

Wielokryterialna ocena przydatności terenu do rozwoju energetyki wiatrowej na przykładzie gminy Rymanów

A multicriterial evaluation of land suitability for wind energy development, as exemplified by Poland's gmina of Rymanów

WOJCIECH SYNOWIEC

juwi Energia Odnawialna Sp. z o.o.,
31-323 Kraków, ul. Opolska 100; wojciech.synowiec@gmail.com

MAŁGORZATA LUC

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński,
30-387 Kraków, ul. Gronostajowa 7; mluc@gis.geo.uj.edu.pl

Zarys treści. Artykuł stanowi głos w dyskusji nad aktualnym problemem kształtowania środowiska geograficznego Polski w aspekcie lokalizacji elektrowni wiatrowych. Przedstawiono w nim metody analizy kryteriów lokalizacyjnych o charakterze prawnym, środowiskowym, społecznym, technicznym i zasobowo-użytkowym. Kompleksowo ujęte czynniki oraz związane z nimi bariery zostały ukazane na przykładzie podkarpackiej gminy Rymanów. Za pomocą narzędzi GIS przeprowadzono analizę danych przestrzennych pozyskanych w postaci map, cyfrowych baz danych oraz numerycznego modelu terenu. Wynikową mapę oceny przydatności terenu do rozwoju energetyki wiatrowej opracowano z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej (MCA).

Słowa kluczowe: elektrownie wiatrowe, gmina Rymanów, analiza wielokryterialna, analiza hierarchiczna problemu.

Wprowadzenie

Energia elektryczna stanowi ważny element rozwoju gospodarczego każdego państwa, a zapotrzebowanie na nią stale rośnie, zwłaszcza w krajach rozwijających się. Jej produkcja, nie tylko w Polsce, ale również globalna, nadal opiera się głównie na paliwach kopalnych. Zgodnie z ostatnimi danymi z Międzynarodowej Agencji Energii w roku 2010 największy, 40,6% udział w generowaniu energii miał węgiel, mniejszy – gaz (22,2%), woda (16%), energetyka jądrowa (12,9%) i ropa naftowa (4,6%); udział pozostałych to 3,7% (Key..., 2012). Polska po wej-

ściu w strukturze UE została zobowiązana Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z 23 kwietnia 2009 r. do zwiększenia udziału energii elektrycznej wytwarzanej z odnawialnych źródeł (OZE) do 15% do 2020 r. (DPE-iR, 2009a). Natomiast Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 18 października 2012 r. (*Rozporządzenie...*, 2012) wprowadziło na rok 2013 dla przedsiębiorstw energetycznych obowiązek udziału sprzedanej energii elektrycznej pochodzącej z OZE na poziomie nie mniejszym niż 12% w skali rocznej. Warto zauważyć, że w kolejnych latach ten udział systematycznie ma wzrastać, do 20% w 2020 r. W budowie systemu energetycznego opartego na energii wiatru, w porównaniu z pozostałymi państwami UE znajdujemy się nadal na początkowym etapie. Trzeba jednak podkreślić, że, jak podaje URE (Urząd Regulacji Energetyki, <http://www.ure.gov.pl/>), moc koncesjonowanych instalacji elektrowni wiatrowych w 2012 r. wyniosła w naszym kraju prawie 2500 MW, co oznacza wzrost w stosunku do roku poprzedniego o 54,5%. Według opublikowanych prognoz (*World...*, 2012) przed 2035 r. z OZE będzie pochodziła jedna trzecia łącznej produkcji energii. Nastąpi znaczny wzrost znaczenia energii pochodzącej z wiatru i wody (po 1/3), 1/6 ma pochodzić z biomasy, 1/10 z promieniowania słonecznego (Maliko, 2012). Zmniejszy się udział energii jądrowej, a znacznie wzrośnie – ropy naftowej i gazu pochodzącego ze złóż konwencjonalnych i niekonwencjonalnych. Natomiast rola węgla w globalnej gospodarce energetycznej jest dyskusyjna i uzależnia się ją między innymi od zastosowanych technologii spalania.

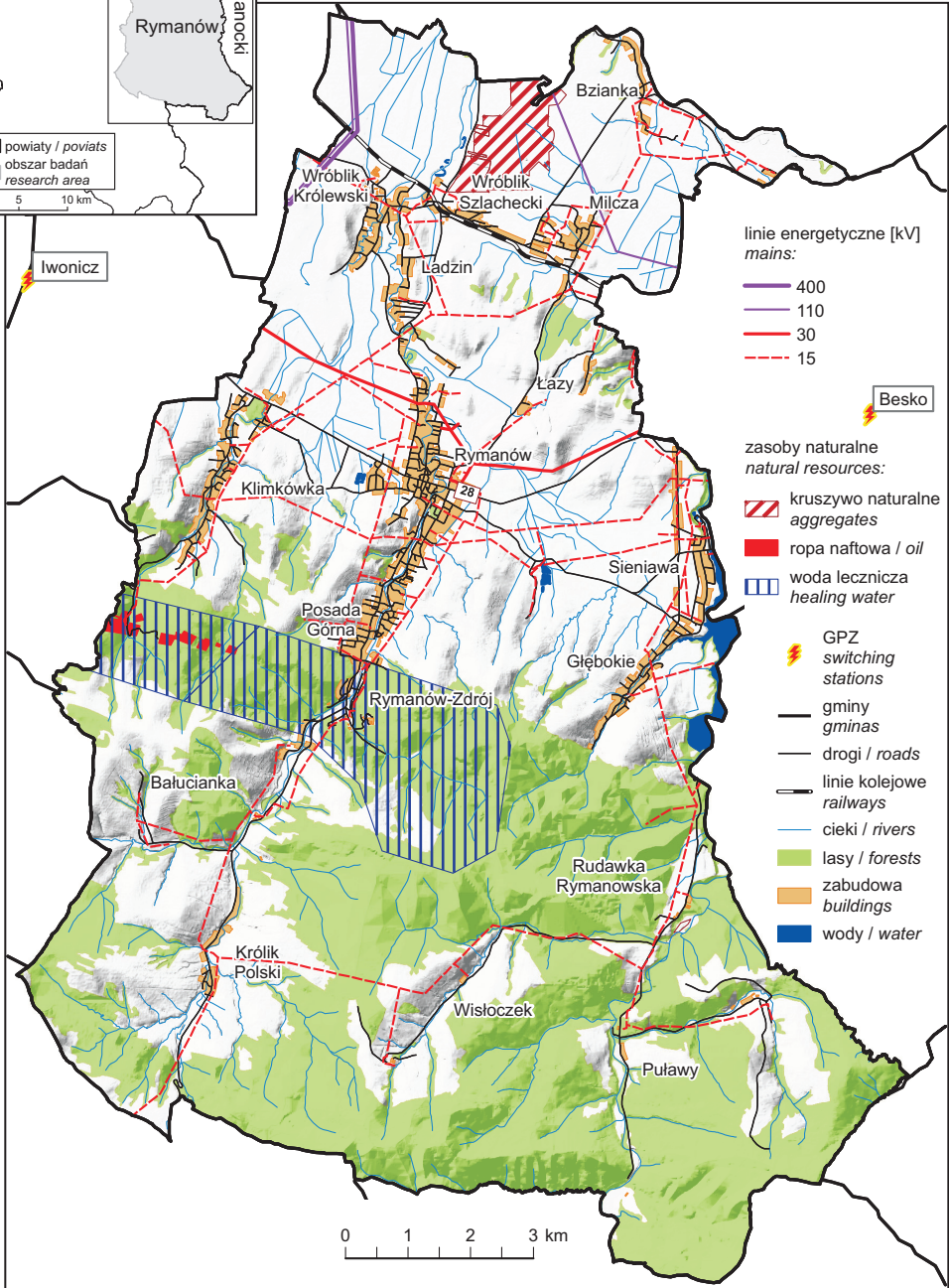
W tym kontekście wydaje się, że nie ma odwrotu od istniejącego trendu zwiększenia znaczenia produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł, w tym z wiatru. Nie oznacza to jednak braku przeciwników wprowadzania do środowiska przyrodniczego tak dużych obiektów antropogenicznych. Rozwój energetyki wiatrowej wiąże się bowiem z budową nie tylko pojedynczych elektrowni, ale również farm wiatrowych. Ich definicje podawane są w literaturze branżowej w różnym brzmieniu. Na potrzeby publikacji przyjmuje się, za Europejskim Komitetem Normalizacyjnym CENELEC (2002, s. 11), że turbozespół wiatrowy (elektrownia wiatrowa), to „układ przetwarzający kinetyczną energię wiatru w energię elektryczną”. Natomiast *Instrukcja ruchu i eksploatacji sieci dystrybucyjnej* (2008, s. 72) podaje, że farma wiatrowa to „pojedyncza jednostka wytwórcza lub zespół jednostek wytwórczych wykorzystujących do wytwarzania energii elektrycznej energię wiatru, przyłączonych do sieci w jednym miejscu przyłączenia”. O wpływie farm wiatrowych czy pojedynczych elektrowni wiatrowych na poszczególne elementy środowiska przyrodniczego, w tym na krajobraz, pisali w ostatnim czasie w Polsce między innymi K. Niecikowski i M. Kistowski (2008), J. Gołaszewski (2009), K. Badora (2010) i B. Bożętka (2010). Polemika trwa, a farmy powstają i – jak pisze M. Kistowski (2012) – niekoniecznie w takich miejscach, które gwarantują największe korzyści środowiskowe uzyskiwane z mocy generowanej przez instalacje energetyczne. Bez względu jednak na to, czy badania dotyczą pojedynczego obiektu czy całego ich zespołu, wybór lokalizacji ma charakter wieloczynnikowy, a oddziaływanie na czło-

wieka i środowisko urządzeń przetwarzających energię wiatru podlega analizom interdyscyplinarnym. Wydaje się więc, że zrozumienie zależności pomiędzy najważniejszymi czynnikami lokalizacyjnymi może przyczynić się do bardziej przemyślanego wyboru miejsc budowania elektrowni wiatrowych, szczególnie w rejonach atrakcyjnych krajobrazowo czy kulturowo. W konsekwencji ich negatywny wpływ może zostać ograniczony, a społeczności lokalne będą mogły znaleźć dla siebie korzyści wynikające z ich powstania. Dlatego jako cel opracowania przyjęto proponowanie i omówienie założeń metodycznych do wyboru lokalizacji elektrowni wiatrowych na podstawie analizy kryteriów prawnych, środowiskowych, społecznych, technicznych i zasobowo-użytkowych. Opracowanie stanowi głos w dyskusji metodycznej prowadzonej w Polsce między innymi w publikacjach M. Kistowskiego i W. Staszka (1999), M. Kistowskiego i K. Niecikowskiego (2011) oraz M. Kistowskiego (2012). Badania przeprowadzono na przykładzie gminy Rymanów (powiat Krosno, woj. podkarpackie), wybranej ze względu na liczne, częściowo wykorzystywane gospodarczo walory środowiskowe, które wymagają ochrony (ryc. 1). Gmina ta nie jest w sensie metodycznym terenem reprezentatywnym, ale stanowi przykład obszarów, jakich w Karpatach Polskich znajduje się wiele.

Materiały

Analizę czynników lokalizacji elektrowni wiatrowych w gminie Rymanów umożliwiło wykorzystanie następujących materiałów kartograficznych:

- mapy topograficzne w skali 1:10 000;
- baza danych VMAP (ang. *Vector Map* lub *Vector Smart Map*) poziom 2, odpowiadającą skali 1:50 000;
- uszczegółowiona baza danych CORINE Land Cover (CLC) 2006, z minimalną jednostką kartowania wynoszącą 5 ha (Ciołkosz i inni, 2011);
- Numeryczny Model Terenu LPIS (ang. *Land Parcel Information Systems*) w arkuszach 1:10 000 z zasobu Wojewódzkiego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Rzeszowie;
- mapa potencjału energii wiatru województwa podkarpackiego udostępniona w bazie danych projektu *Baza Danych Odnawialnych Źródeł Energii Województwa Podkarpackiego* (<http://www.baza-oze.pl>);
- mapy obszarów Natura 2000 w skali 1:50 000 (<http://natura2000.gdos.gov.pl>);
- warstwa terenów górniczych i złoża kopalin z Centralnej Bazy Danych Geologicznych (<http://web3.pgi.gov.pl>);
- mapy studium ochrony przeciwpowodziowej w skali 1:10 000 sporządzone przez Regionalny Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie (<http://oki.krakow.rzgw.gov.pl>);
- mapa obszarów zagrożonych podtopieniami w skali 1:50 000 wykonana przez Państwowy Instytut Geologiczny, zdigitalizowana na podstawie WMS udostępnionego przez Geoportal (<http://geoportal.pgi.gov.pl>).



