for evaluating the potential health effects of wind turbine noise for projects under the Canadian Environmental Assessment Act. *J Low Freq Noise V A* 2008, 27:253-265.
36. Krogh C., Gillis L., Kouwen N., Bramini J., WindVOiCe, a Self-Reporting Survey Vigilance Monitoring: Adverse Health Effects, Industrial Wind Turbines, and the Need for *Bulletin of Science Technology & Society* 2011 31: 334.



37. Kryter K., The effects of noise on man. 1970 ed. New York: Academic Press, 207-265, 487-582
38. Kurpas D., Mroczek B., Karakiewicz B., Kassolik K., Andrzejewski W., Health impact of wind farms. *Ann Agric Environ Med.* 2013;20(3):595-604.
39. Kurpas D., Bariery akceptacji społecznej-analiza konsultacji społecznych, in: *Człowiek-zdrowie-środowisko. Materiały konferencyjne X Międzynarodowej Konferencji Naukowej PTMS*, Szczecin 2011, Continuo, Wrocław 2011, p. 33-34.
40. Langbauer WR., Elephant Communication. *Zoo Biol* 2000, 19:425-445.
41. Leventhall G., Benton S., Robertson D., Coping strategies for low frequency noise. *J Low Freq Noise V A* 2008, 27:35-52.
42. Leventhall G., Pelmear P., Benton S., A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, UK; 2003.
43. Leventhall G., Infrasound from wind turbines – fact, fiction or deception? *Can Acoust* 2006, 34:29-36.
44. Minnesota Department of Health Environmental Health Division: Public Health Impacts of Wind Turbines. 2009.
45. Møller M., Pedersen C., Low frequency noise from large wind turbines. *J Acoust Soc Am* 2010;129: 3727-44.
46. Moorhouse A., Hayes M., von Hünenbein S., Piper B., Adams M., Research into aerodynamic modulation of wind turbine noise: final report. Department for Environment, Food and Rural Affairs – Defra, Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform – BERR, Department for Communities and Local Government – CLG, 2007.
47. Mroczek B., Banaś J., Machowska-Szewczyk M., Kurpas D., Evaluation of Quality of Life of Those Living near a Wind Farm. *Int J Environ Res Public Health.* 2015;12(6):6066-83.
48. Mroczek B., Kurpas D., Karakiewicz B., Quality of life assessment of inhabitants of villages located in the vicinity of wind farms. *EJPH* 2012a; 22, supp 2: 243.
49. Mroczek B., Kurpas D., Karakiewicz B., Influence of distances between places of residence and wind farms on the quality of life in nearby areas. *Ann Agric Environ Med.* 2012b;19(4):692-6.



50. Mroczek B., Kurpas D., Klera M., Sustainable Development and Wind Farms. *Problemy Ekorozwoju* 05/2013; 8(2):113-122.
51. Mroczek B., Karakiewicz B., Brodowski J., Rotter I., Żułtak-Bączkowska K.: Zdrowie subiektywne i zachowania zdrowotne dorosłych mieszkańców miejscowości położonych w pobliżu farm wiatrowych w Polsce. *Medycyna Środowiskowa* 2010; 13(2): 32-39.
52. Mroczek B., Mity, przekonania i stereotypy na temat farm wiatrowych w opinii dorosłych mieszkańców miejscowości położonych w pobliżu farm wiatrowych, in: *Człowiek i środowisko. Świadomość i akceptacja społeczna*, ed. Mroczek B., Continuo, Wrocław 2011: 41-56.
53. Nissenbaum M., Aramini J., Hanning C., Adverse health effects of industrial wind turbines: a preliminary report. *Proceedings of 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN)*, 2011, London, UK. Curran Associates, 2011.
54. Onakpoya I.J., Sullivan J., Thompson M.J., Heneghan, C.J., The effect of wind turbine noise on sleep and quality of life: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Environ. Int.* 2015, 82, 1-9.
55. O'Neal RD., Hellweg Jr, Lampeter RM., Low frequency noise and infrasound from wind turbines. *Noise Control Eng J* 2011, 59:135-157.
56. Pawlas K., Wpływ infradźwięków i hałasu o niskich częstotliwościach na człowieka, w: *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 2009; 2, 60: 27-64.
57. Pawłowski A., 2009, Sustainable energy as a sine qua non condition for the achievement of sustainable development, in: *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, vol. 4, no 2p. 9-12.
58. Pedersen E., Hallberg LR-M, Wayne KP., Living in the vicinity of wind turbines: a grounded theory study. *Qual Res Psychol.* 2007; 4, 1-2: 49-63.
59. Pedersen E., Larsman P., The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines. *J Environ Psychol.* 2008; 28, 4: 379-389.



