

*Piotr Hektus*

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej  
e-mail: piotr.hektus@amu.edu.pl

## Uwarunkowania przestrzenne lokalizacji elektrowni wiatrowych w Wielkopolsce

**Zarys treści:** Celem pracy jest określenie przestrzennych uwarunkowań, które wpływają na lokalizację elektrowni wiatrowych w województwie wielkopolskim. Postępowanie badawcze składało się z dwóch etapów. W pierwszym określono lokalizację turbin wiatrowych o mocy powyżej 1 MW. W drugim wyznaczono cechy opisujące wybrane elementy środowiska geograficznego, które są istotne dla funkcjonowania tego typu instalacji. Następnie przeprowadzono analizę występowania zależności pomiędzy liczbą elektrowni wiatrowych w gminach przypadającą na 1 ha ich powierzchni a wyznaczonymi cechami. Badania miały na celu określenie istotnych warunków przestrzennych oraz siły ich wpływu na lokalizację elektrowni wiatrowych w gminach na terenie województwa wielkopolskiego. Na tej podstawie zidentyfikowano determinanty mogące mieć istotne znaczenie dla lokalizowania elektrowni wiatrowych w przyszłości.

**Słowa kluczowe:** elektrownie wiatrowe, turbina wiatrowa, uwarunkowania przestrzenne, rozmieszczenie turbin wiatrowych w Wielkopolsce

### Wprowadzenie

Ogólnoświatowa polityka energetyczna nakierowana jest m.in. na promocję odnawialnych źródeł energii, która w wielu krajach, w tym w Polsce, jest znaczącym czynnikiem wzrostu gospodarczego (Bhattacharya i in. 2016). W 2016 r. w województwie wielkopolskim udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej wynosił 15,4% i był wyższy od średniej krajowej o 1,7%. Udział mocy zainstalowanej elektrowni wiatrowych w stosunku do mocy zainstalowanej wszystkich elektrowni wykorzystujących OZE na terenie województwa wielkopolskiego wynosił 69% i był wyższy od średniej krajowej o 7% (www.ure.gov.pl). Elektrownie wiatrowe są częścią systemu energetyki rozproszonej (generacji rozproszonej, ang. *distributed generation*), do której zalicza się źródła rozmieszczone niezależnie od centralnego planowania i jednocześnie o mocach w przedziale 50–100 MW (Gilewski, Montusiewicz 2014). Rozproszenie źródeł wytwarzania

energii odnawialnej, w tym energii wiatru, związane jest m.in. z korzyściami pozyskiwania energii blisko miejsca jej odbioru, dzięki czemu możliwe jest uniknięcie części kosztów przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej (Europejski Instytut... 2006). Istotny jest również brak emisji gazów cieplarnianych przez tego typu instalacje. Ponadto rozwój energetyki wiatrowej wiąże się z koniecznością realizacji celów strategii „Europa 2020” (2010), której jednym z założeń jest wzrost udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii. Aby zrealizować wytyczone cele, rząd Polski został postawiony przed zadaniem zachęcania do tworzenia tego typu inwestycji (Gnatowska, Wąs 2015). Mechanizmem wsparcia dla odnawialnych źródeł energii (w tym energetyki wiatrowej) był w Polsce system zielonych certyfikatów, funkcjonujący od 1 października 2005 r. w oparciu o ustawę z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne. Został on zastąpiony 1 lipca 2016 r. systemem aukcyjnym na nowy ustawy z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw. Obecnie kluczowym aktem prawnym określającym uwarunkowania lokalizacji turbin wiatrowych jest ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych. Określa ona odległość turbiny wiatrowej od zabudowy mieszkaniowej lub mieszanej jako dziesięciokrotność jej wysokości oraz z dniem 1 stycznia 2017 r. zmienia zasady opodatkowania. Zapisy te w znacznym stopniu ograniczają możliwość rozwoju energetyki wiatrowej. Według raportu TPA Horwath (2016), zwiększenie podstawy podatku od nieruchomości będzie miało istotny wpływ na rentowność istniejących elektrowni wiatrowych i w wielu przypadkach może doprowadzić do upadłości spółek celowych.

Z powyższych zapisów wynika, że powstawanie oraz rentowność elektrowni wiatrowych w dużej mierze są zależne od polityki rządu. Natomiast budowa elektrowni wiatrowych w konkretnych lokalizacjach uwarunkowana jest polityką władz samorządowych.

