

Izabela PIASECKA¹

ANALIZA WPLYWU NA ŚRODOWISKO ELEKTROWNI WIATROWYCH

Abstrakt: W opracowaniu przedstawiono analizę wpływu siłowni wiatrowych na środowisko przyrodnicze. Przybliżono zasoby wiatru w Polsce oraz zasadę działania i podział elektrowni wiatrowych. Opisano również najważniejsze pozytywne i negatywne aspekty eksploatacji siłowni wiatrowych. Przeanalizowano perspektywy rozwoju tego sektora odnawialnych źródeł energii dla Polski.

Słowa kluczowe: elektrownia wiatrowa, odnawialne źródła energii, wpływ na środowisko

Wprowadzenie

Nie istnieje energetyka, która byłaby w pełni przyjazna dla środowiska przyrodniczego. Każdy z procesów jak pozyskiwania, przetwarzania, rozdzielania i transportowania nośników energii w różnym stopniu wiąże się z zagrożeniem dla ludzi i innych żywych organizmów. Jednak nie każda energetyka stanowi jednakowe niebezpieczeństwo dla otoczenia [1].

Na skutek aktualnie stosowanych technologii wytwarzania energii, pojawił się problem wyczerpywania się zasobów paliw kopalnych oraz zwiększającego się zanieczyszczenia środowiska, niosącego za sobą powiększanie dziury ozonowej, efektu cieplarnianego, opadów kwaśnych deszczy, nagromadzenie substratów promieniotwórczych oraz występowanie smogów. Postępowanie skażenia środowiska przyczynia się do wzrostu występowania zaburzeń genetycznych oraz wzrostu zachorowań ludzi. Występują również szkody w florze i faunie, dochodzi do nadmiernej korozji konstrukcji żelazobetonowych oraz niszczenia dorobku kultury materialnej [9].

Odnawialne źródła energii (takie jak energia wiatru) mają minimalny niekorzystny wpływ na środowisko, są oszczędne, posiadają stały jednostkowy koszt uzyskiwanej energii, mogą pracować na sieci wydzielone, dzięki czemu nie trzeba transportować wytworzonej przez nie energii [11].

Celem opracowania była analiza wpływu na środowisko elektrowni wiatrowych, związanego z ich eksploatacją.

1. Zasoby wiatru w Polsce

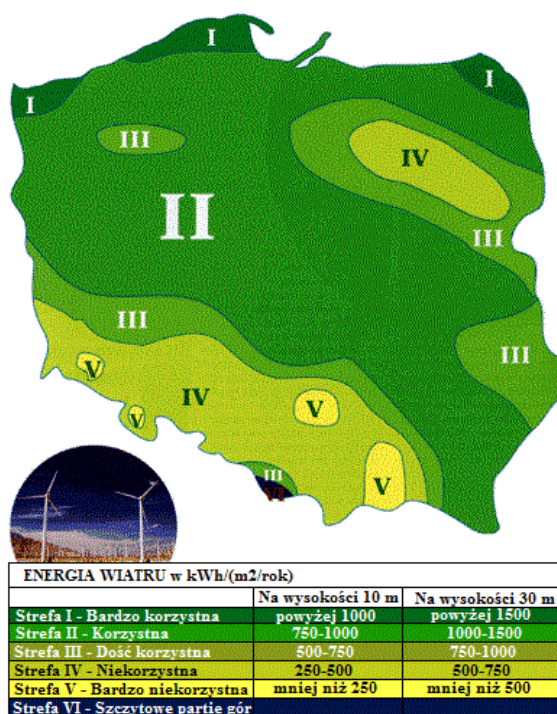
Polska jest krajem posiadającym dość dobre warunki dla rozwoju energetyki

¹ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, ul. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, Polska, tel.: +48 788 918 556, email: piasecka-izabela@wp.pl

Promocja odnawialnych źródeł energii oraz nowoczesnych systemów dywersyfikujących źródła i sposoby ich wykorzystania jako element ochrony środowiska przyrodniczego w województwie kujawsko-pomorskim

wiatrowej. Uważa się, iż najkorzystniejszymi obszarami, które mogłyby posłużyć do rozwoju energetyki wiatrowej jest Wybrzeże Kaszubskie między Koszalinem a Helem – (5-6) m/s, Wyspa Uznam – 5 m/s, Suwalszczyzna – (4,5-5) m/s oraz Środkowa Wielkopolska, Kujawy i Mazowsze – (4-5) m/s. Jednak korzystne warunki do lokalizacji elektrowni wiatrowych znajdują się również poza wymienionymi obszarami. Fakt ten związany jest ze specyfiką ukształtowania terenu [8]

Jak podaje Urząd Regulacji Energetyki, obecnie w Polsce moc zainstalowana w energetyce wiatrowej wynosi ok. 3,7 GW, w tym w samym województwie Kujawsko-Pomorskim jest to ok. 320 MW [20].