Dodatkowe, niekartograficzne, źródła informacji o terenie stanowiły dokumenty planistyczne i gminne opracowania środowiskowe: *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Rymanów* (Krupierek, 2002), *Plan Rozwoju Lokalnego gminy Rymanów na lata 2004–2013* (Knapik i inni, 2004) oraz *Prognoza oddziaływania na środowisko* (Folta, 2007; Pytlowany, 2003). Wykorzystano je do przyporządkowania atrybutów poszczególnym elementom przyrodniczym i społeczno-gospodarczym (drogi, linie energetyczne) oraz zlokalizowania obiektów sanatoryjnych, usługowych, obszarów chronionego krajobrazu, pomników przyrody i parków kulturowych.

Metody badań

Próby kompleksowego ujęcia kryteriów lokalizacyjnych elektrowni wiatrowych w Polsce podejmowano lokalnie w województwie dolnośląskim (Zathey, 2010), lubelskim (Małeńczuk, 2009; Michalczuk, 2009), opolskim (Badora, 2010), pomorskim (Kubicz i inni, 2003; Niecikowski i Kistowski, 2008), podkarpackim (Borzyszkowski i inni, 2010) i warmińsko-mazurskim (Olech i Juchnowska, 2006). Ostatnio natomiast ukazała się propozycja metodyczna (Kistowski, 2012), w której syntetycznie i kompleksowo zostały opisane kryteria przyrodnicze, antropogeniczne i krajobrazowe lokalizacji obiektów energetyki wiatrowej. Badania służące do wielokryterialnej oceny gminy Rymanów prowadzono zanim ukazała się wspomniana publikacja, jednak wiele z zamieszczonych w niej propozycji jest zbieżnych z uwzględnionymi uwarunkowaniami, a nieuwzględnienie pozostałych wynika w dużej mierze z braku dostępności do danych źródłowych.

Ocenę przydatności terenu do rozwoju energetyki wiatrowej wykonano na podstawie analizy obowiązujących w Polsce przepisów prawnych dotyczących czynników środowiskowych, technicznych, zasobowo-użytkowych i społecznych. Niektóre z nich stanowią podstawę określenia warunków pozytywnych lokalizacji, inne zaś mają charakter ograniczający lub wykluczający. Zostały one zebrane z publikacji naukowych oraz z dyrektyw, ustaw i rozporządzeń (zał. 1). Uwarunkowania środowiskowe dotyczyły ograniczenia lokalizacji ze względu na istnienie pomników przyrody, rezerwatów, obszarów chronionego krajobrazu, obszarów Natura 2000 oraz występowanie przedstawicieli chiropterofauny i awifauny. Ponadto dokonano oceny zasobów energetycznych wiatru, gdyż nawet wysoko zaawansowane technologicznie siłownie nie skompensują jego niskiego potencjału energetycznego. Określono również stopień nachylenia terenu pod kątem analizy dróg dojazdowych do turbin wiatrowych oraz szorstkość terenu, która



Ryc. 1. Pokrycie terenu i zasoby naturalne gminy Rymanów

Źródło: Vector Smart Map, Numeryczny Model Terenu, Państwowy Instytut Geologiczny.

Land cover and natural resources of the gmina of Rymanów

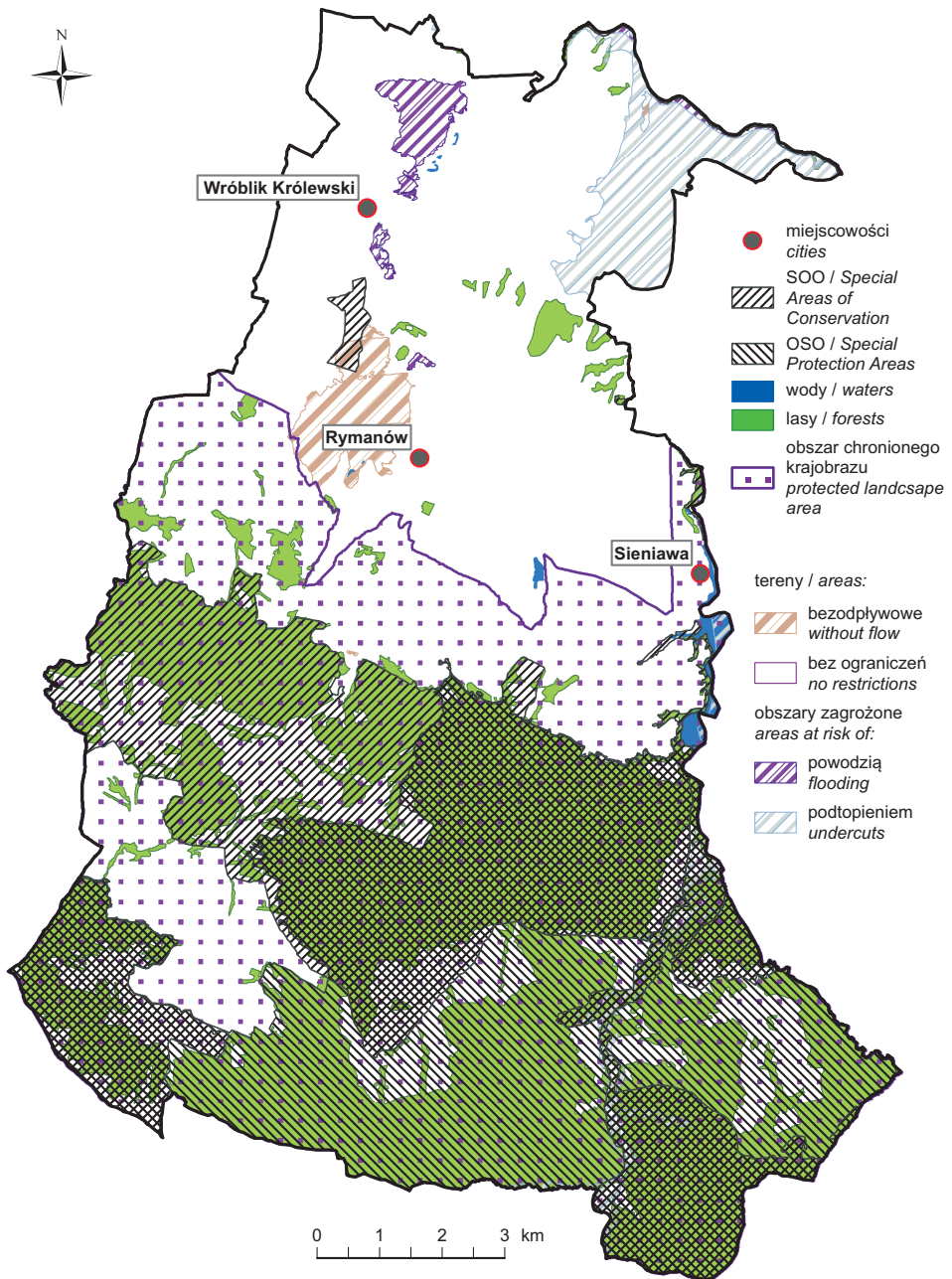
Source: Vector Smart Map, Digital Terrain Model, Polish Geological Institute.

pokazuje opór, jaki powierzchnia terenu stawia strumieniowi przepływającego powietrza, co wpływa na spadek jego prędkości na danej wysokości. Zostały także wykluczone obszary zagrożone powodzią i podtopieniami (ryc. 2). Do grupy czynników społecznych zaliczono przede wszystkim te, które uwzględniają dziedzictwo kulturowe, planowanie przestrzenne, aspekty wizualne oraz dopuszczalne normy hałasu. Ze względu na występujące niekiedy utrudnienia w realizacji przedsięwzięć energetycznych spowodowane ograniczeniami w sieci transportowej lub elektroenergetycznej, podczas oceny lokalizacji elektrowni wiatrowej należało także przeanalizować występującą na danym obszarze infrastrukturę techniczną, tj. system elektroenergetyczny oraz dostępność komunikacyjną. Natomiast czynniki zasobowo-użytkowe powiązane z istniejącymi zasobami naturalnymi oraz walorami kulturowymi i krajobrazowymi analizowanego obszaru.

Wykorzystanie Systemów Informacji Geograficznej

Do wyznaczenia obszarów pod inwestycje elektrowni wiatrowych posłużono się przede wszystkim narzędziami GIS. Za ich pomocą wykonano konwersję wektorowych modeli danych do formatu rastrowego, nadanie georeferencji, digitalizację, operacje nakładania oraz działania wykorzystujące algebrę map. Natomiast na potrzeby określenia ekwidystant od poszczególnych obiektów wykorzystano funkcje buforowania. Wielkość wyznaczonych stref różniła się w zależności od charakteru obiektu, stosowanych praktyk w planowaniu przestrzennym oraz aspektów prawnych (tab. 1), umieszczonych w zacytowanych publikacjach naukowych oraz rozporządzeniach. Pozostałe wielkości stref zostały zaproponowane przez autorów.

Ze względu na wysokie koszty realizacji inwestycji związanych z elektroenergetyką, jednym z kluczowych czynników lokalizacyjnych jest dostęp do istniejącej sieci energetycznej, przede wszystkim do linii średniego, wysokiego i najwyższego napięcia oraz głównych punktów zasilania (GPZów). Trudnym zadaniem jest określenie, które tereny położone w danej odległości od infrastruktury elektroenergetycznej są korzystne. Często bowiem zakłada się akceptowany koszt infrastruktury w przeliczeniu na jednostkowy MW zainstalowanej mocy. W przeprowadzonych badaniach dla każdego z wymienionych elementów systemu elektroenergetycznego zastosowano metodę buforowania z użyciem wartości bezwzględnych, jak również określono, do jakich projektów powinno się stosować dane rozwiązanie. Autorzy przyjęli następujące wartości graniczne buforów od linii elektroenergetycznych: 500 m, 1000 m, 2000 m i powyżej 2000 m. Dodatkowo ze względu na ochronę tych linii wyznaczono obszary wyłączeń przy założeniu zastosowania turbiny o 100 m średnicy wirnika zgodnie z wytycznymi Energa Operator SA (*Wymagania...*, 2008). W odniesieniu do linii średniego napięcia wymaga się, aby obrys pracującej turbiny nie nachodził na pas techniczny linii, którego wielkość w przypadku linii jednotorowej wynosi 25 m,



Ryc. 2. Obszary chronione i zagrożone w gminie Rymanów
 Protected and endangered areas within the gmina of Rymanów
 Źródło / Source: <http://natura2000.gdos.gov.pl>; <http://oki.krakow.rzgw.gov.pl>

Tabela 1. Przyjęta szerokość strefy buforowej dla wybranych obiektów
The adopted widths of buffer zones for the selected objects

Kryterium / Criterion	Bufor Buffer zone (m)
Zabudowa mieszkaniowa / Residential areas	500 ^a
Ośrodki zdrowia / Health centers	1200 ^b
Zabudowa uzdrowiskowo-wypoczynkowa / Spa and leisure buildings	1200 ^b
Lasy / Forests	200 ^c
Linie kolejowe / Railways	200 ^d
Zbiorniki wodne o powierzchni 1–10 ha / Water reservoirs (area of 1–10 ha)	200 ^e
Zbiorniki wodne o powierzchni powyżej 10 ha Water reservoirs (area of over 10 ha)	500 ^e
Cieki / Rivers	200 ^a
OSO/SOO (dot. chiropterofauny) Special Protection Areas/Special Areas of Conservation (concerns chiroptero- fauna)	500 ^f
Obiekty historyczne / Historical objects	500 ^g
Pomniki przyrody / Natural monuments	500
Cmentarze / Cemeteries	400
Strefy ochrony konserwatorskiej / Zones of conservative protection	500
Stanowiska archeologiczne / Archeological sites	200
Obszar chronionego krajobrazu / Areas of protective landscapes	500

Źródło: ^a Szurlej-Kielańska i Kaczerowski (2011), ^b Zathey (2010), ^c Maćkowiak (2002), ^d Maleń-
czuk (2009), ^e Kubicz i inni (2003), ^f Olech i Juchnowska (2006), ^g Poussard (2004); pozostałe
– propozycja autorów.

