

Krzysztof Nalepa
Wojciech Miąskowski
Paweł Pietkiewicz
Janusz Piechocki
Piotr Bogacz

PORADNIK MAŁEJ ENERGETYKI WIATROWEJ

Olsztyn, maj 2011

Spis treści

1. Wstęp	... 5
2. Potencjał wiatru	... 6
2.1. Co to jest wiatr i jak powstaje	... 6
2.2. Wiatr jako współczesny zasób energii	... 6
2.3. Podstawowe parametry wiatru jako zasobu energii	... 9
2.4. Lokalizacja siłowni wiatrowych	... 16
3. Rodzaje siłowni wiatrowych	... 17
3.1. Podział siłowni wiatrowych	... 17
3.2. Siłownie wiatrowe z silnikiem o poziomej osi obrotu wirnika – HAWT	... 19
3.3. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych	... 26
3.4. Siłownie wiatrowe z silnikiem o pionowej osi obrotu wirnika – VAWT	... 44
3.5. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych	... 47
3.6. Zalety i wady siłowni z wirnikiem typu HAWT i VAWT	... 52
3.7. Możliwości wykorzystania mikrosiłowni wiatrowych	... 53
4. Koncepcje rozwiązań systemowych przydomowych siłowni wiatrowych	... 55
5. Małe elektrownie wiatrowe w aspekcie aktów prawnych dotyczących budownictwa (stan na 30.03.2011 r.).	... 63
5.1. Elektrownia wiatrowa jako oddzielna budowla wyposażona w fundamenty	... 63
5.2. Elektrownia wiatrowa jako maszt z linami odciągającymi, pozbawiona fundamentów	... 66
5.3. Elektrownia jako konstrukcja montowana na istniejącym obiekcie budowlanym	... 68
5.4. Inne regulacje dotyczące małych siłowni wiatrowych.	... 73
6. Analiza finansowa inwestycji w przydomową siłownię wiatrową	... 75
6.1. Nakłady inwestycyjne	... 75
6.2. Koszty eksploatacji siłowni wiatrowej wraz z instalacją	... 77
6.3. Przychody i zyski z działania siłowni wiatrowej	... 78
7. Źródła finansowania	... 80
8. Adresy lokalnych operatorów energetycznych regionu północno-wschodniej Polski	... 83
9. Podsumowanie	... 84
Literatura	... 85

Przydomowe elektrownie wiatrowe poradnik

Praca ma charakter poradnika pisanego głównie do odbiorców indywidualnych w tym zwłaszcza rolników. Stanowi on bardzo użyteczne źródło informacji zredagowane w prosty i przystępny sposób.

Pierwsze trzy rozdziały zawierają informacje ogólne dotyczące potencjału wiatru i rodzaju siłowni wiatrowych. Rozdział 4 przedstawia popularne koncepcje rozwiązań systemowych przydomowych siłowni wiatrowych.

Szczególnie interesujące mogą być dla potencjalnych przyszłych inwestorów rozdziały 5, 6 i 7 mówiące o aspektach prawnych, analizie finansowej i opłacalności inwestycji oraz możliwościach do pozyskania źródeł finansowania.

Poradnik zawiera bardzo dużo odsyłaczy do materiałów źródłowych, głównie internetowych. Pozwoli to czytelnikowi we własnym zakresie pogłębić studiowany materiał lub też pozyskać dodatkowe informacje.

Praca jest poprawnie zredagowana a poszczególne rozdziały tworzą logiczną całość. Może być ona opublikowana bez zmian i uzupełnień.

Kiciński Jan

1. Wstęp

Nie tylko wyczerpywanie się pierwotnych zasobów energii, ale także, a właściwie przede wszystkim, wzrost emisji dwutlenku węgla czyli gazu cieplarnianego do atmosfery, wymusza podejmowanie działań zmierzających do poszukiwania alternatywnych zasobów energii w tym zasobów energii odnawialnej. Konieczność udziału naszego kraju w tych działaniach wynika z naszego członkostwa w Unii Europejskiej, a zatem między innymi z takich aktów prawnych jak *Zielona Księga* [2000], *Protokół z Kioto* [2005] oraz *Dyrektywy Unii Europejskiej* [2001, 2003].

Odnawialnym nośnikiem energii, który jest powszechnie wykorzystywany w krajach Unii Europejskiej i coraz szerzej wkracza do naszego kraju jest energetyka wiatrowa. Rozwój technologiczny siłowni wiatrowych pozwala na szersze wykorzystanie wiatru do produkcji energii. Energia wiatru była już od dawna wykorzystywana przez człowieka w życiu codziennym, np.: do pompowania wody, mielenia ziarna czy wytwarzania siły napędowej żaglowców. Energia wiatru jest przekształconą formą energii słonecznej spowodowaną ruchem mas powietrza wywołanym nierównomiernym nagrzewaniem się powierzchni Ziemi. Około 1 tej energii to ruch mas powietrza bezpośrednio przylegających do powierzchni Ziemi. Biorąc pod uwagę możliwości rozmieszczenia urządzeń przetwarzających energię wiatru tylko niewielka część tych zasobów jest możliwa do wykorzystania. Zasoby wiatru technicznie możliwe do wykorzystania ocenia się na około 40 TW [Lewandowski 2001].

Obecnie silniki wiatrowe stosuje się do napędu generatorów prądu, pomp wodnych, sprzężarek powietrza itp. Zwiększa się asortyment dostępnych siłowni wiatrowych począwszy od małych przydomowych elektrowni wiatrowych do bardzo dużych konstrukcji włączonych do systemu energetycznego. Moc elektryczna turbin wiatrowych dochodzi do 5MW przy średnicy wirnika ok. 130 m [<http://www.repower.de>]. Turbiny wiatrowe są źródłem energii niewytwarzającym zanieczyszczeń, co jest ich niewątpliwą zaletą. Na niekorzyść turbin wiatrowych przemawia towarzyszący ich pracy hałas, którego źródłem jest wirnik, a dokładniej łopaty przecinające powietrze, jak również pracująca przekładnia. Prace rozwojowe nad siłowniami wiatrowymi zmierzają do zwiększenia ich sprawności oraz obniżenia poziomu hałasu wytwarzanego przez nie w trakcie pracy.

2. Potencjał wiatru

Wiatr jest zjawiskiem powszechnym i wykorzystywanym przez ludzi na ich użytek od bardzo dawna. Najpopularniejszym sposobem na wykorzystanie sił wiatru do momentu powstania maszyn parowych był transport morski. Energia wiatru wykorzystywana jako siła napędowa żaglowców była podstawą rozwoju wielu cywilizacji. W miarę rozwoju przemysłu oraz technologii wytwarzania energii ze źródeł kopalnych energia wiatrowa przestała mieć kluczowe znaczenie dla człowieka.

W obecnym czasie na całym świecie obserwuje się powrót do źródeł energii, które nie wywierają negatywnego wpływu na środowisko naturalne człowieka.

W wielu opracowaniach sygnalizuje się, że potencjał energetyczny ukryty w tzw. odnawialnych źródłach energii przewyższa obecny popyt na energię. Stanowi to główną podstawę do badań nad metodami wykorzystania każdej ilości energii występującej w przyrodzie.

2.1. Co to jest wiatr i jak powstaje

Wiatr jest efektem przemieszczania się mas powietrza z obszarów o wyższym ciśnieniu do obszarów o ciśnieniu niższym. Jest to poważne uogólnienie. Warto też pamiętać, że przyczyną wszelkich ruchów powietrza na Ziemi jest energia słoneczna. Na skutek ogrzewania powierzchni Ziemi przez Słońce zwiększa się jej temperatura.

Z różnych przyczyn proces ten jest nierównomierny. Ogrzane powietrze unosi się ku górze i jego miejsce zajmowane jest masami chłodnego powietrza. Dodatkowo Ziemia obraca się wokół swojej osi, na skutek czego Słońce ogrzewa tylko część jej powierzchni w danym okresie czasu. Proces powstawania cyrkulacji powietrza w atmosferze jest komplikowany przez ukształtowanie terenu, nierównomierne rozmieszczenie ładu i wody na powierzchni kuli ziemskiej, nierówne nasświetlenie różnych terenów i wiele innych czynników, które powodują, że wiatr wieje z różnym natężeniem oraz z różnych kierunków na różnych terenach, a parametry te zmieniają się w czasie.

2.2. Wiatr jako współczesny zasób energii

Wiatr jest zasobem energii, który nie emituje żadnych zanieczyszczeń.

Przy korzystnych warunkach wiatrowych (przy prędkości średniej długoterminowej $V > 5.5$ m/s na wysokości wirnika siłowni wiatrowej) cena jednostkowa energii pochodzącej z tego źródła często jest niższa od ceny energii z konwencjonalnych elektrowni ciepłych. Postępujący rozwój technologii elektrowni wiatrowych powoduje dalszy spadek kosztów energii i czyni sektor energetyki wiatrowej jeszcze bardziej atrakcyjnym dla inwestorów.

Niestety warunki wiatrowe dla budowy typowych siłowni wiatrowych nie są optymalne we wszystkich obszarach naszego globu. Dotyczy to również skali dowolnego regionu, za jaki można uważać także Polskę.

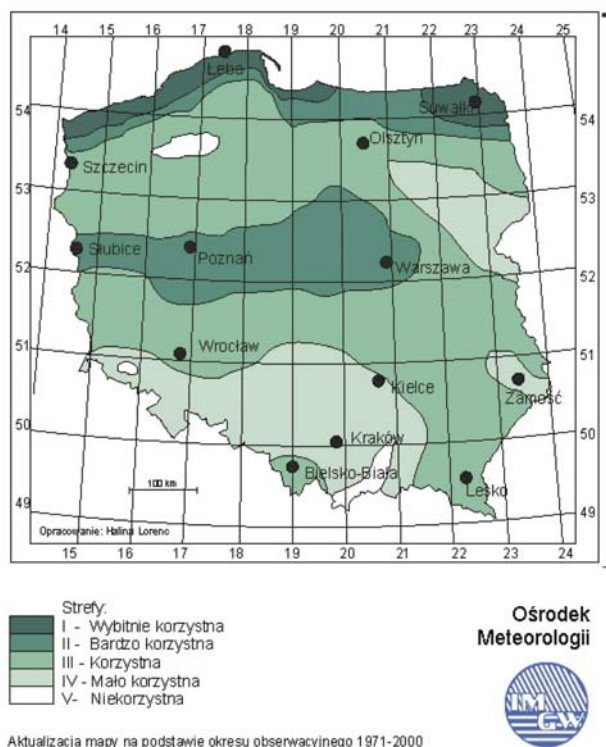
Z przyczyn naturalnych dotyczących właśnie warunków wiatrowych na obszarze Polski oraz z przyczyn związanych z organizacją, finansowaniem inwestycji związanych z produkcją energii elektrycznej z wiatru, odbioru produkowanej mocy itd., Polska jest wciąż daleko w rankingu państw korzystających z energii wiatru. Oczywiście uwarunkowania naturalne nie pozwolą Polsce nigdy prześcignąć w produkcji prądu elektrycznego z energii wiatru takich krajów jak Holandia czy Dania, jednak eksperci zgodnie twierdzą, że potencjał energii wiatrowej w Polsce nie jest wystarczająco wykorzystywany. W Polsce inwestuje się głównie w tworzenie dużych farm wiatrowych w miejscach, gdzie badania potwierdzają rentowność takich przedsięwzięć, ale udział generacji energii wiatrowej w krajowym zużyciu energii elektrycznej nie przekroczył wciąż 1%. Obserwuje się jednak jego sukcesywny wzrost. Dane na ten temat zamieszczono poniżej.

Udział generacji wiatrowej w krajowym zużyciu energii elektrycznej:

2004	0,10 %	(142 GWh/144 TWh)
2005	0,09 %	(135 GWh/145 TWh)
2006	0,26 %	(388,4 GWh/149 TWh)
2007	0,32 %	(494,2 GWh/154 TWh)
2008	0,51 %	(790,2 GWh/153 TWh)
2009	0,69 %	(1029 GWh/148,7TWh)
2010	0,96 %	(1485 GWh/155 TWh)

Źródło: Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej

[http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/energetyka_wiatrowa.htm]



Rys. 2.1. Mapa stref warunków wiatrowych w Polsce (Źródło: Opracowanie IMGW)



Rys. 2.2. Rozmieszczenie farm wiatrowych na terenie Polski (na niebiesko zaznaczono farmy w budowie) (Źródło: PSEW, styczeń 2011)

Poprzez wieloletnią obserwację prędkości oraz kierunku wiatru na różnych obszarach kraju tworzy się i wciąż uaktualnia tzw. mapę wiatrową, która określa obszary kraju pozwalające na umieszczenie na nich farm wiatrowych (rys. 2.1 i rys. 2.2).

Najkorzystniejsze warunki do założenia farm wiatrowych występują w Polsce w następujących regionach:

- środkowe, najbardziej wysunięte na północ części wybrzeża od Koszalina po Hel,
- rejon wyspy Wolin,
- Suwalszczyzna,
- środkowa Wielkopolska i Mazowsze,
- Beskid Śląski i Żywiecki,
- Bieszczady i Pogórze Dynowskie.

Pozostałe obszary charakteryzują się mniej korzystnymi lub niekorzystnymi warunkami do budowy farm wiatrowych. Oznacza to, że w Polsce nie wszędzie opłaca się budować duże siłownie wiatrowe nastawione na produkcję energii elektrycznej w celach komercyjnych, w związku z tym nie można także liczyć na znaczące zabezpieczenie zapotrzebowania energetycznego kraju energią wiatrową. Bardzo poważnym ograniczeniem tego typu inwestycji w Polsce jest także stan i parametry sieci energetycznych służących do ewentualnego transportu produkowanej energii elektrycznej.

Na podstawie wielu badań stwierdzić można, że większa część kraju klasyfikowana jest jako nie nadająca się do budowy tzw. dużej energetyki wiatrowej. Takie realia zmuszają do poszukiwań innych, bardziej opłacalnych metod pozyskiwania energii z wiatru. Prowadzone przez wiele ośrodków w kraju badania wykazują, że mimo słabych warunków wiatrowych wynikających z tzw. map wiatrowych kraju, opłacalnym rozwiązaniem może okazać się produkcja **małych siłowni wiatrowych** korzystających z lokalnych, korzystnych warunków wiatrowych. Właśnie takim rozwiązaniom poświęcony został niniejszy poradnik.

2.3. Podstawowe parametry wiatru jako zasobu energii

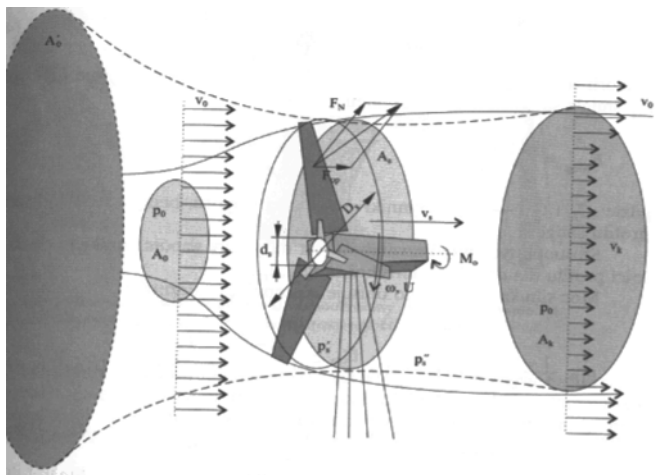
Wiatr jest zjawiskiem wynikającym z ruchu cząstek powietrza. Powstaje pod wpływem nagrzewania się powierzchni Ziemi w wyniku działania promieniowania słonecznego, można więc powiedzieć, że energia wiatru jest przekształconą energią Słońca. Energia niesiona przez wiatr jest proporcjonalna do jego prędkości w trzeciej potęgze. Przechodząc przez wirnik silnika wiatrowego prędkość wiatru ulega zmniejszeniu od prędkości początkowej v_0 do końcowej v_k . Część energii zostaje przejęta przez wirnik (rys. 2.3).

Podstawowym parametrem energii wiatrowej jest **prędkość wiatru**. Prędkość wiatru ulega zmianom dziennym, miesięcznym i sezonowym. Do oceny warunków wiatrowych pod kątem wykorzystania ich do budowy siłowni wiatrowych niezbędna jest analiza nie tylko **wartości średniej prędkości wiatru** na danym terenie, ale także **rozkład występowania poszczególnych prędkości wiatru w czasie**. Wartość średnia pozbawiona jest bowiem infor-

macji o czasie jej występowania, przez co jest nieprzydatna do projektowania urządzeń przetwarzających energię wiatrową w użyteczną.

W przypadku projektów opartych na turbinach wiatrowych nastawianych na kierunek wiatru parametrem pracy staje się również **kierunek wiatru**, przy czym ma on znaczenie głównie ze względu na proces sterowania siłownią wiatrową.

Jako parametr energii wiatrowej można więc uznać **czas występowania poszczególnych prędkości wiatru**.



Rys. 2.3. Schemat przepływu wiatru przez turbinę wiatrową [Lewandowski 2002]

Moc użyteczna wytwarzana w silniku wiatrowym przejęta od strumienia powietrza wynika z różnicy energii kinetycznej powietrza przed i za wirnikiem. Poniżej przedstawiony jest wzór na moc niesioną przez wiatr przechodzący przez powierzchnię kołową określoną obrotem wirnika [Lewandowski 2002]:

$$P_u = \rho \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{2} \cdot v_s \cdot \frac{v_o^2 - v_k^2}{2} \quad (1)$$

gdzie:

P_u – moc użyteczna wiatru [W],

ρ – gęstość powietrza [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$],

v_s – prędkość średnia powietrza przepływającego przez wirnik [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

v_o – prędkość wiatru przed wirnikiem [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

v_k – prędkość wiatru za wirnikiem [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

r – promień wirnika [m].

Energia wiatru zależy także od **gęstości powietrza**. Gęstość powietrza wiąże się ściśle m.in. z jego wilgotnością oraz ciśnieniem statycznym, które wywołane jest ciśnieniem barometrycznym. Z uwagi na złożoność zależności związku gęstości, wilgotności oraz ciśnienia powietrza przyjmuje się najczęściej wartość średnią gęstości. W warunkach Polski $\rho = 1,26 \text{ kg/m}^3$.

Energię wiatru wyznacza się z zależności:

$$E = \int \frac{1}{2} \rho v^3 dt \quad (2)$$

gdzie:

ρ – chwilowa gęstość powietrza [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$],

v – chwilowa prędkość strumienia powietrza [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

dt – czas trwania przepływu strumienia powietrza o parametrach ρ i v [s].

Uznając gęstość powietrza za stałą (np. średnia gęstość powietrza), zależność (2), można przedstawić w postaci:

$$E = \bar{\rho} \int \frac{v^3}{2} dt \quad (3)$$

Praktyczne wyznaczenie energii wiatru sprowadza się zatem do sumy iloczynów:

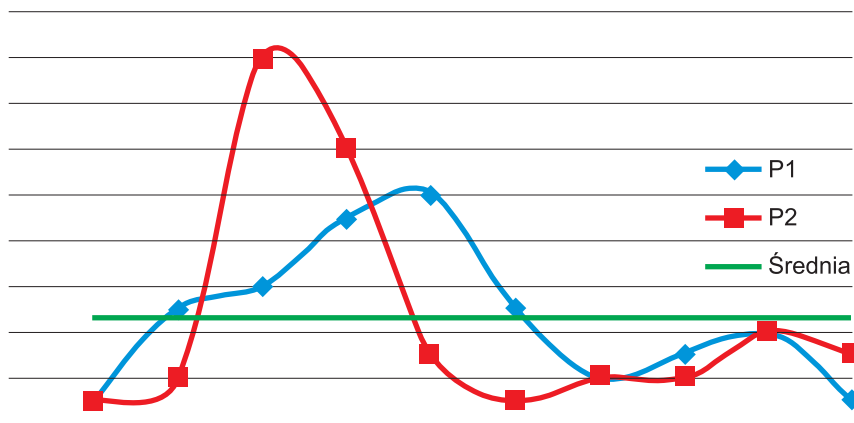
$$E = \bar{\rho} \cdot \frac{v^3}{2} \cdot \Delta t \quad (4)$$

gdzie: Δt – jednostka czasu, w której prędkość wiatru uważa się za stałą (odstęp czasu między poszczególnymi pomiarami wartości średniej prędkości wiatru) [s].

Obliczenia za pomocą zależności (4) są tym dokładniejsze, im częściej będzie dokonywany pomiar średniej prędkości wiatru.

Dlaczego prędkość średnia wiatru na danym terenie nie jest odpowiednia do oceny opłacalności instalacji siłowni wiatrowych?

Odpowiedź na pytanie zadane powyżej kryje się pod definicją wartości średniej. Jest to bowiem suma porównywanych odczytów podzielona przez ich liczbę. Oznacza to, że przy obliczaniu średniej wartości prędkości wiatru tracą na znaczeniu same wartości odczytów, a duże znaczenie ma ich stabilność. Na rys. 2.4 zamieszczono przykładowe wykresy zmiany wartości prędkości wiatru w czasie, dla których średnia jest na tym samym poziomie, mimo że same przebiegi są bardzo różne.



