

Marek Domozych, Roman Kostyszyn
Janusz Mindykowski, Tomasz Nowak
Akademia Morska w Gdyni

WYBRANE ASPEKTY OPTIMALIZACJI LOKALIZACJI GŁÓWNEGO PUNKTU ZASILANIA NA TERENIE FARMY WIATROWEJ CZĘŚĆ I. ANALIZA WYBRANYCH ASPEKTÓW PRZYGOTOWANIA I REALIZACJI PRZYKŁADOWEJ FARMY WIATROWEJ

W artykule podzielonym na dwie części przedstawiono wybrane aspekty optymalizacji lokalizacji głównego punktu zasilania GPZ (odbioru energii) na terenie farmy wiatrowej. W pierwszej części przedstawiono analizę wybranych aspektów przygotowania i realizacji przykładowej farmy wiatrowej, w drugiej przeprowadzono analizę lokalizacji abonenckiej stacji GPZ dla rozważanej farmy wiatrowej. Na kanwie trendów rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce w niniejszej pracy zwrócono uwagę na aspekty prawne budowy elektrowni wiatrowej. Następnie omówiono proces przygotowania inwestycji budowy farmy wiatrowej w Polsce oraz przedstawiono studium przykładowej realizacji farmy wiatrowej z uwzględnieniem uwarunkowań technicznych inwestycji i ogólnych kryteriów wyboru lokalizacji głównego punktu odbioru energii.

WPROWADZENIE

Elektroenergetyka przez wiele lat, aż do momentu wprowadzenia w życie zapisów prawa energetycznego z dnia 10 kwietnia 1997 roku wraz z późniejszymi zmianami, była w Polsce uprzywilejowaną gałęzią gospodarki, traktowaną jako sektor strategiczny wymagający pomocy państwa w różnej formie. Wprowadzone zapisy we wspomnianej ustawie wymusiły powstanie samodzielnych przedsiębiorstw wytwórczych i sieciowych działających na rynku energii elektrycznej, które powinny wypracowywać określony zysk.

W tak rozumiany obszar ogólnej przyjętej działalności przedsiębiorstw energetycznych doskonale wpisują się przedsiębiorcy budujący i eksploatujący tzw. farmy wiatrowe, korzystające ze wsparcia finansowego na podstawie świadectw efektywności energetycznej, czyli tzw. zielonych certyfikatów. Zobowiązania Polski zgodne z dyrektywą Parlamentu Europejskiego dotyczącą wzrostu wykorzystania odnawialnych źródeł energii są motorem powstawania coraz to nowych farm wiatrowych, pomimo że w naszym kraju rzadko występują korzystne warunki, zarówno pod względem tzw. wietrzności, jak i dostępu do sieci energetycznych i odpowiednio bilansujących źródeł konwencjonalnych.

Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce

Odnawialne źródła energii (OZE) są szybko rozwijającą się branżą rynku elektroenergetycznego. Na skutek konieczności dostosowania się Polski do wymagań Komisji Europejskiej w zakresie produkcji energii ze źródeł odnawialnych, a także w związku z dostosowaniem polskiego prawa do wymogów unijnych od 2005 roku zauważalny jest wyraźny wzrost zainteresowania inwestorów budową i eksploatacją elektrowni wiatrowych. Firmy polskie i zagraniczne prowadząc działalność związaną z rozwojem energetyki wiatrowej, nie tylko wypełniają narzucone przez Unię Europejską zobowiązania w zakresie udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii pierwotnej w krajach członkowskich, ale również realizują w ten sposób długoterminowe narodowe programy polegające na zmniejszeniu zużycia wysokoemisyjnych surowców służących do wytwarzania energii. Ich głównym celem jest ograniczenie oddziaływania sektora energetyki na środowisko naturalne poprzez racjonalizację struktury paliw zużywanych w jednostkach wytwórczych. Ważne są także działania całej Unii Europejskiej i jej poszczególnych członków na rzecz samowystarczalności energetycznej. Unia Europejska poprzez program operacyjny Infrastruktura i Środowisko przeznaczyła dla Polski znaczne fundusze na inwestycje z zakresu budowy jednostek do wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Wsparciem zostały objęte między innymi projekty dotyczące budowy lub zwiększenia mocy jednostek wytwórczych wykorzystujących energię wiatru. Momentem przełomowym było wprowadzenie do ustawy Prawo energetyczne zapisów obligujących spółki dystrybucyjne do odkupywania wyprodukowanej energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych po zdecydowanie korzystniejszej cenie niż od producentów konwencjonalnych. Wprowadzenie certyfikatów pochodzenia energii było więc kołem zamachowym rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce.