Source: ^a Szurlej-Kielańska and Kaczerowski (2011), ^b Zathey (2010), ^c Maćkowiak (2002),
^d Maleńczuk (2009), ^e Kubicz *et al.* (2003), ^f Olech and Juchnowska (2006), ^g Poussard (2004);
others – authors' proposition.

a dwutorowej 30 m. Ze względu na brak szczegółowej informacji o sieci śred-
niego napięcia, przyjęto zachowawczo 30 m pas techniczny. W przypadku sieci
wysokiego napięcia (110 kV) odległość od skrajnego punktu elektrowni do naj-
bardziej zewnętrznego przewodu linii nieposiadającej amortyzatorów do tłumie-
nia drgań nie może być mniejsza niż trzykrotność średnicy wirnika, natomiast
dla linii wyposażonych w tego typu urządzenia minimalna odległość skraca się
do jednokrotności średnicy. Ze względu na brak szczegółowych informacji doty-
czących tych sieci, wyznaczono strefę wyłączeń oraz strefę, która jest możliwa
do wykorzystania w przypadku funkcjonującego systemu tłumienia drgań linii

energetycznej. PSE Operator SA wymaga natomiast, aby końce łopat pracowały w odległości nie mniejszej niż trzykrotność średnicy rotora od osi trasy linii najwyższych napięć (*Odległość...*, 2009). Powyższe założenia można zaimplementować w analizie dostępności linii energetycznych na potrzeby farmy wiatrowej o mocy do kilku MW, której przyłączenie zakłada się z wykorzystaniem tak zwanej wcinki do sieci średniego napięcia. Ponadto może się ono sprawdzić w podobnych analizach na potrzeby dużych farm wiatrowych, z których wyprodukowana energia będzie oddawana do sieci wysokiego lub najwyższego napięcia poprzez GPZ abonencki. Dla buforów od GPZów zastosowano wartości graniczne stref dostępności 5, 7,5, 10, 12,5 km oraz powyżej 12,5 km. Dla analizowanej gminy powyższe kryterium dedykuje się projektowanym farmom wiatrowym o dużej mocy zainstalowanej, których przyłączenie zakłada się do GPZu operatora sieci dystrybucyjnej lub operatora sieci przesyłowej po stronie wysokiego napięcia lub małym farmom wiatrowym przyłączanym po stronie średniego napięcia. Rozwiązanie przyłączenia farmy wiatrowej do stacji operatora po stronie wysokiego napięcia wymaga jednak wykorzystania GPZu abonenckiego, w celu transformacji napięcia ze średniego na wysokie.

Podobnie jak przy sieciach elektroenergetycznych, także w odniesieniu do infrastruktury drogowej zostały wyznaczone obszary wyłączeń lokalizacji elektrowni wiatrowych ze względu na ich bliskość. Zgodnie z Ustawą o drogach publicznych... z roku 1985 wymaga się, aby obiekty budowlane lokalizować przy drogach z zachowaniem minimalnych odległości wskazanych w tabeli 2. Należy pamiętać, że właściwa dla kategorii drogi dyrekcja dróg może podjąć decyzje określające odmienne wielkości.

Tabela 2. Odległości, w których powinno się sytuować obiekty budowlane przy drogach
Distances from roads at which civil-engineering structures should be located

Rodzaj drogi <i>Type of road</i>	W terenie zabudowy <i>In residential area</i> (m)	Poza terenem zabudowy <i>Outside residential area</i> (m)
Autostrada / <i>Highway</i>	30	50
Droga ekspresowa / <i>Express road</i>	20	40
Droga ogólnodostępna: <i>Generally accessible road:</i>		
– krajowa / <i>national</i>	10	25
– wojewódzka, powiatowa <i>voivodship's and powiat</i>	8	20
– gminna / <i>gmina's</i>	6	15

Źródło: Art. 43.1 Ustawy o drogach publicznych... z 1985 roku.

Source: Article 43.1 of the Act on Public Roads (1985).

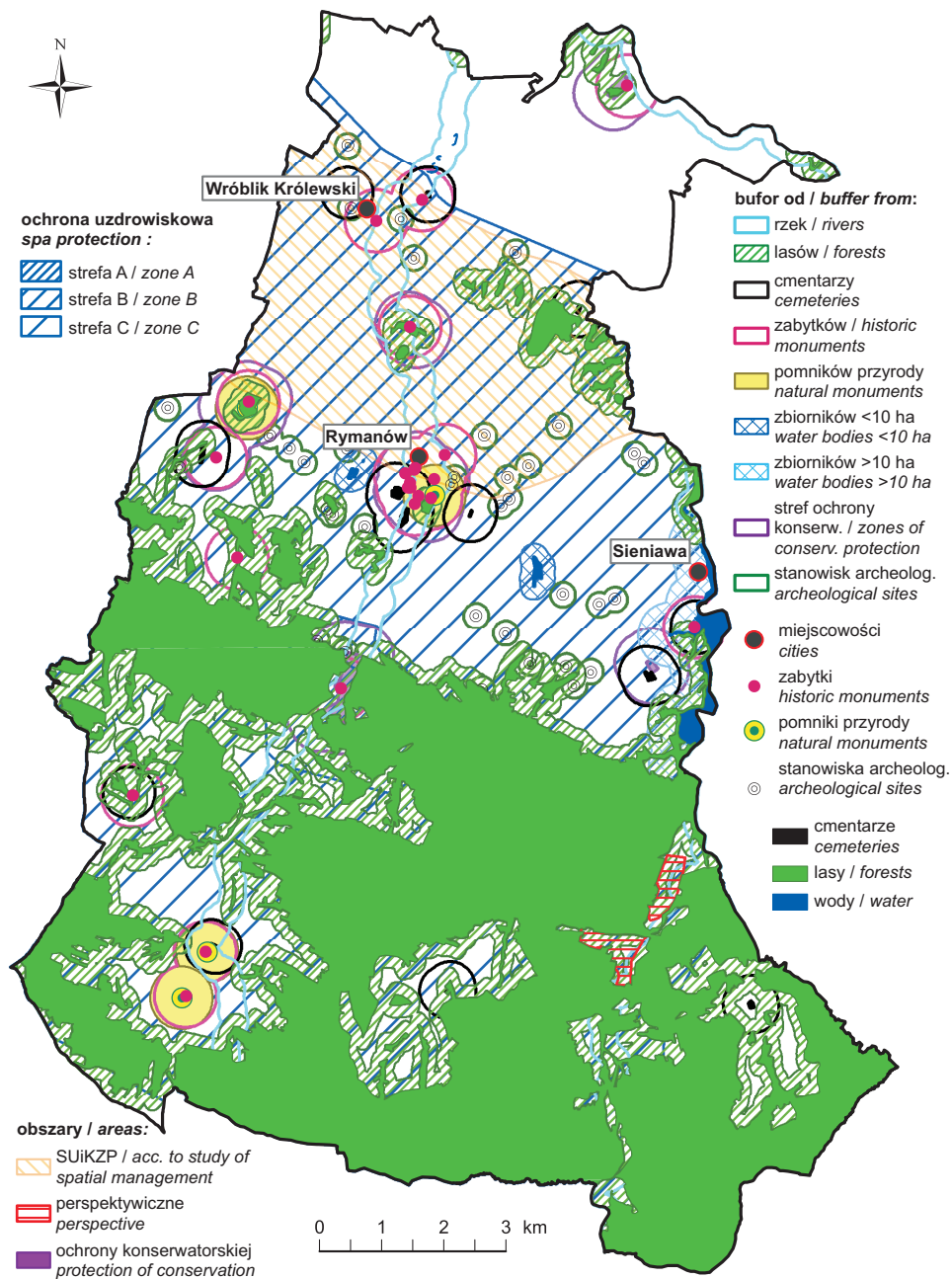
Istotną determinantę w procesie projektowania dróg dojazdowych do elektrowni wiatrowych stanowi nachylenie terenu. W celu przeprowadzenia bezkonfliktowego transportu należy dostosować się do wymagań zawartych w specyfikacjach technicznych producentów elektrowni wiatrowych. Na przykład, w opracowaniach firm Enercon i REpower podaje się, że spadek podłużny drogi nieutwardzonej nie powinien przekraczać 7%, utwardzonej – 12% (*Zuwegung...*, 2012; *Spezifikation...*, 2011). W ocenie przydatności terenów gminy Rymanów do energetyki wiatrowej wartości te zostały wykorzystane do określenia progów dla dwóch pierwszych klas przydatności terenu. W związku z możliwością złaagodzenia wzniosu projektowanej drogi przez zastosowanie sztucznych wałów i nasypów lub przez usunięcie warstwy gruntu, powierzchnie o spadkach 12–15% zostały przyporządkowane do trzeciej grupy o mniejszej wadze. Pozostałe obszary o nachyleniu powyżej 15%, gdzie występują istotne ograniczenia w przygotowaniach drogi o wymaganych parametrach, przydzielono do kolejnych dwóch grup o najmniejszej istotności (15–25% oraz powyżej 25%).

Dla Obszaru Specjalnej Ochrony Beskid Niski ze względu na występowanie siedlisk ptaków wymienionych w Załączniku I Dyrektywy Rady 79/409/EWG (*Dyrektywa...*, 1979) przyjęto bufor o szerokości 500 m. Taki sam zabieg wykonano dla Specjalnych Obszarów Ochrony Siedlisk Rymanów i Jaśliska – w związku z obecnością gatunków nietoperzy – oraz dla pomników przyrody. Pozostałym elementom systemu Natura 2000 położonym w granicach gminy nie przypisano bufora.

Ponadto, ze względu na zachowanie bioróżnorodności obszaru badań oraz ograniczenie negatywnego wpływu lokalizacji elektrowni wiatrowych na awifaunę i chiropterofaunę wyznaczono obszary wrażliwe: lasy wraz z buforem o promieniu 200 m, obszary położone w odległości 200 m od większych cieków wodnych (Tabor i Wisłoka) oraz zbiorniki wodne z buforami 200 m lub 500 m zależnie od ich powierzchni (ryc. 3).

W granicach gminy Rymanów znajdują się złoża kruszyw naturalnych, wód leczniczych, ropy naftowej i towarzyszącego jej gazu ziemnego. Zgodnie z art. 125 Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 roku, *Prawo ochrony środowiska...*, złoża kopalin znajdują się pod ochroną, która powinna polegać między innymi na racjonalnym gospodarowaniu zasobami. Przepis ten sprawia, że stwierdzone występowanie danego surowca naturalnego na określonym terenie należy traktować jako ograniczenie realizacji inwestycji w energetyce wiatrowej, lecz nie jej całkowite wykluczenie.

W gminie znajduje się uzdrowisko Rymanów-Zdrój, które obejmuje 7 szpitali, 3 budynki sanatoryjne oraz inne obiekty służące lecznictwu uzdrowiskowemu, a w celu jego ochrony wyznaczono strefy ochronne A, B i C (ryc. 3). Jednakże biorąc pod uwagę negatywne stanowisko Ministerstwa Zdrowia w stosunku do budowy elektrowni wiatrowych w strefach ochrony uzdrowiskowej oraz traktowanie tego typu urządzeń jako zakładów przemysłowych (<http://www.sejm.gov.pl>, zapytanie nr 622), zgodnie z Ustawą o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdro-



Ryc. 3. Wybrane obiekty dziedzictwa kulturowego wraz z buforami oraz strefy ochrony uzdrowskowej w gminie Rymanów

Źródło: Vector Smart Map, Numeryczny Model Terenu.

Selected objects of cultural heritage, along with buffers and spa protection zones in the gmina of Rymanów

Source: Vector Smart Map, and Digital Terrain Model.

wiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych (Ustawa o lecznictwie..., 2005), strefy ochronne zostają wyłączone z przeznaczenia na cele energetyki wiatrowej. Terenem podlegającym wykluczeniu jest ponadto obszar potencjalnego wykorzystania na potrzeby lecznictwa uzdrowiskowego w Rudawce Rymanowskiej (Krukierek, 2002), oznaczony na rycinie 3 jako obszar perspektywiczny. Na tej samej rycinie zaprezentowano wybrane obiekty dziedzictwa kulturowego wraz z buforami.