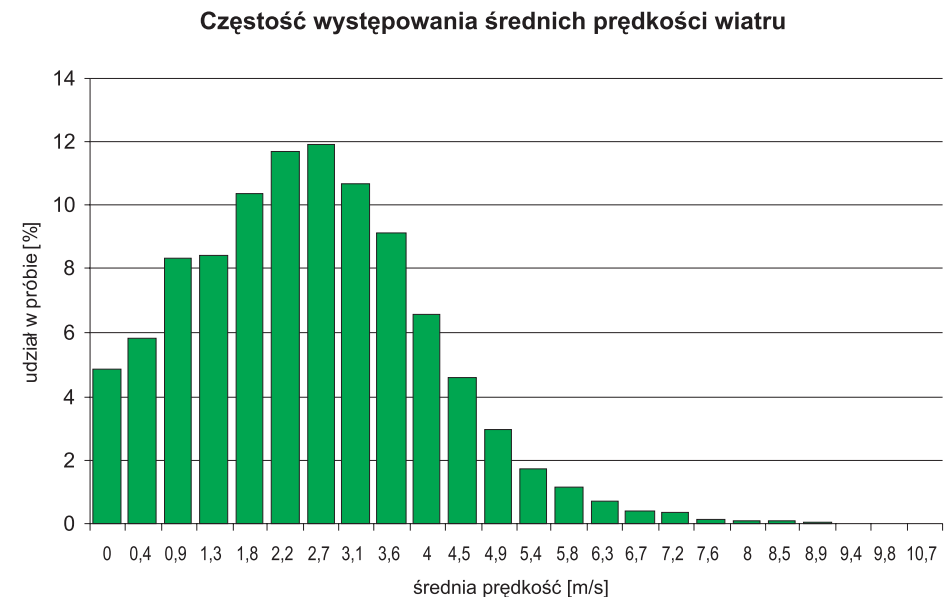
Rys. 2.4. Przykładowe przebiegi pomiarowe prędkości wiatru, dla których średnia wartość jest równa

Czerwone i niebieskie linie są obrazem odczytów prędkości wiatru co godzinę w okresie 10 godzin. Kolorem zielonym zaznaczono wartość średnią obliczoną z dziesięciu odczytów w każdym z przebiegów. Mimo faktu, że w trzeciej godzinie pomiarów w przebiegu P2 zaobserwowano prędkość wiatru równą 16 m/s, podczas gdy w przebiegu P1 tylko 6 m/s, w całym okresie pomiarów uzyskano średnią prędkość równą 4,6 m/s.

Co z prędkością maksymalną?

Zachodzi więc pytanie, czy pomiary maksymalnych prędkości wiatru w danym okresie dostarczają wiarygodnych danych dla oceny opłacalności instalacji siłowni wiatrowych? Prędkości maksymalne, z jakimi mamy do czynienia na każdym terenie, występują w określonych warunkach, np. podczas tzw. podmuchów, czy zjawisk towarzyszących burzom i innym zjawiskom pogodowym. Maksymalne prędkości wiatru występują więc w całych przebiegach tylko w poszczególnych chwilach lub krótkich okresach czasu. Jeśli więc założylibyśmy, że siłownia wiatrowa miałaby być napędzana wiatrem o prędkości maksymalnej zaobserwowanej podczas pomiarów, pracowałaby tylko w krótkich momentach lub okresach czasu, w których wiatr osiąga prędkości maksymalne.

Prawidłowa ocena prędkości wiatru, którą można wykorzystać do budowy siłowni wiatrowych, powinna zostać oparta na tzw. rozkładzie częstości występowania poszczególnych wartości prędkości wiatru. Jeśli więc dokonujemy pomiarów prędkości wiatru np. co godzinę, uznając, że podczas godziny prędkość ta nie zmienia się, nasza obserwacja powinna być na tyle długa, abyśmy mogli ocenić jak często wartości prędkości wiatru powtarzały się. Działając w ten sposób możemy zbudować wykres przedstawiony na rys. 2.5.



Rys. 2.5. Częstość występowania średnich prędkości wiatru w trakcie wykonywania badań. (Źródło: badania UWM)

Na rys. 2.5. widoczna jest graficzna analiza udziałów poszczególnych prędkości wiatru, jakie obserwowano podczas badań w dłuższym okresie czasu na terenie miasteczka akademickiego Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Z wykresu wynika, że w całym okresie badań wiatr osiągał najczęściej prędkość ok. 2,7 m/s (12 % zarejestrowanych pomiarów). Zarejestrowane podmuchy wiatru o prędkości ponad 6 m/s miały znikomy udział w analizowanej próbie.

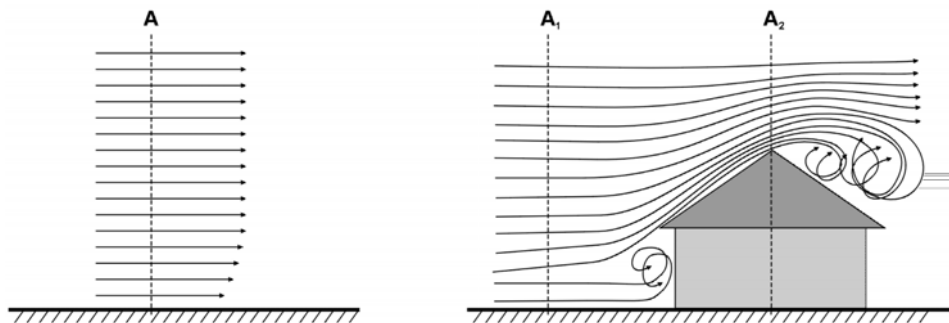
Co oznaczają uzyskane w badaniu wyniki? Wniosek wynikający z wykresu na rys. 2.5. brzmi następująco: planując jakiegokolwiek wykorzystanie energii wiatrowej w miejscu pomiaru należy przyjąć, że w większości czasu będziemy mieli do czynienia z prędkością wiatru do 4,5 m/s, co będzie miało miejsce przez ok. 80 % czasu. Tylko w pozostałych 20 % czasu można spodziewać się wyższych prędkości.

Typowe siłownie wiatrowe potrzebują do swej pracy zasilania wiatrem o prędkości minimum 10÷12 m/s. Pomiary na wysokości 10 m wykazują, że udział wiatrów o takiej prędkości na terenie Warmii i Mazur jest bardzo niski, a na niektórych terenach znikomy. Uznanie prędkości średniej liczonej dla pomiarów rocznych, sezonowych, miesięcznych czy dziennych jako kryterium oceny opłacalności zainstalowania siłowni wiatrowej jest błędem.

Co robić, aby zwiększyć opłacalność instalacji siłowni wiatrowych?

Wiatr mierzony na znacznej wysokości wieje w tym samym czasie z podobną prędkością na znacznym obszarze. Jeśli więc potrafilibyśmy uzyskać lokalnie, w sposób sztuczny, przyspieszenie mas powietrza, podnieśliśmy udział prędkości wyższych w każdym okresie czasu.

Propozycją może być wykorzystanie wszelkich naturalnych oraz sztucznych elementów ukształtowania terenu do stworzenia tzw. spiętrzeń linii wiatru. Spiętrzenia te są w istocie fragmentami przestrzeni o zwiększonej prędkości przepływu mas powietrza. Ideę wykorzystania tego zjawiska przedstawiono na rys. 2.6.



Rys. 2.6. Idea wykorzystania spiętrzenia linii wiatru na sztucznej przeszkodzie

Z lewej strony rys. 2.6. pokazano przybliżony, wyidealizowany profil prędkości wiatru w terenie nie zawierającym żadnych przeszkód hamujących przemieszczające się strugi powietrza. Pomijając zjawiska związane z oddziaływaniem przemieszczającego się powietrza z gruntem można uznać, że prędkość wiatru jest w całym rozpatrywanym przekroju A stała. Zakładając niezmienność warunków wiatrowych w czasie z przedstawianego wcześniej wzoru (4) otrzymać można prostą zależność opisującą energię wiatru, którą można wykorzystać:

$$E = \frac{\rho \cdot c^3}{2} t \quad (5)$$

gdzie:

ρ – gęstość powietrza [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$],

c – średnia prędkość wiatru w przekroju A [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

t – czas badania lub przedział czasowy rozpatrywany w obliczeniach [s].

Prawa strona rys. 2.6. przedstawia sytuację, w której na drodze strugi powietrza występuje przeszkoda w postaci np. domu mieszkalnego. Przy sprzyjającym ustawieniu przeszkody

linie wiatru ulegną odkształceniu. W przestrzeni nad zadaszaniem budynku występuje zagęszczenie linii strug przepływającego powietrza. W sytuacji rozważania konkretnego przekroju nad budynkiem stosując tzw. równanie ciągłości strugi (6) można obliczyć prędkość wiatru w pobliżu przeszkody.

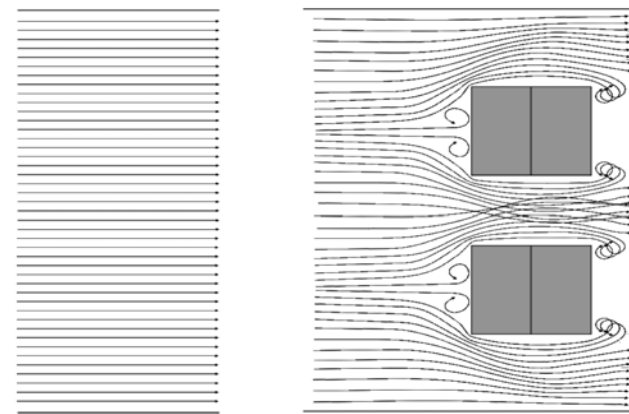
$$\rho \cdot c_1 \cdot A_1 = \rho \cdot c_2 \cdot A_2 \quad (6)$$

gdzie:

c_1, c_2 – średnia prędkość wiatru w przekroju A1 i A2 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

Z uwagi na to, że przekrój A2 jest zmniejszony przeszkodą na drodze strugi powietrza, można spodziewać się znacznego przyrostu prędkości wiatru w pobliżu przeszkody. Spowodowane jest to faktem, że rozpędzona siłami przyrody masa powietrza musi znaleźć inną niż swobodna drogę do przemieszczenia się. W mniejszym zatem przekroju w tym samym czasie musi przepłynąć więcej masy powietrza. To bezpośrednio powoduje jej lokalne przyspieszenie.

Podobny efekt występuje w płaszczyźnie poziomej, kiedy w linii wiatru ustawione są naturalne lub sztuczne elementy krajobrazu tworzące przewężenie przekroju, którym przemieszczają się strugi powietrza (rys. 2.7).



Rys. 2.7. Idea wykorzystania spiętrzenia linii wiatru na sztucznej przeszkodzie

Efekt spiętrzenia linii wiatru, poprzez lokalne zwiększenie prędkości wiatru, może pozwalać na stosowanie małych silników wiatrowych, których praca możliwa jest już przy prędkości wiatru ok. 3 m/s. W przypadku wiatru o większej prędkości oraz wykorzystania spiętrzeń, prędkość przepływu powietrza w pobliżu silnika może wzrosnąć nawet do 10-12 m/s, co pozwoli zastosować kilka wariantów siłowni wiatrowych.

2.4. Lokalizacja siłowni wiatrowych

Wybór miejsca pod lokalizację siłowni wiatrowej powinien opierać się na analizie warunków wiatrowych. Wstępna ocena może zostać dokonana w oparciu o atlasy i mapy wietrzności (w przypadku dużych siłowni wiatrowych). Czynnikiem decydującym o powodzeniu lokalizacji siłowni wiatrowej są rzetelne informacje o prędkościach i kierunkach wiatrów w obszarze planowanej inwestycji oraz częstotliwości i długości okresów występowania wiatrów o określonych prędkościach. Prawidłowa ocena potencjału energetycznego wymaga uzyskania długookresowych informacji o parametrach wiatru. Zgodnie z przyjętymi standardami pomiary i rejestracja parametrów wiatru powinny być prowadzone w sposób nieprzerwany przez okres co najmniej jednego roku [Latko, Latko 2007].

Do pomiaru prędkości i kierunku wiatru wykorzystywane są anemometry skrzydełkowe, ultradźwiękowe lub urządzenia wykorzystujące efekt Dopplera (rys. 2.8).



Rys. 2.8. Mierniki kierunku i prędkości wiatru LB-746 i LB-747 firmy Label oraz ultradźwiękowy czujnik prędkości i kierunku wiatru WMT50 firmy Vaisala

Wyniki pomiarów najczęściej zapisywane są w pamięci urządzeń pomiarowych i cyklicznie przenoszone są do komputerów umożliwiających porządkowanie i analizę zebranych danych pomiarowych.

Na podstawie zgromadzonych danych pomiarowych przeprowadzane są analizy wartości prędkości wiatru i częstości występowania wiatrów o określonej prędkości oraz ocena potencjału energetycznego wiatru w badanym obszarze [Soliński 1999].

3. Rodzaje siłowni wiatrowych

Najczęściej spotykane siłownie wiatrowe zwane wiatrakami wykorzystywane są do produkcji energii elektrycznej. Innym zastosowaniem, nadal niedocenianym w Polsce, jest ich wykorzystanie do pompowania wody – np. do nawadniania pól lub osuszania gruntów. Mogą one współpracować z siecią energetyki zawodowej lub być układami autonomicznymi.

Silniki wiatrowe służą do przekształcania energii wiatru na energię elektryczną, mechaniczną lub inną. Podstawowym elementem każdej siłowni wiatrowej jest wirnik. Umożliwia on zamianę energii kinetycznej ruchu cząstek powietrza w energię mechaniczną – ruch obrotowy wirnika. Następnie ruch obrotowy przekazywany jest do urządzeń wykonawczych (generator prądu elektrycznego, pompa itd.).

3.1. Podział siłowni wiatrowych

Podziału siłowni wiatrowych można dokonać ze względu na wiele różnych kryteriów. Przykładowy podział przedstawiono poniżej.

Podział ze względu na moc:

Ze względu na moc siłownie wiatrowe dzieli się na „mikro”, „małe” i „duże”. Do zasilania domów i małych gospodarstw rolnych stosuje się głównie dwa pierwsze rodzaje.

- **Mikroelektrownie wiatrowe** – o mocy poniżej 100 W. Używa się ich najczęściej do ładowania baterii akumulatorów stanowiących zasilanie obwodów wydzielonych – w miejscach, gdzie sieć elektroenergetyczna nie występuje lub względy zewnętrzne wskazują konieczność wykorzystania innego źródła energii. Takie elektrownie można wykorzystać do zasilania przez akumulatory części oświetlenia domu: pojedynczych lamp, a nawet poszczególnych pomieszczeń czy urządzeń.
- **Małe elektrownie wiatrowe** – o mocy od 100 W do 50 kW. Elektrownie z tej grupy mogą zapewniać energię elektryczną w pojedynczych gospodarstwach domowych, a nawet w małych firmach. W warunkach przydomowych najpopularniejsze są elektrownie 3-5 kW. Moc takich elektrowni, wspomagana energią zmagazynowaną w akumulatorach, wystarczy do zasilania oświetlenia, układów pompowych, sprzętu i urządzeń domowych.
- **Duże elektrownie wiatrowe** (w praktyce powyżej 100 kW), oprócz tego, że mogą zasiląć dom, stosowane są przede wszystkim do wytwarzania prądu, który sprzedaje się do sieci elektroenergetycznej. Taka elektrownia musi spełniać szczegółowe wymagania lokalnego operatora sieci. Potrzebna jest oczywiście jego zgoda na takie przyłączenie.

Podział ze względu na wielkość:

Ilość energii elektrycznej produkowanej w elektrowni wiatrowej zależy głównie od prędko-

kości wiatru. Ta z kolei zależy od wielu czynników – zarówno klimatycznych, jak i związanych na przykład z wysokością usytuowania wiatraka (im jest on wyżej, tym większa produkcja energii). Współczesne „duże” elektrownie wiatrowe osadza się na wieżach 70-, 80-, a nawet 100- czy 120-metrowych. Małe siłownie wiatrowe najczęściej mają za podstawę maszty od 1,5 m (na dachach) do 15-20 m nad poziomem gruntu.

Podział ze względu na położenie osi obrotu:

Podstawowym kryterium podziału elektrowni wiatrowych jest położenie osi obrotu wirnika, zgodnie z którym rozróżniamy dwa rodzaje elektrowni:

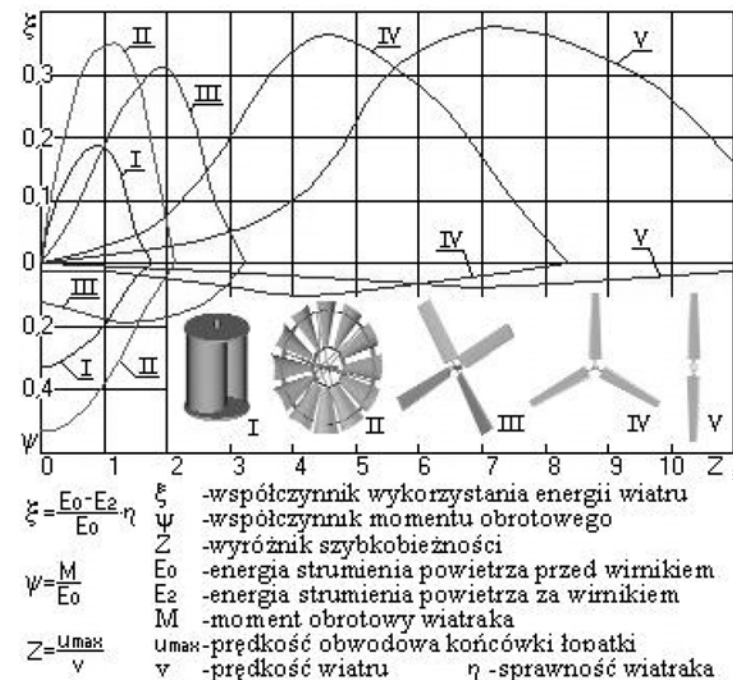
- z poziomą osią obrotu – **HAWT** (ang. Horizontal Axis Wind Turbines); najpopularniejsze – ponad 95% stosowanych rozwiązań;
- z pionową osią obrotu – **VAWT** (ang. Vertical Axis Wind Turbines).

Podział ze względu inne kryteria:

- sposób wykorzystania produkowanej energii wyróżnia się siłownie energetyczne i siłownie mechaniczne (np. pompy);
- liczbę płatów wirnika – elektrownie jedno-, dwu-, trzy-, cztero- i wielopłatowe;
- usytuowanie wirnika względem kierunku wiatru i masztu (w elektrowniach typu HAWT): dowietrzne (ang. up-wind) oraz odwietrzne (ang. down-wind);
- szybkobieżność – elektrownie wolnobieżne, średnibieżne i szybkobieżne.

Wśród najpopularniejszych maszyn – typu HAWT – ponad 90 % obecnie stosowanych to trójpłatowe urządzenia typu up-wind służące głównie do wytwarzania energii elektrycznej [http://www.eceo.org.pl].

W celu porównania właściwości wiatraków podawane są takie parametry jak rzeczywisty współczynnik wykorzystania wiatru ξ , współczynnik momentu obrotowego ψ (równy momentowi wiatraka podzielonemu przez energię strugi wiatru) oraz wyróżnik szybkobieżności Z (jest to stosunek prędkości obwodowej końca łopatki do prędkości wiatru). Na rys. 3.1 przedstawiono charakterystyki ξ i ψ w funkcji Z dla kilku typów silników wiatrowych.

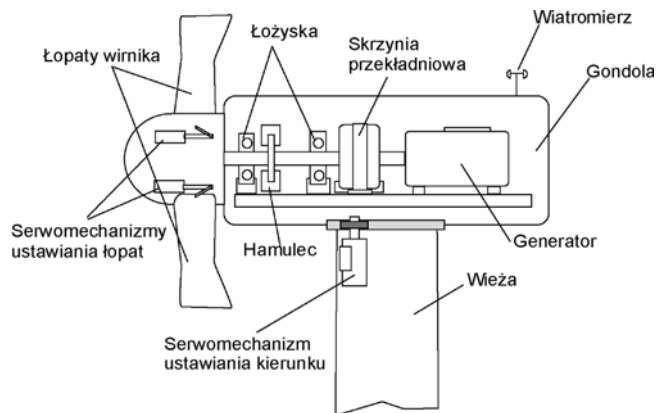


Rys. 3.1. Parametry charakteryzujące typowe konstrukcje silników wiatrowych
[http://darmowa-energia.eko.org.pl]

3.2. Siłownie wiatrowe z silnikiem o poziomej osi obrotu wirnika – HAWT

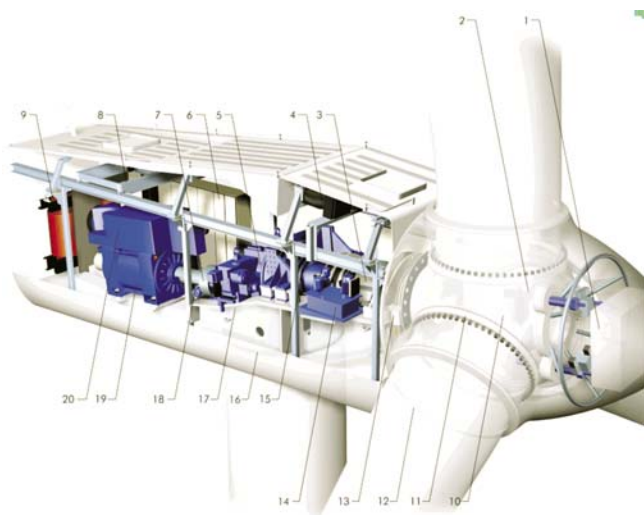
Można tak nazwać układ turbiny, która posiada tradycyjne „śmigła” o ilości łopat zależnej od wizji projektanta. Spotyka się głównie wirniki jedno-, dwu-, trzypłatowe. Buduje się również siłownie z większą ilością łopat. Służą one głównie do przepompowywania wody, napędu młynów lub innych zastosowań z wykorzystaniem energii mechanicznej. Obecnie siłownie wiatrowe z poziomą osią obrotu stanowią około 95 % rozwiązań dostępnych na rynku.