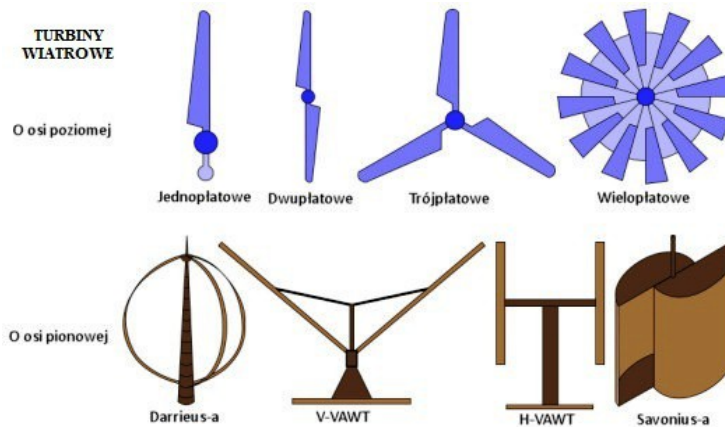
Rys. 1. Energia wiatru w Polsce w kWh (m²/rok) [22]

2. Budowa i podział elektrowni wiatrowych

Pod kątem aspektów konstrukcyjnych, turbiny wiatrowe dzieli się na obiekty o pionowej i poziomej osi obrotu (rys. 2). Elektrownie wiatrowe o osi poziomej, posiadają tradycyjne „śmigło”, a ich ilość łopat może być różna [13].

Współczesne, komercyjne elektrownie wiatrowe budowane są najczęściej z

poziomą osią obrotu, a ich koło wiatrowe wyposażone jest w trzy łopaty. Typowa siłownia wiatrowa składa się z umieszczonej na wieży gondoli oraz wirnika. Najważniejszą część elektrowni wiatrowej stanowi wirnik, w którym następuje zamiana energii kinetycznej wiatru na energię mechaniczną. Wirnik osadzony jest na wale, poprzez który napędzany zostaje generator. Pracą mechanizmu kierowania elektrowni i ustawienia łopat zarządza układ mikroprocesorowy. Odbywa się to głównie na podstawie prędkości i kierunku wiatru. W gondoli ulokowany jest również transformator, układy smarowania, łożyska oraz hamulec, zapewniający zatrzymanie wirnika w sytuacjach awaryjnych [13, 14].



Rys. 2. Podział turbin wiatrowych – idee konstrukcyjne [23]

Niewielki procent obecnych instalacji, stanowią turbiny wiatrowe o pionowej osi obrotu. Wirniki tego typu charakteryzują się praktycznie zerowym momentem startowym. Konieczne jest zatem ich wstępne napędzenie. Posiadają one zdolność przetrwania nawet bardzo silnych wiatrów. Ponadto wykorzystują siły wiatru już od 1,5 m/s. Nie muszą być one również naprowadzane na wiatr i nie generują prawie żadnych dźwięków. Wśród turbin wiatrowych o pionowej osi obrotu, największą popularnością cieszą się turbiny Savoniusa i Darriuesa. Przekrój poziomy wirnika turbiny Savoniusa zbliżony jest do litery „S”. Wirnik zazwyczaj posiada trzy lub dwa ramiona. Obrót jest spowodowany różnicą oddziaływania sił wiatru na wypukłą i wklęsłą stronę łopat. Turbina obraca się stosunkowo wolno, dlatego nie znajduje ona większego zastosowania w celu komercyjnego generowania elektryczności. Turbina Darriuesa jest wyposażona w trzy lub dwie długie, cienkie łopaty tworzące pętlę w kształcie litery „C”, które łączą się na dole i górze osi obrotu, albo w łopaty proste, równoległe do osi obrotu [2, 13].