60. Pedersen E., van den Berg F., Bakker R., Bouma J., Can road traffic mask sound from wind turbines? Response to wind turbine sound at different levels of road traffic sound. *Energy Policy* 2010;38:2520-7.
61. Pedersen E., Van Den Berg F., Bakker R., Bouma J., Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *J Acoust Soc Am.* 2009; 126, 2:634-43.
62. Pedersen E., Waye K., Perception and annoyance due to wind turbine noise – a dose-response relationship. *J Acoust Soc Am* 2004;116:3460-70.
63. Pedersen E., Waye K., Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. *Occup Environ Med.* 2007; 64, 7: 480-6.
64. Pedersen E., Waye K., Wind turbines: low level noise sources interfering with restoration? *Environ Res Lett.* 2008; 3:015002.
65. Pedersen E., Waye KP., Perception and annoyance due to wind turbine noise – a dose-response relationship. *J Acoust Soc Am.* 2004; 116, 6: 3460-70.
66. Pedersen E., Noise annoyance from wind turbines – a review Swedish Environmental Protection Agency Report 5308, 2003.
67. Pedersen E., Health aspects associated with wind turbine noise--Results from three field studies. *Noise Control Eng J* 2011, 59:47-53.
68. Pieńkowski D., The Jevons Effect and the Consumption of Energy in the European Union, in: *Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development* 2012, 7 (1): 105-116.
69. Pierpont N., Wind Turbine Syndrome, 2009 (Draft Pre-publication).
70. Ramakrishnan R., (Aiolos Engineering Corporation). Wind turbine facilities noise issues. Toronto: Queen's Printer for Ontario, 2007.
71. Raport 2004, Energy, Sustainable Development and Health. EUR/04/5046267/BD/8; World Health Organization (WHO) Europe (2004) Energy, sustainable development and health. Background document. Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, Hungary, 23-25 June 2004. EUR/04/5046267/BD/8, www.visventi.org.pl/.../raporty?...raport-energy-s (11.11.2012).



72. Raport, 2012. Energetyka wiatrowa w Polsce TPA Horvath, 100 pp. http://www.tpa-horvath.pl/upload/2012-energetyka_wiatrowa.pdf
73. Renewable UK 2010. Wind Turbine Syndrome (WTS) An independent review of the state of knowledge about the alleged health condition Health and Safety Briefing <http://www.bwea.com/ref/reports-and-studies.html>
74. Rogers AL., Manwell JF., Wright S., Wind turbine acoustic noise. Renewable Energy Research Laboratory, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Massachusetts at Amherst, 2006.
75. Salt A., Kallenbach J., Infrasound From Wind Turbines Could Affect Humans Bulletin of Science Technology & Society 2011a 31: 296
76. Salt A., Hullar TE., Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines Hear Res 2010, 268, 12-21
77. Salt, A.N., Lichtenhan J., Responses of the inner ear to infrasound. IVth International Meeting on Turbine Noise. Rome 2011b
78. Shadow flicker analysis, Vermont Environmental Research Associates, 2006.
79. Shargorodsky J., Curhan GC., Farwell WR., Prevalence and Characteristics of Tinnitus among US Adults. Am J Med 2010, 123:711-718.
80. Shepherd D., McBride D., Welch D., Dirks K., Hill E., Evaluating the impact of wind turbine noise on health related quality of life. Noise Health 2011;13:333-9.
81. Smedley ARD., Webb AR., Wilkins AJ., Potential of wind turbines to elicit seizures under various meteorological conditions. Epilepsia 2010, 51:1146-1151.
82. Stepanow V., Biological effects of low frequency acoustic oscillations and their hygienic regulation – final report State Research Center Moskwa 2001
83. Sztompka P., Zaufanie – fundament społeczeństwa, Wydawnictwo Znak, Kraków 2007.
84. Tazaki M., Landlaw K., Behavioural mechanisms and cognitive-behavioural interventions of somatoform disorders. Int Rev Psychiatr 2006, 18:67-73