Również tereny zagrożone powodzią lub podtopieniami stanowią ograniczenie warunków budowy elektrowni wiatrowych. Dlatego w ocenie gminy Rymanów zostały wyznaczone obszary o wysokim ryzyku podtopień, do których zaklasyfikowano doliny większych rzek oraz przyległe im tereny (Nowicki, red., 2007). Na podstawie gotowych danych w postaci przekrojów poprzecznych, map rastrowych oraz numerycznego modelu terenu wskazano także tereny zagrożone powodzią (ryc. 2).

Analiza wielokryterialna

Do określenia stopnia przydatności danego terenu do budowy siłowni wiatrowych wykorzystano analizę wielokryterialną (MCA). Metoda ta polega na zastosowaniu kryteriów w formie funkcji oraz umożliwia ich wagowanie. Do analizy kryteriów wybrano metodę liniowego wagowania (WLC). Jest to prosta kombinacja warstw opierająca się początkowo na mnożeniu parametrów i oszacowanej wagi danego kryterium, a następnie na dodaniu do siebie wyników mnożenia przeprowadzonego na wszystkich kryteriach. W systemach wsparcia decyzji umożliwia ona przypisanie wagi każdej warstwie w zależności od jej znaczenia oraz połączenie zreklasyfikowanych map w celu uzyskania całkowitej oceny przydatności terenu (Moiloa, 2009), którą można oszacować z wykorzystaniem wzoru H.S. Hansena (2005). Zastosowanie tej metody wiąże się z dużą niepewnością, a tym samym z subiektywizmem wielkości wag przyznawanych podczas planowania. Dlatego do określenia wielkości „wagi” dla poszczególnych czynników wykorzystano metodę hierarchicznej analizy problemu (AHP) opracowaną przez T. Saaty’ego (Bryndza, 2006). Według modelu w pierwszej kolejności porównuje się pary czynników przez przyporządkowanie im ocen dominacji (istotności) zgodnie z przyjętą skalą liczbową. Istotność porównywanych par czynników wyraża się za pomocą liczb z zakresu 1–9, które stanowią tę skalę. Następnie przeprowadza się normalizację oceny w kolumnach z zastosowaniem wzoru:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum a_j} ,$$

gdzie:

b_{ij} – znormalizowana wartość,

$\sum a_j$ – suma wartości w kolumnie j .

Ostatecznie wagę danego czynnika otrzymuje się poprzez zsumowanie znormalizowanej wartości znajdującej się w danym wierszu i dzielenie jej przez liczbę rekordów w tym wierszu (Bryndza, 2006). Nałożenie zwagowanych warstw czynników i transformacje oparte na *algebrze map* (operacje lokalne, które polegają na analizie wartości poszczególnych komórek macierzy rastrowej z wartościami komórek im odpowiadających na innych warstwach) dały możliwość wykonania map oceny przydatności obszaru badanej gminy dla rozwoju energetyki wiatrowej.

Analiza danych anemometrycznych

Na potrzeby publikacji wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych dla Rymanowa w Laboratorium Monitoringu Energii Wiatrowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, pod kierunkiem I. Solińskiego oraz B. Solińskiego (Soliński, 2008). Dysponując danymi anemologicznymi obliczono rozkład gęstości prawdopodobieństwa prędkości wiatru, stosując dwuparametrową funkcję Weibulla (Flaga, 2008):

$$f(v) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{v}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{\beta}\right)^{\gamma}\right],$$

gdzie:

$f(v)$ – rozkład Weibulla,

β – parametr skali (skorelowany ze średnioroczną prędkością wiatru),

γ – parametr kształtu,

v – średnia roczna prędkość wiatru w m s^{-1} .

Założywszy średnioroczną prędkość wiatru $v_{\text{sr}}=5,6 \text{ ms}^{-1}$ na wysokości 20 m npg., współczynnik skali $\beta = 1,128 \cdot v_{\text{sr}}=6,3$ i współczynnik kształtu $\gamma=2$, sporządzono wykres rozkładu gęstości prawdopodobieństwa Weibulla (ryc. 4). Wykorzystując powyższe wyniki obliczeń oszacowano czas trwania wiatru w poszczególnych przedziałach jego prędkości v_a i v_b według formuły (Flaga, 2008):

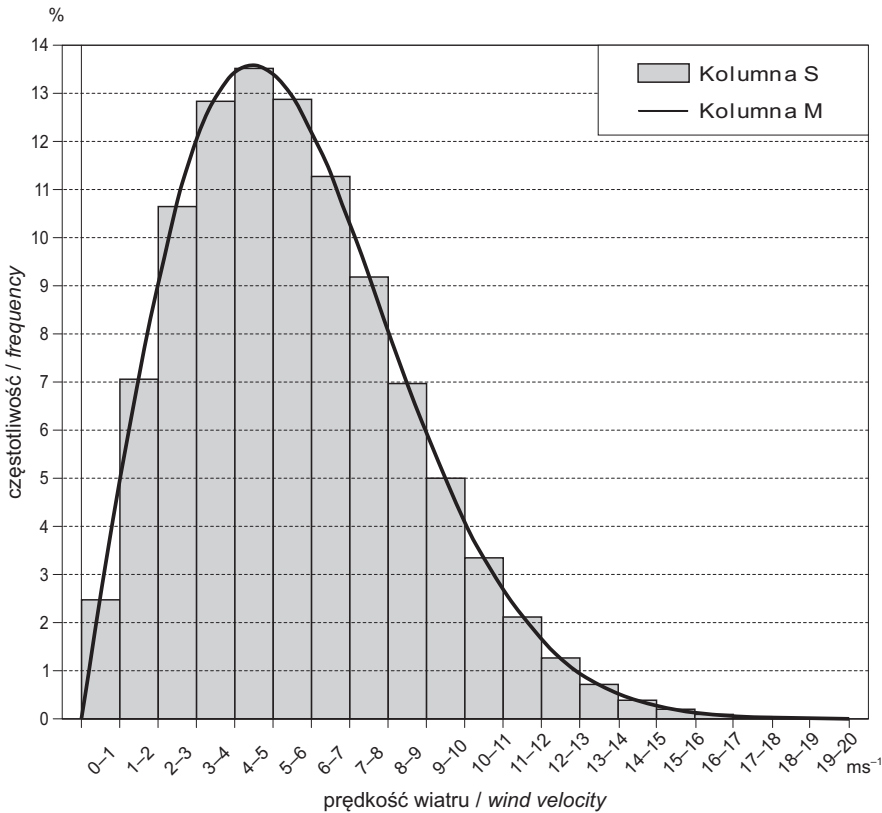
$$t_{ab} = T \int_{v_a}^{v_b} f(v) dv,$$

gdzie:

$f(v)$ – rozkład Weibulla,

T – liczba godzin w roku.

Otrzymane wartości prędkości wiatru przedstawiono w przedziałach w postaci częstości ich występowania na obszarze gminy (tab. 3). Wykonano także obliczenia profilu pionowego wiatru dla poszczególnych klas szorstkości terenu, korzystając ze wzoru (<http://www.wind-data.ch>):



Ryc. 4. Rozkład Weibulla dla założonych parametrów w przedziałach prędkości wiatru
 The Weibull distribution for the assumed parameters in wind speed ranges
 Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

$$v_2 = v_1 \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)},$$

gdzie:

h_1, h_2 , – dana wysokość npg.,

v_1 – prędkość wiatru na wysokości h_1 ,

v_2 – prędkość wiatru na wysokości h_2 ,

z_0 – długość szorstkości.

Warunki anemologiczne określono na podstawie map potencjału energii wiatru wykonanych dla województwa podkarpackiego w ramach projektu Baza Danych Odnawialnych Źródeł Energii Województwa Podkarpackiego na wyso-

Tabela 3. Częstość występowania prędkości wiatru w ciągu roku w gminie Rymanów
The frequency of occurrence of different wind velocities during a year
in the gmina of Rymanów

Przedział prędkości wiatru <i>Range of wind velocity</i> (m s ⁻¹)	Częstość występowania <i>Frequency of occurrence</i> (%)	Przedział prędkości wiatru <i>Range of wind velocity</i> (m s ⁻¹)	Częstość występowania <i>Frequency of occurrence</i> (%)
0–1	2,47	10–11	3,34
1–2	7,06	11–12	2,12
2–3	10,65	12–13	1,26
3–4	12,83	13–14	0,71
4–5	13,52	14–15	0,38
5–6	12,87	15–16	0,19
6–7	11,28	16–17	0,09
7–8	9,18	17–18	0,04
8–9	6,98	18–19	0,02
9–10	4,98	19–20	0,01

Na podstawie / Based on: <http://www.wind-data.ch>

kości 50 m npg. Zostały one wygenerowane przy zastosowaniu modelu liniowego WaSP. W procesie modelowania wykorzystano mapy w skali 1:250 000 oraz dane na temat prędkości i kierunku wiatru z 9 punktów pomiarowych.

Na podstawie danych anemometrycznych oszacowano także, jaką powierzchnię zajmują w badanej gminie obszary o odpowiedniej gęstości mocy wiatru (tab. 4). Według B. Solińskiego (2008) przydatne do rozwoju energetyki wiatrowej są obszary o gęstości mocy wiatru 300–500 W m⁻², co oznacza średnią roczną prędkość wiatru na poziomie 6,5–7,5 m s⁻¹. Obszary o gęstości 200–300 W m⁻² wymagają zastosowania wysokich wież (ryc. 5).

Tabela 4. Gęstość mocy wiatru w gminie Rymanów na wysokości 50 m npg.
Wind power density in the gmina of Rymanów at an altitude of 50 m above ground level

Gęstość mocy wiatru <i>Wind power density</i> (W m ⁻²)	Prędkość wiatru <i>Wind velocity</i> (m s ⁻¹)	Udział w powierzchni gminy <i>Share in gmina area</i> (%)
100–200	4,5–5,5	17,5
200–300	5,5–6,5	52,3
300–400	6,5–7,5	23,4
400–500		6,8

Na podstawie / Based on: Soliński (2008).

Standaryzacja danych

Warstwy odpowiadające czynnikom lokalizacji zostały zestandaryzowane w skali 1–5, gdzie 5 oznaczało brak ograniczeń lub bardzo dobre warunki lokalizacyjne, a 1 – niekorzystne warunki lub występowanie istotnych ograniczeń prowadzących do wykluczenia inwestycji. Ich nadanie wiązało się ze stopniem kolizyjności inwestycji z określonym elementem przestrzeni (tab. 5). W wyniku pomnożenia zestandaryzowanych warstw przez oszacowane wagi, a następnie ich zsumowania, wygenerowano mapę przydatności terenu pod inwestycje w dwóch wariantach: pod kątem uwarunkowań związanych z występowaniem linii energetycznych (ryc. 6A) oraz ze względu na odległość od głównych punktów zasilania (ryc. 6B).

Dla poszczególnych warstw z zestawu danych wyliczono wartość wskaźnika wagowego (w) wykorzystując omówioną wyżej metodę AHP. Przyznane wartości dominacji par czynników zebrano w tabeli 6. Natomiast w tabeli 7 umieszczono wartości zestandaryzowane wraz z ostatecznie wyznaczonymi wagami tych czynników.

Wyniki

Analiza wybranych czynników środowiskowych, technicznych, zasobowo-użytkowych i społecznych w gminie Rymanów wskazała obszary, które należy wykluczyć z budowy elektrowni wiatrowych, jak również takie, które można zaklasyfikować jako nieprzydatne. W sumie stanowią one 97,2% powierzchni całej gminy. Do wygenerowania map przydatności terenu na potrzeby lokalizacji elektrowni wiatrowych wykorzystano omówione wcześniej czynniki wraz ze strefami je otaczającymi.