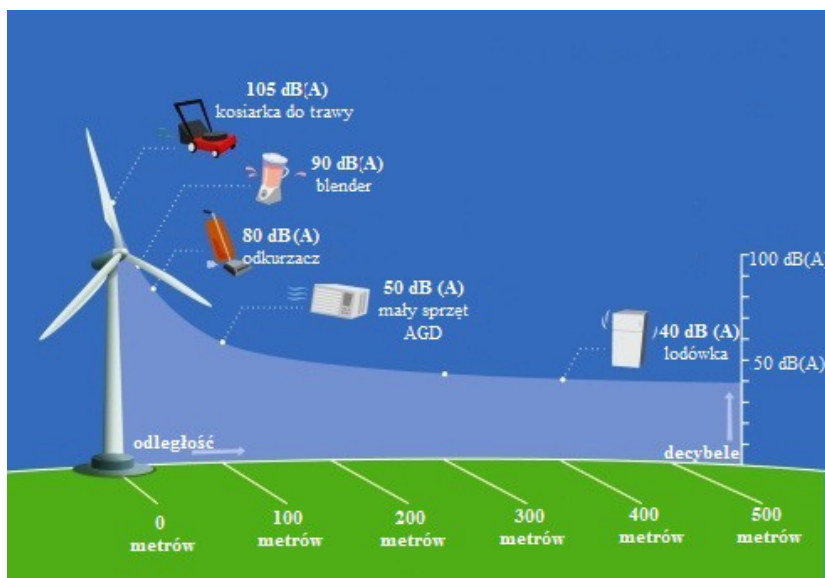
3. Negatywne aspekty eksploatacji

Hałas można uznać za jedną z największych niedogodności życia codziennego. Jednak trudno sobie wyobrazić bez niego współczesną cywilizację. Ma on ujemny wpływ zarówno na organizm ludzki, jak i środowisko. Działanie hałasu można zakwalifikować do dwóch podstawowych grup – hałas o działaniu uciążliwym i o działaniu dokuczliwym. Wpływa on niekorzystnie na narząd słuchu i ujemnie oddziałuje na ogólny stan ludzkiego zdrowia. Narząd słuchu może w pewnym stopniu podlegać adaptacji. Do hałasu można się wręcz przyzwyczaić i obiektywnie go nie słyszeć. Ale taka adaptacja jest niebezpieczna, dlatego, że organizm i tak reaguje na hałas, nawet wtedy, gdy nie słyszy go już człowiek [3, 17].

Elektrownie wiatrowe stanowią źródło hałasu o niskim natężeniu, stałego w czasie i monotonnego, tworzą zatem zagrożenie klimatu akustycznego i bardzo niekorzystnie oddziałują na ludzką psychikę. Jest to zjawisko dotyczące przede wszystkim wiatrów o średniej i małej prędkości. Łopaty wirnika podczas wykonywania ruchu obrotowego pokonują aerodynamiczny opór powietrza, przez co stają się głównym źródłem hałasu, który jest emitowany przez siłownię wiatrową. Skrzynia biegów, pomimo tego, że znajduje się wewnątrz gondoli, jest również znaczącym źródłem hałasu. Hałas o mniejszym natężeniu, przejawiający się jako uciążliwy szum, powstaje podczas pracy układu przetwarzającego energię, w skład którego wchodzi wirnik, przekładnia i generator. Natężenie hałasu powstającego podczas pracy turbiny wiatrowej jest tym większe, im większa jest jej moc, im mniej aerodynamiczna jest konstrukcja łopat i im starsza jest technologia wykonania całej elektrowni. W nowoczesnych siłowniach wiatrowych często są wykorzystywane turbiny nisko szumowe. Istnieją dwie podstawowe ścieżki emisji hałasu. Pierwszą z nich jest „przenoszenie przez powietrze”, czyli *air-borne*. W takim przypadku hałas rozprzestrzenia się w powietrzu lub bezpośrednio od powierzchni elementów. Drugą ścieżką jest „przenoszenie poprzez konstrukcję”, czyli *structure-borne*. Jest to emitowanie hałasu przez inne elementy konstrukcyjne przed tym jak zostanie ona pochłonięta przez powietrze. Szacuje się, że pojedyncza turbina wiatrowa o mocy 1,8 MW generuje średnią wartość szumów osiagającą maksymalnie 45 dB w odległości do 500 m [2].

Dąży się do unowocześniania konstrukcji siłowni wiatrowych pod względem ich cichobieżności. Niezbędnym jest wykonanie pomiarów tła akustycznego, które występuje na określonym terenie, ponieważ winno się ustalić hałas wyemitowany do środowiska przez elektrownię wiatrową. Tylko na podstawie tego typu badań można obiektywnie ocenić czy oddziaływanie na środowisko instalacji wiatrowej jest uciążliwe bądź szkodliwe [18].

Nowoczesne siłownie wiatrowe emitują niewielką ilość hałasu. Stają się one wręcz niesłyszalne z odległości około 500 m, a dźwięki osiągają poziom tła (czyli szeleszczących liści i wiatru) (rys. 3). Polskie przepisy prawne nakładają na inwestora obowiązek takiego zaplanowania rozmieszczenia instalacji wiatrowych, aby emitowany przez nie hałas nie przekroczył 40 dB w miejscach, które są stałymi ludzkimi siedzibami. W praktyce jest to równoznaczne z faktem, że odległość pomiędzy najbliższymi zabudowaniami a elektrownią wiatrową, musi wynosić mniej niż 500 m. Dlatego najdogodniejszym miejscem lokalizacji elektrowni wiatrowych są pasy przybrzeżne mórz [4].



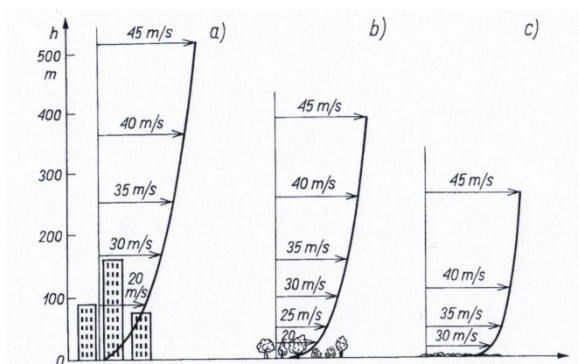
Rys. 3. Wartość natężenia dźwięku emitowanego przez elektrownie wiatrowe. Opracowanie własne na podstawie [6]