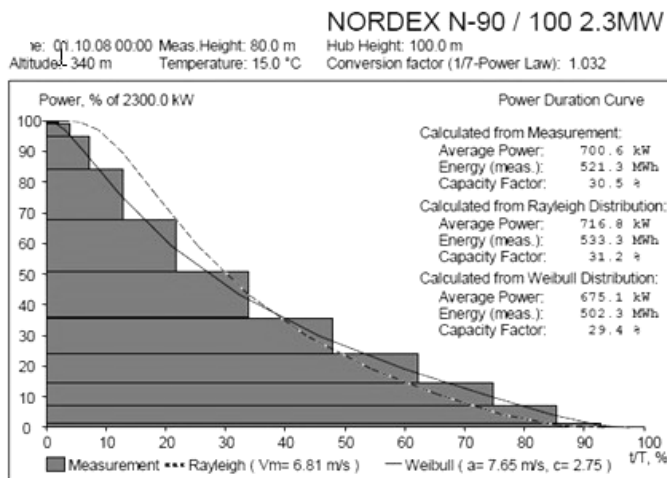
Tabela 1. Przyrost mocy zainstalowanej w OZE w latach 2005–2013 (bez technologii współspalania) [10]

Table 1. Increase of power installed in RES (Renewable Energy Sources) in the years 2005–2013 (without co-combustion technology) [10]

Rodzaj OZE	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	Moc [MW]								
Elektrownie na biogaz	32,00	36,80	45,70	54,61	71,62	82,88	95,71	124,01	136
Elektrownie na biomasę	189,80	238,80	255,40	232,00	252,49	356,19	309,68	559,26	876
Elektrownie wodne	922,00	931,00	934,80	940,57	945,20	937,04	937,04	958,16	966,23
Elektrownie wiatrowe	83,30	152,00	287,90	451,00	724,68	1180,27	1489,72	2341,31	2644
Łącznie	1227,10	1358,60	1523,80	1678,18	1993,99	2556,42	2884,23	3982,74	4622,23

Niezależnie od wielkości inwestycji koszty inwestycyjne są duże i w obecnych realiach zwracają się w ciągu 7 do 10 lat w zależności od zakładanej wietrzności. Zakładając czas funkcjonowania farmy wiatrowej na poziomie 20 lat, inwestycję taką można traktować jako względnie opłacalną.

W tabeli 1 pokazano moce zainstalowane w elektrowniach związanych z odnawialnymi źródłami energii na przestrzeni ostatnich lat na terytorium Polski. Najwyraźniej widoczny jest w kolejno następujących po sobie latach wzrost instalowanej mocy związanej z energetyką wiatrową. Na przestrzeni ośmiu lat wynosi on blisko 2800%. Niestety, znaczny wzrost mocy zainstalowanej nie przekłada się na tak dobry wynik w zakresie produkcji energii. Ma to związek z warunkami wietrznymi panującymi w naszym kraju. Turbina wiatrowa swoją znamionową moc osiąga średnio przy prędkości wiatru 12 m/s, gdy tymczasem średnia wartość w Polsce w zależności od regionu wynosi 5–7 m/s. W odniesieniu do krzywej mocy przykładowej elektrowni wiatrowej średnia generacja energii wynosi poniżej 30% mocy zainstalowanej. Współczynnik ten może wzrosnąć w miarę pojawiania się nowych rozwiązań turbin przystosowanych do pracy przy niezbyt silnym wietrze.



Rys. 1. Charakterystyka wykorzystania mocy zainstalowanej dla przykładowej turbiny wiatrowej (opracowanie własne na podst. [9])

Fig. 1. Characteristics of use of installed capacity for exemplary wind turbine (own elaboration based on [9])

Na rysunku 1 przedstawiono reprezentatywne pomiary stopnia wykorzystania mocy zainstalowanej nowoczesnej turbiny wiatrowej.

Mając na względzie współczynnik wykorzystania najszybciej rozwijającej się grupy OZE, tj. turbin wiatrowych na poziomie ok. 20%, można stwierdzić, że są to źródła mało efektywne. Dodając do tego bardzo wysoki koszt związany z realizacją budowy, koszt zabezpieczenia terenu pod farmę wiatrową, znaczny wpływ inwestycji na środowisko, a przede wszystkim brak pewności pracy w systemie elektroenergetycznym, warto się zastanowić, dlaczego to właśnie ten rodzaj odnawialnych źródeł energii zdominował polski krajobraz. Dynamiczne i skutecznie działające lobby