85. Todd NPM., Rosengren SM., Govender S., Colebatch JG., Low-frequency tuning in the human vestibular-ocular projection is determined by both peripheral and central mechanisms. *Neurosci Lett.* 2009; 458: 43–47.
86. Van den Berg G., Pedersen E., Bouma J., Bakker R., Project WINDFARM perception. Visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents. FP6-2005-Science-and-Society-20. Specific support action project no 044628, 2008. www.rug.nl/wewi/deWetenschapswinkels/natuurkunde/publicaties/WFp-final-1.pdf.
87. Van den Berg GP., Effects of the wind profile at night on wind turbine sound. *J Sound Vib.* 2004; 277, 4-5: 955-970.
88. Wiśniewski G., Michałowska-Knapp K., Wizja rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce do 2020 r., in: *Czysta Energia* 2010, 4 (104): 24-28.
89. Wolsink M., Wind power and the NIMBY- myth: institutional capacity and the limited significance of public support. *Renewable Energy* 2000, 21: 49-64
90. World Health Organization (WHO): Fourth Ministerial Conference on Environment and Health. Energy, Sustainable Development and Health; 2004.
91. World Health Organization Europe: Night Noise Guidelines for Europe. 2009. ISBN 978 92 890 4173 7
92. World Health Organization. Occupational and community noise. Fact sheet no. 258. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2001.
93. Yuan H., Long H., Liu J., Qu L., Chen J., Mou X., Effects of infrasound on hippocampus-dependent learning and memory in rats and some underlying mechanisms. *Environ Toxicol Pharm* 2009, 28:243-247.



Wpływ farm wiatrowych na ptaki

1. Głowaciński Z., Polska czerwona księga zwierząt. Kręgowce. PWRiL, Warszawa, 2001.
2. Kiesecker JM. i in., Win-win for wind and wildlife: a vision to facilitate sustainable development. *PLoS One* 6: e17566, 2011.
3. Kustusch K. i in., Ptaki i napowietrzne linie elektroenergetyczne. Rodzaje oddziaływań, ich przyczyny i znaczenie dla populacji ptasich. *Ornis Polonica* 54: 257–278, 2013.
4. Loss SR. i in., Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46: 99–120, 2015.
5. Marques AT. i in., Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation* 179: 40–52, 2014.
6. Northrup JM., Wittemyer G., Characterising the impacts of emerging energy development on wildlife, with an eye towards mitigation. *Ecology Letters* 16: 112–125, 2013.
7. Schuster E. i in., Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects. *Environmental Management* 56: 300–331, 2015.
8. Sikora A. i in., Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985 – 2004. Bogucki Wyd. Nauk. Poznań, 2007.
9. Sovacool BK., The avian benefits of wind energy: A 2009 update. *Renewable Energy* 49: 19–24, 2013.
10. Tryjanowski P., Zintegrowany monitoring populacji ptaków krajobrazu rolniczego w Polsce – propozycja badań. *Przegląd Przyrodniczy* 6, 3–4: 177–184, 1995.
11. Tryjanowski P. i in., Ekologia ptaków krajobrazu rolniczego. Bogucki Wyd. Nauk. Poznań, 2009.
12. Wuczyński A., Wpływ farm wiatrowych na ptaki. Rodzaje oddziaływań, ich znaczenie dla populacji ptasich i praktyka badań w Polsce. *Notatki ornitologiczne* 50: 206–227, 2009.



Oddziaływanie elektrowni wiatrowych na krajobraz

1. Badora K., Dobra praktyka w ocenach oddziaływania elektrowni wiatrowych na krajobraz na przykładzie województwa opolskiego. [w:] Dobre praktyki w rozwoju Odnawialnych Źródeł Energii w Polsce. Dolnośląska Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania, Polkowice: 15-29, 2010a.
2. Badora K., Lokalizacja farm wiatrowych w południowej części województwa opolskiego, a uwarunkowania przyrodniczo-krajobrazowe. Inżynieria Ekologiczna 23: 97-107, 2010b.
3. Badora K., Ocena wpływu farm wiatrowych na krajobraz – aspekty metodyczne i praktyczne. Problemy Ekologii Krajobrazu 31: 12-20, 2011.
4. Badora K., Farmy wiatrowe jako elementy determinujące strukturę i funkcjonowanie krajobrazu wiejskiego. Wind Farms as Elements that Determine the Structure and Function of Rural Landscapes. Architektura Krajobrazu 38.2: 109-118, 2013.
5. Badora K., Badanie społecznej percepcji krajobrazu jako podstawa oceny predyspozycji przestrzeni geograficznej do lokalizacji farm wiatrowych. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego 25: 15-24, 2014a.
6. Badora K., Elektrownie wiatrowe jako źródła konfliktów w krajobrazie. [w:] Kołodziejczyk K., Chylińska D., Zaręba A., (red.) Krajobraz jako nośnik idei. Ujęcie analityczne. Studia krajobrazowe t.4B. UWr. Wrocław: 213-222, 2014b.
7. Benas R., Visual Impacts Assesment, the Eastern Experience. [in:] Technical Cansiderations in Siting Wind Developments: NWCC Research Meeting, Dec. 1-2, 2005. Washington, D.C.: 6-8, 2006.
8. Burton T., Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E., Wind energy handbook, Wiley&Sons, Chichester, 2001.
9. Cumulative Effects of Wind farms. 2005. Scottish Natural Heritage.
10. Degórski M. (red.), Energetyka wiatrowa w kontekście ochrony krajobrazu przyrodniczego i kulturowego w województwie kujawsko-pomorskim. IGIPZ Warszawa, 2012.