Na wybór lokalizacji elektrowni wiatrowej przez inwestora wpływ mają przede wszystkim zasoby energetyczne wiatru występujące w danym miejscu, gdyż związane są z opłacalnością funkcjonowania tego typu inwestycji. Wyznacza się je na podstawie pomiarów prędkości wiatru i częstotliwości powtarzania się poszczególnych prędkości (Kujawsko-Pomorskie... 2012). Następnie ustala się procentowy czas występowania wiatru o określonych prędkościach w okresie roku, a w efekcie potencjalną produkcję energii przez elektrownię wiatrową (Michalik 2009). Istotny wpływ na zasoby energetyczne wiatru ma ukształtowanie terenu oraz jego pokrycie. Przez zasoby energetyczne wiatru należy rozumieć energię kinetyczną wiatru wykorzystywaną do produkcji energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych, określającą możliwości generowania energii elektrycznej (GUS 2014). Do wykorzystania energii wiatru szczególnie predestynowane są wierzchołki wznieścień, przełęcze o osi równoległej i grzbiety o osi prostopadłej do przeważającego kierunku wiatru (Paska, Surma 2015). Województwo wielkopolskie jest regionem nizinnym, położonym na wysokości od 80 do 100 m n.p.m. (Przybyła i in. 2007). Ponieważ zróżnicowanie ukształtowania terenu jest stosunkowo niewielkie, a szczegółowa identyfikacja oddziaływania jego zróżnicowania w danym miejscu na energię wiatru jest utrudniona, pominięto ten parametr w dalszych badaniach.

Pokrycie terenu opisywane jest przez tzw. klasy szorstkości. Występuje sześć klas (0–5), w których klasa „0” oznacza teren płaski, otwarty, na którym wysokość nierówności jest mniejsza niż 0,5 m, natomiast klasa „5” to teren z licznymi dużymi przeszkodami położonymi blisko siebie, obszary leśne, centra dużych miast (Lorenc 1992). Potencjał techniczny energii wiatru wiąże się zatem przede wszystkim z przestrzennym rozmieszczeniem terenów otwartych (o niskiej szorstkości podłoża i bez obiektów zaburzających przepływ powietrza) (Wiśniewski i in. 2012).

Celem pracy jest określenie przestrzennych uwarunkowań, które wpływały na decyzje lokalizacji elektrowni wiatrowych w województwie wielkopolskim. Dla potrzeb jego realizacji określono położenie istniejących turbin wiatrowych o mocy powyżej 1 MW. Wyznaczono zestaw cech opisujących warunki przestrzenne istotne dla funkcjonowania tego typu instalacji. Określono zależności występujące pomiędzy istniejącymi elektrowniami wiatrowymi a wyznaczonymi cechami opisującymi warunki przestrzenne. Działania te sprowadzały się do próby odpowiedzi na postawione pytania badawcze: Czy uwarunkowane były decyzje lokalizacyjne na terenie województwa wielkopolskiego? W jakim stopniu zależne były one od warunków przestrzennych?

Położenie turbin wiatrowych określono w oparciu o bazę przeszkód lotniczych Urzędu Lotnictwa Cywilnego, zdjęcia satelitarne oraz wizję terenową. Wykorzystano zestaw cech pozyskano z Głównego Urzędu Statystycznego, Urzędu Regulacji Energetyki oraz Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Do wykonania obliczeń wykorzystano program IBM SPSS Statistics, natomiast do prezentacji kartograficznej oprogramowanie Quantum GIS.

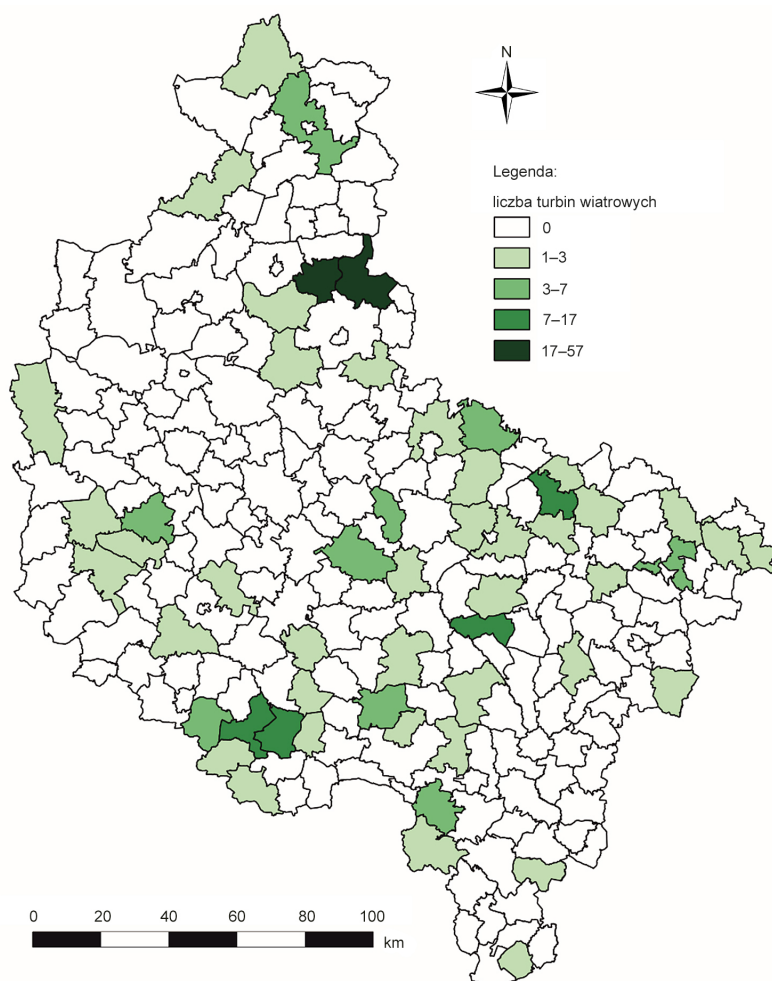
Obiektami objętymi analizą były gminy, opisywane przez wyznaczone cechy, mające charakter ilościowy. W obliczeniach wykluczono gminy miejskie ze względu na brak możliwości lokalizowania turbin wiatrowych na terenach zurbanizowanych. W badaniu nie uwzględniano przydomowych turbin wiatrowych o mocy poniżej 1 MW. Dane dotyczące lokalizacji turbin zebrano według stanu na 2016 r., cechy struktury gospodarstw według stanu w 2010 r., natomiast pozostałe cechy według stanu w 2015 r.