Schemat typowej elektrowni wiatrowej przedstawiono na rys. 3.2. Zamieszczony schemat odnosi się do tzw. siłowni dużej mocy, niemniej jednak większość podukładów występujących w tej konstrukcji ma zastosowanie we wszystkich rodzajach „wiatraków”.



Rys. 3.2. Uproszczony schemat budowy siłowni wiatrowej

Poniżej na rys. 3.3 przedstawiono konstrukcję gondoli profesjonalnej elektrowni wiatrowej o mocy 2 MW pracującej na potrzeby sieci energetycznej.



Rys. 3.3. Budowa elektrowni wiatrowej (model V80-2.0MW firmy Vestas):

1) kontroler, 2) mechanizm ustawiania łopat, 3) główny wał, 4) chłodnica oleju, 5) przekładnia, 6) wieloprocessorowy układ sterowania, 7) hamulec postojowy, 8) dźwig dla obsługi, 9) transformator, 10) piasta łopaty 11) łożysko łopaty, 12) łopata 13) układ hamowania wirnika, 14) układ hydrauliczny, 15) tarcza układu hamowania wirnika, 16) pierścień układu kierunkowania, 17) fundament, 18) koła zębate układu kierunkowania, 19) generator, 20) chłodnica generatora powłok przymocowanych do belki nośnej.

Najważniejszym elementem siłowni wiatrowej jest wirnik przekształcający energię wiatru w energię mechaniczną przekazywaną do generatora. Zazwyczaj wirniki siłowni z poziomą osią obrotu wykonuje się jako konstrukcje złożone z jednego lub więcej płatów. Większość płatów wykonana jest z włókna węglowego wzmocnionego poliestrem. Każda łopata składa się z co najmniej dwóch powłok przymocowanych do belki nośnej. Wiatr działający na powierzchnię płata powoduje powstanie siły nośnej, która wprawia wirnik w ruch [Jagodziński 1959].

W niektórych rozwiązaniach istnieje możliwość zmiany kąta ustawienia łopat wirnika dzięki zastosowaniu siłowników hydraulicznych. Wirnik osadzony jest na wale wolnoobrotowym, którego obroty poprzez skrzynię przekładniową przekazywane są do wału szybkoobrotowego. Wał szybkoobrotowy połączony jest z wałem generatora. Spotykane są też układy pracujące bez przekładni. Najczęściej wirnik obraca się z prędkością 15-30 obr./min., przekładnia zwiększa tę prędkość obrotową 50-krotnie do 1500 obr./min. Stopień przełożenia zależy od typu prądnicy zastosowanej w elektrowni.

W czasie rozruchu generatory łączone są do sieci przez układy tyrystorowe, które następnie są bocznikowane stycznikami. Mikroprocesorowy system sterowania monitoruje stan siłowni i pobiera dane do obliczeń i sterowania. Generator, transformator, przekładnia i urządzenia sterujące umieszczone są w gondoli. Ponadto gondola zawiera układy smarowania, chłodzenia, hamulec tarczowy itp. Gondola i wirnik obracane są w kierunku wiatru przez silniki i przekładnię zębatą znajdującą się na szczycie wieży, na której umieszczona jest gondola. Wieża w kształcie rury wykonana jest ze stali lub z betonu zbrojonego, rzadziej jako stalowa konstrukcja kratownicowa.

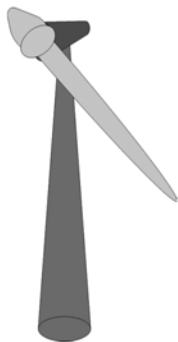
Przedstawione powyżej urządzenia dużej mocy wyposażane są w układy automatyki sterowane komputerowo. Urządzenia mniejszych mocy przeznaczone dla małych, indywidualnych użytkowników charakteryzują się znacznie prostszą budową. Nie są wyposażane w mechanizmy zmiany kąta ustawienia łopat wirnika, a nastawianie kierunku odbywa się poprzez wykorzystanie sił aerodynamicznych działających na chorągiewkę kierunkową, a nie za pomocą serwomechanizmów, jak w przypadku dużych turbin wiatrowych. Zabezpieczenie przed zbyt silnymi wiatrami często realizowane jest w nich poprzez odchylenie gondoli do pionowego ustawienia osi, co praktycznie oznacza wyłączenie siłowni [Nalepa 2007].

Turbina obok generatora jest najważniejszym elementem elektrowni wiatrowej. Za jej pośrednictwem pozyskiwana jest energia mechaniczna ze strugi powietrza. Jej parametry konstrukcyjne decydują o właściwościach całej siłowni, a w szczególności o mocy i prędkości obrotowej. Od konstrukcji wirnika wiatrowego (rys. 3.4) zależą gabaryty urządzenia. W oparciu o rozwiązanie tego problemu dobierane są kolejne elementy całego urządzenia, jak np. generator, przekładnia oraz wysokość masztu lub konstrukcji nośnej.

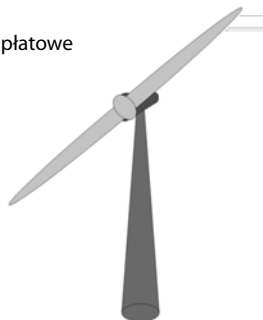
Wirnik tradycyjny w zależności od jego umiejscowienia w stosunku do wiejącego wiatru, przed lub za wieżą, można podzielić na: down-wind (rys. 3.5) i up-wind (rys. 3.6). Down-wind jest to niezbyt popularne rozwiązanie, gdyż należy liczyć się ze stratami spowodowanymi częściowym (choć chwilowym) zaciemnieniem wirnika przez konstrukcję masztu [Śmięgielski 2007].

Siłownie wiatrowe typu HAWT buduje się najczęściej wyposażając w wirniki trójpłatkowe. Występują również konstrukcje dwupłatkowe, jedнопłatkowe i wielopłatkowe. Poniżej przedstawiono schematycznie stosowane rozwiązania siłowni HAWT:

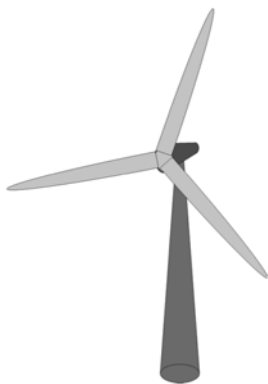
- jedнопłatkowe



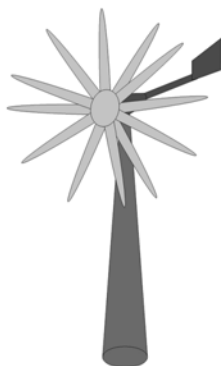
- dwupłatkowe



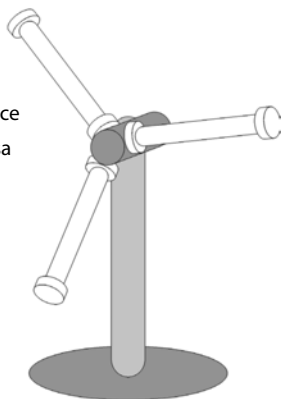
- trójpłatkowe



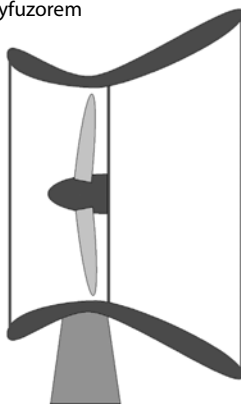
- wielopłatkowe



- wykorzystujące efekt Magnusa



- z dyfuzorem



Rys. 3.4. Rodzaje turbin z poziomą osią obrotu



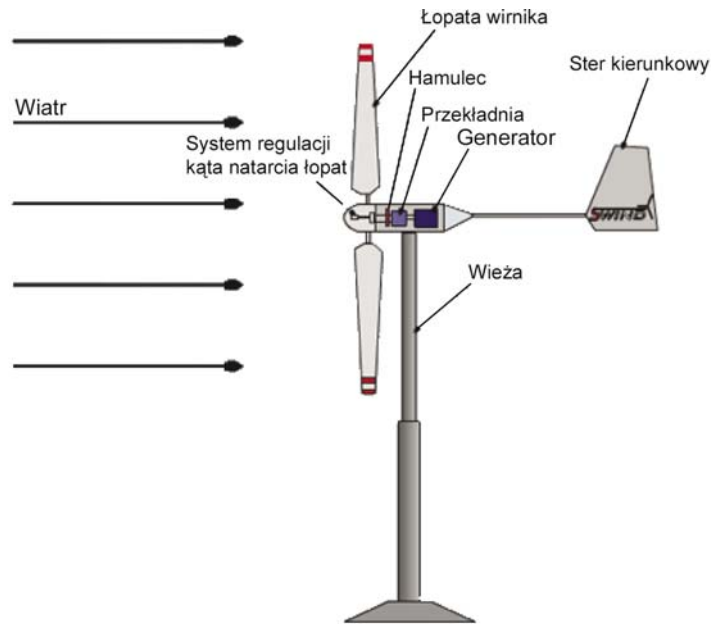
Rys. 3.5. Wirnik typu down-wind



Rys. 3.6. Wirnik typu up-wind

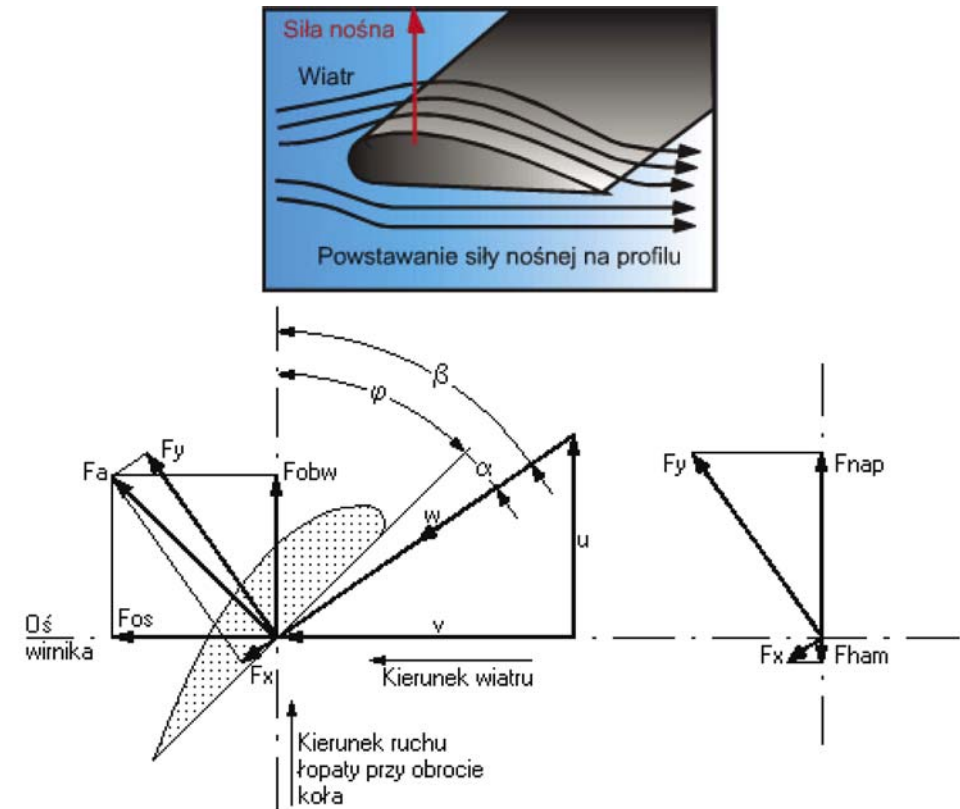
Ogólna zasada działania siłowni wiatrowej z wirnikiem o osi poziomej

Napływający na wirnik strumień powietrza (rys. 3.7) dzięki odpowiedniemu ustawieniu łopat wywołuje ruch obrotowy wirnika. Energia obracającego się wirnika może być wykorzystywana bezpośrednio do napędzania urządzeń mechanicznych (np. pompy) lub poprzez sprzężenie z generatorem do wytwarzania energii elektrycznej. Ster kierunkowy pozwala na utrzymanie całego wirnika w odpowiednim położeniu względem wiatru zwiększając wykorzystanie energii wiatru.



Rys. 3.7. Zasada działania siłowni z wirnikiem o osi poziomej [<http://www.swind.pl>]

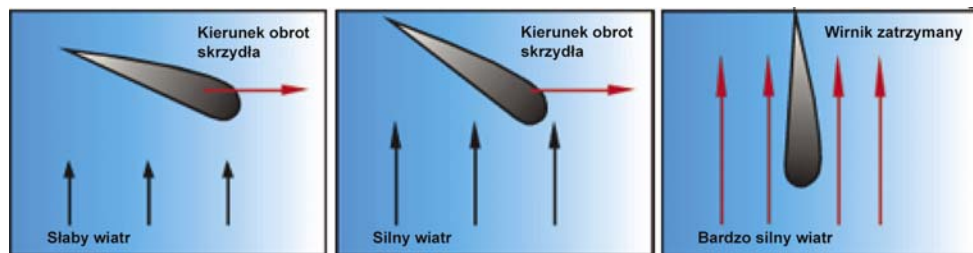
Ilość wyprodukowanej przez siłownię wiatrową energii zależy od kilku czynników, m. in. od prędkości wiatru oraz sprawności całego układu. Na rysunku 3.8 zilustrowano powstawanie siły nośnej na łopacie wirnika. Odpowiednio wyprofilowane łopaty gwarantują wysoką sprawność silnika wiatrowego.



Rys. 3.8. Schemat powstawania siły nośnej na łopacie wirnika [<http://www.swind.pl>, <http://darmowa-energia.eko.org.pl>]

W celu zwiększenia wykorzystania energii wiatru oraz regulacji prędkością obrotową wirnika stosuje się systemy regulacji kąta natarcia łopat. W urządzeniach firmy SWIND system regulacji kąta natarcia łopat zastąpiono systemem zmiany ustawienia płaszczyzny turbiny (wirnika) względem wiatru. Jest on również jednym

z elementów bezpieczeństwa skutecznie ograniczającym obroty wirnika w sytuacji, gdy siła wiatru jest bardzo duża. Wraz ze wzrostem siły wiatru następuje zmiana położenia turbiny (wirnika) względem wiatru. Cały wirnik ustawia się „bokiem do wiatru”. Zasada działania systemu została przedstawiona na rysunku 3.9.



Rys. 3.9. System regulacji kąta natarcia łopat [http://www.swind.pl]

Na rysunku 3.10 przedstawiono przykładowe instalacje wykorzystujące silniki wiatrowe z poziomą osią obrotu.



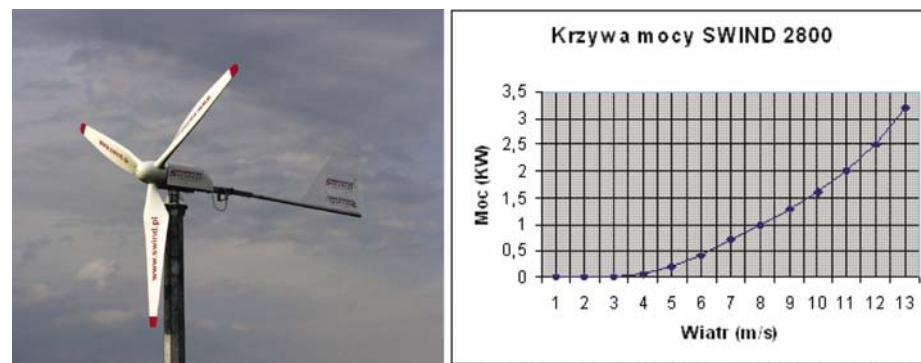
Rys. 3.10. Przykłady siłowni wiatrowych z poziomą osią obrotu: a) mała przydomowa elektrownia wiatrowa o mocy 10 kW BWC Excel [http://www.bergey.com], b) wirnik z dwoma łopatom [http://www.windturbinecompany.com], c) turbiny wiatrowe GE Power na farmie wiatrowej Walchum, Niemcy [http://www.gepower.com], d) turbina wiatrowa firmy Vortec z dyfuzorem DAWT

3.3. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych

Przykłady konstrukcji siłowni wiatrowych trójłpatowych

Rozwiązanie siłowni wiatrowej z silnikiem trójłpatowym przedstawiono na rysunkach 3.11, 3.12 i 3.13. Wirniki trójłpatowe są najczęściej spotykanym rozwiązaniem zarówno w siłowniach dużej, średniej jak i małej mocy. Wirniki turbin SWIND produkowane są z materiałów kompozytowych powszechnie stosowanych w lotnictwie. Kompozyty zapewniają bardzo dobre parametry wytrzymałościowe i są zarazem bardzo lekkie, co ma szczególne zna-

czenie w przypadku turbin wiatrowych. Dzięki zastosowaniu odpowiednich profili ograniczo emisję hałasu.

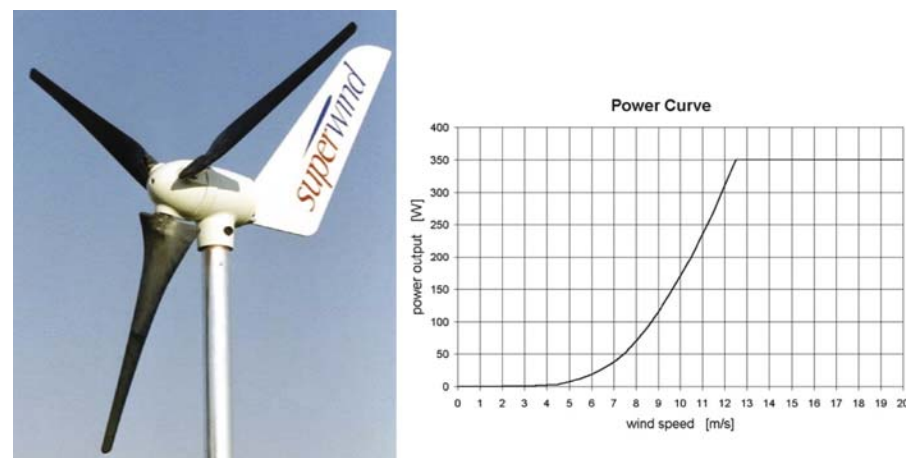


Rys.3.11. Trójłpatowa siłownia wiatrowa SWIND 2800 [http://www.swind.pl]

Siłownie wiatrowe produkowane przez firmę SWIND znajdują głównie zastosowanie:

- w wytwarzaniu energii elektrycznej na własne potrzeby,
- grzaniu ciepłej wody użytkowej,
- wspomaganie układu centralnego ogrzewania,
- ogrzewaniu pomieszczeń.

Mikrosiłownia SUPERWIND 350 dodatkowo może być montowana na większych łodziach lub żaglówkach morskich do zasilania instalacji elektrycznej, nawigacji itd.

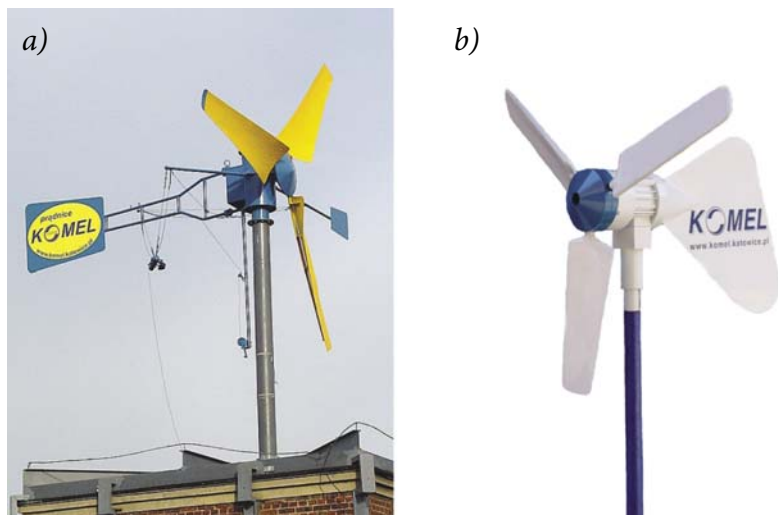


Rys.12. Trójłpatowa siłownia SUPERWIND 350 [http://www.superwind.com]

Zestawianie parametrów siłowni produkowanych przez firmę SWIND i SUPERWIND zamieszczono w tabeli poniżej.