producentów turbin wiatrowych wywiera istotny wpływ na polski system elektroenergetyczny, do którego włączane są coraz większe liczby niestabilnych produkcyjnie farm wiatrowych. Brak możliwości wyrażenia opinii w zakresie planowania lokalizacji farm wiatrowych przez polskich elektroenergetyków czy nawet wydawania decyzji o celowości ich budowy powoduje skutki, jakie obserwujemy obecnie, tj. brak w bliskich odległościach od farm wiatrowych stabilnych źródeł wytwórczych, takich jak elektrownia gazowa mogąca kompensować produkcję energii w czasie bezwietrznym. W przypadku braku takich stabilizujących bloków energetycznych niezbędne staje się posiłkowanie energią ze źródeł zagranicznych. Narzucone Polsce zobowiązania związane z wytwarzaniem energii elektrycznej z OZE na poziomie 15%, a całej UE na poziomie 20% do roku 2020 dają oręż firmom produkującym turbiny wiatrowe, w większości z Europy Zachodniej, do lokalizowania swoich produktów w polskich gminach, bez względu na sens przeprowadzania takich inwestycji w konkretnych lokalizacjach. Niesie to za sobą wiele konfliktów społecznych. Należy również zwrócić uwagę, że energia elektryczna pochodząca z OZE jest droższa od energii produkowanej ze źródeł konwencjonalnych, gdyż oprócz opłat za tzw. czarną energię producent otrzymuje wynagrodzenie z tytułu produkcji z odnawialnego źródła, za który docelowo płaci końcowy odbiorca energii.

Mimo to istnieją pozytywne aspekty uczestnictwa w polityce ograniczającej wysokoemisyjne źródła energii. Gałąź gospodarki, do której można zaliczyć OZE, wiąże się z bardzo dużą liczbą nowych miejsc pracy powstałych od 2005 roku, z zainicjowaniem na szeroką skalę badań środowiskowych potwierdzających lub wykluczających lokalizację farm wiatrowych, ze zwróceniem uwagi polskim gminom na politykę w zakresie ładu przestrzennego, zrównoważonego rozwoju i na wiele innych problemów [5].

1. ASPEKTY PRAWNE BUDOWY ELEKTROWNI WIATROWEJ

W obecnym ustawodawstwie brakuje odpowiednich definicji i uściśleń terminologicznych dotyczących energetyki wiatrowej, tak w ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, jak w prawie budowlanym czy ustawie o gospodarce nieruchomościami. Pojęcia „turbina wiatrowa” „farma elektrowni wiatrowych”, „elektrownia wiatrowa” są potoczne, nie mają legalnej definicji. Z całą pewnością w najbliższej przyszłości konieczne będzie unormowanie pojęć związanych z funkcjonowaniem elektrowni wiatrowych [6].

Obecnie kluczowym pojęciem w energetyce wiatrowej jest definicja odnawialnego źródła energii. Prawo energetyczne określa je jako: „źródło wykorzystujące w procesie przetwarzania energię wiatru, promieniowania słonecznego, energię geotermalną, fal, prądów i pływów morskich, spadku rzek oraz energię pozyskiwaną z biomasy, biogazu wysypiskowego, a także biogazu powstałego w procesach odprowadzania lub oczyszczania ścieków”. Prawie zbieżną definicję zawiera Dyrektywa 2001/77/WE Parlamentu Europejskiego z dnia 27 września 2001 roku w spra-

wie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych. Według tego aktu odnawialne źródła energii to odnawialne, niekopalne źródła energii (energia wiatru, słoneczna, geotermiczna, falowa, pływów, wodna, biomasy, gazu z odpadów, gazu z zakładów oczyszczania ścieków i biogazów). Pomimo braku uściśleń terminologicznych w zakresie farm elektrowni wiatrowych istnieją dyrektywy europejskie narzucające poszczególnym krajom członkowskim konkretne działania związane z rozpowszechnianiem odnawialnych źródeł energii.

Nowa dyrektywa 2009/28/WE z 23 kwietnia 2009 roku w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych stawia za cel 20-procentowy udział energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii elektrycznej na terenie Unii Europejskiej do roku 2020. Udział w 20% UE jest różny dla poszczególnych krajów wspólnoty, dla Polski wynosi on 15% zużycia krajowego. Państwa członkowskie zostały zobowiązane do przyjęcia krajowych planów działania mających zagwarantować osiągnięcie określonego celu oraz do raportowania postępów we wdrażaniu postanowień dyrektywy.

Należy również mieć na uwadze dyrektywę 2003/54/WE, która zobowiązała ustawodawców krajowych do wprowadzenia rozwiązań gwarantujących pierwszeństwo podmiotom zamierzającym wytwarzać energię pochodzącą ze źródeł odnawialnych lub w procesach kogeneracji. Preferencje dotyczą przyłączania ich do sieci, jak również wprowadzają innego rodzaju ułatwienia związane z przedmiotowymi inwestycjami. W konsekwencji nowelizacją z 2010 roku do ustawy Prawo energetyczne wprowadzono obowiązek zakupu energii elektrycznej wytworzonej w źródłach odnawialnych, mechanizm „certyfikatów” oraz konieczność wpłacania przez inwestorów zaliczek związanych z przyłączeniem obiektów do sieci elektroenergetycznej. W związku z tym każdy inwestor przy składaniu wniosku o określenie warunków przyłączenia farmy wiatrowej do sieci zmuszony jest do wpłacenia zaliczki na poczet opłaty przyłączeniowej. Pozwoliło to ograniczyć bardzo rozpowszechniony przed nowelizacją proceder spekulacyjny prowadzący do handlu warunkami przyłączeniowymi po zawyżonej wartości [10].