Czynniki środowiskowe

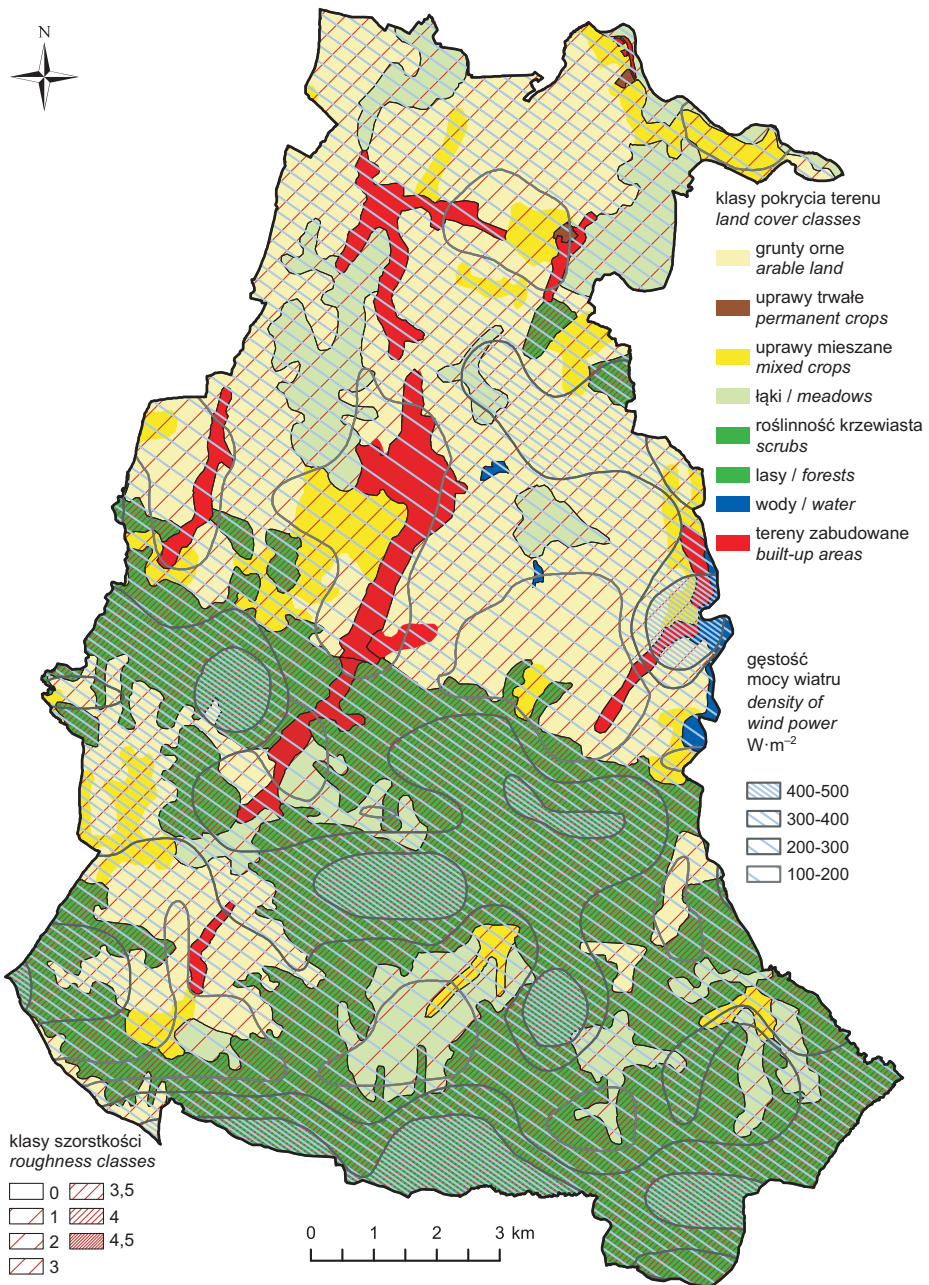
Z wykorzystanych danych anemometrycznych wynika, że tylko 30,2% powierzchni obszaru gminy Rymanów odznacza się odpowiednią wielkością tych zasobów (ryc. 5). Porównując otrzymane wyniki zróżnicowania długości szorstkości terenu z mapą pokrycia terenu można stwierdzić, że najmniejszą wartością tego parametru odznaczają się obszary wodne ($z_0 = 0,001$ m), które stanowią 0,5% powierzchni gminy. Również sady ($z_0 = 0,39$ m) z 0,1% udziałem w powierzchni całkowitej, tereny zabudowy wiejskiej ($z_0 = 0,5$ m) – 2,5% obszaru, zwartej zabudowy miejskiej ($z_0 = 1,6$ m) – 1,8% powierzchni, zabudowy otoczonej przez las ($z_0 = 2$ m) – 0,6% powierzchni oraz tereny leśne ($z_0 = 0,75$ m) – 40,8% gminy, należy wykluczyć z inwestowania. Ze względu na wielkość dostępnych potencjalnych obszarów jak i wpływ pokrycia terenu na przepływ strumienia powietrza najkorzystniejsze do lokalizacji wiatraków są więc tereny uprawne

Tabela 5. Ocena przydatności gminy Rymanów do lokalizacji elektrowni wiatrowych pod kątem składników warstw odpowiadających danemu czynnikowi lokalizacji
 Evaluation of the suitability of the gmina of Rymanów for the locating of windfarms, taking into account the components of layers corresponding to a given location factor.

Liczba punktów <i>Number of points</i>	Walory uzdrowiskowe <i>Values of health resort</i>	Wrażliwe elementy środowiska <i>Sensitive elements of the environment</i>	Hałas <i>Noise</i>	Dziedzictwo kulturowe <i>Cultural heritage</i>	Formy ochrony przyrody oraz Natura 2000 <i>Forms of nature conservation and Nature 2000</i>	Surowce naturalne <i>Natural resources</i>	Długość szorstkości z_0 <i>Length of roughness z_0</i> (m)	Gęstość mocy wiatru <i>Wind power density</i> ($W m^{-2}$)	Odległość od sieci transportowej <i>Distance from the transport network</i> (m)	Odległość od sieci energetycznej ¹ <i>Distance from the mains supply</i> (m)	Odległość od GPZu <i>Distance from the transformer switching station</i> (km)	Nachylenie terenu <i>Slope</i> (%)	Aspekt powodziowo-podtopieniowy <i>Flooding and undercuts aspect</i>
1	strefa ochronna A, B, C; obszar perspektywiczny <i>protective zone A, B, C; perspective area</i>	nakładający się element z buforem/-ami elementu środowiska <i>element overlapping with the buffer of environmental element</i>	obszar zabudowany <i>built-up area</i>	strefa ochrony konserwatorskiej, cmentarz <i>protection of conservation zone, cemetery</i>	forma ochrony przyrody, obszar Natura 2000 (utworzony dla ochrony chiropterofauny, awifauny, drzewostanu) <i>form of environmental conservation, Nature 2000 site (created for protection of chiropterofauna, avifauna, tree stands)</i>	obszar górniczy, złoża kopalin <i>mining area, mineral deposits</i>	2,0; 1,6; 0,75	<200	≤15/20/25/200	≤65/152,8/153,6/350	>12,5	>25	obszar zagrożony powodzią <i>area of flooding risk</i>
2	–	wrażliwy element środowiska <i>sensitive element of environment</i>	bufor obszaru zabudowanego <i>buffer from residential area</i>	nakładające się bufory elementów dziedzictwa kulturowego <i>overlapping buffers of the cultural heritage elements</i>	obszar Natura 2000 (odmienny niż powyżej) <i>Nature 2000 site (different from the above mentioned)</i>	–	0,5	–	>2000	>2000, 152,8/153,6–352,8/353,6	10–12,5	15–25	–
3	–	nakładające się bufory wrażliwych elementów środowiska <i>overlapping buffers of sensitive elements of the environment</i>	–	bufory zabytków, strefy ochrony konserwatorskiej, cmentarza, stanowiska archeologicznego <i>buffers from historical monuments, protection of conservation zone, cemetery, archeological site</i>	bufor formy ochrony przyrody, bufor obszaru Natura 2000, bufor OChK <i>buffer from natural protection form, Nature 2000, buffer from Landscape Protection Area</i>	–	0,39	200–300	1000–2000	1000–2000	7,5–10	12–15	obszar zagrożony podtopieniem, teren bezodpływowy <i>area of undercuts risk, without flow area</i>
4	–	bufor elementu środowiska <i>buffer from environmental element</i>	–	–	–	–	0,07; 0,03	–	500–1000	500–1000	5–7,5	7–12	–
5	brak ograniczeń <i>no restrictions</i>	brak ograniczeń <i>no restrictions</i>	brak ograniczeń <i>no restrictions</i>	brak ograniczeń <i>no restrictions</i>	brak ograniczeń <i>no restrictions</i>	brak ograniczeń <i>no restrictions</i>	0,001	≥300	15/20/25/200–500	65/352,8/353,6/350–500	≤5	≤7	brak ograniczeń <i>no restrictions</i>

^a wartości dla turbiny o średnicy rotora 100 m / values calculated for a turbine rotor 100 m in diameter.

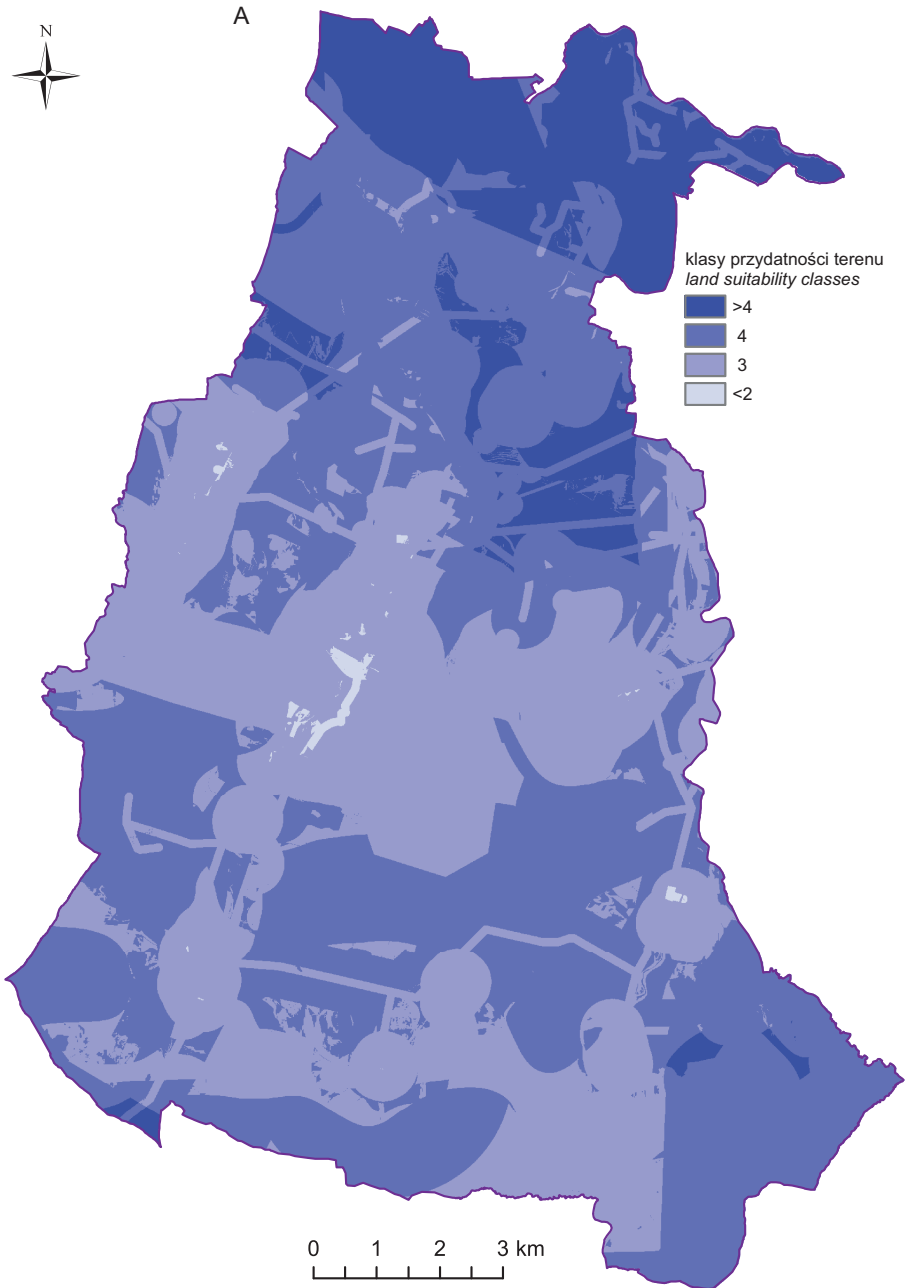
Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.