## **Rozmieszczenie turbin wiatrowych w województwie wielkopolskim**

W 2016 r. łączna moc elektrowni wiatrowych w województwie wielkopolskim wynosiła 687 MW, było to drugie miejsce wśród województw w kraju. Podobna wartość łącznej mocy wszystkich instalacji występowała w województwie pomorskim (685 MW). Zdecydowanie najwyższą łączną mocą elektrowni wiatrowych cechowało się województwo zachodniopomorskie – 1477 MW ([www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl)).

Elektrownie wiatrowe zlokalizowane były we wszystkich częściach województwa wielkopolskiego (patrz ryc. 1). Występowały one na obszarach 54 gmin. Zdecydowanie największa liczba turbin wiatrowych znajdowała się w sąsiadujących ze sobą gminach Margonin (57 turbin) oraz Gołańcz (55 turbin). Na ich obszarze

usytuowane były dwie farmy wiatrowe: „Margonin” – największa elektrownia wiatrowa w Polsce, oraz „Pawłowo–Gołańcz”. Głównym inwestorem i zarządcą w obu farmach był EDP Renewables Polska Sp. z o.o. Trzecią pod względem liczby turbin była gmina Gizalki. Na jej obszarze funkcjonowała farma wiatrowa składająca się z 17 tego typu obiektów, należących do firmy Gewind Opalino Sp. z o.o. Na terenie trzech gmin znajdowało się po 10 turbin wiatrowych, były to gminy: Kleczew, gdzie funkcjonowała farma wiatrowa „Józwin” składająca się z 9 turbin, oraz, sąsiadujące ze sobą, gminy Krobia i Poniec. Duża liczba turbin zlokalizowanych w sąsiadujących ze sobą gminach związana była z działalnością jednego dużego inwestora, w tym przypadku była to firma Acciona Energia International, będąca właścicielem farm wiatrowych „Poniec II” oraz „Krobia I”.



Ryc. 1. Rozmieszczenie turbin wiatrowych w województwie wielkopolskim

Źródło: opracowanie własne.

W gminach, w których zlokalizowane były turbiny wiatrowe, najliczniejszą grupą były te, w których występowała jedna (11 gmin), dwie (17 gmin) lub trzy (10 gmin) turbiny wiatrowe.

## Charakterystyka zgromadzonych cech

Doboru cech, które mogły wpływać na lokalizację elektrowni wiatrowych, dokonano na podstawie przeglądu piśmiennictwa oraz dostępnych danych liczbowych. Cechy te dotyczyły: energii wiatru, szorstkości terenu, rozmieszczenia zabudowy mieszkaniowej, form ochrony przyrody oraz struktury gruntów pod względem wielkości powierzchni gospodarstw (patrz tab. 1). Wszystkie cechy przekształcono w formę wskaźnikową.

Cechą  $x_1$  była energia wiatru na wysokości 50 m n.p.g. (kWh/m<sup>2</sup>/rok). Cała powierzchnia każdej z gmin została przyporządkowana do określonej kategorii energii wiatru na podstawie mapy sporządzonej w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Mapa została opracowana na podstawie wyników 30-letnich pomiarów prędkości wiatru w latach 1971–2000 (Lorenc 2005).