Niestety procedowane przez polski parlament dwie ustawy, bardzo ważne z punktu widzenia poprawy uwarunkowań przygotowania inwestycji i budowy elektrowni wiatrowych, tj. ustawa o odnawialnych źródłach energii oraz ustawa korytarzowa, mimo zapowiedzi nie ujrzały do tej pory światła dziennego. Pierwsza z nich uściśliłaby podstawowe pojęcia i definicje związane z energetyką opartą na turbinach wiatrowych, określiłaby preferencyjny niezmienny system taryf oraz uregulowałaby inne sprawy związane z zagrożeniami wynikającymi z eksploatacji farm wiatrowych (raport oddziaływania na środowisko). Druga zaś pozwoliłaby usprawnić proces inwestycyjny w zakresie budowy linii energetycznych związanych z przyłączeniem farm wiatrowych do systemu elektroenergetycznego.

2. PROCES PRZYGOTOWANIA INWESTYCJI BUDOWY FARMY WIATROWEJ W POLSCE

Aby przeprowadzić udaną i opłacalną inwestycję budowy farmy wiatrowej w Polsce (również na świecie), należy wyznaczyć duży obszar oddalony od zabudowań mieszkalnych, spełniający odpowiednie ograniczenia, pozwalające spełnić kryteria niezbędne do uzyskania pozwolenia na budowę. Dotyczą one następujących uwarunkowań: środowiskowych, wietrznych, planowania przestrzennego, pozyskania prawa do terenu i parametrów przyłącza energetycznego. Niespełnienie nawet jednego z warunków wyklucza możliwość zakończenia inwestycji sukcesem [5].

Jednym z pierwszych uwarunkowań jest oddziaływanie farmy wiatrowej na środowisko i krajobraz. Sieć obszarów chronionych oraz rozproszona zabudowa na terenach wiejskich powodują konieczność bardzo wnikliwej analizy lokalizacyjnej. Właściwie umiejscowiona farma wiatrowa nie powinna negatywnie wpływać na zdrowie i życie ludzi. W świetle obecnie obowiązującego prawa ocenę oddziaływania inwestycji na środowisko przeprowadza się podczas procedury uzyskiwania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. W celu otrzymania takiej decyzji składa się wnioski do właściwego ze względu na położenie inwestycji urzędu gminy. Razem z wnioskiem przedkłada się organowi załączniki, w tym kartę informacyjną przedsięwzięcia uwzględniającą m.in.: rodzaj, powierzchnię, na której ma zostać wybudowana farma wiatrowa, oraz dotychczasowy sposób wykorzystywania tego terenu, informację dotyczącą pokrycia obszaru przez szatę roślinności oraz liczbę występujących ptaków i nietoperzy, rodzaj przewidywanej technologii, oddziaływanie akustyczne i elektromagnetyczne, ewentualne warianty przedsięwzięcia, przewidywaną ilość wykorzystywanych w trakcie budowy surowców, materiałów, paliw oraz energii, rozwiązania chroniące środowisko, możliwości oddziaływania inwestycji na obszary Natura 2000, w tym oddziaływania skumulowanego, informację dotyczącą oddziaływania na krajobraz.

Na podstawie tak przygotowanego wniosku właściwy organ posiłkując się opiniami regionalnego dyrektora ochrony środowiska oraz sanepidu, określa warunki przeprowadzenia oceny oddziaływania inwestycji na środowisko i wykonania tak zwanego raportu. Zaniechanie poszczególnych analiz środowiskowych lub nieuwzględnienie ich wyników w projekcie może powodować w konsekwencji uciążliwości dla lokalnych społeczności lub nieodwracalne straty w przyrodzie [10].

Następnym nieodzownym warunkiem przygotowania inwestycji jest zbadanie siły wiatru na planowanym terenie lokalizacyjnym farmy wiatrowej. Pomiar taki powinien trwać minimum 12 miesięcy i powinien być wykonany przy użyciu kilku urządzeń badających siłę wiatru na różnych wysokościach. Granica opłacalności inwestycji w zakresie zmierzonej prędkości wiatru to poziom ok. 6 m/s. Przed podjęciem decyzji związanej z wyborem lokalizacji farmy wiatrowej należy dokonać oceny szorstkości terenu. Odgrywa ona znaczną rolę, gdyż określa rozkład prędkości wiatru w funkcji wysokości. Oceniając potencjalną lokalizację farmy wiatrowej, powinno się brać pod uwagę takie aspekty jak: rodzaj powierzchni, stopień zabudowania, topografię – wszelkie budynki, zadrzewienia i inne przeszkody ujemnie

wpływają na przepływ mas powietrza [8]. Poprawnie wykonany pomiar wietrzności wraz z kalibracją urządzeń pomiarowych jest podstawą do ubiegania się o kredyt inwestycyjny.