	SWIND 2800	SWIND 6000	SUPERWIND 350
Moc znamionowa	3,0 kW	6 kW	350 W
Średnica wirnika	3,5 m	4,8 m	1,20 m
Wirnik	3 łopaty	3 łopaty	3 łopaty
Prądnica	generator synchroniczny trójfazowy, prąd przemienny	generator synchroniczny trójfazowy, prąd przemienny	generator 12 VDC / 24 VDC
Nominalna prędkość wiatru	12 m/s	12,5 m/s	12,5 m/s
Masa gondoli z wirnikiem	ok. 80 kg	ok. 210 kg	ok. 11,5 kg
Ustawianie do wiatru	ster kierunkowy	ster kierunkowy	ster kierunkowy

Śmigła koncepcji siłowni firmy KOMEL (rys. 3.13) wykonane są z blachy aluminiowej osadzonej na żebrach wsporczych mocowanych do rury stalowej. Projekt żeber wsporczych uwzględnia łatwość demontażu i montażu śmigła. Kąty zaklinowania i natarcia łopat uzyskuje się poprzez oparcie żeber w czasie montażu na równym podłożu. Należy podkreślić, iż uzyskanie właściwych kątów zaklinowania jest najważniejsze w celu uzyskania dużej mocy wiatraka [http://www.komel.katowice.pl].



Rys. 3.13. Trójłopatowe siłownie KOMEL: a) siłownia przydomowa, b) jachtowa elektrownia wiatrowa JSW 750-12 [http://www.komel.katowice.pl]

Jachtowa elektrownia wiatrowa to tanie i przyjazne dla środowiska (ciche, bez spalin) źródło energii elektrycznej. Dzięki elektrowni JSW utrzymuje się stan naładowania baterii akumulatorów, z których mogą być zasilane różne urządzenia pokładowe, np.:

- oświetlenie,
- lodówki,
- schładzarki,
- urządzenia nawigacyjne,
- odbiorniki RTV.

Zestawianie parametrów siłowni produkowanych przez firmę KOMEL zamieszczono w tabeli poniżej.

	KOMEL	JSW 750-12
Moc znamionowa	4,0 kW	120 W
Średnica wirnika	5,8 m	0,75 m
Wirnik	3 łopaty	3 łopaty
Prądnica	PMGg 180L16 spec (3 kVA, 180 obr/min, $U_N=3 \times 170 \text{ V} \rightarrow$ $230 \text{ V } U_{DC}$, $f_N=24 \text{ Hz}$),	generator synchroniczny trójfazowy, prąd przemienny
Nominalna prędkość wiatru	10 m/s	12 m/s
Masa gondoli z wirnikiem	bd	8,5 kg
Ustawianie do wiatru	ster kierunkowy	ster kierunkowy

Jest wiele rozwiązań konstrukcyjnych oraz firm produkujących trójłopatowe siłownie wiatrowe różniące się w nieznaczny sposób od siebie.

Elektrownie jedno i dwułopatowe:

Na całym świecie największą popularność zyskała koncepcja trójłopatowego wirnika, ale dosyć często można także spotkać siłownie z dwoma łopatkami (rys. 3.14). Rozwiązanie to daje redukcję kosztów przedsięwzięcia oraz spadek masy wirnika. Wymaga jednak większej prędkości obrotowej, aby uzyskać moc wyjściową porównywalną z maszyną trójłapatową, co w połączeniu z większym hałasem i mniej harmonijnym wyglądem zdecydowało o słabnącej popularności tego rozwiązania. Dodatkowo na niekorzyść tego wirnika przemawia konieczność zapewnienia piaście możliwości odchylenia się w celu wytlumienia przeciążenia związanego z przechodzeniem łopat przez obszar za wieżą.



Rys. 3.14. Przykłady elektrowni wiatrowych z wirnikami jedno i dwupłatowymi [http://www.elektrownie.tanio.net]



Rys. 3.15. Elektrownia wiatrowa 3.0 MW WTS80-3/1 Näsudden II [http://www.uwm.edu.pl]

Istnieją także wirniki jednopłatowe, jednak są bardzo rzadko spotykane. Odnoszą się do nich te same wątpliwości co do konstrukcji dwupłatowych, z tym, że wymagają jeszcze większych prędkości obrotowych i są głośniejsze. Jediną zaletą są niższe koszty.

Elektrownia wiatrowa dwupłatowa 3.0 MW WTS80-3/1 Näsudden II (rys. 3.15)

Turbina została zainstalowana w listopadzie 1992 w Näsudden (jedna z wysp Gotlandii na morzu Bałtyckim) i po badaniach technicznych w marcu 1993 roku przeszła do eksploatacji. Od tego czasu pracuje bezawaryjnie. Właścicielem elektrowni wiatrowej jest VATTENFALL

AB, 162 87 Sztokholm. Zamieszczona na rysunku 3.15 konstrukcja należy do największych na świecie (pod względem mocy) [http://www.uwm.edu.pl/].

Dane techniczne

Konstrukcja	pozioma
Moc max.	3000 kW
Wys. wieży	78 m
Średnica wirnika	80 m
Liczba łopat	2
Prędkość wirnika	14 - 21 obr/min
Min. prędkość wiatru	6 m/s
Optymalna prędkość	14 m/s
Prędkość wyłączenia	25 m/s
System kontroli mocy	zmienny kąt natarcia łopatek
Masa głowicy	162 000 kg
Kąt uniesienia łopat	8 stopni

Przykłady konstrukcji siłowni wiatrowych wielopłatowych:



Rys. 3.16. Wiatraki wolnobieżne, wielopłatowe [http://www.ekoland4.com]

Dotychczas opisywano głównie trzypłatowe konstrukcje, jednak należy pamiętać, że do pracy w układach zamkniętych doskonale nadają się konstrukcje wolnoobrotowe wielopła-

towe (rys. 3.16) bardzo powszechne na słabo zaludnionych terenach USA. Wiatraki te praktycznie nie znajdują zastosowania w zawodowej energetyce, ale jako dodatkowe źródło energii elektrycznej dla domu lub mechanicznej (napęd pomp wodnych) sprawdzają się znakomicie. Ich największymi zaletami są: rozruch już przy bardzo słabym wietrze, duży moment obrotowy oraz prostota konstrukcji (płaty nie mają specjalnych profili aerodynamicznych) i niska cena w porównaniu z elektrowniami o dwóch lub trzech śmigłach [http://darmowa-energia.eko.org.pl].

Przykładowy wiatrak wielopłatowy o mocy 5 kW ma średnicę wirnika 5,5 m, co daje współczynnik wytworzonej energii do powierzchni zakreślanej przez wirnik $0,21 \text{ kW/m}^2$ co nie jest imponującą wartością, mniejszą od osiąganą przez przeciętne konstrukcje 3 płatowe o tej samej mocy (od $0,26\text{-}0,36 \text{ kW/m}^2$ w przypadku małych aerogeneratorów).

Należy jednak mieć na względzie to, że wirnik wielopłatowy rozpoczyna produkcję energii już przy wietrze rzędu $2,1 \text{ m/s}$, podczas gdy dobre wirniki trzypłatowe dopiero przy wiatrach w granicach $3\text{-}4 \text{ m/s}$. Moc nominalną aerogenerator typu T550 (rys. 3.17) osiąga przy prędkości wiatru 12 m/s [http://www.ekoland4.com], co jest wartością porównywalną do nominalnej prędkości wiatru dla turbin 3 płatowych.



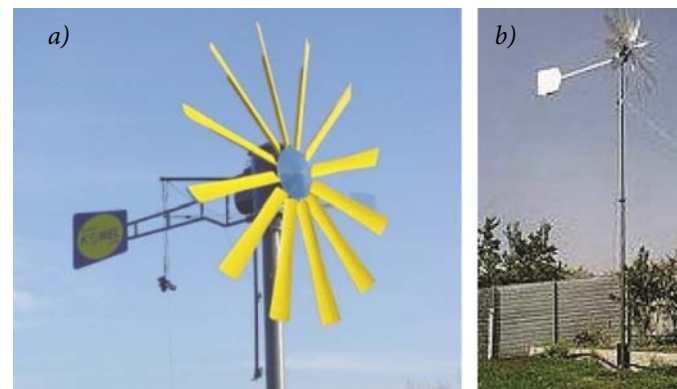
Rys. 3.17. Elektrownia wielopłatowa T550 [http://www.ekoland4.com]

Nastawianie koła wiatrowego pod wiatr dokonuje się sterem tylnym wykonanym z kątowników i blachy stalowej. Do regulowania szybkości obrotowej silnika wiatrowego stosuje się zwykle odchylenie wirnika od kierunku wiatru przy pomocy steru bocznego. Zatrzymywanie silników wiatrowych tego typu jest dokonywane przez ściągnięcie ku sobie obu sterów, tylnego i bocznego, co przeprowadza się z dołu przy pomocy odpowiedniej linki nawijanej na kołowrót.

Zestawianie parametrów siłowni wielopłatowych typu T (rys. 3.17)

	T 330	T 460	T 550	T 780
Moc znamionowa	1 kW	3 kW	5 kW	10 kW
Średnica wirnika	330 cm	460 cm	550 cm	780 cm
Wirnik wielopłatowy	36	42	48	48
Prędkość rozruchu	2,1 m/s	2,1 m/s	2,1 m/s	2,1 m/s
Nominalna prędkość wiatru	11,6 m/s	11,6 m/s	12 m/s	12 m/s
Ustawianie do wiatru	ster kierunkowy	ster kierunkowy	ster kierunkowy	ster kierunkowy

Jeśli na skutek wzrostu szybkości wiatru moment silnika wiatrowego wzrośnie, to wzrost jego mocy ujawni się przede wszystkim w zwiększeniu się jego szybkości obrotowej. Ponieważ zaś w miarę zwiększania się szybkości obrotowej silnika jego moment obrotowy maleje, to silnik zwiększy swoje szybkości obrotowe aż do zrównoważenia swego momentu obrotowego z momentem obciążeniowym.



Rys. 3.18. Przykłady instalacji siłowni wielopłatowych: a) firmy KOMEL [http://www.komel.katowice.pl/], b) WE 1000 [http://www.ekoland4.com]

Gdy natomiast z jakichkolwiek przyczyn zwiększy się moment obciążeniowy lub moment obrotowy silnika się zmniejszy, to silnik wiatrowy zmniejszy przede wszystkim swą szybkość obrotową. Ponieważ w miarę zmniejszania się szybkości silnika jego moment obrotowy wzrasta, to silnik będzie zmniejszał szybkość obrotową, aż jego moment obrotowy zrównoważy się z momentem obciążeniowym.

Można więc stwierdzić, że praca wielopłatowego silnika wiatrowego z maszyną produkcyjną o stałym momencie obciążeniowym jest stateczna. Wielopłatowy silnik wiatrowy nawet przeciążony będzie w dalszym ciągu pracował zmniejszając tylko swoją szybkość obrotową oraz współczynnik wykorzystania energii wiatru, czyli swoją sprawność. Osiove par-

cie wiatru w wiatrowych silnikach wielopłatowych jest największe podczas rozruchu i w miarę zwiększania szybkości obrotowej prędko maleje [<http://darmowa-energia.eko.org.pl>].

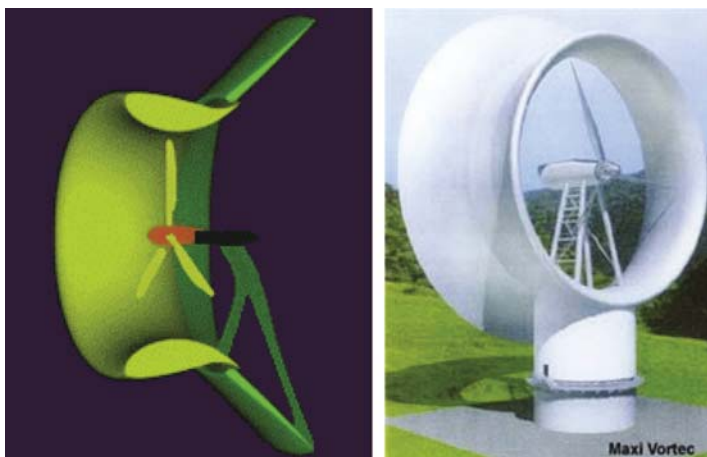
Zestawianie parametrów siłowni wielopłatowych przedstawionych na rysunku 3.18

	WE 1000	KOMEL
Moc znamionowa	1,0 kW	3 kW
Średnica wirnika	2,2 m	4,4 m
Wirnik	wielopłatowy	Wielopłatowy (12)
Prądnica	regulatory inwenter - moc 2,5 kW akumulator 2,5 kW	prądnica PMSg160L16
Nominalna prędkość wiatru	10 m/s	bd
Masa gondoli z wirnikiem	bd	25 kg
Ustawianie do wiatru	ster kierunkowy	ster kierunkowy

Przykłady konstrukcji siłowni wiatrowych z dyfuzorem

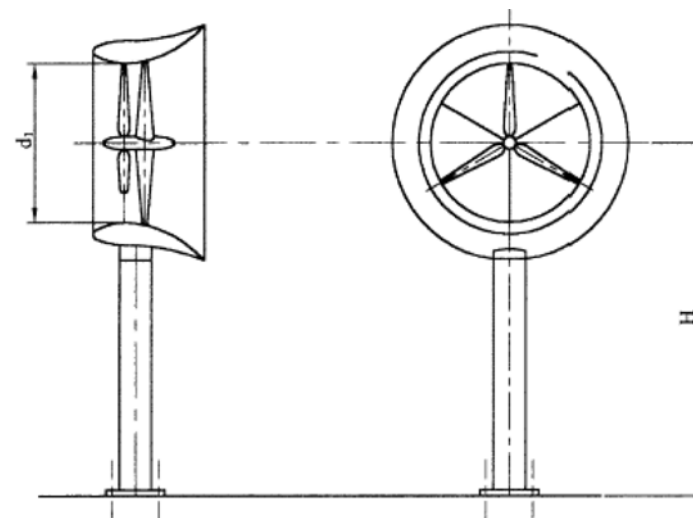
Turbiny o osi poziomej wyposażone w dyfuzor. Zgodnie z prawem Bernoulego dotyczącym zachowania się ośrodka (np. gazu) w rurze, w której występują zmiany średnicy zmienia się również prędkość przepływu gazu. W związku

z tym, jeśli tradycyjny wirnik zabudujemy w tunelu, a dokładniej w jego przewężeniu, będzie on wirował w powietrzu przepływającym szybciej niż wiatr poza tym tunelem. Dzięki temu możliwe będzie otrzymanie większej ilości energii niż bez otunelowania wirnika.



Rys. 3.19. Przykłady turbin wyposażonych w dyfuzor
[<http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl>]

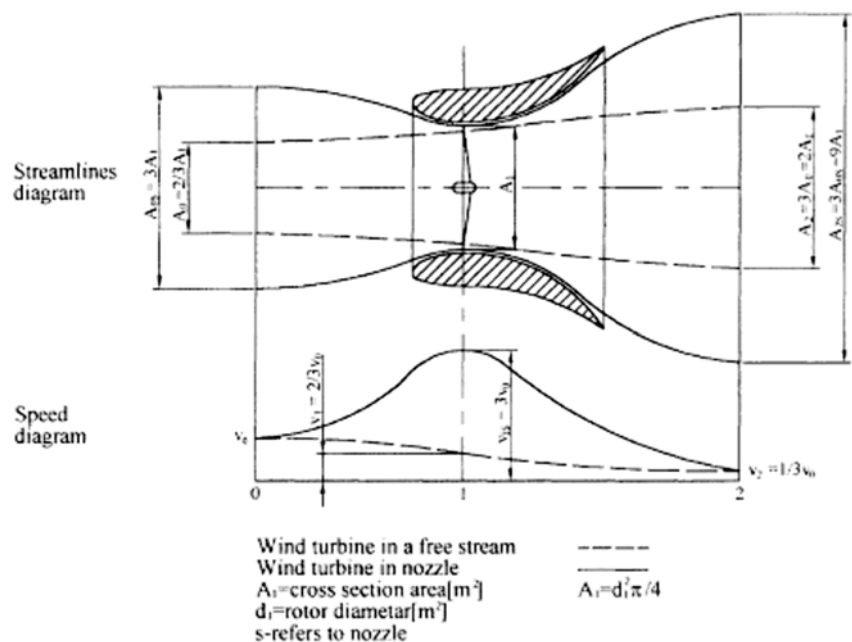
Wiatraki firmy Vortex (rys. 3.19) uzyskują 3-krotnie większą moc w porównaniu do nie otunelowanych wiatraków o tych samych rozmiarach, ponieważ w przewężeniu tunelu o kształcie dyszy powietrze znacznie zwiększa prędkość przepływu. Szybkie obroty śmigła pozwalają stosować mniejsze przełożenie między nim a prądnicą, a małe rozmiary zwiększają sztywność konstrukcji. Obudowa poprawia sprawność aerodynamiczną, a w wypadku rozrwania wirnika przez zbyt silny wiatr chroni otoczenie przed zagrożeniem.



Rys. 3.20. Turbina wiatrowa z dyfuzorem [Franković, Vrsalović 2001]

Koncepcją rozwojową typowej turbiny z poziomą osią obrotu wirnika jest zastosowanie dyfuzora (rys. 3.20). Umieszczenie wirnika wewnątrz dyfuzora teoretycznie zwiększa sprawność przetwarzania energii wiatru na energię elektryczną. Charakterystyka pracy wirnika z dyfuzorem pozwala na uzasadnione ekonomicznie zastosowanie turbiny wiatrowej przy niższych prędkościach wiatru. Turbiny z dyszą mogą pracować przy prędkości wiatru $v < 4$ m/s. Tak więc praktycznie na całym obszarze Polski można stosować instalacje wiatrowe z wykorzystaniem turbin z dyfuzorem. Jednocześnie opłacalne może być stosowanie turbin o mniejszych średnicach przy montażu na niższych wieżach, co może znacząco obniżyć koszty instalacji.

Turbiny wiatrowe tego typu pracują o 3200 godz. rocznie dłużej niż konwencjonalne turbiny wiatrowe. Roczna produkcja energii turbiny wiatrowej z dyszą przy mocy $P_s = 660$ kW na poziomie 4,3 GWh jest o około 3 GWh większa niż roczna produkcja energii z turbiny konwencjonalnej (rys. 3.21) wytwarzającej rocznie 1,3 GWh. Zapewnia to efektywną pracę siłowni wiatrowych nawet w terenie o nienajlepszych warunkach wiatrowych [Franković, Vrsalović 2001].

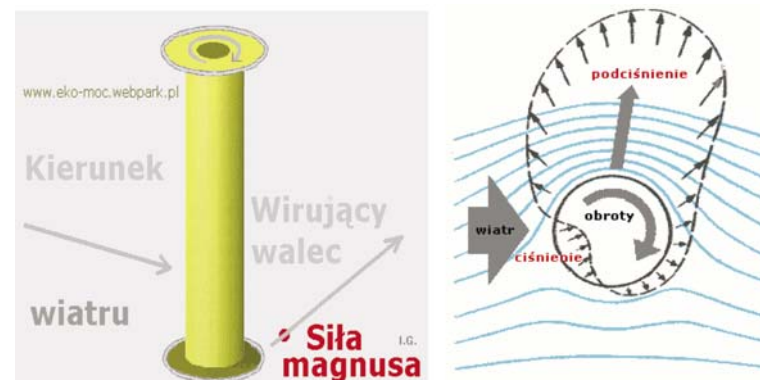


Rys. 3.21. Zasada działania dyfuzora [Franković, Vrsalović 2001]

Przykłady konstrukcji siłowni wiatrowych wykorzystujących efekt Magnusa:

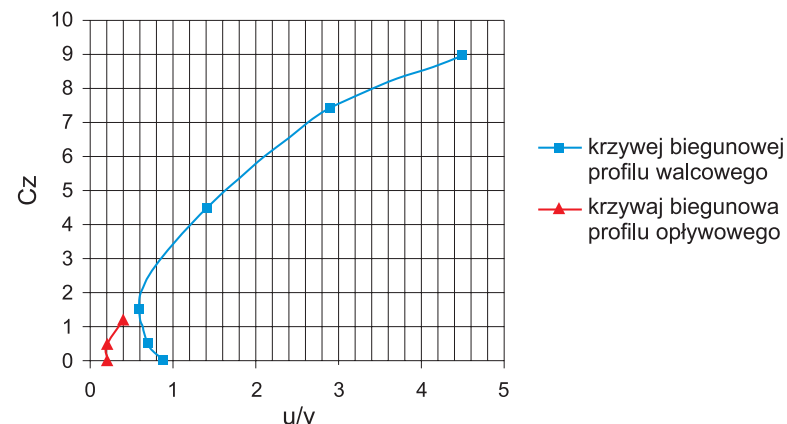
Podczas opływu powietrza dookoła obracającego się walca kołowego o osi prostopadłej do kierunku wiatru (rys. 3.22) powstaje siła poprzeczna do wiatru skierowana od strony, po której wiatr i obrót mają kierunki przeciwnie, ku stronie, po której kierunku wiatru i obrotu są zgodne. Zjawisko to jest znane jako „zjawisko Magnusa” od nazwiska jego odkrywcy – niemieckiego fizyka i chemika H.G. Magnusa, który zwrócił uwagę na to, że powoduje ono „zakrzywienie” toru wybitej piłeczki tenisowej lub golfowej oraz zmienia tor obracającego się pocisku artyleryjskiego i jako pierwszy zbadał to zjawisko w 1853 r. Najłatwiej można zapoznać się z nim doświadczalnie upuszczając kręcący się szybko walec blaszany (bąk). Walec ten nie opada pionowo, ale w przypadku gdy jego oś obrotu będzie pozioma szybuje lotem ślizgowym, podobnie jak płat nośny. Spadek natomiast tego samego nie obracającego się walca odbywa się wzdłuż pionu.