Elektrownie wiatrowe emitują nie tylko słyszalny dla ludzkiego ucha hałas, ale obracające się łopaty turbiny mogą również emitować dźwięki mające częstotliwości przekraczające zakres czułości ucha człowieka. Tego typu dźwięki mogą mieć negatywny wpływ zarówno na zdrowie fizyczne, jak i na ludzką psychikę. Nieprzewidywalny jest również sposób ich oddziaływania na zwierzęta, a nawet urządzenia i maszyny. Szkodliwe są zarówno infradźwięki (o częstotliwości niższej niż 16 Hz) jak i ultradźwięki (o częstotliwości wyższej niż 20.000 Hz) oraz wibracje – drgania mechaniczne o niskiej częstotliwości. Ultradźwięki mogą powodować spadek odporności ludzkiego organizmu a nawet rozpad krwinek czerwonych. Są one jednak w znaczącym stopniu tłumione przez powietrze. Drgania powodowane przez elektrownie wiatrowe są emitowane do otoczenia w wyniku pracy urządzeń mechanicznych umieszczonych w gondoli. Jednak w nowoczesnych konstrukcjach wielkość poziomu emisji drgań jest zredukowana do minimum [2, 3, 17].

Innym problemem powstającym podczas eksploatacji siłowni wiatrowych jest fakt, iż warunki wiatrowe są bardzo nieprzewidywalne. Dotyczy to zarówno zbyt

dużych prędkości wiatru (zwykle powyżej 25-28 m/s), jak i zbyt małych (poniżej 3-4 m/s). Przy nadmiernych prędkościach wiatru występują znaczące przeciążenia i należy wyłączyć instalację ze względu na możliwość jej uszkodzenia. Z ekonomicznego punktu widzenia minimalne warunki, przy których opłacalnym jest uruchomienie elektrowni wiatrowej, jest przepływ powietrza o prędkości minimum 4 m/s, a przedział 8-15 m/s uważa się za optymalny [2].

Wiatr to zjawisko stochastyczne. Biorąc pod uwagę skalę roku, to w danym punkcie na Ziemi energię wiatru można uznać za stałą, jest ona jednak zmienna w krótszych okresach czasu. Z tego powodu instalacje wykorzystujące energię wiatru muszą być wyposażone w system orientujący turbinę względem do kierunku wiatru oraz system stabilizujący częstotliwość oraz moc. Zazwyczaj wiatr jest nierównomiernym ruchem powietrza, składającym się z wielu podmuchów mających różne natężenie. Przeszkody, które występują w terenie, w znaczący sposób wpływają na prędkość wiatru [1, 15]. Pionowy rozkład prędkości wiatru obrazuje rysunek 4.



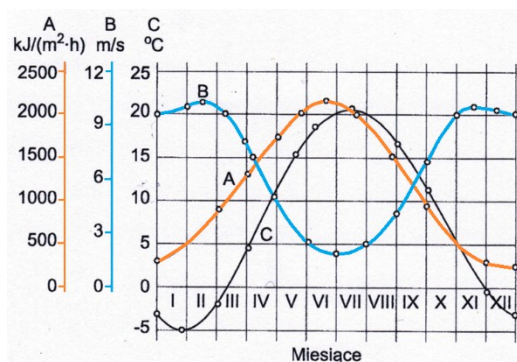
Rys. 4. Rozkłady pionowe prędkości wiatru: a) w terenie zabudowanym; b) w terenie zalesionym; c) w terenie otwartym [15].

W przypadku wysokich przeszkód terenowych, prędkość wiatru stabilizuje się dopiero na większych wysokościach. Jeżeli na rozległym płaskim terenie występuje jakiś pagórek, to nad jego wierzchołkiem prędkość wiatru jest większa nawet o 20% niż w okolicy. Gdy prędkość wiatru osiąga poziom mniejszy od granicznego mamy do czynienia z tzw. okresem ciszy energetycznej. W takich okresach ważnym jest, aby instalacja wiatrowa, posiadała zainstalowane urządzenia służące do akumulowania energii lub rezerwowe źródła energii. Ma to na celu zapewnienie ciągłości dostaw energii [1, 4, 13, 15].

Inną niedogodnością związaną bezpośrednio z cyklicznością pracy turbin wiatrowych jest fakt, że wymagają one stosowania akumulatorów służących do

gromadzenia energii wykorzystywanej w okresach bezwietrznych [2].

Prędkości wiatru podlegają stałym wahaniom będącym wynikiem stochastycznych i okresowych wahań (rys. 5). Elektrownie wiatrowe można uznać za niespokojne źródła energii, w przeciwieństwie do ich klasycznych odpowiedników. Problemów przysparzają zmiany generowanej mocy o zmiennej amplitudzie, która jest zależna od amplitudy siły wiatru. Moc czynna wprowadzona podczas ich normalnej pracy do systemu elektroenergetycznego nieustannie się zmienia. Produkcja energii w niektórych typach siłowni jest związana z poborem mocy biernej, w sposób który jest zależny od generowanej mocy czynnej. Tego typu zmiany mocy pobieranej i produkowanej wywołują kołysania i wahania napięć. Powoduje to wiele negatywnych konsekwencji dla systemu elektroenergetycznego, np. migotanie napięcia u odbiorców. Wahanie napięcia, to przyczyna powstawania zjawiska o nazwie flicker, czyli migotania oświetlenia. Jeżeli zjawisko to przekroczy dopuszczalny poziom, staje się bardzo uciążliwe dla wzroku ludzi. Wraz ze wzrostem prędkości wiatru, wzrasta również emisja migotania. Powodem jest fakt, że im bardziej wzrasta prędkość wiatru, tym większe stają się turbulencje. Elektrownie wiatrowe praktycznie nie podlegają regulacji źródła mocy, dlatego często wywołują problem związany ze stabilnością (również napięciową) [10, 14].