11. Europejska Konwencja Krajobrazowa (Dz.U. 2006, nr 14, poz. 98).
12. Gipe P., Wind Power: Renewable Energy for Home, Farm, and Business. Chelsea Green Publishing Company, Vermont, 2004.
13. Gipe P., Wind energy basics: A guide to home – and community-scale wind energy systems. Second Edition, Chelsea Green Publishing Company, Vermont, 2009.
14. Guidelines for landscape and visual impact assessment, 2002, Second Edition, Landscape Institute and Institute of Environmental Management and Assessment, Spon Press.
15. Hau E., Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics. Second Edition, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, 2006.
16. Hecklau J., Visual Characteristics of Wind Turbines. [in:] Technical Considerations in Siting Wind Developments: NWCC Research Meeting, Dec. 1-2, 2005. Washington, D.C.: 12-14, 2006.
17. Hurtado, J.P., Fernandez, J., Parrondo, J.L., Blanco, E., Spanish method of visual impact evaluation in wind farms. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8: 483–491, 2003.
18. Kistowski M., Propozycja metodyczna oceny środowiskowych uwarunkowań lokalizacji farm wiatrowych w skali regionalnej. Przegląd Geograficzny 84.1: 5-22, 2012.
19. Landscape Character Assessment. Guidance. 2002. Scottish Natural Heritage guidance on visual representation. Scottish Natural Heritage.
20. Malczyk T., Antropopresja ekoenergetyczna w procesie zmiany krajobrazu wybranych farm wiatrowych w Polsce. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, 2013a.
21. Malczyk T., Farmy wiatrowe w krajobrazie wsi dolnośląskich. Architektura Krajobrazu 38.2:4-17, 2013b.
22. Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers AL., Wind Energy Explained, Theory, Design and Application. Second Edition, Wiley&Sons, Chichester, 2009.
23. Mathew S., Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, 2006.



24. Metodický navod k vyhodnocení možnosti umístění větrných (VTE) a fotovoltaických (FTE) elektráren s hlediska ochrany přírody a krajiny. Věstník MZP 11/2009.
25. Mroczek B. red., Akceptacja dorosłych Polaków dla energetyki wiatrowej i innych odnawialnych źródeł energii (streszczenie raportu). PSEW, 2011.
26. Myga-Piątek U., Spór o pojęcie krajobrazu w geografii i dziedzinach pokrewnych. Przegląd Geograficzny 73.1-2. 163-176, 2001.
27. Nelson V., Wind Energy: Renewable Energy and the Environment. CRC Press, 2009.
28. Niecikowski K., Kistowski M., Uwarunkowania i perspektywy rozwoju energetyki wiatrowej na przykładzie strefy pobraży i wód przybrzeżnych województwa pomorskiego. Gdańsk, 2008.
29. Nohl W., Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch Mastenartige Eingriffe. Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsermittlung, 1993.
30. Nohl W., Landschaftsästhetische Auswirkungen von Windkraftanlagen. Schöne Heimat – Erbe und Auftrag. Bayrischer Landesverein für Heimatpflege e.V. 99. Jahrgang. 2010/Heft 1, 2010.
31. Pasqualetti M., Visual Impacts Overview. [in:] Technical Considerations in Siting Wind Developments: NWCC Research Meeting, Dec. 1-2, 2005. Washington, D.C.: 2, 2006.
32. Pasqualetti M.J., Gipe P., Richter R.W. (eds.), Wind power in view. Energy landscapes in a crowded World. Academic Press, London, 2002.
33. Priestley T., Visual impact assesment: practical issues and links to research. [in:] Technical Considerations in Siting Wind Developments: NWCC Research Meeting, Dec. 1-2, 2005. Washington, D.C.: 23-27, 2006.
34. Przewoźniak M., Oddziaływanie elektrowni wiatrowych na środowisko – zagadnienia socjologiczne, ekologiczne i krajo-
brazowe. [w:] II Konferencja „Rynek elektrowni wiatrowych w Polsce”. PSEW.:214-224, 2007.
35. Raport Wizja rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce do 2020 r. Podsumowanie., 2010, PSEW Szczecin.