Cechy  $x_2$ – $x_4$  były to formy użytkowania terenu wpływające na jego klasę szorstkości. Podstawową formą terenów otwartych, na podstawie której szacuje się potencjał dla lokalizacji elektrowni wiatrowych, są użytki rolne (Wiśniewski i in. 2012). Grunty pod wodami również są terenami otwartymi, jednak ze względu na

Tabela 1. Cechy opisujące uwarunkowania lokalizacji elektrowni wiatrowych

Cecha		Cecha cd.	
$x_1$	moc wiatru na wysokości 50 m n.p.g. [kWh/m <sup>2</sup> /rok]	$x_{11}$	tereny mieszkaniowe oraz zabudowane grunty rolne [udział % w strukturze gruntów]
$x_2$	użytki rolne [udział % w strukturze gruntów]	$x_{12}$	parki narodowe oraz rezerwy przyrody [udział % w strukturze gruntów]
$x_3$	grunty pod wodami [udział % w strukturze gruntów]	$x_{13}$	pozostałe formy ochrony przyrody [udział % w strukturze gruntów]
$x_4$	grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione [udział % w strukturze gruntów]	$x_{14}$	powierzchnia gospodarstw rolnych do 1 ha włącznie [udział % w strukturze gospodarstw]
$x_5$	grunty zabudowane i zurbanizowane [udział % w strukturze gruntów]	$x_{15}$	powierzchnia gospodarstw rolnych 1–15 ha [udział % w strukturze gospodarstw]
$x_6$	tereny komunikacyjne [udział % w strukturze gruntów]	$x_{16}$	powierzchnia gospodarstw rolnych 15 ha i więcej [udział % w strukturze gospodarstw]
$x_7$	gęstość zaludnienia [liczba ludności/powierzchnia gminy]	$x_{17}$	liczba gospodarstw rolnych do 1 ha włącznie [udział % w strukturze gospodarstw]
$x_8$	liczba budynków mieszkalnych na 1 km <sup>2</sup> [liczba budynków/powierzchnia gminy]	$x_{18}$	liczba gospodarstw rolnych 1–15 ha [udział % w strukturze gospodarstw]
$x_9$	gęstość zaludnienia terenów osadniczych [liczba ludności/powierzchnia terenów osadniczych]	$x_{19}$	liczba gospodarstw rolnych 15 ha i więcej [udział % w strukturze gospodarstw]
$x_{10}$	udział gruntów rolnych zabudowanych w użytkach rolnych [%]	$x_{20}$	dochody ogółem gmin na 1 mieszkańca [dochód gminy/liczba mieszkańców]

Źródło: opracowanie własne.

występujące utrudnienia, wody śródlądowe nie są wykorzystywane do lokalizacji turbin wiatrowych. Natomiast grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione stanowią istotną przeszkodę dla przemieszczających się mas powietrza.

Cechy  $x_5$ – $x_{11}$  dotyczyły terenów zurbanizowanych, związane były z uwarunkowaniami prawnymi oraz społecznymi, miały także wpływ na szorstkość terenu. Cecha  $x_5$  – grunty zabudowane i zurbanizowane – oznacza wszystkie tereny zurbanizowane z wyłączeniem dróg. Na tych gruntach lokalizacja elektrowni wiatrowych jest niemożliwa. Tereny komunikacyjne – drogi – są istotne ze względu na konieczność zapewnienia każdej turbinie wiatrowej dostępu do drogi publicznej (ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane). Ważną rolę z punktu widzenia prawnego oraz społecznego odgrywa struktura osadnicza. Jednym z głównych obostrzeń prawnych jest odległość turbin wiatrowych od budynków mieszkalnych, często także potencjalne sąsiedztwo turbin wiatrowych wzbudza sprzeciw lokalnych społeczności. Podstawowy i najbardziej użyteczny w przypadku potrzeby wstępnego rozpoznania sytuacji osadniczej w danej gminie jest wskaźnik gęstości zaludnienia (Instytut Geografii i Przestrzennego... 2012). Ściśle związana, jednak dokładniej odnosząca się do sytuacji prawnej wynikającej z konieczności zachowania odpowiedniej odległości turbin wiatrowych od zabudowy mieszkaniowej jest cecha  $x_8$  – liczba budynków mieszkalnych w przeliczeniu na 1 km<sup>2</sup>. Gęstość zaludnienia terenów osadniczych oznacza stopień intensywności użytkowania terenów już przeznaczonych pod funkcje mieszkaniowe. Na tej podstawie można wnioskować o charakterze zabudowy (Instytut Geografii i Przestrzennego... 2012). Lokalizacja farmy wiatrowej na użytkach rolnych może okazać się niemożliwa ze względu na rozbudowaną sieć zabudowy zagrodowej. Obliczono zatem udział gruntów rolnych zabudowanych w użytkach rolnych ( $x_{10}$ ). Wyszczególniono także tereny mieszkaniowe wraz z zabudowanymi gruntami rolnymi. Określono w ten sposób faktyczny udział gruntów zabudowy mieszkaniowej w strukturze gruntów w gminach.