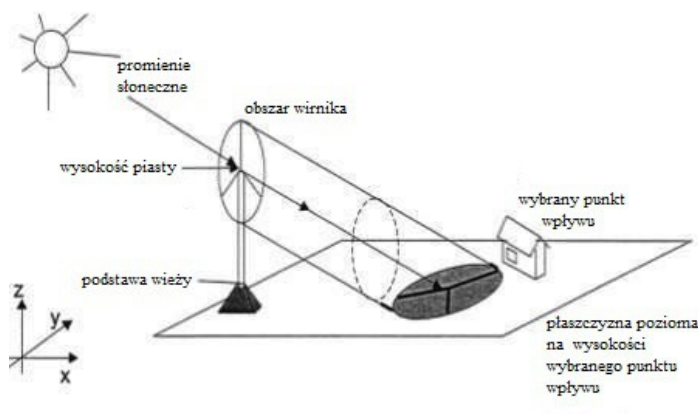
Rys. 5. Przykładowy obraz sezonowych zmian parametrów meteorologicznych w warunkach Polski: A – energii promieniowania słonecznego, B – prędkości wiatru, C – temperatura powietrza atmosferycznego [4].

Energia wiatrowa obecnie wiodzie prym w masowym wykorzystaniu, spośród wszystkich energii odnawialnych. Technologia ta jest pewna w zastosowaniu ponieważ trwałość obecnie produkowanych turbin wiatrowych wynosi aż 20-25 lat. Siłownie wiatrowe są również coraz tańsze w eksploatacji. Głównym problemem pozostaje nadal niska konkurencyjność tego sektora. Mimo, że energia wiatrowa staje się coraz tańsza, to jednak jej produkowanie nadal jest droższe od produkcji energii wytwarzanej konwencjonalnie. Większość energii elektrycznej wytworzonej z siły wiejącego wiatru jest produkowana przez multimegawatowe farmy, które współpracują z siecią elektroenergetyczną. W takich przypadkach koszt instalacji jednej turbiny znacząco się obniża. Spośród odnawialnych źródeł otrzymywania energii wykorzystywanych obecnie na świecie, koszty inwestycji mającej na celu budowę elektrowni wiatrowej, są najwyższe. Jednak w przyszłości, wraz ze zwiększaniem się wydajności i doskonaleniem technologii oraz ze wzrostem tempa rozwoju

energetyki wiatrowej, będzie nadal postępowała redukcja niezbędnych do poniesienia kosztów związanych z całością inwestycji [2, 4, 8].

Elektrownie wiatrowe o większych mocach zajmują dość dużą powierzchnię, ponieważ posiadają znaczącej wielkości fundamenty i konstrukcje nośne. Z tego powodu duże farmy wiatrowe są lokalizowane w oddaleniu od aglomeracji miejskich. Takie usytuowanie niesie za sobą bardzo często konieczność wybudowania napowietrznych lub podziemnych linii przesyłowych w celu przekazywania wyprodukowanej energii do systemu elektroenergetycznego. Podczas budowy farmy wiatrowej trzeba również wziąć pod uwagę fakt, że niezbędnym jest powstanie stacji transformatorowych oraz dróg dojazdowych [2, 19].

W trakcie obracania się wirnika promienie słoneczne cyklicznie odbijają się od jego powierzchni, co powoduje powstawanie efektu stroboskopowego. Efekt ten ma negatywny wpływ na ludzką psychikę i może również stanowić znaczące niebezpieczeństwo dla kierowców. Nowoczesne wirniki posiadają jednak zmienną prędkość obrotową, która ogranicza praktycznie do minimum błyski światła, które często bywają wręcz oślepiające. W przypadku dużych turbin wiatrowych mamy do czynienia nie tylko z efektem stroboskopowym, ale również z powstawaniem cienia od poruszających się łopat i od samej wieży [2].



Ryc. 6. Schemat powstawania efektu cienia [6]

W czasie huraganów i burz wysokie wieże oraz łopaty elektrowni wiatrowych posiadające duże średnice mogą stanowić znaczące zagrożenie dla otoczenia [12]. Człowiek nie jest do końca w stanie przewidzieć co może stać się z pojedynczymi elementami konstrukcji mechanicznych, które znajdują się pod wpływem żywiołu.

Termin ochrony krajobrazu w powszechnym rozumieniu oznacza ochronę wartości estetycznych i walorów widokowych danego obszaru. Jednak brakuje obiektywnego kryterium oceny wpływu na walory krajobrazowe planowanych elektrowni wiatrowych, ponieważ wartość estetyczna i widokowa oraz ocena takich cech jest w znaczącym stopniu subiektywna. Wieże siłowni osiągają zwykle znaczącą wysokość, mogą przez to zmniejszać walory krajobrazowe danego terenu, przez co możliwym jest spadek jego atrakcyjności turystyczno-rekreacyjnej [2, 17].