36. Raport z badania energetyki wiatrowej w opinii publicznej., Centrum Badań Marketingowych INDICATOR, 2015.
37. Siting and Designing Wind Farms in the Landscape. 2009. Scottish Natural Heritage.
38. Sowińska-Świerkosz B., Chmielewski T.J., Pawlas A., Prognoza presji projektowanych siłowni wiatrowych na fizjonomię krajobrazu Wyżyny Lubelskiej. *Problemy Ekologii Krajobrazu* 35: 55-63, 2013.
39. Stankovic S., Campbell N., Harries A., *Urban Wind Energy*. Earthscan, London, 2009.
40. State siting and permitting of wind energy facilities., National Wind Coordinating Committee, 2006.
41. Stryjecki M., Mielniczuk K., *Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływania na środowisko farm wiatrowych*. GDOŚ Warszawa, 2011.
42. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 o ochronie przyrody. Tekst jednolity Dz.U. 2015, poz 1651.
43. Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami. (tekst jednolity Dz.U. 2014, poz. 1446).
44. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (tekst jednolity Dz.U. 2015, poz. 199)
45. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (tekst jednolity Dz.U. 2013, poz 1235, z późn. zmianami)
46. Vissering J. i in, *Visual impact assessment process for wind energy projects*. Clean Energy State Alliance, 2011.
47. *Visual assessment of windfarms: best practice*, 2002, University of Newcastle, SHN Commissioned Report F01AA303A.
48. *Visual representation of windfarms good practice guidance*, 2006, Scottish Natural Heritage.
49. Wolsink M., *Wind power implementation: the nature and public attitudes: equity and fairness instead of "backyard motives"*. *Renewable Sustainable Energy Review* 11: 1188-1207, 2007.



Ocena oddziaływania hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe – charakterystyka zjawiska

1. <http://www.ciop.pl>
2. <http://www.bksv.com>
3. <http://clf/org/orginal>
4. PN-EN 61400-11:2013-07 Turbozespoły wiatrowe – Część 11: Procedury pomiaru hałasu.
5. J. S. Lamancusa, „Engineering Noise Control – 10. Outdoor Sound Propagation”, <http://www.me.psu.edu/lamancusa/me458/> (czerwiec, 2013).
6. Wind Turbine Amplitude Modulation: Research to Improve Understanding as to its Cause and Effects, www.renewableUK.com, December 2013.
7. T. F. W. Embleton, Tutorial on Sound Propagation Outdoors, J. Acoust. Soc. Am., 100, 3147 (1996).
8. Gołębiewski R., Simple Methods for Determination of the Acoustical Properties of Ground Surfaces, Archive of Acoustics, 32, 4, 827-837, 2007.
9. Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure; European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Version 2, 13th January 2006.
10. Ministry of the Environment.: Noise Guidelines for Wind Farms. Interpretation for Applying MOE NPC Publications to Wind Power Generation Facilities, Ontario, October 2008.
11. Ministry of the Environment.: Noise Guidelines for Wind Farms. Interpretation for Applying MOE NPC Publications to Wind Power Generation Facilities, Ontario, October 2008.
12. Guidelines On Design of Noise Barriers; Barriers Environmental Protection Department Highways Department Government of the Hong Kong SAR Second Issue, January 2003.
13. PN-ISO 9613-2:2002 Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Ogólna metoda obliczania
14. ISO 226:2003 – Acoustics – Normal equal-loudness-level contours



15. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Izofona>
16. ANSI Standards S1.4-1983 and S1.42-2001
17. PN-ISO 7196:2002 Akustyka – Charakterystyka częstotliwościowa filtru do pomiarów infradźwięków.
18. Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, (Dz.U. 2014 poz. 112).
19. A.L. Rogers, J.F. Manwell, S. Wrigth, Wind Turbine Acoustic Noise – A white paper, Renewable Energy Research Laboratory Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Massachusetts at Amherst, 2006.
20. <http://www.ciop.pl/6541.html>; styczeń 2011.
21. Statutory Order Noise From Wind Turbine (Translations of Statutory Order no. 1284 of 15 December 2011) – The Danish Ministry of the Environment.
22. PN-Z 01338:2010, Akustyka – Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy.
23. Bellhose G., Low frequency noise and infrasound from wind turbine generators: A literature review, Energy Efficiency and Conservation Authority, styczeń 2004.
24. Stryjecki M., Mielniczuk K., Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływań na środowisko farm wiatrowych, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2011.
25. Ellenbogen J.M, Grace S., Heigher-Bernays W.J., Maxwell J.F., Mills D. A., Sullivan K. A., Wesskopf M. G., Studium wpływu turbin wiatrowych na zdrowie. Sprawozdanie panelu niezależnych specjalistów, Departament Ochrony Środowiska Stanu Massachusetts, styczeń 2012.
26. Boczar T., Malec T., Wotzka D., Studies on Infrasound Noise Emitted by Wind Turbines of Large Power, Acta Physica Polonica A, November 2012, vol. 122, No. 5.
27. Dobrucki A., Bogusz B., Oddziaływanie infradźwięków emitowanych przez elektrownie wiatrowe na człowieka, Materiały XLI Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, Gliwice-Szczyrk, 2012.



28. Moller H., Pedersen Ch. S., Low-frequency noise from large wind turbines, J. Acoust. Soc. Am. 129 (6), June 2011.
29. Malec T., Boczar T., Wotzka D., Analiza porównawcza hałasu infradźwiękowego emitowanego przez turbiny wiatrowe różnych mocy Pomiary Automatyka Kontrola, 2012, nr 9, s. 773-778



O AUTORACH







Dr hab. n. med.
Donata Kurpas
prof. nadzw.

Profesor nadzwyczajny Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu i Państwowej Medycznej Wyższej Szkoły Zawodowej w Opolu. Doktorat obroniła w 2003 r., specjalizację w zakresie medycyny rodzinnej ukończyła w 2005 r. W 2015 r. otrzymała Nagrodę Ministra Zdrowia I stopnia za osiągnięcia naukowe będące podstawą nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Autorka ponad 600 publikacji z zakresu zagadnień klinicznych, organizacji i ewaluacji opieki podstawowej (w tym opieki nad pacjentami chorymi przewlekle), zdrowia publicznego i medycyny środowiskowej. Brała udział w wielu projektach wielośrodkowych w kraju i za granicą. Recenzent Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Członek Zespołu interdyscyplinarnego do spraw Programu wspierania infrastruktury badawczej w ramach Funduszu Nauki i Technologii Polskiej (powołany przez MNiSzW), ekspert PARP (Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości). Redaktor naczelny kwartalnika „Puls Uczelni-Higher School’s Pulse” oraz kwartalnika „Family Medicine & Primary Care Review”. Redaktor Działów BMC Family Practice i Rural and Remote Health Journal Recenzent czasopism zagranicznych i krajowych. Brała czynny udział w ponad 40 konferencjach międzynarodowych i ponad 70 krajowych. Stypendystka Komisji Fulbrighta, Fundacji SOROS, EURACT, Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, Funduszu im. E. Niedźwirskiego. Kilkakrotnie nagradzana za działalność naukową i dydaktyczną przez JM Rektora Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu oraz JM Rektora PMWSZ w Opolu. Honorowy Obywatel Hrabstwa Roanoke, VA, USA oraz Honorowy Obywatel Miasta Roanoke, VA, USA. Ambassador Saint Francis Service Dogs (Roanoke, VA, USA).

Adres do korespondencji: Katedra i Zakład Medycyny Rodzinnej Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Syrokomli 1, 51-141 Wrocław, tel. +48 606 323 449, e-mail: dkurpas@hotmail.com.





**Prof. dr hab.
Piotr Tryjanowski**

Jest dyrektorem Instytutu Zoologii (Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu).

Praktycznie od dziecka interesuje się szerokim spektrum zagadnień związanych z ekologią, behawiorem i ewolucją. Dotychczasowe prace badawcze prowadził na różnych grupach ekologicznych i taksonomicznych, ale niewątpliwie najbliższe Jego sercu są ptaki środowisk rolniczych. Obecnie najintensywniej rozwija zainteresowania badawcze związane z następującymi zagadnieniami: ekologia populacji, synchronizacja zjawisk w środowisku, wybiórczość środowiskowa, wpływ klimatu na organizmy żywe, ekologia behawioralna. Materiały zebrane w trakcie realizacji prac naukowych popularyzuje, ale też wykorzystuje w sposób praktyczny, próbując zrozumieć wpływ człowieka na organizmy żywe. Stąd Jego zainteresowanie, poparte publikacjami, dotyczący wpływu energetyki, w tym farm wiatrowych na ptaki. W badaniach tych, twierdzi, że najważniejsze jest zachowanie cnoty umiaru, którą najłatwiej zdefiniować za św. Tomaszem z Akwinu: Chociaż piękno idzie w parze ze wszystkimi cnotami, ponad wszystko jednak przypisuje się je umiarkowaniu. Takie podejście pozwala zauważać, że człowiek to nie tylko negatywny czynnik środowiska przyrodniczego, ale też motor zmian środowiskowych, które – przynajmniej dla sporej części gatunków – mogą mieć pozytywny charakter.