Lokalizacja farmy elektrowni wiatrowych powinna przebiegać zgodnie z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego, o czym wprost stanowi ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Dotyczy to wszystkich elektrowni wiatrowych o mocy powyżej 100 kW. Bardzo często zdarza się, że inwestorzy w celu zaoszczędzenia czasu występują do organu o wydanie warunków zabudowy lub decyzji lokalizacyjnej. Wydanie decyzji lokalizacyjnej jest w takim przypadku niezgodne z prawem, wobec niemożności spełnienia warunku celu publicznego, gdyż elektrownie wiatrowe są urządzeniami „wytwarzającymi energię”, a nie jak określono w art 6. ustawy o gospodarce nieruchomościami – urządzeniami „przesyłu i dystrybucji”. Należy również pamiętać, że miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego musi pozostać spójny ze studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego. W przypadku gdy gmina na wniosek inwestora podejmie się zmiany miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, najczęściej zmiany muszą dotyczyć również studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego.

Jednym z kluczowych aspektów dla realizacji inwestycji jest pozyskanie nieruchomości gruntowej na cele związane z budową elektrowni. Inwestorzy korzystają z możliwości, jakie daje im polskie prawo do otrzymania tytułu prawnego w zakresie zlokalizowania inwestycji w postaci: użytkowania, dzierżawy nieruchomości, służebności gruntowej oraz służebności przesyłu [2].

Należy zwrócić szczególną uwagę na obszar niezbędny do pozyskania prawa do terenu. Aby wybudować farmę wiatrową nie wystarczy podpisać stosownej umowy z właścicielem nieruchomości dotyczącej lokalizacji elektrowni. Należy również brać pod uwagę teren związany z drogami dojazdowymi, placem montażowym niezbędnym przy pracach budowlanych, lokalizacją głównego punktu zasilania, lokalizacją kabli SN pomiędzy elektrowniami, a także teren konieczny do wyprowadzenia mocy do systemu elektroenergetycznego.

Uzyskanie warunków przyłączenia jest obecnie największym wyzwaniem inwestorów zajmujących się szeroko pojętą energetyką wiatrową. Warunki przyłączeniowe, a w późniejszym etapie umowa przyłączeniowa dają gwarancję, że system elektroenergetyczny będzie w stanie przyjąć wyprodukowaną przez farmę wiatrową energię. Gwarantują one również, że w określonym w nich terminie możliwe będzie przyłączenie farmy wiatrowej do sieci.

Sposób ubiegania się o wydanie warunków przyłączeniowych ściśle określa ustawa Prawo energetyczne. W celu uzyskania przyłączenia do sieci należy w pierwszej kolejności wystąpić z wnioskiem do operatora systemu dystrybucyjnego/przesyłowego działającego na terenie, na którym ma powstać farma wiatrowa. Do przedmiotowego wniosku należy załączyć: określenie lokalizacji farmy wiatrowej ze wskazaniem potencjalnego punktu przyłączenia, tytuł prawny do wnioskowanego terenu, wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, wyciąg ze sprawozdania z badań jakości energii elektrycznej (producenta) wytworzonej przez projektowane turbiny wiatrowe, dowód wpłaty zaliczki na poczet opłaty za przyłączenie do sieci elektroenergetycznej [10].

Operator systemu sporządza ekspertyzę wpływu farmy wiatrowej na system, która określa możliwości przyłączenia. Niestety, wskutek przestarzałej infrastruktury sieciowej w Polsce najczęściej nie ma możliwości wprowadzenia wnioskowanych mocy do systemu, a jeżeli taka możliwość się pojawia, to obciążona jest koniecznością wykonania przebudowy kilku lub kilkunastu linii 110 kV. Zakres i warunki ekspertyzy, wyznaczone przez operatora systemu dystrybucyjnego/przesyłowego w uzgodnieniu ze spółką PSE-Operator SA, zachowują ważność przez rok od daty wydania.

Spełniając kryteria warunków, poczynając od środowiskowych, na energetycznych kończąc, można przystąpić do sporządzenia projektów budowlanych i ubiegania się o wydanie pozwolenia na budowę.

3. STUDIUM REALIZACJI PRZYKŁADOWEJ FARMY WIATROWEJ

Poprawnie zaprojektowana farma wiatrowa wymaga wykonania projektów budowlanych z różnych branż, począwszy od architektonicznej, przez drogową i konstrukcyjną, na elektrycznej kończąc. Z punktu widzenia branży elektrycznej projektant zajmuje się następującymi zagadnieniami: wyborem typu elektrowni wiatrowej, parametrami głównego punktu zasilania na terenie farmy wiatrowej, systemami sieci kablowych SN na terenie farmy wiatrowej oraz linią wyprowadzającą moc z terenu farmy wiatrowej do wskazanego w warunkach przyłączenia punktu.