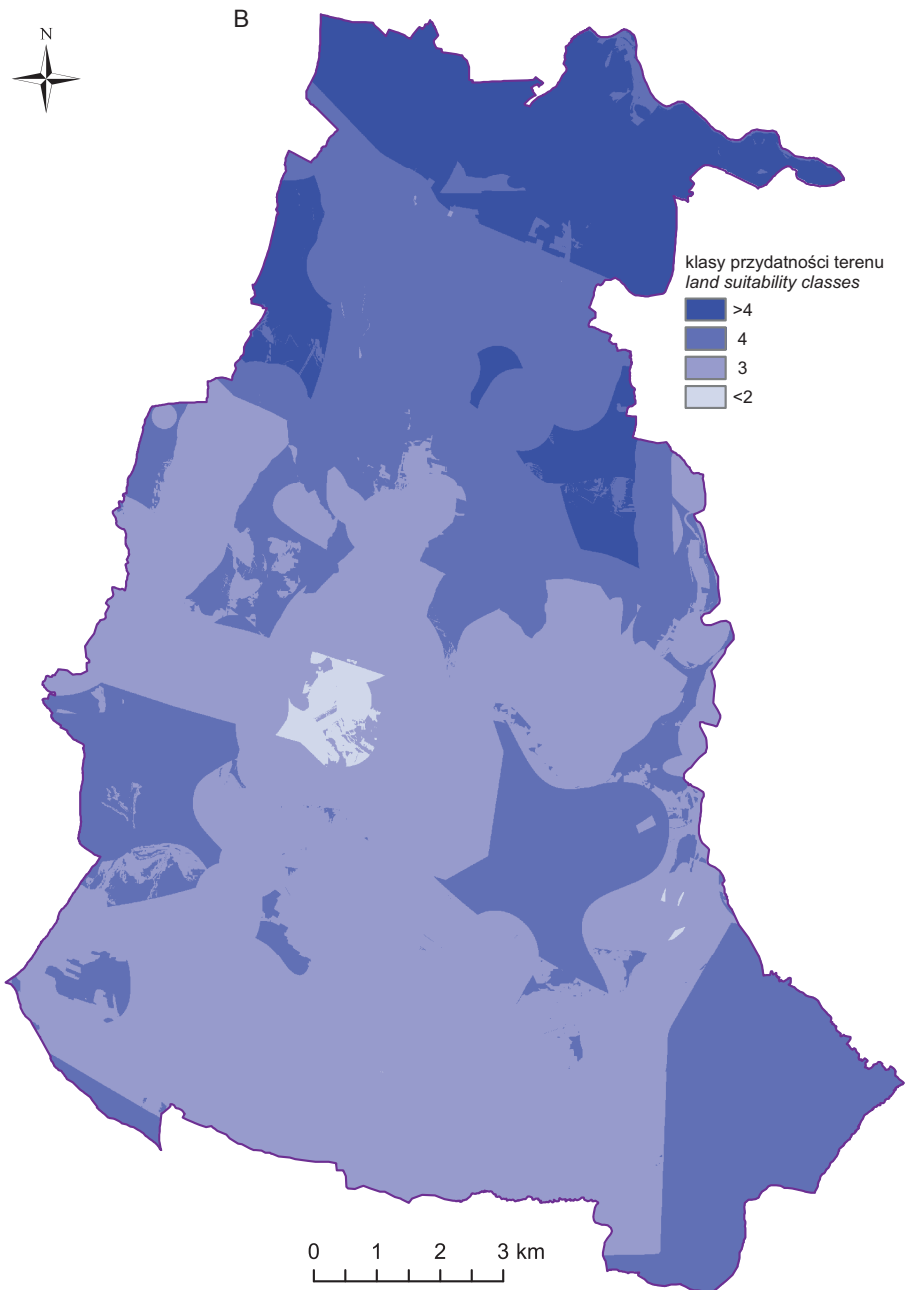
Ryc. 5. Zasoby energetyczne wiatru oraz długość szorstkości terenu gminy Rymanów na tle uszczegółowionej mapy pokrycia terenu CLC 2006

Wind energy resources and the land roughness length of the area of the gmina of Rymanów, as set against a particularized CLC 2006 land-cover map

Źródło: Soliński (2008), Ciołkosz i inni (2011). / Source: Soliński (2008), Ciołkosz *et al.* (2011).



Ryc. 6. Mapy przydatności terenu pod inwestycje energetyki wiatrowej w gminie Rymanów:
A – uwzględniająca istniejące linie energetyczne; B – uwzględniająca położenie GPZ
Opracowanie własne.



Maps of the suitability of land in the gmina of Rymanów for windpower industry projects, with account taken of the locations of existing power lines – A; and Main Power Points (MPP) – B
Authors' own elaboration.

Tabela 6. Wartości dominacji par czynników (wagi)
 Values for the domination of pairs of factors (weights)

Czynniki Factors	Formy ochrony przyrody Forms of environmental protection	Walory uzdrowiskowe Values of health resort	Hałas / Noise	Gęstość mocy wiatru / Wind power density	Odległość od sieci EE i GPZ Distance from the mains supply and switching station	Surowce naturalne / Natural resources	Powodzie, podtopienia / Floods, undercuts	Dziedzictwo kulturowe / Cultural heritage	Wrażliwe elementy środowiska Sensitive elements of the environment	Długość szorstkości / Length of roughness	Nachylenie terenu / Slope	Odległość od sieci transportowej Distance from the transport network
Formy ochrony przyrody Forms of environmental protection	1	1	3	3	3	3	5	5	5	7	7	7
Walory uzdrowiskowe Values of health resort	1	1	3	3	3	1	5	5	5	9	9	9
Hałas / Noise	1/3	1/3	1	1	3	3	3	3	5	7	7	7
Gęstość mocy wiatru Wind power density	1/3	1/3	1	1	1	3	5	5	5	7	7	7
Odległość od sieci EE/ GPZów / Distance from the mains supply and switching station	1/3	1/3	1/3	1	1	3	5	5	9	9	9	9
Surowce naturalne Natural resources	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1	5	5	5	9	9	9
Powodzie, podtopienia Floods, undercuts	1/5	1/5	1/3	1/5	1/5	1/5	1	3	5	7	7	7
Dziedzictwo kulturowe Cultural heritage	1/5	1/5	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	1	5	7	7	7
Wrażliwe elementy śro- dowiska / Sensitive ele- ments of the environment	1/5	1/5	1/5	1/5	1/9	1/5	1/5	1/5	1	3	5	5
Długość szorstkości Length of roughness	1/7	1/9	1/7	1/7	1/9	1/9	1/7	1/7	1/3	1	3	3
Nachylenie terenu / Slope	1/7	1/9	1/7	1/7	1/9	1/9	1/7	1/7	1/5	1/3	1	3
Odległość od sieci trans- portowej / Distance from the transport network	1/7	1/9	1/7	1/7	1/9	1/9	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

Tabela 7. Zestandaryzowane wartości dominacji par czynników oraz średnie wagi czynników
Standardized values for the domination of pairs of factors and average weights of factors

Czynniki Factors	Formy ochrony przyrody Forms of environmental protection	Walory uzdrowiskowe / Values of health resort	Hałas / Noise	Gęstość mocy wiatru / Wind power density	Odległość od sieci EE i GPZ Distance from the mains supply and switching station	Surowce naturalne / Natural resources	Powodzie-podtopienia / Floods, undercuts	Dziedzictwo kulturowe / Cultural heritage	Wrażliwe elementy środowiska Sensitive elements of the environment	Długość szorstkości / Length of roughness	Nachylenie terenu / Slope	Odległość od sieci transportowej Distance from the transport network	Ostateczna waga czynnika / Final weight factor
Formy ochrony przyrody / Forms of environmental protection	0,23	0,20	0,30	0,29	0,25	0,20	0,17	0,15	0,11	0,11	0,10	0,09	0,183
Walory uzdrowiskowe Values of health resort	0,23	0,20	0,30	0,29	0,25	0,07	0,17	0,15	0,11	0,14	0,13	0,12	0,179
Hałas / Noise	0,08	0,07	0,10	0,10	0,25	0,20	0,10	0,09	0,11	0,11	0,10	0,09	0,116
Gęstość mocy wiatru Wind power density	0,08	0,07	0,10	0,10	0,08	0,20	0,17	0,15	0,11	0,11	0,10	0,09	0,113
Odległość od sieci EE i GPZ / Distance from the mains supply and switching station	0,08	0,07	0,03	0,10	0,08	0,20	0,17	0,15	0,20	0,14	0,13	0,12	0,121
Surowce naturalne Natural resources	0,08	0,20	0,03	0,03	0,03	0,07	0,17	0,15	0,11	0,14	0,13	0,12	0,104
Powodzie-podtopienia Floods, undercuts	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,09	0,11	0,11	0,10	0,09	0,058
Dziedzictwo kulturowe Cultural heritage	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,11	0,11	0,10	0,09	0,051
Wrażliwe elementy środowiska Sensitive elements of the environment	0,05	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,07	0,07	0,030
Długość szorstkości Length of roughness	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,018
Nachylenie terenu Slope	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,014
Odległość od sieci transportowej Distance from the transport network	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,011

($z_0 = 0,07$ m) – 41,8% badanej powierzchni oraz obszary trawiaste ($z_0 = 0,03$ m) – 12% powierzchni całkowitej gminy.

Gmina Rymanów położona jest na terenie Dołów Jasielsko-Sanockich oraz w części Beskidu Niskiego zwanej Wzgórzami Rymanowskimi, z najwyższym szczytem Jawornik (761 m n.p.m.). Średnie nachylenie terenu wynosi tu 8° . Według L. C. Rodmana i R. K. Meentemeyera (2006) wartość graniczną korzystnego nachylenia terenu szacuje się na 40° . Na stokach, których nachylenie przekracza tę wartość, turbulentny przepływ powietrza może wpływać destruktywnie na pracę elektrowni. Jeśli uznać tę wartość za barierę lokalizacyjną, 0,06% powierzchni gminy zostaje wyeliminowane z inwestycji elektrowni wiatrowych. Jeżeli jednak próg zmniejszymy do przyjmowanych w polskich publikacjach 20° , należy wykluczyć 3,7% powierzchni gminy. Ostatecznie przyjmuje się za K. Niekowskim i M. Kistowskim (2008), że najbardziej atrakcyjne lokalizacje tworzą obszary otwarte, równinne, o mało urozmaiconej rzeźbie i niedużych wysokościach względnych. Atrakcyjną lokalizację stanowią także szczytowe partie terenów o urozmaiconej rzeźbie (Soliński, 2008).

Czynniki techniczne

Wzrost odległości elektrowni wiatrowej od linii energetycznej lub głównych punktów zasilania powoduje zwiększenie nakładów finansowych na realizację podłączenia jednostek wytwórczych do krajowej sieci elektroenergetycznej. Zbyt mała odległość może natomiast przyczynić się do zagrożenia dla sieci, np. w efekcie „rzucania” lodem. Dlatego biorąc pod uwagę wszystkie zależności, w tym wielkość farmy wiatrowej, należy na wstępnym etapie projektowania wykonać analizę dostępności sieci elektroenergetycznej. Gminę Rymanów charakteryzuje niewystarczająca długość linii energetycznych średnich (7 km) (Krukier, 2002). Biorąc pod uwagę konieczność zachowania bezpiecznej odległości elektrowni wiatrowych od linii energetycznych, z potencjalnego zainwestowania wykluczone zostaje 10,7% powierzchni gminy. Najbliżej położone główne punkty zasilania 110/15 kV – to GPZ Iwonicz-Zdrój oraz GPZ Besko, jednak, zgodnie z informacjami PGE Dystrybucja SA, brakuje tu wolnych mocy przyłączeniowych na lata 2013–2016 (*Informacja...*, 2013). Na północ od granicy gminy znajduje się stacja 400/110 kV Iskrzynia, dla której PSE określa 100 MW wolnych mocy przyłączeniowych na rok 2013 i 2018 (*Odległość...*, 2013).

W gminie Rymanów w roku 2004 znajdowało się 53,6 km publicznych dróg gminnych o nawierzchni twardej, 53 km dróg o nawierzchni twardej ulepszonej oraz 56,8 km dróg o nawierzchni gruntowej (BDL, według najbardziej aktualnego stanu, tj. na 31.12.2004). Ponadto występuje jednotorowa linia kolejowa funkcjonująca na trasie Krosno–Zagórz o długości 5,6 km. Podobnie jak w przypadku dostępności do sieci elektroenergetycznej, również odległość terenu projektowanej elektrowni wiatrowej od sieci transportowej ma istotne przełożenie na końcowy koszt inwestycji. Wyniki analizy dostępności pokazują, że południo-

wą część gminy charakteryzuje słabo rozwinięta infrastruktura drogowa, jednak ewentualne wykonanie dróg w tym obszarze może okazać się problematycznym przedsięwzięciem ze względu na urozmaicone ukształtowanie terenu oraz zbyt duże nachylenia. Konieczność zachowania odległości budowli od poszczególnych kategorii dróg, zgodnie z przytoczoną ustawą, wyklucza z inwestycji 3,5% powierzchni gminy.