Opublikował ponad 250 prac naukowych, z tego zdecydowaną większość w międzynarodowych czasopismach specjalistycznych. Był współautorem projektu „Wytocznych dotyczących oddziaływania elektrowni wiatrowych na ptaki” (GDOŚ, Warszawa 2011) Więcej informacji o badaniach naukowych prof. Tryjanowskiego, w tym PDF prac naukowych Czytelnik znajdzie tutaj: https://www.researchgate.net/profile/Piotr_Tryjanowski

Najchętniej spędza czas wolny spacerując i obserwując ptaki, bądź oddając się lekturze książek przy lampce dobrego wina.





Mgr Andrzej Łuczak

Ukończył studia na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Wrocławskiego oraz na podyplomowe na Wydziale Budownictwa Politechniki Wrocławskiej. Od 2006 r. prowadzi firmę doradczą ENINA, która zajmuje się obsługą podmiotów gospodarczych w zakresie ochrony środowiska i pomaga przeprowadzać procesy inwestycyjne. Jest autorem lub współautorem wielu raportów oddziaływania na środowisko planowanych inwestycji, w tym przynajmniej kilkudziesięciu raportów, monitoringów czy inwentaryzacji związanych z energetyką wiatrową. Lubi oglądać ptaki, a w ich poszukiwaniu przemierzył część Ameryki Północnej, część Europy oraz sporą część Afryki. Jest też współautorem artykułów ornitologicznych. Jest człowiekiem energicznym i zaraża swoją pozytywną energią innych. Jego mottem życiowym jest myśl Franciszka Bacon: „Mądry człowiek nie czeka na okazje – sam je stwarza”. Uwielbia świat biznesu i lubi stawiać czoło wyzwaniom. Wolny czas spędza ze swoimi synkami, którym próbuje zaszcześcić szacunek do przyrody.





Dr
Krzysztof Badora

Absolwent kierunku ochrona środowiska, geograf krajobrazu, fizjograf. Absolwent studiów podyplomowych z urbanistyki i planowania przestrzennego na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej. Pracownik Katedry Ochrony Powierzchni Ziemi Uniwersytetu Opolskiego. Autor i współautor ponad stu planów miejscowych, studiów gminnych, raportów oddziaływania na środowisko przedsięwzięć, planów ochrony, opracowań ekogizjograficznych i strategicznych prognoz. Autor kilkunastu publikacji z zakresu wpływu farm wiatrowych i innych przedsięwzięć na krajobraz i jego walory fizjonomiczne. W pracy naukowej zajmuje się badaniami struktury i funkcjonowania krajobrazu w aspekcie jego ochrony z uwzględnieniem zmian fizjonomicznych oraz ich percepcji. W badaniach ocen wpływu przedsięwzięć na krajobraz dokonuje prób syntezy dorobku kompleksowej geografii fizycznej i architektury krajobrazu, jako dwóch wiodących nurtów badań krajobrazowych. Członek Polskiej Asocjacji Ekologii Krajobrazu, Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG oraz Towarzystwa Urbanistów Polskich.

Adres do korespondencji: kbadora@uni.opole.pl





Prof. dr hab. inż. Tomasz Boczar

Od 1993 r. jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki (WEAiI) Politechniki Opolskiej w Opolu. Obecnie jest zatrudniony na stanowisku profesora zwyczajnego i od 2006 r. pełni funkcję kierownika katedry Wysokich Napięć. Autor lub współautor łącznie ponad 330 publikacji z zakresu szeroko pojętej elektrotechniki, informatyki, energetyki wiatrowej, odnawialnych źródeł energii i diagnostyki procesów przemysłowych. W tym 4 monografie autorskich, 2 monografie współautorskich, 3 książek, 1 skryptu, 7 rozdziałów w książkach i monografiach, 1 wykładu inauguracyjnego, ponad 50 artykułów w czasopismach z listy filadelfijskiej. Był redaktorem trzech monografii (jedna anglojęzyczna). Jego prace były ponad 120 razy cytowane w literaturze krajowej i światowej (indeks Hirscha: 10). Wypromował 7 doktorów w dyscyplinie naukowej elektrotechnika. Obecnie jest opiekunem naukowym 3 doktorantów. Pełnił funkcję prorektora ds. studenckich Politechniki Opolskiej w latach 2011–2012 i prodziekana do spraw organizacyjnych WEAiI w dwóch kadencjach: (2005–2008, 2008–2011).