3.1. Ogólne uwarunkowania techniczne elektrowni wiatrowej

Większość obecnie montowanych elektrowni wiatrowych stanowią elektrownie z poziomą osią obrotu z trzema łopatom z zamontowanymi generatorami synchronicznymi bądź asynchronicznymi. Obecnie istnieje tendencja stosowania generatorów asynchronicznych ze względu na prostotę ich konstrukcji, łatwości sterowania oraz niskie koszty inwestycyjne. W elektrowniach wiatrowych stosuje się dwa podstawowe typy maszyn asynchronicznych, tj. klatkowe oraz z uzwojonym wirnikiem, czyli pierścieniowe. Elektrownie wiatrowe z maszynami asynchronicznymi klatkowymi pracują praktycznie ze stałą prędkością obrotową (tzw. system o stałych obrotach). W układach pierścieniowych istnieje możliwość sterowania częstotliwości, a co za tym idzie – możliwość pracy z różną prędkością wirowania. Jest to realizowane z wykorzystaniem przekształtników energoelektronicznych sterujących prądem wirnika. Podobnie można rozwiązać problem stabilizacji częstotliwości przy zastosowaniu maszyn synchronicznych [4]. W maszynach elektrycznych szybkoobrotowych stosuje się przekładnię pomiędzy maszyną a wirnikiem turbiny wiatrowej pracującym z prędkością do ok. 40 obr/min. Niska prędkość wirnika turbiny wynika przede wszystkim z potrzeby maksymalizacji mocy uzyskiwanej ze strumienia wiatru. Taki efekt można uzyskać dla kół wiatrowych z trzema łopatom, przy wyróżniku szybkoobrotowości zdefiniowanym jako sto-

sunek prędkości liniowej końca łopaty do prędkości wiatru równym 7. Przy tak małej prędkości kątovej wirnika końcówki łopat osiągają bardzo duże prędkości liniowe dochodzące do 220 km/h.

Generatory asynchroniczne o mocy znamionowej do kilku megawatów są maszynami o napięciu znamionowym 690 V. Najczęściej się je przyłącza do sieci średniego napięcia w zakresie od 10 do 40 kV i dlatego są wyposażone w transformatory blokowe umieszczane w kontenerze stawianym przy wieży lub w gondoli elektrowni.

Urządzenia zainstalowane w elektrowni wiatrowej obejmują układy zabezpieczeń (zabezpieczenia nadprądowe, zabezpieczenia nad- i podnapięciowe, zabezpieczenia nad- i podczęstotliwościowe, zabezpieczenia temperaturowe, układy komunikacji), układy napędów, zasilania potrzeb własnych (rozumianych jako napędy wentylatorów, oświetlenie, grzejniki, chłodnice), układ soft-start (system miękkiego startu jest układem używanym podczas rozruchu elektrowni, który liniowo zwiększa lub zmniejsza natężenie prądu, eliminując udary prądowe i gwałtowne zmiany napięcia na szynach elektrowni i w systemie elektroenergetycznym), układ kompensacji mocy biernej (baterie kondensatorów wraz ze sterownikiem) [4].

3.2. Główny punkt zasilania 20/110 kV na terenie farmy wiatrowej

Powierzchnia terenu zajmowanego przez stację elektroenergetyczną może być bardzo różna w zależności od napięcia znamionowego stacji, liczby linii rozdzielni napięć doprowadzonych do szyn zbiorczych poszczególnych rozdzielni danej stacji oraz liczby i wielkości transformatorów i urządzeń pomocniczych umieszczonych na terenie stacji [3]. Powierzchnia ta dla dużych stacji może osiągać wielkość kilku, a nawet kilkunastu hektarów. Teren stacji powinien być bardzo starannie wybrany – biorąc pod uwagę zarówno koszty inwestycyjne, jak i warunki eksploatacyjne – i odpowiadać następującym najważniejszym wymaganiom:

- **spełnienie odpowiednich uwarunkowań topograficznych i geologicznych dla uniknięcia większych robót ziemnych, niwelacyjnych, fundamentowych;**

Ukształtowanie terenu pod stacją powinno być takie, aby roboty ziemne przy niwelacji były jak najmniejsze. Nie oznacza to jednak, że teren stacji powinien być całkowicie płaski, gdyż nawet korzystna jest pewna pochyłość terenu stacji w granicach 1–2% ze względu na odprowadzenie wód opadowych. Przy analizie dopuszczalnego nachylenia terenu zwraca się uwagę na jego kierunek, gdyż nachylenie w kierunku prostopadłym do osi rozdzielni jest dogodniejsze niż nachylenie równoległe do tej osi.