Obracający się w strumieniu powietrza walec powodujący zjawisko Magnusa (rys. 3.22) może osiągnąć współczynnik siły nośnej nawet 10. Koniecznym jest jednak dlatego zaopatrzyć końce walca w wystające ponad jego powierzchnię krążki, uniemożliwiające wyrównanie się ciśnień po obu stronach cylindra (aby zapobiec powstawaniu oporu indukcyjnego) oraz nadanie walcowi szybkości obwodowej około czterokrotnie większej niż szybkość wiatru.



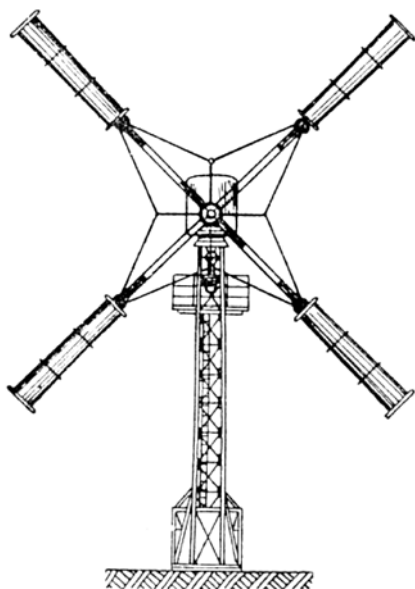
Rys. 3.22. Rotor Magnusa. Opływ dookoła wirującego walca [http://www.eko-moc.webpark.pl]

Na rys. 3.23 przedstawiono krzywą biegunową takiego walca, nazywanego często rotorem Magnusa lub rotorem Flettnera, przy czym zamiast wielkości kątów naparcia przyjęto tutaj za parametr stosunek obwodowej szybkości rotora do szybkości wiatru. Porównanie tej krzywej biegunowej z krzywą biegunową profilu opływowego przedstawione jest rysunku poniżej. Z porównania obu krzywych wynika, że współczynnik siły nośnej rotora jest wielokrotnie większy niż współczynnik profilu opływowego. Jednak współczynnik oporu jest w jeszcze znacznym stopniu większy od współczynnika oporu profilu opływowego. Kąt największej doskonałości u rotora jest znacznie większy niż u profilu opływowego, a zatem i aerodynamiczna doskonałość rotora ustępuje znacznie doskonałości profilu opływowego. Rotory w porównaniu ze skrzydłami oprofilowanymi mają prawie trzykrotnie gorsze właściwości aerodynamiczne.



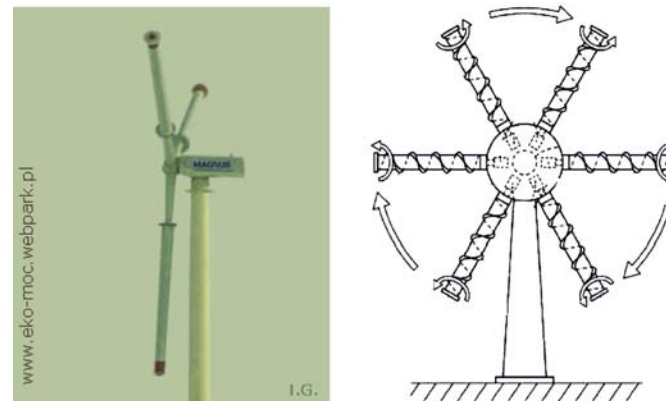
Rys. 3.23. Krzywa biegunowa obracającej się łopaty procesora Magnusa [http://darmowa-energia.eko.org.pl]

Niemiecki konstruktor Flettner zbudował w r. 1926 wiatrak (rys. 3.24) oparty o zjawisko Magnusa. Zamiast zwykłych skrzydeł umieszczono na ramionach wiatraka odpowiednio wykonane z blachy stożki ścięte, mogące obracać się wokół ich osi. Do obrotu tych stożków użyto silników elektrycznych. Średnica wiatraka wynosiła 20m, długość każdego ze stożków 5m, średnica stożków po stronie wewnętrznej wirnika 72cm, po zewnętrznej 90cm. Podobno rezultaty nie były zbyt pomyślne.



Rys. 3.24. Wiatrak Flettnera [<http://darmowa-energia.eko.org.pl>]

W oparciu o ten prototyp konstruktorzy z białoruskiej firmy Acowind wykonali projekt elektrowni ACOWIND A-63 (rys. 3.25) o mocy nominalnej 1MW. Wirnik tego wiatraka powstał w Polsce w Zakładach Remontów i Produkcji Sprzętu Lotniczego z Bielsko-Białej. Poniższy opis został zaczerpnięty ze strony tej firmy <http://marganski.com.pl>.



Rys. 3.25. Siłownie wiatrowe wykorzystujące efekt Magnusa:
a) ACOWIND A-63 [<http://darmowa-energia.eko.org.pl>],
b) Mekaro Akita Co Ltd. (Japonia) [<http://v3.espacenet.com>]

Nowy rodzaj wirnika podobno wykazuje wyższą sprawność przy małych prędkościach wiatru, większą odporność na wiatry o zbyt dużej prędkości, a co najważniejsze wirnik obraca się prawie 3 razy wolniej niż w konwencjonalnych rozwiązaniach. Mniejsza prędkość obrotowa to oczywiście mniejszy hałas (szczególnie w zakresie infradźwięków) i większe bezpieczeństwo dla ptaków.

Zestawienie danych technicznych ACOWIND A-63

Startowa prędkość wiatru	3 m/sek.
Zatrzymanie przy prędkości wiatru	25 m/sek.
Nominalna prędkość wiatru	12 m/sek.
Rotor elektrowni, średnica	56 m
Powierzchnia napływu	2463 m ²
Prędkość obrotowa	3 - 6,1 obr/min
Ilość wirników	3
Regulacja prędkości wirników	płynna
Wieża	Rurowa , stożkowa, stalowa
Wysokość do głowicy	60 m
Przekładnia napędowa	Hydroobjętościowa (hydrauliczna)
Generator	Asynchroniczny 4 biegunowy
Moc nominalna	1000 kW
Napięcie	690 V
Regulacja	Mikroprocesorowy sterownik programowalny
Układ orientacji	Akcyjny z jednym silnikiem napędowym
Ciężar	Wieża 80 t Platforma (gondola) 40 t Rotor elektrowni 38 t
Układ bezpieczeństwa	Pasywny, bez hamulców

Mimo, że przy znacznej sile nośnej rotor Magnusa stawia też duży opór, to w przypadku, gdy wiatrak jest wolnoobrotowy, siła oporu w większości jest przejmowana jako nacisk osiowy przez łożyska i nie przeciwdziała obrotom wirnika. Gdy wiatrak jest bardziej szybkoobrotowy doskonałość profilu łopatki odgrywa większą rolę (siła oporu profilu skrzydła jest zwrócona pod mniejszym kątem do płaszczyzny obrotu wirnika i bardziej przeciwdziała jego obrotom). Z tego wynika, że wiatrak z rotorami Magnusa nie powinien być projektowany jako szybkoobrotowy.

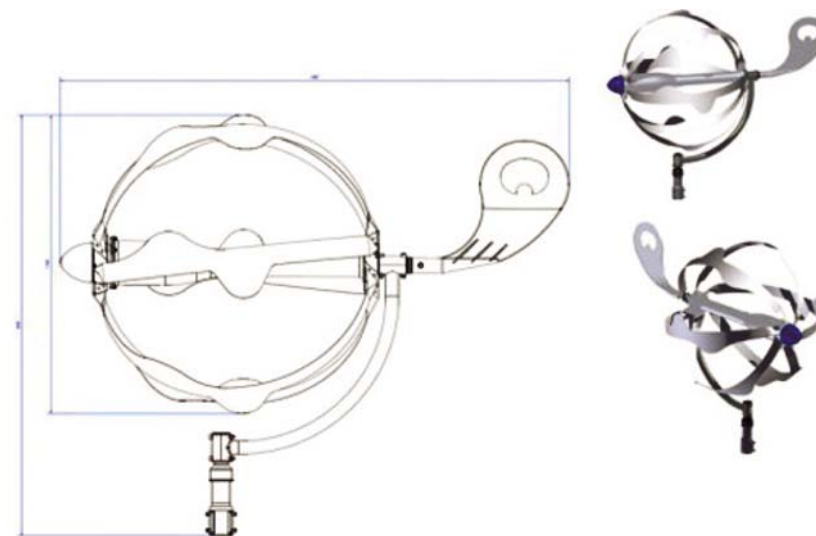
Przykład konstrukcji siłowni wiatrowych o wirniku w kształcie kuli (Energy Ball):

To nowoczesna turbina wiatrowa (rys. 3.26) znacznie różniąc się od dotychczas stworzonych. Ta bowiem nie tylko wygląda, ale też kręci się inaczej niż konwencjonalne wiatraki, tzn. wokół osi równoległej do osi ziemi (poziomej).



Rys. 3.26. Turbina wiatrowa tzw. Energy Ball [<http://www.home-energy.com>]

Urządzenie przede wszystkim wyróżnia kulisty kształt, który jest wynikiem prac podejmowanych z myślą o efektywniejszym, cichszym i bezpieczniejszym uzyskaniu energii elektrycznej. I tak rzeczywiście jest: niewielkie rozmiary oraz sferyczny układ turbiny umożliwiły wzrost wydajności przy jednoczesnym obniżeniu poziomu hałasu. To z kolei czyni tę siłownię wiatrową idealną do domowego użytku.



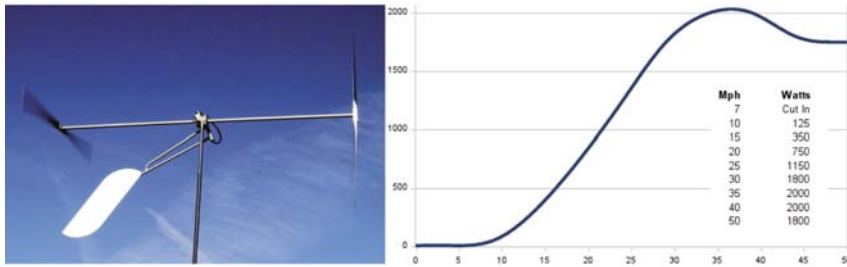
Rys. 3.27. Szkic techniczny [<http://www.home-energy.com>]

Szwedzi nie ujawniają na razie zbyt wielu szczegółów, ale już dziś wiadomo, iż najmniejsze urządzenie potrafi dostarczyć około 15 % energii potrzebnej w przeciętnym gospodarstwie domowym. Jego zaletą jest również to, że sprawdza się również w warunkach słabego nasilenia wiatru. Wykorzystuje bowiem tzw. efekt Venturiego. Energy Ball swoje niezwykle właściwości zawdzięcza dyszy, która jest przyrządem służącym do pomiaru prędkości przepływu cieczy lub gazu stworzonym przez Giovanniego Battistę Venturiego. Zasada jej działania to czysta fizyka, a dokładniej idealna ilustracja prawa Bernoulliego: w pewnym miejscu kanału, w którym z prędkością v przemieszcza się płyn (gaz lub ciecz) znajduje się przewężenie o znacznie mniejszym przekroju.

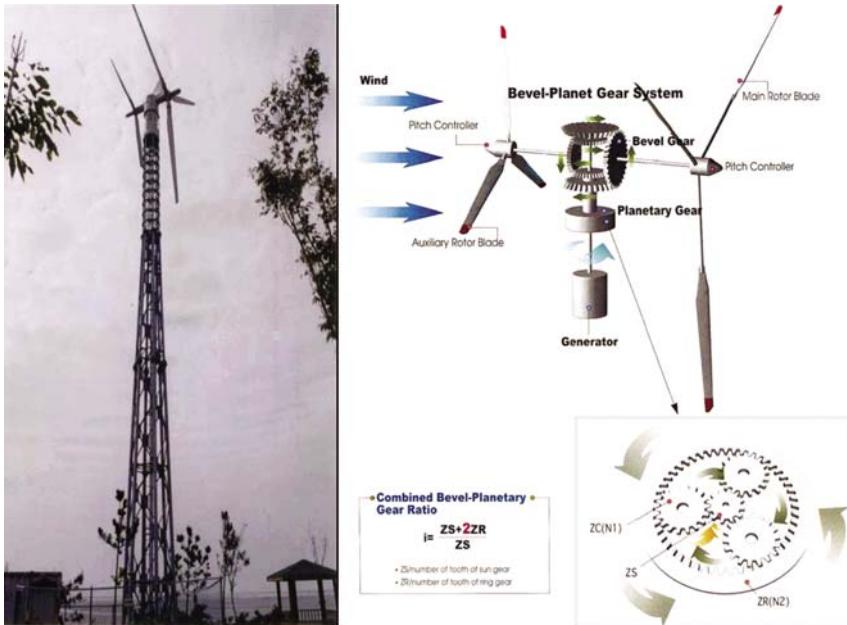
To sprawia, że czysto matematycznie, kwadrat prędkości płynu przed zwężką jest wprost proporcjonalny do różnicy ciśnień przed zwężką i na niej. Praktycznie natomiast zwężka pozwala w ten sposób wytworzyć podciśnienie mając do dyspozycji jedynie ciśnienie. W klasycznej zwężce Venturiego w celu pomiaru wykorzystuje się barometr różnicowy [<http://www.termodom.pl>].

Przykład konstrukcji siłowni wiatrowych z dwoma wirnikami

Na nasępnej stronie przedstawiono siłownię wyposażoną w dwa wirniki dwupłatowe (rys. 3.28).



Rys. 3.28. Siłownia wiatrowa ST 2.0 California SuperTwin™ Dual-Rotor 2.0 kW



Rys. 3.29. Siłownia wiatrowa z dwoma asymetrycznymi wirnikami trójpłatkowymi [Sung Nam Jung i inni 2005]

Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest zwiększenie prędkości względnej wirnika i stojana generatora (rys. 3.28 i 3.29), co sprawia, że moc nominalna generatora uzyskiwana jest przy niższych prędkościach wiatru.

Przykład konstrukcji siłowni wiatrowych łączonych w układy

Tego typu rozwiązania (rys. 3.30 – 3.32) pozwalają zwiększyć ekonomiczność inwestycji poprzez zmniejszenie ilości urządzeń np.: umożliwiających połączenie układu siłowni z siecią energetyczną.



Rys. 3.30. Układ siłowni wiatrowych z dyfuzorem [<http://www.optiwind.com/>]

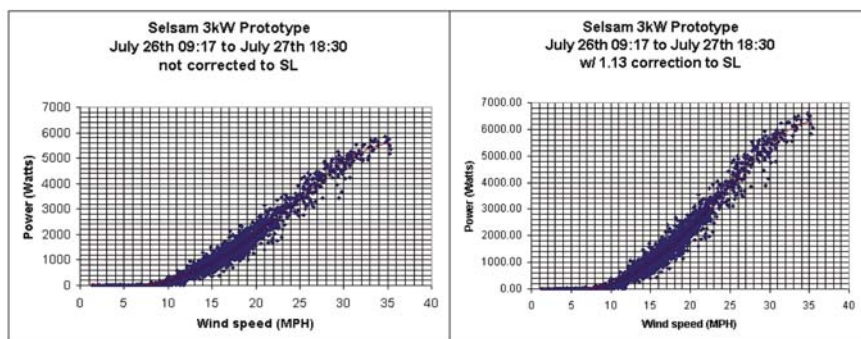


Rys. 3.31. Układ siłowni wiatrowych trójpłatkowych [<http://www.avint.com/>]



Rys. 3.32. Układ siłowni wiatrowych bębnowych [<http://www.inhabitat.com/>]

Przykład konstrukcji siłowni wiatrowych z kilkoma turbinami:



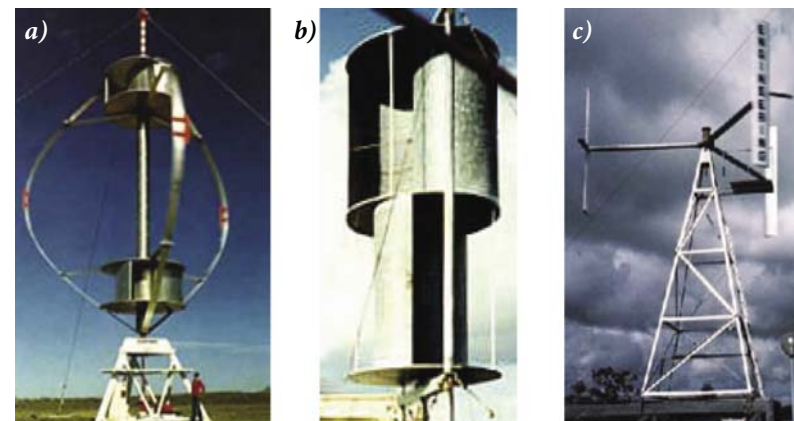
Rys. 3.33. Silnik wiatrowy z siedmiu turbin trójłatowych [<http://www.superturbine.net/>]

Tego typu rozwiązanie (rys. 3.33) może być wykorzystane do zwiększenia momentu obrotowego wirnika.

3.4. Siłownie wiatrowe z silnikiem o pionowej osi obrotu wirnika – VAWT

Prace nad turbinami wiatrowymi z pionową osią obrotu (VAWT – Vertical Axis Wind Turbine) nie postępowały w takim tempie jak nad turbinami z wirnikiem o poziomej osi obrotu (HAWT – Horizontal Axis Wind Turbine). W porównaniu z rozwiązaniami silników

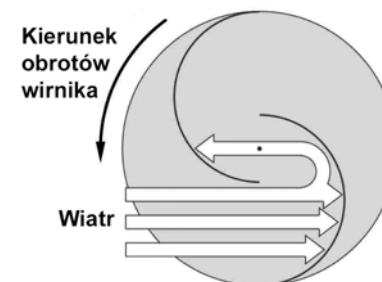
wiatrowych z poziomą osią obrotu silniki typu VAWT stanowią niewielką część pracujących obecnie instalacji. Większość konstrukcji silników wiatrowych VAWT bazuje na trzech podstawowych rozwiązaniach konstrukcyjnych. Są to silniki Savoniusa, Darrieusa oraz rotory typu H. Przykłady takich rozwiązań przedstawia rys. 3.34.



Rys. 3.34. Turbiny wiatrowe o pionowej osi obrotu:

- a) wirnik Darrieusa sprzęgnięty z dwoma wspomagającymi wirnikami Savoniusa, b) silnik wiatrowy Savoniusa, c) turbina o wirniku w kształcie H.

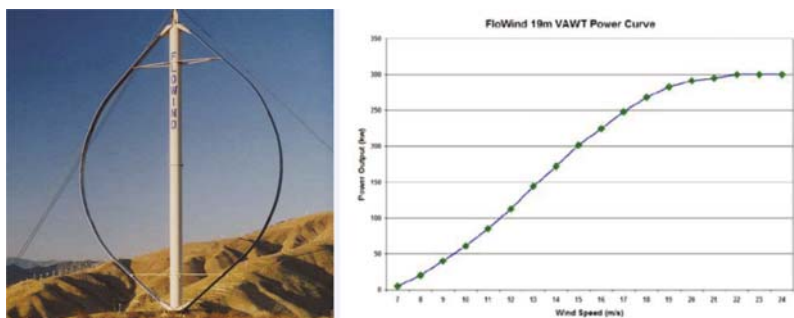
W 1922 roku fiński inżynier Sigurd J. Savonius opracował konstrukcję silnika wiatrowego z pionową osią obrotu. Zasadę jego działania przedstawia rys. 3.35. Jest to urządzenie o bardzo prostej budowie. Wirnik Savoniusa jest często stosowany zarówno przez amatorów budujących siłownie wiatrowe sposobem gospodarczym, jak i przez firmy profesjonalnie zajmujące się produkcją turbin wiatrowych. Niestety silnik Savoniusa charakteryzuje się niewielką sprawnością przetwarzania energii wiatru na energię użyteczną. Mimo to, silnik Savoniusa znajduje zastosowanie ze względu na niezawodność, prostotę konstrukcji oraz niskie koszty wytworzenia.