Był kierownikiem lub głównym wykonawcą 21 projektów naukowo-badawczych finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, fundusze strukturalne Unii Europejskiej, Narodowe Centrum Nauki oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Dwukrotny stypendysta Towarzystwa Naukowego Warszawskiego i Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. Od 2012 r. Ekspert Polskiej Komisji Akredytacyjnej, rzeczoznawca i recenzent Ministerstwa Edukacji Narodowej do spraw programów nauczania dla zawodów i profili kształcenia ogólnozawodowego oraz podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach oraz w profilach kształcenia ogólnozawodowego.

Jego działalność naukowo-badawcza koncentruje się głównie wokół nieinwazyjnej diagnostyki układów izolacyjnych urządzeń elektroenergetycznych z wykorzystaniem metody emisji akustycznej i spektrofotometrii optycznej, odnawialnych źródeł energii, a w szczególności energetyki wiatrowej, pomiarów i analiz drgań wibroakustycznych, hałasów oraz infradźwięków, które towarzyszą pracy urządzeń elektroenergetycznych i turbin wiatrowych.





**Dr inż.
Tomasz Malec**

Jest absolwentem Politechniki Wrocławskiej, gdzie ukończył w 2008 r. studia magisterskie na kierunku elektronika o specjalności akustyka. W trakcie studiów był aktywnym członkiem koła naukowego Audio Enegineering Society (AES), z którym brał udział w dwóch międzynarodowych konferencjach (Paryż, Wiedeń). Jego praca magisterska dotyczyła badań skuteczności drogowych ekranów akustycznych dla różnych warunków meteorologicznych i terenowych i oparta była o badania in situ (opisane w pracy kolegi) oraz modelowanie akustyczne hałasu w środowisku zewnętrznym. Uzyskane w tym zakresie wyniki były prezentowane w ramach referatu na 55 Otwartym Seminarium z Akustyki. W 2014 r. ukończył studia doktoranckie na kierunku elektrotechnika prowadzone na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki (WEAiI) Politechniki Opolskiej. 16 stycznia 2016 r. obronił przed Radą WE-AiI pracę doktorską pt. „Pomiary i analiza sygnałów infradźwiękowych generowanych pracą turbin wiatrowych dużych mocy” i uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika. Po ukończeniu studiów podjął pracę w opolskiej firmie Ecoplan zajmującej się ochroną środowiska na stanowisku specjalisty ds. akustyki. Natomiast obecnie pracuje w firmie KFB Polska we Wrocławiu, zajmującej się kompleksową ochroną przed hałasem począwszy od etapu pomiarów i modelowania akustycznego, po projektowanie i produkcję rozwiązań przeciwhałasowych, gdzie pełni funkcję zastępcy kierownika Działu Akustyki oraz zastępcy kierownika Akredytowanego Laboratorium Badawczego. Jest autorem kilkunastu raportów oddziaływania na środowisko elektrowni wiatrowych, pozwoleń zintegrowanych dla zakładów przemysłowych (w zakresie hałasu), kilku programów ochrony środowiska przed hałasem dla miast i województw, map akustycznych kilku miast (Szczecin, Białystok, Rzeszów, Zielona Góra, Sosnowiec), strategii redukcji hałasu na stanowiskach pracy oraz przenikającego do środowiska zewnętrznego dla dużych zakładów przemysłowych. Jest autorem 8 recenzowanych artykułów w tym dwóch w czasopiśmie z listy filadelfijskiej oraz współautorem ekspertyzy technicznej realizowanej przez Politechnikę Opolską dla firmy GESTAMP Eolika Sp. z o.o. Obecnie jest członkiem Polskiego Towarzystwa Akustycznego oddział Wrocławski.



ISBN 978-83-942050-1-0



9 788394 205010



**POLSKIE STOWARZYSZENIE
ENERGETYKI WIATROWEJ**

ul. Polna 24/7, 00-630 Warszawa
www.psew.pl, e-mail: biuro@psew.pl