Nośność gruntu przeznaczonego pod budowę stacji nie powinna być mniejsza od 1 kg/cm², przy czym dla dużych stacji węzłowych pożądane jest, aby nośność była jeszcze większa. Zbyt niska nośność gruntu powoduje konieczność stosowania zwiększonych fundamentów, a czasem eliminuje możliwość użycia fundamentów prefabrykowanych. Prowadzenie prac fundamentowych na zasadzie palowania w znacznej mierze podnosi koszty inwestycji.

Poziom wód gruntowych powinien leżeć poniżej głębokości posadowienia fundamentów, gdyż ułatwia to ich wykonanie. Wskazane jest również, aby wody gruntowe nie sięgały dna pomieszczeń znajdujących się poniżej poziomu terenu stacji. W przeciwnym razie konieczne są dodatkowe zabezpieczenia ścian i podłóg budynków przed przenikaniem wód gruntowych. Wody gruntowe mogą niekorzystnie działać na fundamenty, dlatego wskazane jest zbadanie ich agresywności, zwłaszcza w przypadku dużych stacji, gdy poziom wód gruntowych jest wyższy od poziomu fundamentów.

- **niewielka rezystywność gruntu;**

Wielkość nakładów związanych z uzyskaniem wymaganej rezystancji uziemienia zależy od rezystywności gruntu. Mała wartość rezystywności gruntu jest szczególnie pożądana dla stacji o małej powierzchni i dla stacji należącej do układu elektroenergetycznego z bezpośrednio uziemionym punktem zerowym. Zbyt duża wartość rezystywności gruntu może w podanych wyżej przypadkach stworzyć poważne trudności w wykonaniu uziemienia o małej wartości rezystancji. Jako korzystną okoliczność przyjmuje się taką, że wartość rezystywności gruntu nie przekracza 150 Ωm .

- **możliwość odprowadzenia wód z terenu stacji;**

Wody deszczowe wraz z wodami zużytymi najkorzystniej jest odprowadzić poza teren stacji do naturalnego odbiornika, przy czym odprowadzenie musi odpowiadać warunkom sanitarnym. Brak odpowiedniego naturalnego odbiornika powoduje konieczność rozsączenia wód i budowania specjalnych zbiorników na terenie stacji. Podane względy wskazują, że korzystne jest, jeśli w pobliżu stacji znajduje się zbiornik naturalny, do którego można doprowadzić kanalizację deszczową z terenu stacji.

- **zachowanie jak najmniejszego zapylenia atmosfery;**

Ważnym czynnikiem wpływającym na warunki eksploatacji stacji napowietrznych jest występujące zapylenie. W celu zmniejszenia skutków zabrudzenia zwiększa się izolację przewodów i aparatów. Wielkość izolacji aparatów elektrycznych jest jednak ograniczona i przy zbyt dużym zapyleniu atmosfery nie jest możliwe uzyskanie odpowiednio długiej drogi upływu. Z tych względów na terenach, gdzie zabrudzenie atmosfery przekracza wartości dopuszczalne dla III strefy zabrudzeniowej, buduje się jedynie rozdzielnie wewnętrzne.

- **umożliwienie lokalizacji w pobliżu dróg komunikacyjnych i szlaków kolejowych;**

Stacje elektroenergetyczne sytuuje się w możliwie bliskiej odległości od drogi publicznej, która umożliwia transport urządzeń instalowanych na stacji. Do najcięższych urządzeń stacji należą transformatory. Przy ustalaniu lokalizacji stacji wysokich napięć każdorazowo kontroluje się trasę transportu transformatora od miejsca wyładowania z wagonu kolejowego aż do stacji. Sprawny transport transformatora wymaga, aby droga od miejsca wyładowania z wagonu kolejowego aż do stacji posiadała twardą nawierzchnię oraz odpowiednie szerokości i promienie. Nośność ewentualnych mostów i przepustów drogowych na trasie przejazdu powinna mieć wartość umożliwiającą przejazd przyczepy z załadowanym transformatorem. Wysokie koszty budowy bocznic kolejowych

spowodowały, że do stacji wysokiego napięcia unika się prowadzenia bocznic kolejowych. Wyjątek stanowią stacje najwyższych napięć, których transformatory mają zbyt duże rozmiary i ciężar, aby można je było transportować drogą.

- **umożliwienie lokalizacji z dala od linii teletechnicznych;**

Stacje o napięciu 110 kV i wyższym pracują w układzie z bezpośrednio uzziemionym punktem zerowym. W związku z powyższym w przypadku zwarcia z ziemią podskoki potencjału na terenie stacji i w jej pobliżu osiągają znaczne wartości. Jeśli obok terenu stacji przebiegają kable teletechniczne, to mogą być one narażone na uszkodzenie izolacji wskutek podwyższenia się potencjału uzziemienia stacji. Odsunięcie stacji na odległość kilkuset metrów od trasy kabli teletechnicznych zabezpiecza je zwykle w sposób wystarczający.