Rys. 3.35. Zasada działania silnika Savoniusa [http://en.wikipedia.org/wiki/Savonius_wind_turbine]

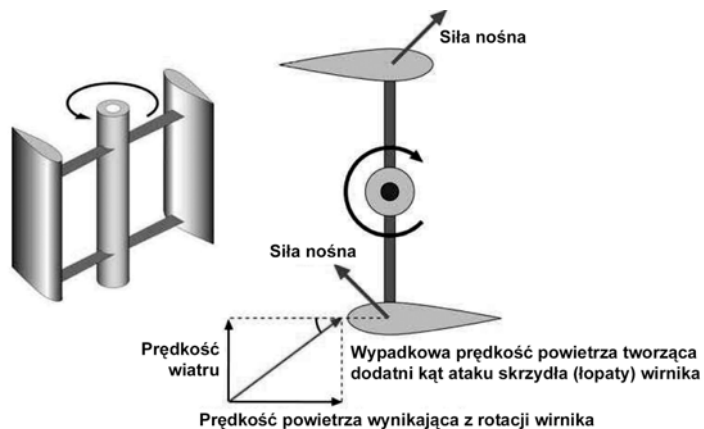
W 1931 Darrieus opatentował wirnik, który jest obecnie nazywany od jego nazwiska. Wirnik tego typu ma praktycznie zerowy moment startowy, w związku z czym konieczne jest wstępne napędzenie.

Do rozrządzenia wirnika Darrieus'a powszechnie wykorzystywany jest napęd elektryczny, chociaż stosowane są rozwiązania niekonwencjonalne. Rysunek nr 3.34a ukazuje wirnik Darrieus'a wyposażony w dwa pomocnicze wirniki Savonius'a. Jest to dość nietypowe rozwiązanie zapewniające uzyskanie odpowiedniego momentu napędowego przy starcie turbiny. Typowe rozwiązanie silnika Darrieus'a produkcji firmy FLOWIND oraz charakterystykę mocy w funkcji prędkości wiatru przedstawiono na rys. 3.36.



Rys. 3.36. Turbina wiatrowa z pionową osią obrotu o wysokości 19m produkcji firmy FloWind, wykorzystująca silnik Darrieus'a [<http://www.ecopowerusa.com/vawt.html>]

Silnik Darrieus'a jest urządzeniem wykorzystującym siłę nośną powstającą w wyniku przepływu płynu wokół profilu o odpowiednim kształcie. Zasada powstawania siły nośnej, która w efekcie generuje moment napędowy w silniku Darrieus'a jak również w rotorach typu H przedstawiona została na rys. 3.37.

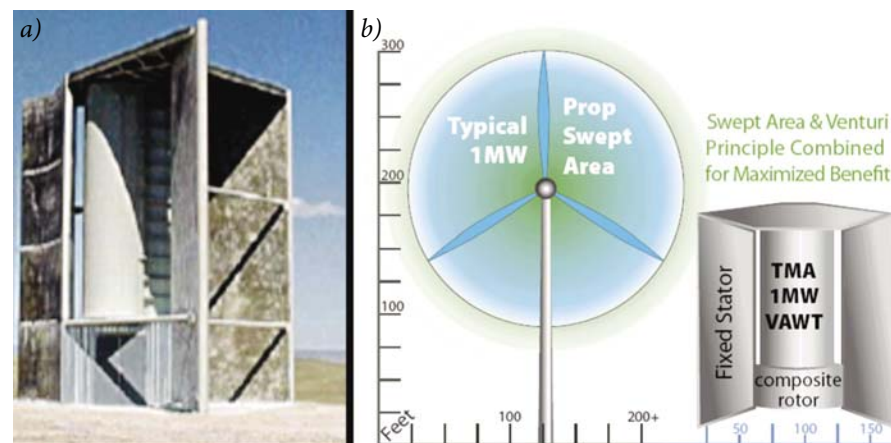


Rys. 3.37. Zasada powstawania siły nośnej na profilu opływającym przez powietrze

W ostatnim czasie pojawiło się wiele rozwiązań technicznych silników wiatrowych z pionową osią obrotu będących modyfikacjami podstawowych konstrukcji Darrieusa, Savoniusa oraz rotorów typu H.

3.5. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych

Turbiny wykorzystujące zasadę działania silnika Savonius'a



Rys. 3.38. Turbina TMA z kierownicami strumienia powietrza:

a) widok konstrukcji turbiny TMA, b) porównanie wymiarów typowej elektrowni wiatrowej HAWT i elektrowni z turbiną TMA [<http://www.tmawind.com>]

Typowy wirnik Savonius'a ma niewielką sprawność oraz charakteryzuje się dużą zmiennością momentu napędowego w trakcie obrotu wirnika. Wiele ośrodków naukowych oraz firm zajmujących się produkcją turbin wiatrowych pracuje nad rozwiązaniami, które mogą te wady wyeliminować. Przykładem udanej modyfikacji mogą być: przedstawiona na rys. 3.38 turbina TMA wykorzystująca koncentrację strumienia powietrza na kierownicach powietrza, przez co zwiększa się prędkość strugi powietrza przepływającego przez strefę roboczą turbiny oraz turbina tzw. „świderkowa”. Turbina świderkowa jest modyfikacją silnika Savonius'a, w której powierzchnie robocze wirnika stanowią powierzchnie walcowe ułożone wzdłuż linii śrubowej. W efekcie tej modyfikacji zapewniono zmniejszenie zmienności momentu napędowego w trakcie obrotu wirnika (rys. 3.39).



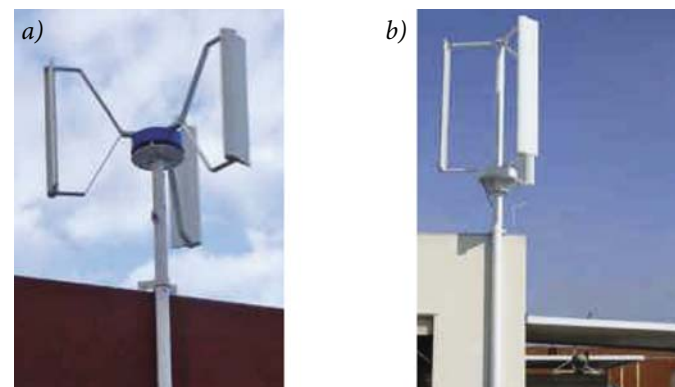
Rys. 3.39. Turbiny „świderkowe”, z powierzchnią roboczą płata ułożoną wzdłuż linii śrubowej [<http://www.windside.com>]



Rys. 3.40. Turbina Helix Wind, z „kieszeniami chwytającymi wiatr” ułożonymi wzdłuż linii śrubowej [www.helixwind.com]

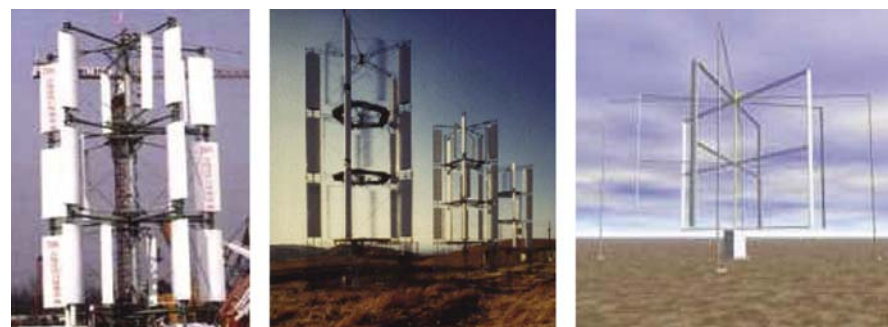
Podobnym rozwiązaniem jest turbina wiatrowa Helix Wind (rys. 3.40), w której zastosowano „kieszenie chwytające wiatr” rozmieszczone, podobnie jak powierzchnia czynna wirnika turbiny „świderkowej”, wzdłuż linii śrubowej. „Kieszenie”, wykonane z tworzywa sztucznego, są pojedynczymi elementami, które łączone są ze sobą tworząc powierzchnię czynną wirnika. Turbina ta charakteryzuje się małą zmiennością momentu napędowego, dużą, jak na modyfikację silnika Savoniusa sprawnością wykorzystania energii wiatru, modułową budową umożliwiającą dostarczenie turbiny do użytkownika końcowego w paczce do samodzielnego montażu. Inną cechą tej turbiny jest niepowtarzalny wygląd, który jest atutem zapewniającym oprócz efektu energetycznego również wrażenia estetyczne.

Turbiny z rotorem typu H



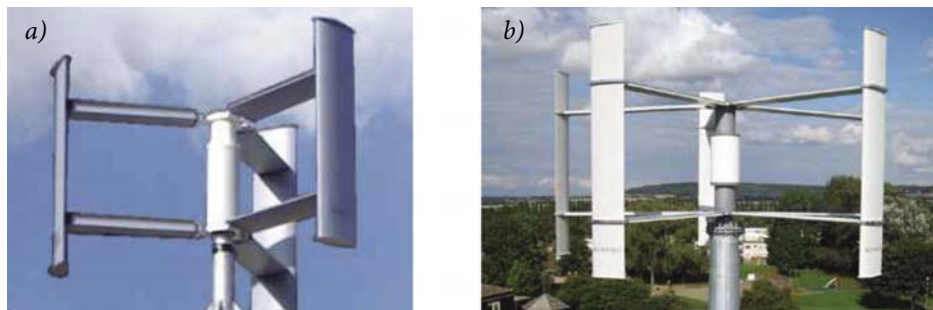
Rys. 3.41. Turbiny firmy PacWind z USA: a) model Delta I, b) model Delta II [<http://www.pacwind.net/products.html>]

Dużą grupę wśród produkowanych obecnie na świecie turbin wiatrowych z pionową osią obrotu stanowią różne odmiany rotora typu H. Są to silniki wiatrowe wytwarzające moment napędowy w wyniku siły nośnej powstającej na profilu płata lotniczego. W zasadzie rotor typu H można potraktować jako wycinek wirnika Darrieus'a. Istnieją rozwiązania z dwoma, trzema, czterema i pięcioma płacami. Wielkości turbin z rotorem typu H obejmują konstrukcje mikro (moc rzędu kilkudziesięciu watów) do konstrukcji o mocach rzędu kilkudziesięciu kilowatów. Przykłady produkowanych na świecie turbin wiatrowych typu H przedstawiają rys 3.41-3.43.



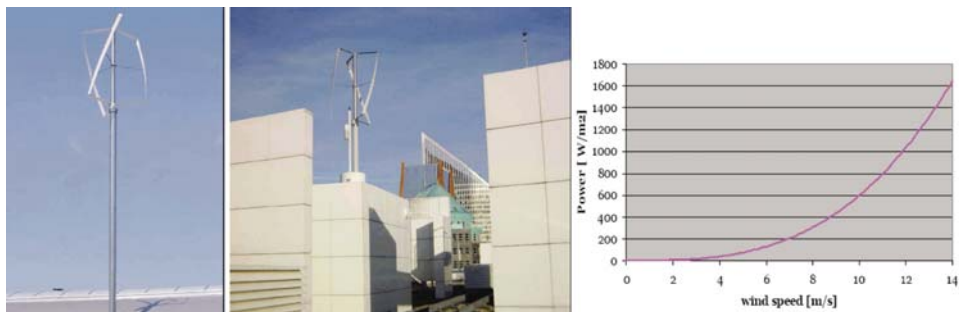
Rys. 3.42. Turbiny z wirnikami typu H firmy Windstar [<http://www.windharvest.com>]

Przykładem zastosowania wirnika karuzelowego, optymalizowanego pod kątem wykorzystania wiatrów o małych prędkościach, są turbiny firmy Windstar (rys. 3.42).



Rys. 3.43. Turbiny firmy Ropatec: a) model EasyVertical, b) model MaxiVertical [<http://www.ropatec.com>]

Pewną modyfikacją wirnika typu H stanowi silnik wiatrowy Turby opracowany w Holandii. Konstrukcja tej turbiny została zoptymalizowana tak, aby możliwe było w niej wykorzystanie wiatru wiejącego z dowolnego kierunku, nie tylko prostopadle do osi obrotu, ale również strumienia powietrza wiejącego od dołu. Celem tej modyfikacji jest dostosowanie turbiny z pionową osią obrotu do pracy w gęsto zabudowanych obszarach, z budynkami o znacznej wysokości. W takich warunkach powstawać mogą prądy wznoszące o dość dużych prędkościach strugi powietrza. Przykład umiejscowienia turbiny Turby na dachu budynku w terenie gęsto zabudowanym przedstawiony został na rys. 3.44.



Rys. 3.44. Turbina Turby będąca modyfikacją wirnika typu H opracowana do wykorzystania wiatrów wiejących z różnych kierunków [www.turby.nl]

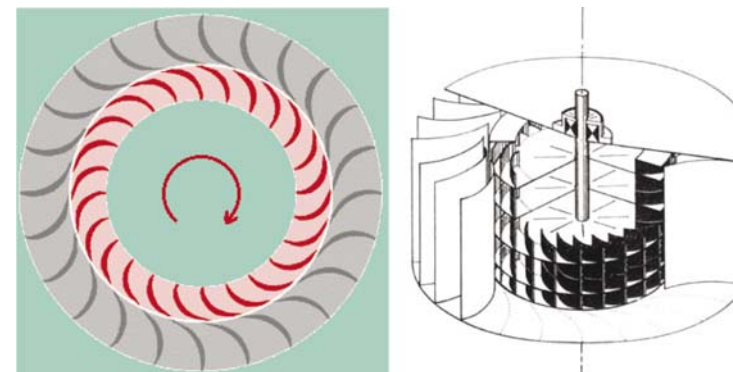
Turbiny z rotorem bębnowym

Kolejną grupę turbin wiatrowych z pionową osią obrotu stanowią turbiny z wirnikiem bębnowym. Można je potraktować jako turbiny reakcyjne. Tworzone są jako konstrukcje z kierownicami strumienia czynnika roboczego (powietrza) lub bez kierownic. Przykładem rozwiązań konstrukcyjnych turbin wiatrowych wykorzystujących wirniki bębnowe bez kierownic strumienia powietrza przedstawia rys. 3.45.



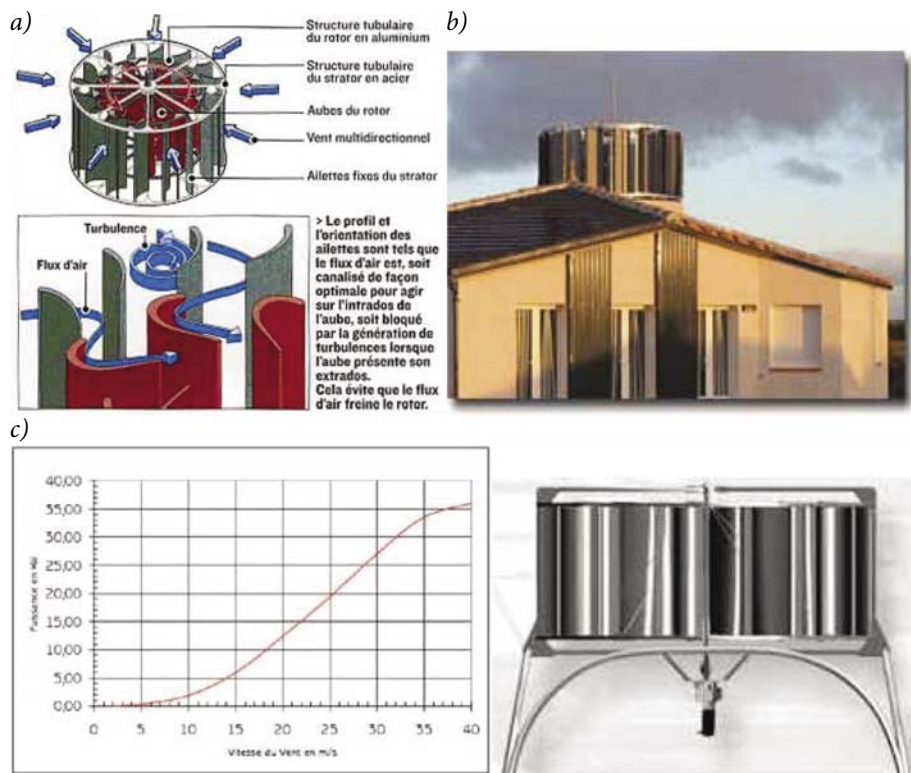
Rys. 3.45. Turbiny firmy PacWind z USA: a) model Sea Hawk, b) model Aeolian [<http://www.pacwind.net/products.html>]

W 1985 roku została opatentowana w Polsce przez Z. Pawlaka (rys. 3.46) poprzeczna dwustopniowa turbina przepływowa charakteryzująca się między innymi: dużym momentem startowym, małą szybkobieżnością i cichobieżnością. Autor patentu przewiduje zastosowanie tego rozwiązania jako silnik wiatrowy lub konwerter energii fal i prądów morskich. [<http://www.eko-moc.webpark.pl/wiatraki/pawlaka.html>]



Rys. 3.46. Koncepcja dwustopniowej poprzecznej turbiny przepływowej Pawlaka [<http://www.eko-moc.webpark.pl/wiatraki/pawlaka.html>]

Turbina o podobnej konstrukcji produkowana jest przez francuską firmę GUAL Industrie. Zasada działania tej turbiny, wygląd, przykładowa aplikacja oraz charakterystyka przedstawione zostały na rys. 3.47.



Rys. 3.47. Turbina firmy Gual Industrie:

- a) schemat działania; b) przykład zastosowania w budynku mieszkalnym;
c) charakterystyka turbiny STATOELIEN GS8/3 [<http://www.gual-industrie.com>]

3.6. Zalety i wady siłowni z wirnikiem typu HAWT i VAWT

Zalety oraz wady silników wiatrowych – konstrukcje o poziomej osi obrotu:

zalety:

- posiadają wyższą sprawność od turbin o pionowej osi obrotu,
- estetyczny i harmonijny wygląd,
- duża sprawność wykorzystania energii wiatru,

wady:

- wysoki poziom emitowanego hałasu ze względu na wysoką prędkość obrotową,
- wymagają mechanizmu, który przy bardzo silnym wietrze ogranicza obroty turbiny,
- wymagają mechanizmu „naprowadzania na wiatr”;

- w przypadku umieszczenia generatora w gondoli wymagają zastosowania połączeń ślizgowych.

Zalety oraz wady silników wiatrowych – konstrukcje o pionowej osi obrotu:

zalety:

- jednakowa praca niezależna od kierunku wiatru – nie wymagają mechanizmu „ustawiania na wiatr”, a więc uproszczona konstrukcja mechaniczna oraz sterowanie,
 - możliwość łatwego montażu na obiektach – nie jest konieczne budowanie wysokich masztów,
 - możliwość montażu na dachach budynków, słupach, istniejących konstrukcjach masztów itp.,
 - cicha praca – nawet przy maksymalnej prędkości obrotowej,
 - odporność na silny wiatr – nie wymaga zatrzymania nawet przy wietrze o prędkości 40 m/s – kształt wirnika zapewnia aerodynamiczne ograniczenie prędkości obrotowej,
 - odporność w warunkach zimowych na pokrycie szadzią, szronem czy lepkiem śniegiem – dzięki niewielkiej średnicy i niskiej prędkości obrotowej, nie wymaga wirnika z tego powodu nie powoduje dużych niebezpiecznych drgań,
 - bezobsługowa praca zespołu prądotwórczego – brak połączeń ślizgowych,
 - możliwa jest konstrukcja przenośna dzięki łatwemu montażowi i demontażowi,
 - stosunkowo niski koszt w porównaniu z klasycznym wiatrakiem o poziomej osi obrotu,
 - estetyczny wygląd – podczas pracy wrażenie cyklicznej zmiany kształtu, daje nowe możliwości umieszczenia reklam czy też wykorzystania jako element scenografii krajobrazu,
- wady:
- niska sprawność, aby wytworzyć taką samą ilość energii, co tradycyjne turbiny wymagają znacznie większych gabarytów,
 - ze względu na niewielką prędkość obrotową potrzebny jest generator wolnobieżny lub przekładnia, której zastosowanie zmniejsza dodatkowo sprawność urządzenia i przyczynia się do zwiększenia emisji hałasu.