Cechy  $x_{12}$  oraz  $x_{13}$  związane były z formami ochrony przyrody. Elektrownie wiatrowe w znacznym stopniu oddziałują na krajobraz oraz środowisko naturalne. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody wprowadza zakaz lokalizowania elektrowni wiatrowych na terenie parków narodowych i rezerwatów przyrody. W obrębie parków krajobrazowych i obszarów chronionego krajobrazu inwestycje są możliwe, jeżeli procedury oceny oddziaływania na środowisko wykazały brak niekorzystnego wpływu na przyrodę, a oceny wojewody (dyrektora parku krajobrazowego) były pozytywne (Stolińska 2014).

Cechy  $x_{14}$ – $x_{19}$  dotyczyły struktury gruntów pod względem wielkości powierzchni gospodarstw. Duże rozdrobnienie gospodarstw rolnych powoduje m.in. utrudnienia w lokalizacji turbin, z właściwym umiejscowieniem ich względem siebie oraz problemy z wyznaczeniem dróg dojazdowych. Gospodarstwa podzielono na trzy grupy ze względu na liczbę oraz powierzchnię: małe (poniżej 1 ha), średnie (1–15 ha), duże (powyżej 15 ha).

Cecha  $x_{20}$  określała efekt finansowy dla budżetów gmin związany z występowaniem elektrowni wiatrowych. Należy podkreślić, że była to cecha o charakterze ekonomicznym, będąca następstwem lokalizacji elektrowni wiatrowych na

danym terenie. Mogła mieć jednak istotny wpływ na chęć przyciągnięcia inwestorów przez samorządy oraz wydawanie pozytywnych decyzji na budowę, ze względu na ewentualną możliwość zwiększenia dochodów własnych gminy.

## Wpływ uwarunkowań przestrzennych na wybór lokalizacji elektrowni wiatrowej

W celu określenia przestrzennych uwarunkowań wpływających na decyzje lokalizacji elektrowni wiatrowych w województwie wielkopolskim badano związki pomiędzy liczbą turbin wiatrowych a wyszczególnionymi cechami. Badanie współzależności przeprowadzono za pomocą analizy korelacji oraz analizy regresji. Zmienną zależną sprowadzono do postaci cechy wskaźnikowej, dzieląc liczbę turbin wiatrowych w danej gminie przez jej powierzchnię.

Miarami korelacyjnymi są nazywane wskaźniki ilustrujące liczbową wielkość współzależności między zmiennymi (Runge 2007). Do określenia współzależności pomiędzy liczbą turbin a cechami  $x_1$ – $x_{20}$  zastosowano współczynnik korelacji Pearsona. Dzięki temu ustalono kierunek oraz siłę wpływu poszczególnych cech na zmienną zależną. Uzyskane wartości zamieszczono w tabeli 2.

Na podstawie współczynnika korelacji można stwierdzić, że na terenie województwa wielkopolskiego największy wpływ na lokalizację elektrowni wiatrowych miała liczba dużych gospodarstw, o powierzchni powyżej 15 ha. Wartość współczynnika korelacji dla tej cechy wynosiła 0,172 na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Stwierdzono, że im większa liczba dużych gospodarstw, tym większa szansa na lokalizację elektrowni wiatrowych w danej gminie. Należy jednak podkreślić, że siła tej zależności była stosunkowo słaba.

Zmienna zależna była różna od rozkładu normalnego ze względu na dużą liczbę gmin niemających na swoim terenie żadnej turbiny wiatrowej. Określono zatem współczynnik korelacji dla gmin, na terenie których znajdowała się co

Tabela 2. Wartości współczynnika korelacji z uwzględnieniem wszystkich gmin miejsko-wiejskich oraz wiejskich w województwie wielkopolskim

Cecha	Wartość korelacji	Cecha cd.	Wartość korelacji cd.
$x_1$	0,092	$x_{11}$	–0,033
$x_2$	–0,027	$x_{12}$	–0,029
$x_3$	0,031	$x_{13}$	–0,130
$x_4$	0,015	$x_{14}$	–0,070
$x_5$	0,003	$x_{15}$	–0,086
$x_6$	–0,071	$x_{16}$	0,088
$x_7$	–0,086	$x_{17}$	–0,096
$x_8$	–0,094	$x_{18}$	–0,050
$x_9$	–0,105	$x_{19}$	0,172*
$x_{10}$	0,013	$x_{20}$	0,170*

\*korelacja istotna na poziomie 0,05

Źródło: opracowanie własne.