Czynniki zasobowo-użytkowe

Spośród czynników zasobowo-użytkowych, które wiążą się z zachowaniem funkcji i zasobów naturalnych obszaru badań, jego walorów kulturowych i potencjału krajobrazowego, turystyczno-rekreacyjnego oraz biotycznego, największą wagę mają ograniczenia zawarte w Prawie Geologicznym (Niecikowski i Kistowski, 2008). Również harmonijny krajobraz został objęty ochroną na podstawie Ustawy o ochronie przyrody, gdyż elektrownie wiatrowe mogą znacząco w niego ingerować, co wynika z ich wysokości i trudności zamaskowania. Wpływ ten jednak ściśle zależy od liczby powstałych budowli (Maleńczuk, 2009). Przyjmuje się, że w krajobrazie falistym i urozmaiconym elektrownia znika z pola widzenia w odległości około 6 km. Dlatego w obszarach wiejskich o szczególnych wartościach krajobrazowych, gdzie takie konstrukcje stanowiłyby dominanty w krajobrazie, ważne jest przygotowanie dodatkowych analiz krajobrazowych, zanim zostanie wydana zgoda na inwestycję. W tym celu, na podstawie między innymi analizy morfologii, pokrycia i użytkowania terenu, należy wykonać ocenę atrakcyjności wizualnej krajobrazu przed i po potencjalnym wprowadzeniu elektrowni. Wyniki takich ekspertyz stanowią podstawę do prowadzenia badań nad alternatywami wyboru lokalizacji. Wysokie konstrukcje mogą także zakłócać widok na obiekty zabytkowe. Dlatego wokół terenów o wysokich walorach przestrzennych i architektonicznych wyznaczono odpowiednie strefy buforowe (ryc. 2). Biorąc pod uwagę elementy krajobrazowe, z inwestycji energetyki wiatrowej w gminie Rymanów zostaje wykluczonych 13,6% obszaru.

Czynniki społeczne

Zgodnie z raportem sporządzonym przez Chief Medical Officer of Health (*Raport...*, 2010) działanie elektrowni wiatrowych nie indukuje negatywnych skutków na zdrowie człowieka, jednak nie jest całkowicie obojętne. Do szczegółowego określenia wpływu lokalizacji na otoczenie wymaga się więc przeprowadzenia analizy potencjalnego hałasu. W niniejszym opracowaniu ograniczono się do wyznaczenia strefy oddziaływania wiatraków na klimat akustyczny w postaci ekwidystant od zabudowań. Uznaje się, że skutki hałasu emitowanego przez nowoczesne turbiny wiatrowe wiążą się z odczuciami subiektywnymi, takimi jak dokuczliwość, uciążliwość czy niezadowolenie, a osoby nadwrażliwe mogą stać się niespokojne i mieć podwyższony poziom stresu. Natomiast w publika-

cji S. Chapmana (2010) znajdujemy informację, że ewentualne zagrożenie dla zdrowia człowieka wynika z lęków, u podstaw których leży świadomość sąsiedztwa funkcjonujących turbin.

W wyniku przeprowadzonych analiz uzyskano mapę przydatności terenu pod inwestycje w dwóch wariantach: (1) pod kątem uwarunkowań związanych z występowaniem linii energetycznych (ryc. 6A), (2) ze względu na odległości od głównych punktów zasilania (ryc. 6B). Na obu mapach zwraca uwagę dwudzielność gminy: strefa południowa o niższej przydatności i północna – o większych wartościach parametru przydatności terenu. Wynika z tego, że po uwzględnieniu wszystkich omówionych czynników, za odpowiednie do budowy elektrowni wiatrowych w gminie Rymanów można uznać warunki lokalizacyjne głównie w części północnej. W części południowej także można wyróżnić niewielkie obszary korzystne do tych celów, jednakże istnieje tam więcej barier do pokonania, co oznacza najczęściej większą kosztochłonność. Zdecydowanie jednak wykluczone z takiej działalności powinny być obszary w środkowej części gminy, w okolicach Rymanowa-Zdroju. Nakłada się tam szereg czynników – głównie środowiskowych, ale także społecznych – które powodują wykluczenie tego obszaru z podejmowania inwestycji z zakresu energetyki wiatrowej.

Podsumowanie

Analizę wielokryterialną do oceny lokalizacji elektrowni wiatrowych już w Polsce stosowano. W publikacji M. Kistowskiego (2012) znajdujemy podsumowanie osiągnięć w tym zakresie, jak również propozycję doboru kryteriów, które powinny być wzięte pod uwagę w ocenie terenów możliwych do lokalizacji inwestycji związanych z energetyką wiatrową. Wydaje się, że zakres przedstawionych czynników jest wyczerpujący, jednak ze względu na krótki okres jaki upłynął od ich opublikowania trudno ocenić, czy czynniki wymienione przez M. Kistowskiego zostaną zaakceptowane w sensie prawnym (ustawowym) lub praktycznym, przez specjalistów prowadzących tego typu badania bądź projekty oceny dla konkretnych obszarów na terenie Polski.

W niniejszej pracy wzięto pod uwagę większość czynników zaproponowanych przez M. Kistowskiego. Uwzględniono wszystkie te, które wykluczają dany teren z wykorzystania do energetyki wiatrowej, biorąc pod uwagę obowiązujące obecnie przepisy prawne. Z tego względu omówienie tych ustaw, dyrektyw i rozporządzeń zajmuje w pracy ważne miejsce. Pominięcie niektórych kryteriów lokalizacyjnych wynika z braku dostępnych danych. Zdaniem autorów, ich uwzględnienie nie miałoby większego wpływu na końcowy wynik opracowania, niewielkiej korekcie mogłoby ulec zasięg terenów z różnymi ograniczeniami pod budownictwo elektrowni wiatrowych, a w efekcie zasięg terenów przydatnych pod takie inwestycje.

Analiza wielokryterialna – nawet z uwzględnieniem wszystkich czynników, które według M. Kistowskiego (2012) powinny być brane pod uwagę przy ocenie obszaru pod energetykę wiatrową – nie obejmuje kryteriów krajobrazowych i estetycznych. Ze społecznego punktu widzenia powinny one być istotne w ostatecznej decyzji lokalizacyjnej. Polska jest zróżnicowana pod względem krajobrazowym, dlatego należałoby duży nacisk położyć na specyfikę ocenianego regionu. Dla różnych obszarów waga poszczególnych kryteriów powinna być różna. Zaproponowana jako przykład gmina Rymanów, pomimo niewielkiej powierzchni, wykazuje dość duże zróżnicowanie (zob. mapy wynikowe). Można wykorzystać zastosowane tu wagi w analizach lokalizacyjnych podobnych obszarów, jednak należy podchodzić do tej oceny z dużą ostrożnością.

Lokalizacja inwestycji związanych z energetyką wiatrową – to zagadnienie złożone i wieloaspektowe, a także kontrowersyjne, ze względu nie tylko na emocjonalny stosunek społeczeństwa, lecz i na niejednoznaczność opinii ekspertów na temat wpływu obiektów wiatrowych na człowieka i otaczającą przyrodę. Sporem sprzyja także brak jednolitych regulacji prawnych i metod oceny uwarunkowań środowiskowych. W efekcie utrwała się niezrozumienie problematyki ze strony zarówno inwestorów oraz decydentów, jak i użytkowników przestrzeni. Mimo to szereg takich inwestycji powstaje w całej Polsce, co budzi kontrowersje społeczne w wielu miejscach. Prowadzą one także do zaburzenia harmonii krajobrazu. Istnieje więc pilna potrzeba ustalenia jednej metodyki badawczej do wyznaczenia obszarów predysponowanych pod elektrownie wiatrowe, aby na ich podstawie mogły być podejmowane mądre decyzje, zgodne z zasadami rozwoju zrównoważonego. Dobrym narzędziem do wykonania analizy wieloczynnikowej są systemy informacji geograficznej (GIS). Wraz z zaproponowanymi metodami analizy statystycznej dają one możliwość wstępnego wyznaczenia potencjalnych obszarów lokalizacji elektrowni. Należy mieć jednak na uwadze, że metody wykorzystane w przeprowadzonych badaniach są obciążone pewnym subiektywizmem. Ostateczne wnioski są uzależnione i od wiedzy, i od stosunku prowadzącego analizę do energetyki wiatrowej. Trzeba zwrócić uwagę, że ze względu na niekiedy niską szczegółowość dostępnych danych przestrzennych i bardzo szerokie ujęcie problemu, wyniki otrzymywane w toku prowadzonych analiz należy poddawać weryfikacji poprzez dodatkowe prace inżyniersko-techniczne.

Piśmiennictwo / References

- Badora K., 2010, *Lokalizacja farm wiatrowych w południowej części województwa opolskiego, a uwarunkowania przyrodniczo-krajobrazowe*, Inżynieria Ekologiczna, 23, s. 97–107.
- BDL, *Baza Danych Lokalnych*, GUS, <http://www.stat.gov.pl/bdl/> (marzec 2013).
- Borzyszkowski J., Cichocki Z., Bidłasik M., Kuśmierz A., Szymański P., Kasprzak-Miler A., Szałygin J., Wojdyła H., Wlazło Z., 2010, *Studium przestrzennych uwarunkowań*

- krajobrazowych, przyrodniczych, kulturowych i turystycznych rozwoju energetyki wiatrowej w województwie podkarpackim*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Bożętka B., 2010, *Pozyskiwanie energii wietrznej a zmiany krajobrazu. Konsekwencje dla funkcji rekreacyjnej. Krajobrazy rekreacyjne – kształtowanie, wykorzystanie, transformacja*, Problemy Ekologii Krajobrazu, 27, s. 49–58.
- Bryndza J., 2006, *Analiza hierarchiczna problemu w szacowaniu ryzyka projektu informatycznego metodą punktową*, Systemy Wspomagania Organizacji, Katedra Informatyki, Akademia Ekonomiczna, Katowice.
- Chapman S., 2010, *Can wind farms make people sick?*, <http://www.crikey.com.au> (luty 2011).
- Ciołkosz A., Guzik C., Luc M., Trzepacz P., 2011, *Zmiany użytkowania ziemi w Karpatach Polskich w okresie 1988–2006*, IGI GP UJ, Kraków.
- Flaga A., 2008, *Inżynieria wiatrowa. Podstawy i zastosowania*, Arkady, Warszawa.
- Folta J., 2007, *Prognoza oddziaływania na środowisko. Zmiana Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego: „teren budowy turbin wiatrowych oraz otaczających je terenów rolniczych w miejscowościach: Klimkówka, Rymanów, Ladzin (część zachodnia) i Wróblík Królewski w gminie Rymanów”, „teren budowy turbin wiatrowych oraz otaczających je terenów rolniczych w miejscowościach: Ladzin (część wschodnia) i Wróblík Szlachecki w gminie Rymanów”, Urząd Miasta Rymanów, Zarszyn, maszynopis.*
- Gołaszewski J., 2009, *Odnawialne źródła energii a kształtowanie i ochrona środowiska*, [w:] J. Koc (red. nauk.), *Materiały III Konferencji Naukowej „Kształtowanie i Ochrona Środowiska”*, Olsztyn, 23–25 VI 2009, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn, s. 73.
- Hansen H. S., 2005, *GIS-based Multi-Criteria Analysis of Wind Farm Development*, Proceedings Proceedings of the 10th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Sciences, 13th-15th June 2005, Stockholm, ScanGIS'2005, http://vbn.aau.dk/files/1420302/Henning_ScanGIS_2005.pdf (sierpień 2013), s. 75–87.
- Informacja o dostępnych mocach przyłączeniowych dla źródeł wytwórczych przyłączonych do sieci elektroenergetycznej PGE Dystrybucja SA o napięciu znamionowym powyżej 1 kV*, 2013, PGE Dystrybucja SA, Biuro Zarządzania Rozwojem Sieci, Lublin <http://www.pgedystrybucja.pl> (kwiecień 2013).
- Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej*, 2008, PGE, Energa, Tauron, Enea <http://www.operator.enea.pl/21/INSTRUKCJE/Instrukcje-IRiESD-883.html> (sierpień 2013).
- Key World Energy, Statistics*, 2012, International Energy Agency <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/kwes.pdf> (sierpień 2013).
- Kistowski M., 2012, *Propozycja metodyczna oceny środowiskowych uwarunkowań lokalizacji farm wiatrowych w skali regionalnej*, Przegląd Geograficzny, 84, 1, s. 5–22.
- Kistowski M., Niecikowski K., 2011, *Konspekt opracowania dotyczącego oceny uwarunkowań lokalizacji elektrowni wiatrowych w skali regionalnej*, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Gdańsk-Warszawa.
- Kistowski M., Staszek W., 1999, *Poradnik do opracowania gminnego i powiatowego programu zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska*, Wydział Ochrony Środowiska i Rolnictwa Pomorskiego Urzędu Wojewódzkiego, Gdańsk.
- Knapik W., Kowalik W., Poręba K., 2004, *Plan rozwoju lokalnego gminy Rymanów na lata 2004–2013*, Instytut Karpacki, Stary Sącz.
- Krukierek M. (red), 2002, *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Rymanów*, Podkarpackie Biuro Planowania Przestrzennego, Krosno.
- Kubicz G., Wojcieszek H., Wojcieszek K., 2003, *Studium możliwości rozwoju energetyki wiatrowej w województwie pomorskim*, Biuro Planowania Przestrzennego, Słupsk.