3.7. Możliwości wykorzystania mikrosiłowni wiatrowych

Mikrosiłownie wiatrowe znajdują zastosowanie w następujących obszarach:

- produkcja energii elektrycznej na skalę lokalną bądź krajową,
- podświetlanie tablic informacyjnych i reklamowych nocą – konstrukcje VAWT nie wymagają wysokich masztów,
- miejsca, gdzie wieją ekstremalnie silne wiatry: górskie chaty, nadmorskie pensjonaty – morze i góry to miejsca gdzie wiatr może osiągać ogromne prędkości. Turbiny o pio-

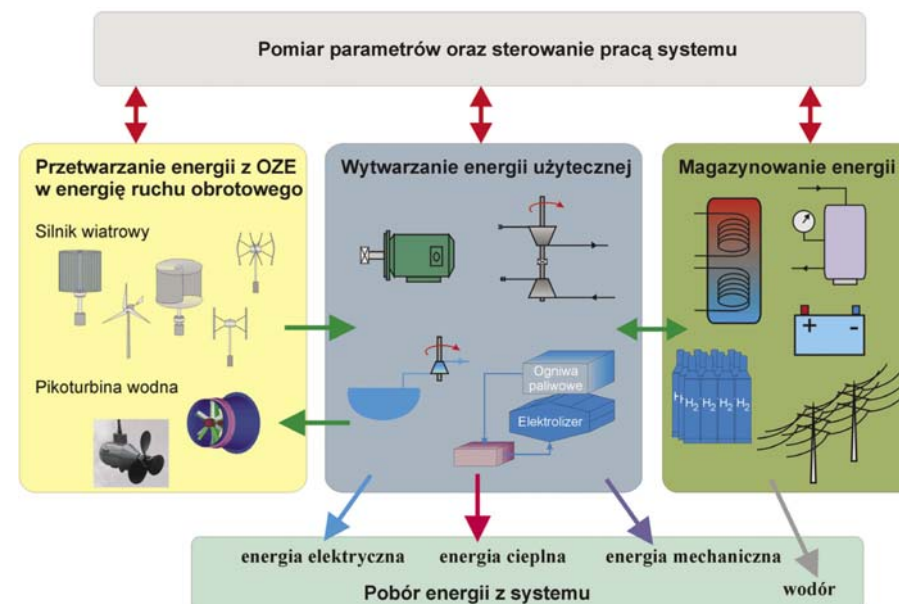
nowej osi obrotu doskonale sprawdzają się w takich warunkach i dzięki nim osiągają o wiele lepsze parametry niż ma to miejsce w warunkach normalnych,

- dachy budynków, wieżowców – symulacje komputerowe pokazują ok. 30 % zwiększenie prędkości wiatru kilka metrów nad dachem w porównaniu do przepływu bez obecności budynku. Daje to ponad dwukrotny wzrost mocy uzyskanej dzięki usadowieniu turbiny w takim miejscu – zagęszczenie linii wiatru,
- balkony i tarasy,
- domy jednorodzinne, ogrody, altanki
- morskie znaki nawigacyjne,
- rolnictwo – zasilanie elektryczne maszyn i urządzeń gospodarczych,
- zasilanie pomp melioracyjnych,
- hodowla ryb, zasilanie urządzeń do napowietrzania i rekultywacji zbiorników wodnych, podgrzewanie wody.

4. Konceptcje rozwiązań systemowych przydomowych siłowni wiatrowych

Rozpatrując konstrukcje siłowni wiatrowych od strony elementów składowych wyróżnić w nich można podstawowe bloki funkcjonalne:

- przetwarzanie energii kinetycznej płynu w energię mechaniczną ruchu obrotowego,
- wytwarzanie energii użytecznej poprzez przetwarzanie energii mechanicznej ruchu obrotowego w inne postaci energii (elektryczną, ciepłą, sprężone powietrze),
- magazynowanie energii (energia elektryczna – akumulatory elektrochemiczne, superkondensatory bądź magazynowanie w zasobach sieci elektroenergetycznej, ciepła – bezpośrednie nagrzewanie czynnika roboczego lub wykorzystanie ciepła przemiany fazowej czynnika, magazynowanie energii w wodorze wykorzystywanym następnie do zasilania ogniw paliwowych lub silników spalinowych).



Rys. 4.1. Bloki funkcjonalne w rozwiązaniach systemowych

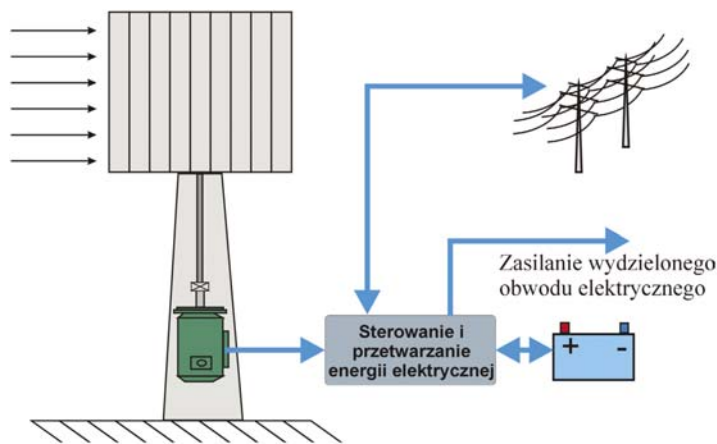
Przedstawione poniżej koncepcje rozwiązań systemowych są konsekwencją modułowego podejścia do konstrukcji maszyn przetwarzających energię wiatru w użyteczne formy energii. Proponowane przez autorów koncepcje bazują na założeniu wytwarzania w systemie jednego rodzaju energii użytecznej ale nie wykluczają możliwości zróżnicowania form energii wytwarzanej w systemie.

Koncepcja 1 – Zamiana energii wiatru w energię elektryczną

Energia elektryczna wytworzona w siłowni wiatrowej może zostać wykorzystana na potrzeby własne zasilając obwody wydzielone lub sprzedana do przedsiębiorstwa obrotu energią (rys. 4.2), czyli zasilac sieć energetyki zawodowej.

Przetwarzanie energii wiatru na energię elektryczną przy użyciu elektrowni wiatrowej z zamiarem sprzedaży tej energii wiąże się z koniecznością prowadzenia działalności gospodarczej. Działalność polegająca na wytwarzaniu energii ze źródeł odnawialnych podlega koncesjonowaniu niezależnie od mocy źródła energii. Sytuacja ta wymuszona została wejściem w życie z dniem 1 maja 2004 r. ustawy z dnia 2 kwietnia 2004 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne i ustawy – Prawo ochrony środowiska. Koncesja udzielana jest przez prezesa URE po ocenie z punktu widzenia zapisów ustawy – Prawo energetyczne – czy wnioskodawca:

1. ma siedzibę lub miejsce zamieszkania na terytorium państwa Unii Europejskiej;
2. dysponuje środkami finansowymi w wielkości gwarantującej prawidłowe wykonywanie działalności bądź jest w stanie udokumentować możliwość ich pozyskania;
3. ma możliwości techniczne gwarantujące prawidłowe wykonywanie działalności;
4. zapewni zatrudnienie osób o właściwych kwalifikacjach zawodowych;
5. uzyskał decyzję o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu. [http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/por_koncesje.htm 2007]



Rys. 4.2. Koncepcja rozwiązania systemowego zamiany energii wiatru w energię elektryczną wraz z jej sposobem magazynowania lub bezpośredniego wykorzystania.

Zatem oddawanie do przemysłowej sieci energetycznej energii elektrycznej wyprodukowanej przez siłownie wiatrowe wymaga szeregu zezwoleń oraz zapewnienia odpowiedniej jakości energii elektrycznej.

Energia elektryczna wytwarzana w elektrowniach pracujących w sprzęgnięciu z siecią energetyki zawodowej musi mieć takie same parametry (częstotliwość i napięcie) jak sieć, z któ-

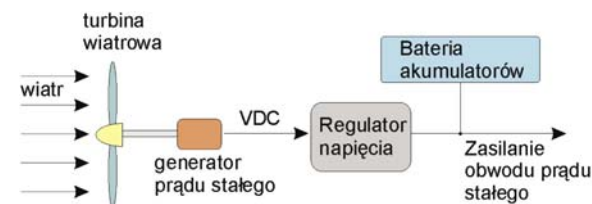
wą elektrownia wiatrowa współpracuje. Wymusza to stosowanie odpowiednich układów i urządzeń automatycznego sterowania, które zapewnią synchronizację z siecią energetyczną (rys 4.3).



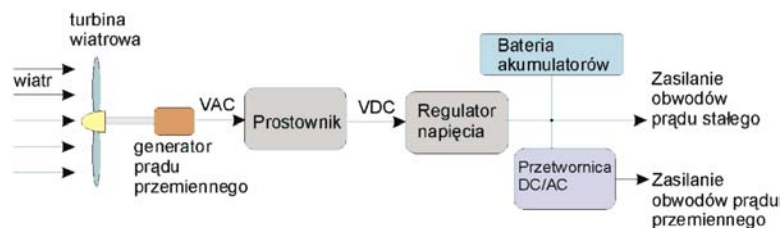
Rys. 4.3. Schemat układu synchronizującego z siecią energetyki zawodowej.

Elektrownia wiatrowa wytwarzająca energię wyłącznie na potrzeby odbiorników autonomicznych dołączonych do wydzielonego obwodu jest całkowicie niezależnym źródłem energii. Źródłami energii w tego typu elektrowniach są prądnice prądu stałego lub małe prądnice prądu przemiennego, często z magnesami trwałymi (nie wymagające dodatkowych obwodów wzbudzenia). Ze względu na zależność ilości i jakości produkowanej energii od prędkości wiatru siłownie te współpracują z systemami magazynowania energii w baterii akumulatorów [Klugman-Radziemska 2006].

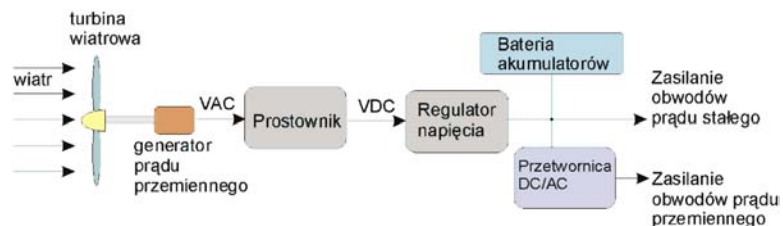
Schemat takiego układu przedstawiono na rys. 4.4. Gdy istnieje potrzeba zasilania odbiorników prądu przemiennego układ taki można doposażyć w przetwornicę napięcia stałego na napięcie prądu przemiennego – rys. 4.5. [Nalepa 2007].



Rys. 4.4. Schemat układ pracy systemu autonomicznego z prądnicą prądu stałego i obwodem odbiorczym prądu stałego [Nalepa 2007]



Rys. 4.5. Schemat układu pracy systemu autonomicznego z prądnicą prądu stałego i obwodem odbiorczym prądu stałego oraz prądu przemiennego [Nalepa 2007]



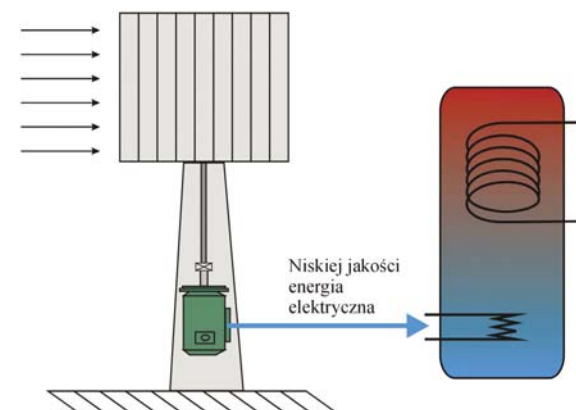
Rys. 4.6. Schemat układu pracy systemu autonomicznego z prądnicą prądu zmiennego.

Generator prądu zmiennego użyty w elektrowni wiatrowej również pozwala na uzyskanie odpowiedniej jakości energii prądu stałego po uprzednim wyprostowaniu i regulacji napięcia. Ponieważ prędkość obrotowa turbin wiatrowych zależna jest od prędkości wiatru, również wartość generowanego napięcia i jego częstotliwość jest zmienna. Z tego powodu stosowany jest pośredni obwód prądu stałego wyposażony w regulator napięcia współpracujący z przetwornicą napięcia stałego na napięcie przemiennie (DC/AC) – rys. 4.6.

W tego typu rozwiązaniach energia elektryczna może zostać zmagazynowana. Magazynami elektrycznej mogą być np.: akumulatory elektrochemiczne lub superkondensatory.

Konceptcja 2 – Zamiana energii wiatru w energię termiczną

Naturalną wydaje się być koncepcja zastosowania małych siłowni wiatrowych do zamiany energii wiatru na energię termiczną (z wykorzystaniem energii elektrycznej) (rys. 4.7).



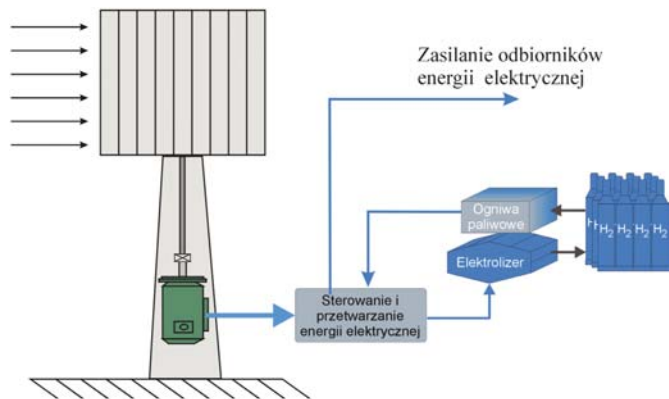
Rys. 4.7. Koncepcja rozwiązania systemowego zamiany energii wiatru w energię cieplną (za pośrednictwem energii elektrycznej)

Energia wiatru przetwarzana jest w siłowni wiatrowej na energię elektryczną, a następnie za pośrednictwem grzałek elektrycznych w energię cieplną. Rozwiązania tego typu mogą być wykorzystywane do podgrzewania wody pitnej, grzewczej, przemysłowej itd. Możliwe jest również zastosowanie takiego układu do podgrzewania innych czynników np. parafiny z wykorzystaniem ciepła przemiany fazowej czynnika roboczego.

Zaletą tego rozwiązania jest możliwość wykorzystania energii o bardzo niskiej jakości, takiej jaką można pozyskać przy dużej zmienności parametrów wiatru. Dodatkową zaletą jest praca siłowni wiatrowej z wytwarzaniem energii na potrzeby wydzielonego obwodu energii elektrycznej. **W świetle wymagań prawa dotyczących koncesjonowania działalności polegającej na wytwarzaniu energii niezależnie od wielkości mocy – wytwarzanie energii na potrzeby wydzielonego obwodu niepołączonego z siecią energetyczną zwalnia z konieczności uzyskania koncesji – nie istnieje przedmiot koncesjonowania.**

Konceptcja 3 – Zamiana energii wiatru w energię elektryczną z dodatkowym magazynowaniem nadwyżek energii w wodorze

Rozwój technologii ogniw paliwowych, pozwala na rozpatrywanie tych rozwiązań jako możliwych do zastosowania w systemach magazynowania energii. Pierwszym elementem łańcucha przetwarzania energii wiatru jest silnik wiatrowy sprzężony z generatorem energii elektrycznej. Energia elektryczna może zostać wykorzystana bezpośrednio do zasilania odbiorników lub zmagazynowana poprzez wytworzenie w elektrolizerze wodoru, który jest ładowany do zbiorników, z których może zostać pobrany i przetworzony w ogniwach paliwowych na energię elektryczną lub elektryczną w skojarzeniu z cieplną (rys. 4.8).

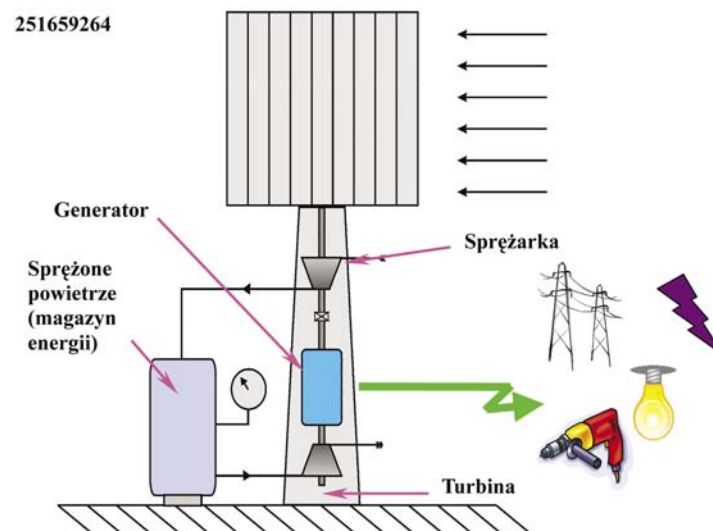


Rys. 4.8. Koncepcja rozwiązania systemowego zamiany energii wiatru w energię elektryczną z magazynowaniem jej nadwyżek w wodorze

Z przyczyn ekonomicznych na razie nie jest uzasadnione magazynowanie energii w postaci wodoru w małych siłowniach wiatrowych. Rozwiązania systemowe z odtwarzaniem energii użytecznej z wodoru poprzez np. zasilanie silników spalinowych bądź zasilanie ogniw paliwowych wytwarzających energię elektryczną oddawaną do sieci energetycznej lub napędu pojazdów elektrycznych wydają się być rozwiązaniami możliwymi do zrealizowania w niedalekiej przyszłości.

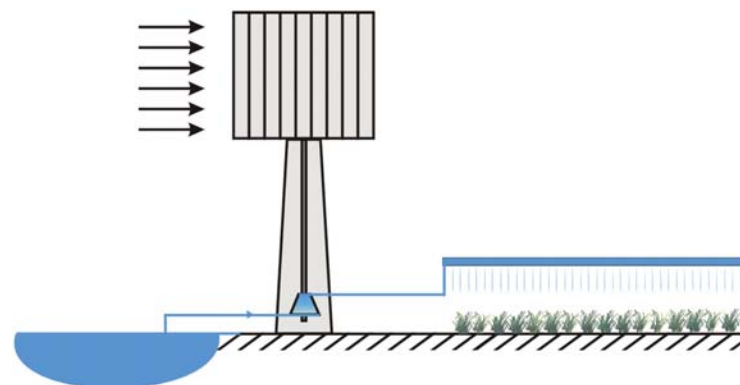
Koncepcja 4 – Zamiana energii wiatru w energię elektryczną z dodatkowym magazynowaniem nadwyżek energii w sprężonym powietrzu

Koncepcja przedstawiona na rys. 4.9 zakłada magazynowanie nadwyżek energii w postaci sprężonego powietrza. Koncepcja ta daje możliwość wykorzystania energii wiatru, która nie jest wykorzystywana przy przetwarzaniu na energię elektryczną. Prezentowane tu rozwiązanie jest przedmiotem badań w ramach odrębnego projektu badawczego, więc nie będzie tu szerzej omawiane.



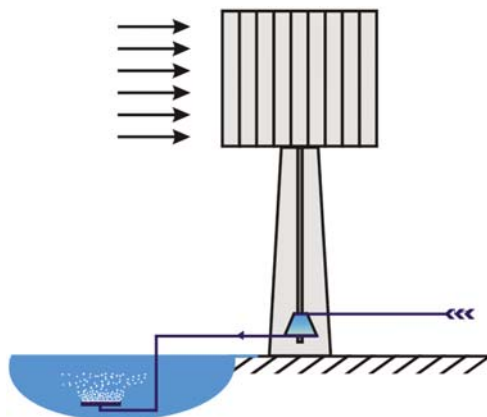
Rys. 4.9. Koncepcja rozwiązania systemowego zamiany energii wiatru w energię elektryczną z magazynowaniem jej nadwyżek w sprężonym powietrzu.

Koncepcja 5 i 6 – Zamiana energii wiatru w energię mechaniczną



Rys. 4.10. Koncepcja rozwiązania systemowego zamiany energii wiatru w energię mechaniczną – nawadnianie upraw, przepompowywanie wody itp.

Koncepcje przetwarzania energii wiatru w energię mechaniczną płynu zakładają wykorzystanie energii wiatru do napędu pomp (sprężarek) umożliwiających przepompowanie płynu.



Rys. 4.11. Koncepcja rozwiązania systemowego zamiany energii wiatru w energię mechaniczną – napowietrzanie jezior.

Silnik wiatrowy przetwarza energię wiatru w energię mechaniczną ruchu obrotowego, która wykorzystywana jest przez pompę:

- do przetłaczania cieczy (rys. 4.10) wykorzystywanej np. do podlewania upraw rolniczych odkrytych bądź pod osłonami,
- do przetłaczania powietrza (rys. 4.11) np. do napowietrzania stawów hodowlanych, jezior w celu rewitalizacji lub napowietrzania procesowego np. w oczyszczalniach ścieków

5. Małe elektrownie wiatrowe w aspekcie aktów prawnych dotyczących budownictwa (stan na 30.03.2011 r.).

Małe elektrownie wiatrowe najczęściej buduje się:

- jako oddzielne budowle, wyposażone w fundamenty,
- jako maszty z linami odciągającymi, pozbawione fundamentów,
- jako elementy montowane na istniejących obiektach budowlanych.

W zależności od przypadku, formalności przed rozpoczęciem budowy mogą mieć inny przebieg.

5.1. Elektrownia wiatrowa jako oddzielna budowla wyposażona w fundamenty

W takim przypadku należy przeprowadzić całą procedurę dotyczącą procesu inwestycyjnego, polegającego na uzyskaniu pozwolenia na budowę.