najmniej 1 turbina wiatrowa (patrz tab. 3). W tym przypadku kierunek wpływu wszystkich cech był taki sam, natomiast siła wpływu była większa. Jedyną istotną statystycznie cechą była liczba dużych gospodarstw. Należy również zwrócić uwagę na duży wzrost wartości współczynnika korelacji dla cechy  $x_1$  – moc wiatru. Oznacza to, że w wielu gminach o korzystnych warunkach wietrzności elektrownie wiatrowe nie występowały. Cecha o charakterze finansowym  $x_{20}$  wykazała wysoką wartość korelacji, przy uwzględnieniu wszystkich gmin. Dodatkowo, biorąc pod uwagę wyłącznie gminy z występującymi na ich terenie turbinami wiatrowymi, wartość ta wzrosła do 0,547 na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$ . Potwierdza to, że w gminach wiejskich oraz miejsko-wiejskich duże elektrownie wiatrowe wyraźnie wpływały na dochód własny gminy.

Uwarunkowaniami przestrzennymi, które najsilniej pozytywnie oddziaływały na lokalizację elektrowni wiatrowych w województwie wielkopolskim, były:

- powierzchnia gospodarstw rolnych (powyżej 15 ha),
- liczba gospodarstw rolnych (powyżej 15 ha),
- moc wiatru.

Uwarunkowaniami przestrzennymi, które najsilniej negatywnie wpływały na lokalizację elektrowni wiatrowych w województwie wielkopolskim, były:

- powierzchnia form ochrony przyrody (bez parków narodowych oraz rezerwatów przyrody),
- gęstość zaludnienia terenów osadniczych,
- liczba gospodarstw rolnych do 1 ha,
- liczba budynków mieszkalnych,
- gęstość zaludnienia.

Aby zweryfikować, w jakim stopniu zgromadzone dane objaśniały lokalizację turbin wiatrowych w danej gminie, wykorzystano analizę regresji. Prosta regresji pozwala oceniać wartość zmiennej zależnej na podstawie zmiennych niezależnych (Zieliński 1999). Dla potrzeby identyfikacji tylko tych zmiennych, które w najistotniejszy sposób związane były ze zmienną zależną, zastosowano regresję krokową postępującą. Przed wyznaczeniem równania regresji wykluczono

Tabela 3. Wartości współczynnika korelacji z uwzględnieniem gmin miejsko-wiejskich oraz wiejskich z co najmniej 1 turbiną wiatrową

Cecha	Wartość korelacji	Cecha cd.	Wartość korelacji cd.
$x_1$	0,235	$x_{11}$	-0,012
$x_2$	0,011	$x_{12}$	-0,073
$x_3$	0,047	$x_{13}$	-0,200
$x_4$	-0,014	$x_{14}$	-0,144
$x_5$	0,030	$x_{15}$	-0,139
$x_6$	-0,132	$x_{16}$	0,144
$x_7$	-0,198	$x_{17}$	-0,170
$x_8$	-0,191	$x_{18}$	-0,111
$x_9$	-0,200	$x_{19}$	0,296*
$x_{10}$	0,064	$x_{20}$	0,547**

\*korelacja istotna na poziomie 0,05; \*\*korelacja istotna na poziomie 0,01

Źródło: opracowanie własne.



wartości odstające oraz dla cechy  $x_1$  zmieniono poziom pomiaru z ilościowego na porządkowy. Ustalono kategorie w celu maksymalizacji związku ze zmienną przewidywaną. W modelu wykorzystano cechy  $x_1$ – $x_{19}$  opisujące uwarunkowania przestrzenne. Wynikiem obliczeń było równanie prostej regresji o dopasowaniu równym 3,1%. Oznacza to, że zaledwie 3,1% zmian danej zmiennej zostało wyjaśnione przez wartości wskazanych cech. Cechami, które weszły w skład równania, były:  $x_{19}$  – liczba gospodarstw rolnych powyżej 15 ha oraz  $x_9$  – gęstość zaludnienia terenów osadniczych, z czego ważność cechy  $x_{19}$  wynosiła 64% na poziomie istotności  $\alpha = 0,022$ , natomiast cechy  $x_9$  – 36% na poziomie istotności  $\alpha = 0,084$ . Biorąc pod uwagę wyłącznie gminy, na których terenie występowała co najmniej 1 turbina wiatrowa, dopasowanie modelu wynosiło 10%. Cechami, które weszły w skład równania, były:  $x_{11}$  – moc wiatru oraz  $x_9$  – gęstość zaludnienia terenów osadniczych, z czego ważność cechy  $x_{11}$  wynosiła 68% na poziomie istotności  $\alpha = 0,027$ , natomiast cechy  $x_9$  – 32% na poziomie istotności  $\alpha = 0,122$ . Na podstawie wyników równania regresji stwierdzono, że najistotniejszym czynnikiem przestrzennym wpływającym na lokalizację elektrowni wiatrowych był udział liczby gospodarstw rolnych o powierzchni powyżej 15 ha. Natomiast dla gmin, w których występowała co najmniej jedna turbina wiatrowa, najwyższą zależność wykazano dla mocy wiatru. Włączając w skład modelu efekty finansowe, będące dochodami gmin w przeliczeniu na jednego mieszkańca, należy zauważyć, że dokładność modelu zwiększyła się do 8% w przypadku wszystkich gmin oraz 28,1% w przypadku gmin z co najmniej jedną turbiną wiatrową.

## Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań określono przestrzenne uwarunkowania, które wpływały na decyzje dotyczące wyboru miejsca lokalizacji elektrowni wiatrowych w województwie wielkopolskim, a które jednocześnie mogą mieć znaczenie dla lokalizowania elektrowni wiatrowych w przyszłości. Stwierdzono, że na rozmieszczenie elektrowni wiatrowych w województwie wpływ miały: udział w powierzchni gminy dużych gospodarstw rolnych (o powierzchni większej niż 15 ha), moc wiatru, udział form ochrony przyrody w strukturze gruntów oraz gęstość zaludnienia terenów osadniczych. Należy uznać, że niskie wartości współzależności występowania turbin wiatrowych oraz określonych cech przestrzennych były spowodowane faktem, że wśród gmin, w których zlokalizowane są turbiny wiatrowe, najliczniejszą grupą były te, w których występowały jedna, dwie lub trzy turbiny wiatrowe. Często w tych przypadkach dużą rolę odgrywał miejscowy charakter terenu. Uznano, że największy wpływ na decyzję lokalizacyjną miała struktura gruntów pod względem wielkości powierzchni gospodarstw w gminie oraz moc wiatru. W gminach, w których udział liczby gospodarstw o powierzchni większej niż 15 ha był wysoki, częściej występowały turbiny wiatrowe. Czynnikiem sprzyjającym lokalizacji były również zasoby energetyczne wiatru. Uznano jednak, że siła oddziaływania warunków wietrzności była zaskakująco niska. Wpływ miała na to niedokładność map w atlasach wiatrowych i/lub występowanie silnych

czynników politycznych, ekonomicznych oraz społecznych. Istniejące mapy warunków wiatrowych zwykle znacząco różnią się między sobą i niekiedy budzą kontrowersje, dlatego stanowią one jedynie informację orientacyjną (Wiśniewski 2011). Aby dokładniej oszacować wielkość zasobów energetycznych, pomiarów dokonuje się w miejscu planowanej elektrowni (Banak 2010). Istotność czynników politycznych związanych z lokalizacją turbin wiatrowych potwierdza raport Najwyższej Izby Kontroli o lokalizacji oraz budowie lądowych farm wiatrowych (2014). Negatywnie odniesiono się w nim do organów administracji publicznej. Stwierdzono, że władze gmin decydowały o lokalizacji farm wiatrowych, ignorując społeczne sprzeciwy, budową elektrowni wiatrowych zainteresowane były w części osoby pełniące funkcje lub zatrudnione w gminach, na których ziemi farmy powstały, a zgody organów gmin na lokalizację elektrowni wiatrowych zostały w większości przypadków uzależnione od sfinansowania przez inwestorów dokumentacji planistycznej lub przekazania darowizny na rzecz gminy. Z obliczeń wynika, że istnieje zależność między występowaniem turbin wiatrowych a dochodem własnym gminy. Można zatem uznać, że budowa elektrowni wiatrowej jest opłacalna z punktu widzenia samorządów. Należy jednak podkreślić, że zależność ta może być związana ze współwystępowaniem dochodów pochodzących z innych źródeł. Uzyskane niskie wartości współzależności występowania turbin wiatrowych oraz określonych cech przestrzennych wskazały, że decyzje lokalizacyjne uzależnione były przede wszystkim od decyzji administracyjnych oraz miejscowego ukształtowania terenu, w tym rozmieszczenia elementów krajobrazu.