- Maćkowiak J., 2002, *Doświadczenia Niemiec w zakresie wpływu elektrowni wiatrowych na środowisko i krajobraz*, Problemy Ocen Środowiskowych, 3(18).
- Maleńczuk W. (red.), 2009, *Przestrzenne aspekty lokalizacji energetyki wiatrowej w województwie lubelskim*, Biuro Planowania Przestrzennego, Lublin <http://www.bpp.lublin.pl>.
- Malko J., 2012, *Globalne prognozy energetyczne do roku 2035*, Energetyka, luty 2012, s. 73–76.
- Michalczyk W. (red.), 2009, *Przestrzenne aspekty lokalizacji energetyki wiatrowej w województwie lubelskim*, Biuro Planowania Przestrzennego w Lublinie, Lublin <http://www.bpp.lublin.pl> (październik 2010).
- Moiloo B., 2009, *Geographical Information Systems for Strategic Wind Energy Site Selection*, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
- Nieciowski K., Kistowski M., 2008, *Uwarunkowania i perspektywy rozwoju energetyki wiatrowej na przykładzie strefy pobrażę i wód przybrzeżnych województwa pomorskiego*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Norma Europejska EN 61400-21*, 2002, Europejski Komitet Normalizacyjny CENELEC.
- Nowicki W. (red.), 2007, *Mapa obszarów zagrożonych podtopieniami w Polsce*, Informator Państwowej Służby Hydrogeologicznej, Warszawa.
- Odległość turbin wiatrowych od linii elektroenergetycznych NN*, 2009, PSE, Polskie Sieci Elektroenergetyczne Operator SA, Departament Eksploatacji, Konstancin-Jeziorna <http://www.pse-operator.pl> (marzec 2013)
- Olech S., Juchnowska U., 2006, *Przyrodniczo-przestrzenne aspekty lokalizacji energetyki wiatrowej w województwie warmińsko-mazurskim*, Biuro Planowania Przestrzennego, Elbląg.
- Informacja o dostępnych mocach przyłączeniowych dla źródeł wytwórczych przyłączanych do sieci elektroenergetycznej PGE Dystrybucja SA o napięciu znamionowym powyżej 1 kV*, 2013, PGE Dystrybucja SA, Biuro Zarządzania Rozwojem Sieci, Lublin.
- Poussard E. (red.), 2004, *Spatial Planning of Wind Turbine*, PREDAC, European Actions for Renewable Energies, <http://www.cler.org/predac/> (maj 2011).
- Pytlowany R., 2003, *Prognoza oddziaływania na środowisko*, [w:] *Miejscowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego terenu budowy turbin wiatrowych oraz otaczających terenów rolnych w miejscowościach: Klimkówka, Rymanów, Ładzin, Wróblik Królewski, Wróblik Szlachecki w gminie Rymanów*, Urząd Miasta Rymanów, maszynopis.
- Raport. The Potential Health Impact of Wind Turbines*, 2010, Chief Medical Officer of Health <http://www.health.gov.on.ca> (maj 2011).
- Rodman L.C., Meentemeyer R.K., 2006, *A geographic analysis of wind turbine placement in Northern California*, Energy Policy, 34, s. 2137–2149.
- Soliński B., 2008, *Analiza zasobów energetycznych wiatru województwa podkarpackiego, Baza danych odnawialnych źródeł energii województwa podkarpackiego* <http://www.baza-oze.pl> (lipiec 2010).
- Spezifikation für den Transport, Transportwege, sonstige Zuwegungen und Kranstellflächen*, 2011, REpower MM82/MM92/MM100, REpower Systems SE, Hamburg, Germany.
- Szurlej-Kiełńska A., Kaczerowski M., 2011, *Aspekty lokalizacyjne farm wiatrowych Ambiens* <http://www.ambiens.pl> (kwiecień 2011).
- World Energy Outlook 2012*, International Energy Agency <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/German.pdf> (sierpień 2013).

Wymagania w zakresie minimalnej odległości turbin wiatrowych od napowietrznych linii elektroenergetycznych obowiązujące w ENERGA-OPERATOR SA, 2008, Energa Operator SA, Gdańsk.

Zathey M. (red.), 2010, *Studium przestrzennych uwarunkowań rozwoju energetyki wiatrowej w województwie dolnośląskim*, Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne, Wrocław.

Zuwegung und Kranstellfläche, E-101, 147m Betonfertigteilturm, 2012, Enercon GmbH, Aurich, Germany.

Źródła internetowe:

<http://geoportal.pgi.gov.pl> (marzec 2013)

<http://natura2000.gdos.gov.pl> (luty 2012)

<http://oki.krakow.rzgw.gov.pl> (marzec 2013)

<http://www.baza-oze.pl> (styczeń 2011)

<http://www.sejm.gov.pl/Sejm7.nsf/InterpelacjaTresc.xsp?key=17C29674> (luty 2013)

<http://www.ure.gov.pl> (kwiecień 2012)

<http://web3.pgi.gov.pl> (marzec 2013)

<http://www.wind-data.ch> (styczeń 2011)

[Wpłynęło: listopad 2012; poprawiono: sierpień 2013 r.]

WOJCIECH SYNOWIEC, MAŁGORZATA LUC

A MULTICRITERIAL EVALUATION OF LAND SUITABILITY FOR WIND ENERGY DEVELOPMENT, AS EXEMPLIFIED BY POLAND'S GMINA OF RYMANÓW

Poland's commitments as regards energy are such that we are witnessing the development of more and more new sources generating so-called "clean" energy, that is one from renewable sources. These include wind farms located in disparate environments across the country. Locations are not always places that please naturalists or local people, since the presence of turbines may compromise valuable landscape-related or cultural features, even to the extent that the environment is harmed. There thus remains a need for cohesive research methodology by which to determine or identify areas predisposed for the location of wind farms subsequent to the specificities of given places having been taken fully into account. If such a methodology is developed, then it can be hoped that the negative impact of wind power plants will be limited, and local communities will be able to find their own benefits arising out of their establishment. The purpose of this publication has thus been to discuss methodological assumptions underpinning the choice of locations for wind turbines, as these relate to legal, environmental, social, technical and resource-utilitarian criteria. These would then be available as a basis for proposing specific sites for windpower development within a given gmina (local authority area) located in the Polish Carpathians and serving as an example. The selected area is characterized by numerous environmental values in need of protection, but nevertheless partly given over for economic use (Fig. 1). There are many similar areas in the Polish Carpathians, so it is important that the limitations and possibilities that exist should be exemplified for a far wider area.

Tools of a geostatistical and geoinformatic nature were used in the study, analyses being performed on spatial data obtained in the form of maps, digital databases and a digital elevation model. Non-cartographic sources of information about the area were also used. An important stage to the work carried out entailed the adoption of values for the width of buffer zones around selected objects, not least because some of these value arise out of legislation in force, while others have been proposed by the authors. The degree of land suitability for the construction of wind turbines was determined using multi-criteria analysis (MCA), as method involving the use of criteria in the form of functions. Criteria were in turn analysed using the method of weighted linear combination (WLC), which offers a simple combination of layers based initially on the multiplication of parameters and the estimated weight of a given criterion, and then adding together the results of multiplications carried out for all criteria. Since the application of this method entails substantial subjectivity at the time weightings are assigned, additional use was made of a hierarchical method of analysis of a problem (AHP = the analytic hierarchy process, as developed by T. Saaty (Bryndza, 2006). Finally, layers corresponding to location factors were standardized and, as a result of multiplying the standardized layers by estimated weights followed by the summation of the results, a map of land suitability for investment was generated in two variants: for the conditions associated with the presence of power lines (Fig. 6A), and allowing for the distance from the main points of power supply (Fig. 6B). These maps reveal a dichotomy within the gmina of Rymanów, which is seen to have a southern zone of lesser suitability of land, and a northern one manifesting higher values for the suitability parameter. However, this does not mean that no energy developments at all can be implemented in the southern zone. Rather, it will be necessary for a number of legal, social, environmental and technical barriers to be overcome, this usually in practice denoting higher cost effectiveness. Equally, areas in the central part of the gmina should clearly be excluded from such activity. The proposed methodology of multi-criteria analysis for the selection of areas for aero-energy development takes account of the broader principles of sustainable development in the different types of natural landscape in Poland.

Załącznik 1

Spis wykorzystanych dyrektyw, rozporządzeń i ustaw

- Dyrektywa Rady z dnia 2 kwietnia 1979 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa, 79/409/EWG; <http://eur-lex.europa.eu> (kwiecień 2012).*
- DPEiR, 2009a, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE; <http://www.eur-lex.europa.eu> (lipiec 2010).*
- DPEiR, 2009b, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/149/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (Dz.U. L020); <http://www.eur-lex.europa.eu> (październik 2010).*
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 3 listopada 2006 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do*

- umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii;
<http://www.lex.pl> (sierpień 2010).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii;
<http://sejmometr.pl/prawo/126670> (marzec 2013).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U. 2003 Nr 32, poz. 262); <http://www.abc.com.pl> (kwiecień 2011).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 października 2005 r. w sprawie ogólnych warunków technicznych eksploatacji pojazdów kolejowych (Dz.U. 2005 Nr 212, poz.1771); <http://www.abc.com.pl> (kwiecień 2011).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz.U. 2003 Nr 192, poz. 1883);
<http://www.mos.gov.pl> (marzec 2011).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 lipca 2004 r. w sprawie gatunków dziko występujących roślin objętych ochroną (Dz.U. 2004 Nr 168, poz.1764);
<http://prawo.ekologia.pl> (luty 2011).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 roku w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2007 Nr 120, poz. 826);
<http://www.abc.com.pl> (grudzień 2010).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć, mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięć do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz.U. Nr 257, poz. 2573);
<http://www.mos.gov.pl> (grudzień 2010).
- Ustawa o drogach publicznych z 1985 roku; <http://isap.sejm.gov.pl> (marzec 2013).
- Ustawa o lecznictwie, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych z dnia 28 lipca 2005 roku (Dz.U. 2005 Nr 167, poz. 1399);
<http://www.isap.sejm.gov.pl> (luty 2011).
- Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 roku (Dz.U. 2004 Nr 92, poz. 880);
<http://isap.sejm.gov.pl> (styczeń 2011).
- Ustawa o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami z dnia 23 lipca 2003 roku (Dz.U. 2003 Nr 162, poz. 1568); <http://www.abc.com.pl> (styczeń 2011).
- Ustawa o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami z dnia 23 lipca 2003 roku (Dz.U. 2003 Nr 162, poz. 1568); <http://www.abc.com.pl> (luty 2011).
- Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z dnia 27 marca 2003 roku (Dz.U. 2003 Nr 80, poz.717 z późn. zm.); <http://www.mi.gov.pl> (lipiec 2010).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001, Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2008 Nr 25, poz. 150);
<http://isap.sejm.gov.pl> (styczeń 2011).