Pod wpływem dużych farm wiatrowych może dojść do zmian lokalnego mikroklimatu. Jeżeli na danym terenie występuje znacząca koncentracja siłowni wiatrowych, to średnia prędkość wiatru może tam wzrosnąć nawet o 2 m/s. Turbiny wiatrowe znajdujące się na takim obszarze mogą również doprowadzić do wzrostu temperatury powietrza w nocy o 2°C [2].

Turbiny wiatrowe mogą stanowić zagrożenie dla przelatujących nietoperzy i ptaków. Wiąże się to z niebezpieczeństwem zaburzenia lokalnego ekosystemu. W 2001 roku Western Ecosystems opublikował raport, z którego wynika, że w całkowitej liczbie zabitych ptaków, udział infrastruktury wiatrowej nie przekracza (0,01-0,02)%. Stanowi to 2,9 ptaka w ciągu roku na jedną turbinę wiatrową, w przeliczeniu na wszystkie tego typu urządzenia pracujące w USA. Natomiast według analogicznych badań przeprowadzonych w Hiszpanii poziom śmiertelności ptaków jest niższy i wynosi 0,13. American Wind Energy Association podaje, że przeciętny ptak wchodzi w kolizję z turbiną wiatrową raz na (8-15) lat. O wiele większym zagrożeniem dla ptactwa jest jednak infrastruktura związana z konwencjonalną energetyką. Na skutek zderzeń ptaków z napowietrznymi liniami elektroenergetycznymi w Stanach Zjednoczonych, co roku ginie średnio 175 mln ptaków. Obecnie zalecane jest montowanie podziemnych linii kablowych łączących farmy wiatrowe ze stacjami energetycznymi. Elektrownie wiatrowe w przeciwieństwie do tych konwencjonalnych, nie emitują spalin i pary wodnej, utrudniających widoczność i zasłaniających wysokie przeszkody. Nie tylko kolizje, ale i odpady i zanieczyszczenia środowiska naturalnego, powstające w wyniku produkowania energii elektrycznej z konwencjonalnych źródeł, wpływają na życie ptaków. Gatunki niepotrafiące przystosować się do zmienionych warunków środowiskowych, siłą rzeczy skazane są na wymarcie. Zanieczyszczenia oddziałują na ptaki nie tylko w sposób bezpośredni, ale również pośrednio poprzez degradację runa leśnego, a nawet całościową destrukcję obszarów leśnych, przez co zanieczyszczeniu ulega środowisko życia ptaków i innych zwierząt [2, 18].

Tablica 1. Porównanie liczby zabitych ptaków przez zderzenia z różnymi obiektami w ciągu jednego roku na terenie USA [2]

Przeszkoda	Średnia liczba zabitych ptaków [mln]
pojazdy	60-80
budynki i okna	98-980
elektroenergetyczne linie napowietrzne	174
wieże telekomunikacyjne	4-50
wirniki turbin wiatrowych	0,01-0,04

Aby zwiększyć bezpieczeństwo ptaków stosowane są specjalne, polepszające widoczność oznaczenia turbin. Ich łopaty malowane są na jaskrawe kolory i umieszcza się na nich mrugające lampy (jako sygnalizację świetlną). Podczas lokalizacji nowych farm wiatrowych przykładą się dużą uwagę do faktu, by były one wybudowane jak najdalej od tras okresowych migracji ptaków oraz miejsc ich rozrodu. Obecnie prowadzi się prace naukowo-badawcze mające na celu wykorzystanie w przyszłości sygnałów radiowych mogących w skuteczny sposób odstraszać przelatujące ptaki [2].

4. Pozytywne aspekty eksploatacji

W przypadku elektrowni wiatrowej wyróżnić można wiele pozytywnych aspektów związanych z jej eksploatacją. Przede wszystkim nie powoduje ona prawie żadnego zanieczyszczenia środowiska naturalnego w fazie eksploatacji, ponieważ wykorzystuje energię kinetyczną wiejącego wiatru, która stanowi darmowe, odnawialne źródło energii. Podczas jej pracy nie są emitowane do otoczenia gazy cieplarniane oraz inne zanieczyszczenia. Zasoby, z których wytwarzana jest energia elektryczna, nie ulegną również wyczerpaniu. Siłownia wiatrowa zapewnia oszczędność paliw konwencjonalnych (węgiel, ropa, gaz) podczas produkcji energii. Przekłada się to na zmniejszenie smogu, efektu cieplarnianego, mniejsze natężenie występowania kwaśnych deszczy, ograniczenie powiększania się dziury ozonowej. Elektrownie wiatrowe w dużym stopniu przyczyniają się zatem do zmniejszenia degradacji środowiska naturalnego [2, 17].