## Literatura

- Banak M.J. 2010. Lokalizacja elektrowni wiatrowych – uwarunkowania środowiskowe i prawne. *Człowiek i Środowisko*, 34, 3–4: 117–128.
- Bhattacharya M., Paramati S.R., Ozturk I., Bhattacharya S. 2016. The effect of renewable Energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162: 733–741.
- Europejski Instytut Miedzi, Polskie Centrum Promocji Miedzi. 2006. Generacja rozproszona i odnawialne źródła energii. Strona Europejskiego Instytutu Miedzi ([http://copperalliance.eu/docs/librariesprovider3/8\\_1\\_generacja-rozproszona-i-odnawialne-%C5%BAr%C3%B3d%C5%82a-energii\\_wprowadzenie-pdf.pdf?Status=Master&sfvrsn=0](http://copperalliance.eu/docs/librariesprovider3/8_1_generacja-rozproszona-i-odnawialne-%C5%BAr%C3%B3d%C5%82a-energii_wprowadzenie-pdf.pdf?Status=Master&sfvrsn=0); dostęp: 20.12.2016).
- Gilewski J., Montusiewicz J. 2014. Combined systems of energy generation – a characterisation and classification. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 8, 23: 53–61.
- Gnatowska R., Wąs A. 2015. Analiza opłacalności inwestycji w produkcję energii ze źródeł odnawialnych na przykładzie farmy wiatrowej przy założeniu wsparcia dla „zielonej energii”. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 18, 1: 23–33.
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). 2016. Energia ze źródeł odnawialnych w 2016 roku. Warszawa.
- Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. 2012. Propozycje wskaźników do oceny i monitorowania zagospodarowania przestrzennego w gminie ze szczególnym uwzględnieniem zagadnienia ładu przestrzennego. Warszawa.
- Kujawsko-Pomorskie Biuro Planowania Przestrzennego i Regionalnego we Włocławku. 2012. Województwo Kujawsko-Pomorskie – zasoby i możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii, Włocławek (<http://www.biuro-planowania.pl/download/OZE-tekst.pdf>).
- Lorenc H. 1992. Zasoby wiatru w Polsce. Materiały badawcze. Seria Meteorologia, 18: 1–54.
- Lorenc H. (red.) 2005. Atlas klimatu Polski. IMGW, Warszawa.
- Michalik P. 2009. Ocena zasobów energii wiatru na potrzeby małej energetyki wiatrowej. *Elektrotechnika i Elektronika*, 28, 1–2: 14–19.

- Najwyższa Izba Kontroli. 2017. Lokalizacja i budowa lądowych farm wiatrowych. Informacja o wynikach kontroli, Warszawa (<https://www.nik.gov.pl/plik/id,7128,vp,9004.pdf>).
- Paska J., Surma T. 2015. Elektrownie wiatrowe źródłem energii elektrycznej czy również mocy? Rynek Energii, 2(117): 51–58.
- Przybyła C., Wojtkowiak R., Gładysiak S., Leśny J., Schefke R., Mroziak K. 2007. Przegląd zasobów odnawialnych źródeł energii w województwie wielkopolskim. Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego. Poznań ([http://www.preda.pl/pliki/Dokumenty/OZE/OZE\\_Wielkopolska.pdf](http://www.preda.pl/pliki/Dokumenty/OZE/OZE_Wielkopolska.pdf)).
- Runge J. 2007. Metody badań w geografii społeczno-ekonomicznej – elementy metodologii, wybrane narzędzia badawcze, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- Stolińska B. 2014. Czynniki lokalizacji elektrowni wiatrowych. Świat Nieruchomości, 88: 27–31.
- TPA Horwath, Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej. 2016. Efekty zwiększenia obciążeń podatkowych w energetyce wiatrowej (<http://docplayer.pl/30427668-Efekty-zwiekszenia-obciazen-podatkowych-w-energetyce-wiatrowej.html>).
- Wiśniewski G. (red.) 2011. Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie odnawialnych źródeł energii – wnioski dla Regionalnych Programów Operacyjnych na okres programowania 2014–2020. Instytut Energetyki Odnawialnej, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa.
- Wiśniewski G., Michałowksa-Knap K., Koć S. 2012. Energetyka wiatrowa – stan aktualny i perspektywy rozwoju w Polsce. Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa (<http://www.continowind.com/public/docs/Raport.pdf>).
- Zieliński T. 1999. Jak pokochać statystykę, czyli Statistica do poduszki. StatSoft Polska, Kraków.

## Akty prawne

- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U., nr 92, poz. 880 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz.U. 2006, nr 89, poz. 625 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2016, poz. 925).
- Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych (Dz.U. 2016, poz. 961).
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. 1994, nr 89, poz. 414 z późn. zm.).
- Europa 2020. Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu. Komunikat Komisji. KOM (2010) 2020 z 3.03.2010, Bruksela.

## Spatial condition of the location of wind power stations in the Greater Poland voivodship

**Abstract:** The main aim of this paper is an indication of spatial conditions which influence a location of wind farms in the Greater Poland voivodship. The research procedure was divided into two phases. The first stage consisted of identification and indication the location of wind power stations up to 1 MW. The second one focused on an identification features describing the chosen elements of the geographical environment, which are relevant to working the wind farms. In the present paper, particular attention was paid to analysis a relationship between an amount of wind farms in the communes and selected features. The determinants, which may have an impact on location of wind farms in the future, has been identified based on this research.

**Key words:** wind farms, wind power stations, spatial conditions, location of wind farms in the Greater Poland voivodship