- **zapewnienie możliwości rozbudowy stacji;**

- **umożliwienie lokalizacji na terenach, gdzie nie występują użyteczne bogactwa naturalne;**

- **niepowodowanie konieczności niszczenia terenów uprawnych, leśnych, sadów itp.**

Podane wymagania mają na celu ustalenie najbardziej korzystnej lokalizacji, co w dużej mierze sprowadza się do takiego miejsca pod budowę stacji, przy którym koszty budowy i eksploatacji są najniższe. Rozważając w konkretnych przypadkach różne warianty lokalizacji stacji, stwierdza się zwykle, że żaden z nich nie odpowiada wszystkim wymaganiom kryteriom, dlatego też wybiera się ten wariant, który jest najbardziej do nich zbliżony.

Ważność poszczególnych kryteriów nie jest jednakowa. Jedne z nich mogą całkowicie dyskwalifikować wybrany wariant lokalizacji, inne zaś wpływają w mniejszym lub większym stopniu na koszty budowy i eksploatacji. W pewnych wątpliwych przypadkach trudno jest zdecydować o wyborze jednego z wariantów bez wykonania techniczno-ekonomicznej analizy porównawczej [1].

WNIOSKI

Budowa farmy wiatrowej z podłączeniem do sieci krajowej jest przedsięwzięciem złożonym od strony formalnoprawnej. Należy nie tylko spełnić wiele warunków związanych z lokalnymi wymaganiami władz i właścicieli gruntów, ale także zadbać o wkomponowanie farmy w istniejącą infrastrukturę techniczną i społeczną. Bardzo ważny jest aspekt środowiskowy w sensie oddziaływania zarówno na przyrodę, jak i na okolicznych mieszkańców, a na terenach turystycznych – także warunki pobytu i samopoczucie gości.

Nawet najlepiej zaprojektowana od strony technicznej i ochrony środowiska inwestycja może okazać się trudna lub wręcz niemożliwa do realizacji ze względu na często irracjonalny opór okolicznych mieszkańców lub tzw. obrońców przyrody. Odpowiednie przygotowanie socjologiczne inwestycji pozwala zwykle pokonać te przeszkody, a także znacząco ograniczyć koszty.

Farma powinna mieć zoptymalizowaną strukturę wewnętrzną, wzajemne położenie wież wiatrakowych i główny punkt odbioru energii (GPZ). Należy maksymalnie wykorzystać naturalne ukształtowanie terenu, ponieważ pozwoli to obniżyć koszty prac ziemnych, odwodnień, dróg dojazdowych i połączeń energetycznych.

LITERATURA

1. Dołęga W., *Stacje elektroenergetyczne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.
2. Gdesz M., *Elektrownie wiatrowe a publiczne prawo nieruchomości*, opracowanie przygotowane na zlecenie Ministra Infrastruktury, Warszawa 2009.
3. Kanicki A., Kozłowski J., *Stacje elektroenergetyczne*, WNT, Warszawa 2004.
4. Lubośny Z., *Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym*, WNT, Warszawa 2006.
5. Stryjecki M., Michniczuk K., *Wytyczne w zakresie prognozowania oddziaływań na środowisko farm wiatrowych*, materiały z konferencji PSEW, Żarów 2010.
6. Sulmicka M., *Priorytety i cele rozwojowe UE do 2020 roku w kontekście aktualizacji średnio-okresowej strategii rozwoju kraju*, ekspertyza SGH, Warszawa 2010.
7. TPA Horwath, Kancelaria Domański, Zakrzewski, Palinka, *Energetyka wiatrowa w Polsce*, raport wykonany na zlecenie Ministerstwa Gospodarki, Warszawa 2009.
8. http://www.elgreen.pl/strefy_wiatru.php
9. <http://www.oddzialywaniawiatrakow.pl>
10. <http://www.ure.gov.pl>
11. http://www.paiz.gov.pl/files/?id_plik=11951

SOME ASPECTS OF OPTIMIZATION OF THE LOCATION OF THE MAIN POWER SUBSTATION WITHIN THE WIND FARM AREA PART I. SELECTED ASPECT ANALYSIS OF PREPARATION AND IMPLEMENTATION OF THE EXEMPLARY WIND FARM

Summary

In the article divided into two parts are discussed some aspects of optimization of the location of the main power substation (MPS) within the wind farm area. The first part presents the selected aspects analysis of preparation and implementation of the exemplary wind farm. In the second part, the analysis of the localization the customer power substation (MPS) for the considered wind farm is done.

In this paper, based on the trends in the development of wind energy in Poland, drew attention to the legal aspects of the construction of a wind power plant. Next the process of preparation of an investment in a new wind farm in Poland is discussed, and study of an exemplary implementation of a wind farm, taking into account the technical conditions of investment and general criteria for the choice of a location the MPS is presented.