Zastąpienie spalania węgla poprzez wytwarzanie energii przy użyciu elektrowni wiatrowej pod pewnymi względami chroni środowisko naturalne. Wyprodukowanie 1 TWh energii elektrycznej przez wirnik wiatrowy zapobiega emisji do atmosfery: 4.222 Mg NO_x, 5.500 Mg SO₂, 49.000 Mg pyłów i żużli, 700.000 Mg CO₂ [7, 8]. Główne rodzaje i skutki zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego zestawiono w tab. 2.

Tablica 2. Poglądowy obraz głównych rodzajów i skutków zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego [21]

Rodzaj	Skutek
pyły	zmniejszenie przejrzystości powietrza, rozwój flory bakteryjnej – rozwój chorób, choroby

	drog oddechowych.
dwutlenek węgla	obniżenie zawartości tlenu w powietrzu, zawyżenie temperatury
tlenek węgla	obniżenie zdolności organizmu do przenoszenia tlenu, silne bóle głowy
związki siarki	powstawanie smogu typu londyńskiego, dolegliwości układu oddechowego
związki azotu	powstawanie smogu typu utleniającego, obniżenie zdolności organizmu do przenoszenia tlenu, dolegliwości układu oddechowego
węglowodory lotne	rakotwórcze
związki ołowiu	akumuluje się w ciele człowieka – duże dawki toksyczne
związki rtęci, berylu, niklu, fluoru i inne	w większych dawkach toksyczne dla człowieka

Siłownie wiatrowe posiadają stosunkowo dużą sprawność przetwarzania energii pochodzącej z wiatru w energię elektryczną w porównaniu z pozostałymi źródłami energii odnawialnej. Może ona nawet przekroczyć 60% w zależności od zastosowanych rozwiązań technologicznych [2].

Elektrownie wiatrowe cechują się uniwersalnością miejsca lokalizacji, mogą znajdować się zarówno na nieużytkach rolnych, na pustyni, na terenach przybrzeżno-morskich, jak i nawet na otwartym morzu. Ponadto wiele z nowych turbin wiatrowych jest przystosowanych do zainstalowania na dachu domu mieszkalnego, hali produkcyjnej, biurowca czy też do umieszczenia w konstrukcji nośnej mostu, albo jako billboard reklamowy lub ruchoma tablica [2, 12].

Energetyka wiatrowa może stanowić dodatkowe lub podstawowe źródło energii elektrycznej na terenach znajdujących się w oddaleniu od centrów cywilizacyjnych lub też trudno dostępnych. Jest to dobre rozwiązanie np. na jednostkach pływających i w miejscach, w których nie ma bezpośredniej możliwości podłączenia do sieci elektroenergetycznej [2].

Na terenach, na których znajdują się farmy wiatrowe, może być prowadzona produkcja rolno-spożywcza. Wraz z drogami dojazdowymi siłownie zajmują około 1% powierzchni farmy. Pozostałe 99% można wykorzystać pod uprawy rolne. Zazwyczaj planuje się takie rozstawienie poszczególnych elektrowni, aby można było uzyskać (5-8) MW mocy z 1 km² gruntu [2].

Pod względem społecznym zaletą energetyki wiatrowej jest możliwość powstawania zupełnie nowych miejsc pracy. Zajęcie znajdą tam zarówno osoby oceniające warunki wietrzności, ludzie projektujący i pracujący przy produkcji instalacji wiatrowych, osoby zajmujące się sprzedażą i marketingiem oraz

pracujące podczas budowy i następnie przy eksploatacji elektrowni. Według szacunków, 1.000 MW mocy zainstalowanej daje zatrudnienie (5.000-7.000) osób [2, 11].

Zakończenie

Każda ludzka działalność, a więc także energetyka wiatrowa, ma określony wpływ na środowisko naturalne. Do największych problemów można zaliczyć wpływ na ptactwo na szlakach ich migracji sezonowych, hałas czy znaczące zmiany krajobrazu. Podczas lokalizowania farmy lub pojedynczej elektrowni wiatrowej, trzeba zwrócić uwagę na znajdujące się w pobliżu parki krajobrazowe, parki narodowe i rezerваты przyrody. Jednakże uciążliwości, wywoływane hałasem i drganiami, można wyeliminować tylko poprzez inwestowanie w nowoczesne, cichsze konstrukcje lub budowanie elektrowni z dala od ludzkich siedzib. Mimo wysokiego kosztu związanego z inwestycjami, elektrownie wiatrowe są pożądane ze względu na szereg korzyści, jakie ze sobą niosą. Siłownia wiatrowa może zaspokoić własne potrzeby energetyczne przy równoczesnej dużej redukcji zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery w porównaniu do produkcji energii odbywającej się metodami konwencjonalnymi. Rozwijanie sektorów związanych z produkowaniem nowoczesnych instalacji wiatrowych, jest czynnikiem stymulującym rozwój przemysłu i zwiększającym wachlarz możliwości tworzenia nowych miejsc pracy [8].

Brytyjskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (British Wind Energy Association) uznaje za najdynamiczniej rozwijający się systemem energetyczny na świecie właśnie energetykę wiatrową. Jej tempo wzrostu wynosiło około 20% rocznie w przeciągu ostatnich 15 lat. Ogólna atrakcyjność inwestycyjna Polski na tle Unii Europejskiej została potwierdzona w badaniu potencjału krajów Europy Środkowo-Wschodniej przeprowadzonym przez Polsko-Niemiecką Izbę Przemysłowo-Handlową, zgodnie z którym 94% badanych inwestorów ponownie wybrałoby Polskę. Rozwój sektora energetycznego, w tym energetyki odnawialnej, rządzi się nieco odmiennymi prawami niż wolny rynek towarów i usług, z uwagi na specyficzne otoczenie regulacyjne wynikające z polityki klimatycznej, energetycznej i związanej z bezpieczeństwem prowadzonej zarówno na poziomie państwa jak i Unii Europejskiej. Zasadniczo sektor cechuje bardzo wysoki potencjał inwestycyjny i rozwojowy w długiej perspektywie. Wynika to ze stanu obecnego portfela wytwórczego i przesyłowego, ze zobowiązań

międzynarodowych, a także z przewidywań dotyczących wzrostu konsumpcji energii elektrycznej przez rosnącą i modernizującą się gospodarkę oraz technologiczny awans społeczny. Mimo wysokiego potencjału, to właśnie regulacyjny charakter rynku energii stanowi także podstawową przeszkodę w jego rozwoju. Kluczowym wyzwaniem stojącym przed branżą energetyczną jest stworzenie stabilnego systemu prawa, który z jednej strony zapewni implementację unijnych dyrektyw dotyczących rynku energii elektrycznej, odnawialnej i gazu, a z drugiej strony stworzy długoterminową perspektywę niezbędnego wsparcia sektora OZE wyrównując w ten sposób jego – w wielu przypadkach przejściową – niekonkurencyjność wobec konwencjonalnych technologii wytwarzania [5, 16].

Bibliografia

- [1] ANDRZEJ Z., SZORGUT J.: *Podstawy gospodarki energetycznej*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995.
- [2] BOCZAR T.: *Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania*, Wydawnictwo Dom Wydawniczy Medium, Warszawa 2008.
- [3] DOBRZAŃSKA B., DOBRZAŃSKI G., KIELCZEWSKI D.: *Ochrona środowiska przyrodniczego*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2008.
- [4] FLAGA A.: *Inżynieria wiatrowa. Podstawy i zastosowania*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2008.
- [5] FRY C.: *Świat. Największe wyzwania ekologiczne. Największe wyzwania, przed jakimi stoi świat w XXI wieku*, Wydawnictwo Elipsa, Poznań 2008.
- [6] gwec.net (wejście: 20-01-2015)
- [7] HRYNKIEWICZ A.: *Energia. Wyzwanie XXI wieku*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2002.
- [8] JABŁOŃSKI W., WNUK J.: *Odnawialne źródła energii w polityce energetycznej Unii Europejskiej i Polski. Efektywne zarządzanie inwestycjami – studia przypadków*, WSZiM, Sosnowiec 2004.
- [9] JASTRZĘBSKA G.: *Źródła energii i pojazdy proekologiczne*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- [10] JOHANSSON A.: *Czysta technologia. Środowisko. Technika. Przyszłość*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.
- [11] KIEĆ J.: *Odnawialne źródła energii*, Wydawnictwo MARR, Kraków 2007.
- [12] LEWANDOWSKI W. M.: *Proekologiczne odnawialne źródła energii*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- [13] LUBOŚNY Z.: *Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [14] MARECKI J.: *Podstawy przemian energetycznych*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
- [15] MEŻYK A., JURECZKO M.: *Optymalizacja wielokryterialna łopat elektrowni wiatrowej ze względu na minimalizację drgań*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
- [16] psew.pl (wejście: 05-02-2015)
- [17] RUDNICKI M.S.: *Budowa małych elektrowni wiatrowych. Monografia*, Oficyna Wydawnicza OKP ZCE w Szczecinie, Szczecin 2004.
- [18] STRYJECKI M.: *Energetyka wiatrowa w Polsce – perspektywy rozwoju w aspekcie dotychczasowych osiągnięć* [w:] *IV Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii ECO-EURO-ENERGIA*, Bydgoszcz 2007.
- [19] SZUMANOWSKA M., SZUMANOWSKI A.: *Fotoogniwa i turbiny wiatrowe w systemach energetycznych*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1997.

- [20] ure.gov.pl (wejście: 05-02-2015)
- [21] WIATR I., MARCZAK H., SAWA J.: *Ekoinżynieria. Podstawy działań naprawczych w środowisku*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2003.
- [22] zielona-energia.cire.pl (wejście: 20-01-2015)
- [23] zielonaenergia.eco.pl (wejście: 20-01-2015)

ANALYSIS OF A WIND POWER PLANTS IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Abstract : The paper represents an analysis of a wind power plants impact on the natural environment. This paper describes size of the wind resources in Poland and the principle of operating and the allotment of wind turbines. Also describes the most important positive and negative aspects of the exploitation of wind turbines. Examines the prospects for the development of the renewable energy sector in Poland.

Keywords : wind power plant, renewable energy source, environment impact