Roboty budowlane można rozpocząć jedynie na podstawie ostatecznej decyzji o pozwoleniu na budowę, z wyłączeniem budów, do których rozpoczęcia wystarczy zgłoszenie. Stronami w postępowaniu w sprawie pozwolenia na budowę są: inwestor oraz właściciele, użytkownicy wieczysti lub zarządcy nieruchomości znajdujących się w obszarze oddziaływania obiektu.

Kolejne kroki uzyskania pozwolenia na budowę:

1. Wykonanie projektu budowlanego przez osobę posiadającą uprawnienia do projektowania w odpowiedniej specjalności (specjalność konstrukcyjna). Podstawą do opracowania dokumentacji projektowej jest operat geologiczny, który określa klasę gruntu (jego nośność). Na jego podstawie projektant po wykonaniu odpowiednich obliczeń wymiaruje fundament, na którym zostanie posadowiony maszt.

Forma oraz treść projektu musi być zgodna z aktualnie obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. - w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz.U. z dnia 16 września 2004 r. z późn. zmianami).

2. Decyzja o pozwoleniu na budowę. Wniosek o wydanie decyzji o pozwoleniu na budowę, zgodnie z art. 32 ust 4 ustawy z dnia 7 lipca 1994r – Prawo budowlane pozwolenie na budowę może być wydane wyłącznie temu, kto:

- złożył wniosek w tej sprawie w okresie ważności decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, jeżeli jest ona wymagana zgodnie z przepisami o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym,

- złożył oświadczenie, pod rygorem odpowiedzialności karnej, o posiadaniu prawa do dysponowania nieruchomością na cele budowlane.

Decyzję o pozwoleniu na budowę inwestor może uzyskać składając w tej sprawie wniosek do właściwego terenowo organu architektoniczno-budowlanego oraz dołączając do niego zgodnie z art. 33 ust. 2 w/w ustawy Prawo budowlane:

1. cztery egzemplarze projektu budowlanego wraz z opiniami, uzgodnieniami, pozwoleniami i innymi dokumentami wymaganymi przepisami szczególnymi oraz zaświadczeniem, o którym mowa w art. 12 ust. 7 ustawy – Prawa budowlanego,
2. oświadczenie o posiadaniu prawa do dysponowania nieruchomością na cele budowlane (według wzoru),
3. decyzję o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, jeżeli jest ona wymagana zgodnie z przepisami ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym,
4. specjalistyczną opinię, o której mowa w art. 33 ust. 3 ustawy – Prawo budowlane (dotyczy to obiektów które mogą być niebezpieczne i stanowić poważne zagrożenie dla środowiska, oraz takich, w których zastosowano po raz pierwszy na terytorium RP rozwiązania konstrukcyjne, dotąd niespotykane),
5. postanowienie o uzgodnieniu, z właściwym organem administracji architektoniczno – budowlanej, projektowanych rozwiązań w zakresie, o którym mowa w art. 33 ust. 2 pkt 4 ustawy – Prawo budowlane (szkody górnicze oraz ich wpływ na planowaną lokalizację inwestycji),
6. upoważnienie udzielone osobie pełnomocnika działającego imieniem inwestora (jeżeli pełnomocnik będzie reprezentował inwestora).

Okres oczekiwania na wydanie decyzji o pozwoleniu na budowę - jeżeli inwestor spełni określone wymagania, organ administracji architektoniczno - budowlanej wydaje decyzję o pozwoleniu na budowę nie później niż w ciągu miesiąca, a w przypadku sprawy szczególnie skomplikowanej - nie później niż w ciągu dwóch miesięcy od dnia złożenia wniosku (art. 35 § 3 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego – Dz. U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071 z późn. zm.).

W przypadku, gdy właściwy organ nie wyda decyzji w sprawie pozwolenia na budowę w terminie 65 dni od dnia złożenia wniosku o wydanie takiej decyzji, organ wyższego stopnia wymierza temu organowi, w drodze postanowienia, na które przysługuje zażalenie, karę w wysokości 500 zł za każdy dzień zwłoki (art. 35 ust. 6 ustawy - Prawo budowlane). Nie dotyczy to pozwolenia na budowę wydawanego dla przedsięwzięcia podlegającego ocenie oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko albo ocenie oddziaływania przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 (art. 35 ust. 6a ustawy - Prawo budowlane).

Decyzja o pozwoleniu na budowę ważna jest 3 lata - wygasa, jeżeli budowa nie została rozpoczęta przed upływem 3 lat od dnia, w którym decyzja ta stała się ostateczna lub budowa została przerwana na czas dłuższy niż 3 lata (art. 37 ust. 1 ustawy - Prawo budowlane).

W przypadku upływu terminu 3 lat od daty wydania decyzji o pozwoleniu na budowę,

inwestor chcący wznowić prace budowlane powinien wystąpić o wydanie decyzji o wznowieniu prac budowlanych.

Decyzja o pozwoleniu na budowę może zostać przeniesiona na inną osobę (inwestora) pod warunkiem, że: dotychczasowy właściciel zgadza się na przeniesienie takowej i złoży odpowiednie oświadczenie oraz nowy właściciel (osoba, na którą następuje przeniesienie pozwolenia) zgadza się ze wszystkimi jej postanowieniami.

Roboty budowlane można rozpocząć na podstawie ostatecznej decyzji o pozwoleniu na budowę (z zastrzeżeniem robót wykonywanych na podstawie zgłoszenia lub nie wymagających ani pozwolenia na budowę ani zgłoszenia). Decyzja staje się ostateczna po upływie 14 dni od dnia doręczenia jej stronom postępowania, o ile strony nie wniosą w tym terminie odwołania od decyzji.

Jeżeli elektrownia będzie przyłączona do krajowej sieci energetycznej – w takim przypadku gdy budowane przez inwestora przyłącze energetyczne będzie przebiegało pod drogą publiczną wymagana jest również Decyzja Powiatowego Zarządu Dróg, co wiąże się również z corocznymi opłatami za przebieganie linii pod drogą. W sytuacji, gdzie prowadzone pod ziemią przyłącze energetyczne będzie przebiegało przez ziemię osób trzecich, również wymagana jest pisemna zgoda właścicieli tych ziem.

3. Roboty budowlane. Inwestor ma obowiązek zawiadomić właściwy organ (powiatowego inspektora nadzoru budowlanego lub wojewódzkiego inspektora nadzoru budowlanego) oraz projektanta sprawującego nadzór nad zgodnością realizacji budowy z projektem o zamierzonym terminie rozpoczęcia robót, na które jest wymagane pozwolenie na budowę, co najmniej na 7 dni przed ich rozpoczęciem (art. 41 ust. 4 ustawy - Prawo budowlane).

Do zawiadomienia dołącza także:

- oświadczenie kierownika budowy (robót), stwierdzające sporządzenie planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (jeżeli jest wymagane) oraz przyjęcie obowiązku kierowania budową (robotami budowlanymi), a także zaświadczenie o wpisie na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego, stanowiącego podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie,
- w przypadku ustanowienia nadzoru inwestorskiego - oświadczenie inspektora nadzoru inwestorskiego, stwierdzające przyjęcie obowiązku pełnienia nadzoru inwestorskiego nad danymi robotami budowlanymi, a także zaświadczenie o wpisie na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego, stanowiącego podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie,
- informację zawierającą dane dotyczące bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia zamieszczone w ogłoszeniu, które kierownik budowy ma obowiązek umieścić na budowie.

Należy pamiętać, że dla robót budowlanych prowadzonych w oparciu o pozwolenie na budowę prowadzony jest Dziennik budowy, który jest ostemplowany i opisany przez organ administracji architektoniczno-budowlanej.

Jeżeli w trakcie pracy inwestor (za zgodą projektanta) wprowadzi do dokumentacji jakiegokolwiek zmiany i będą to zmiany istotne, należy uzyskać decyzję o zmianie decyzji na pozwolenie na budowę.

Kiedy wiadomo, że zmiana w zatwierdzonej dokumentacji projektowej jest istotna czy nie jest istotna (wymaga zmiany pozwolenia na budowę czy też nie)? Niestety prawo tego nie precyzuje, a interpretację przepisów pozostawia organom architektoniczno – budowlanym.

4. Zakończenie robót budowlanych i dokonanie zgłoszenia. Przed przystąpieniem do użytkowania obiektu budowlanego, na którego wzniesienie wymagane było pozwolenie na budowę, należy złożyć do właściwego organu (powiatowego inspektora nadzoru budowlanego lub wojewódzkiego inspektora nadzoru budowlanego) zawiadomienie o zakończeniu budowy, chyba że wymagane jest pozwolenie na użytkowanie (art. 54 ustawy - Prawo budowlane).

Do zawiadomienia o zakończeniu budowy obiektu budowlanego inwestor jest obowiązany dołączyć:

- oryginał dziennika budowy,
- oświadczenie kierownika budowy:
 - a. o zgodności wykonania obiektu budowlanego z projektem budowlanym i warunkami pozwolenia na budowę oraz przepisami,
 - b. o doprowadzeniu do należytego stanu i porządku terenu budowy, a także - w razie korzystania - drogi, ulicy, sąsiedniej nieruchomości, budynku lub lokalu;
 - c. oświadczenie o właściwym zagospodarowaniu terenów przyległych, jeżeli eksploatacja wybudowanego obiektu jest uzależniona od ich odpowiedniego zagospodarowania;
 - d. protokoły badań i sprawdzeń;
 - e. inwentaryzację geodezyjną powykonawczą;
 - f. potwierdzenie, zgodnie z przepisami odrębnymi, odbioru wykonanych przyłączy.

W przypadku dokonania podczas wykonywania robót zmian nieodstępujących w sposób istotny od zatwierdzonego projektu lub warunków pozwolenia na budowę, do zawiadomienia należy dołączyć kopie rysunków wchodzących w skład zatwierdzonego projektu budowlanego, z naniesionymi zmianami, a w razie potrzeby także uzupełniający opis.

Kiedy możemy użytkować? Do użytkowania można przystąpić, jeśli właściwy organ w terminie 21 dni od dnia doręczenia mu zawiadomienia, nie zgłosi sprzeciwu w drodze decyzji.

5.2. Elektrownia wiatrowa jako maszt z linami odciągającymi, pozbawiona fundamentów

Interpretacja przepisów Prawa budowlanego w tym wypadku leży po stronie organu administracji architektoniczno – budowlanej. Może się zdarzyć, iż będzie ona korzystna dla osoby starającej się zdobyć pozwolenie na budowę na przykład poprzez zgłoszenie do urzędu zamiaru wzniesienia masztu.

1. Zgłoszenie zamiaru wykonania robót budowlanych polegających na budowie masztu bez fundamentu, za to z linami odciągającymi.

Zgłoszenia należy dokonać przed terminem zamierzonego rozpoczęcia robót budowlanych. Do wykonywania robót budowlanych można przystąpić, jeżeli w terminie 30 dni od dnia doręczenia zgłoszenia właściwy organ nie wniesie, w drodze decyzji, sprzeciwu i nie później niż po upływie 2 lat od określonego w zgłoszeniu terminu ich rozpoczęcia.

Podstawowe dokumenty przy zgłoszeniu robót budowlanych objętych zgłoszeniem:

- wniosek,
- oświadczenie o posiadaniu prawa do dysponowania nieruchomością na cele budowlane wraz ze zgodą współwłaścicieli nieruchomości (w przypadku współwłasności),
- odpowiednie szkice lub rysunki,
- odpowiednią mapę (do celów opiniodawczych),
- ewentualne pozwolenia, uzgodnienia i opinie wymagane odrębnymi przepisami,
- w przypadku przyłącza: elektroenergetycznego, wodociągowego, kanalizacyjnego, gazowego, ciepłego, telekomunikacyjnego oraz w przypadku instalacji zbiornikowej na gaz płynny z pojedynczym zbiornikiem o pojemności do 7m³, przeznaczonej do zasilania instalacji gazowych w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, należy przedstawić projekt zagospodarowania działki lub terenu wraz z opisem technicznym instalacji wykonanym przez projektanta posiadającego wymagane uprawnienia budowlane.

Jeśli właściwy organ w ciągu 30 dni nie wniesie sprzeciwu nawiązując do art. 30 pkt. 6.1. ustawy, to można rozpocząć roboty budowlane.

2. Pozwolenie na budowę – jeżeli w terminie 30 dni od daty zgłoszenia zamiaru wykonania robót budowlanych, organ administracji architektoniczno – budowlanej wniesie sprzeciw i nakaże nam uzyskać pozwolenie na budowę, należy wszcząć całą procedurę jak dla masztów wyposażonych w fundamenty.

Kiedy możemy zostać obciążeni obowiązkiem uzyskania decyzji o pozwoleniu na budowę? Przede wszystkim wtedy gdy robota budowlana będąca przedmiotem zgłoszenia wymaga wykonania robót budowlanych, objętych obowiązkiem uzyskania pozwolenia na budowę lub narusza ustalenia obowiązującego miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego albo decyzji o warunkach budowy i zagospodarowania terenu, w przypadku braku obowiązującego miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Organ nałoży na inwestora obowiązek uzyskania decyzji o pozwoleniu na budowę, gdy: może ona spowodować niedopuszczalne zagrożenia bezpieczeństwa ludzi lub mienia, pogorszenie stanu środowiska lub stanu zachowania zabytków, pogorszenie warunków zdrowotno-sanitarnych, wprowadzenie, utrwalenie bądź zwiększenie ograniczeń lub uciążliwości dla terenów sąsiednich.

Jeżeli żadna z wyżej wymienionych okoliczności nie zachodzi, organ administracji architektoniczno – budowlanej nie wnosi sprzeciwu wobec złożonego przez inwestora zgłoszenia zamiaru wykonania robót budowlanych.

5.3. Elektrownia jako konstrukcja montowana na istniejącym obiekcie budowlanym

Od 2010 roku wykonywanie robót budowlanych polegających na instalacji urządzenia na istniejącym budynku nie wymaga pozwolenia na budowę. Zgodnie z Prawem budowlanym, jeżeli takie urządzenie ma więcej niż 3m wysokości, należy dokonać zgłoszenia zamiaru wykonania prac budowlanych (art. 30 ust.1 pkt.3.b Prawa Budowlanego). Procedura jest identyczna, jak ta opisana powyżej (w przypadku dokonania zgłoszenia). Podobnie jak powyżej, jeżeli organ administracji architektoniczno – budowlanej wniesie, w drodze decyzji, sprzeciw w stosunku do dokonanej przez inwestora zgłoszenia, ten będzie musiał uzyskać decyzję o pozwoleniu na budowę.

Uczestnicy procesu budowlanego.

Uczestnikami procesu budowlanego, w rozumieniu ustawy Prawo budowlane, są:

- 1) inwestor;
- 2) inspektor nadzoru inwestorskiego;
- 3) projektant;
- 4) kierownik budowy lub kierownik robót.

Inwestor

1. Do obowiązków inwestora należy zorganizowanie procesu budowy, z uwzględnieniem zawartych w przepisach zasad bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, a w szczególności zapewnienie:

- 1) opracowania projektu budowlanego i, stosownie do potrzeb, innych projektów,
- 2) objęcia kierownictwa budowy przez kierownika budowy,
- 3) opracowania planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia,
- 4) wykonania i odbioru robót budowlanych,
- 5) w przypadkach uzasadnionych wysokim stopniem skomplikowania robót budowlanych lub warunkami gruntowymi, nadzoru nad wykonywaniem robót budowlanych – przez osoby o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych.

2. Inwestor może ustanowić inspektora nadzoru inwestorskiego na budowie.

3. Inwestor może zobowiązać projektanta do sprawowania nadzoru autorskiego.

4. Właściwy organ może w decyzji o pozwoleniu na budowę nałożyć na inwestora obowiązek ustanowienia inspektora nadzoru inwestorskiego, a także obowiązek zapewnienia nadzoru autorskiego, w przypadkach uzasadnionych wysokim stopniem skomplikowania obiektu lub robót budowlanych bądź przewidywanym wpływem na środowisko.

5. Minister właściwy do spraw budownictwa, gospodarki przestrzennej i mieszkaniowej określi, w drodze rozporządzenia, rodzaje obiektów budowlanych, przy których realizacji jest wymagane ustanowienie inspektora nadzoru inwestorskiego, oraz listę obiektów budowlanych

nych i kryteria techniczne, jakimi powinien kierować się organ podczas nakładania na inwestora obowiązku ustanowienia inspektora nadzoru inwestorskiego.

Projektant

1. Do podstawowych obowiązków projektanta należy:

1) opracowanie projektu budowlanego w sposób zgodny z ustaleniami określonymi w decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, o której mowa w art. 71 ust. 1 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. Nr 199, poz. 1227), lub w pozwoleniu, o którym mowa w art. 23 i 23a ustawy z dnia 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej (Dz. U. z 2003 r. Nr 153, poz. 1502, z późn. zm.), wymaganiami ustawy, przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej;

a) zapewnienie, w razie potrzeby, udziału w opracowaniu projektu osób posiadających uprawnienia budowlane do projektowania w odpowiedniej specjalności oraz wzajemne skoordynowanie techniczne wykonanych przez te osoby opracowań projektowych, zapewniające uwzględnienie zawartych w przepisach zasad bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w procesie budowy, z uwzględnieniem specyfiki projektowanego obiektu budowlanego;

b) sporządzenie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia ze względu na specyfikę projektowanego obiektu budowlanego, uwzględnianej w planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia;

2) uzyskanie wymaganych opinii, uzgodnień i sprawdzeń rozwiązań projektowych w zakresie wynikającym z przepisów;

3) wyjaśnianie wątpliwości dotyczących projektu i zawartych w nim rozwiązań;

3a) sporządzanie lub uzgadnianie indywidualnej dokumentacji technicznej, o której mowa w art. 10 ust. 1 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. Nr 92, poz. 881);

4) sprawowanie nadzoru autorskiego na żądanie inwestora lub właściwego organu w zakresie:

4a) stwierdzania w toku wykonywania robót budowlanych zgodności realizacji z projektem,

4b) uzgadniania możliwości wprowadzenia rozwiązań zamiennych w stosunku do przewidzianych w projekcie, zgłoszonych przez kierownika budowy lub inspektora nadzoru inwestorskiego.

2. Projektant ma obowiązek zapewnić sprawdzenie projektu architektoniczno-budowlanego pod względem zgodności z przepisami, w tym techniczno-budowlanymi, przez osobę posiadającą uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń w odpowiedniej specjalności lub rzeczoznawcę budowlanego.

3. Obowiązek, o którym mowa w pkt. 2, nie dotyczy:

- 1) zakresu objętego sprawdzaniem i opiniowaniem na podstawie przepisów szczególnych;
- 2) projektów obiektów budowlanych o prostej konstrukcji, jak: budynki mieszkalne jednorodzinne, niewielkie obiekty gospodarcze, inwentarskie i składowe.

4. Projektant, a także sprawdzający, o którym mowa w pkt. 2, do projektu budowlanego dołącza oświadczenie o sporządzeniu projektu budowlanego, zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

Projektant, w trakcie realizacji budowy, ma prawo:

- 1) wstępu na teren budowy i dokonywania zapisów w dzienniku budowy dotyczących jej realizacji;
- 2) żądania wpisem do dziennika budowy wstrzymania robót budowlanych w razie:
 - a. stwierdzenia możliwości powstania zagrożenia,
 - b. wykonywania ich niezgodnie z projektem.

Kierownik budowy

1. Kierownik budowy jest obowiązany, w oparciu o informację, o której mowa w art. 20 ust. 1 pkt 1b, sporządzić lub zapewnić sporządzenie, przed rozpoczęciem budowy, planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, uwzględniając specyfikę obiektu budowlanego i warunki prowadzenia robót budowlanych, w tym planowane jednoczesne prowadzenie robót budowlanych i produkcji przemysłowej.

1a. Plan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na budowie sporządza się, jeżeli:

- 1) w trakcie budowy wykonywany będzie przynajmniej jeden z rodzajów robót budowlanych wymienionych w ust. 2 lub
- 2) przewidywane roboty budowlane mają trwać dłużej niż 30 dni roboczych i jednocześnie będzie przy nich zatrudnionych co najmniej 20 pracowników lub pracochłonność planowanych robót będzie przekraczać 500 osobodni.

2. W planie, o którym mowa w ust. 1, należy uwzględnić specyfikę następujących rodzajów robót budowlanych:

- 1) których charakter, organizacja lub miejsce prowadzenia stwarza szczególnie wysokie ryzyko powstania zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia ludzi, a w szczególności przy sypania ziemią lub upadku z wysokości;
- 2) przy prowadzeniu których występują działania substancji chemicznych lub czynników biologicznych zagrażających bezpieczeństwu i zdrowiu ludzi;
- 3) stwarzających zagrożenie promieniowaniem jonizującym;
- 4) prowadzonych w pobliżu linii wysokiego napięcia lub czynnych linii komunikacyjnych;
- 5) stwarzających ryzyko utonięcia pracowników;
- 6) prowadzonych w studniach, pod ziemią i w tunelach;

- 7) wykonywanych przez kierujących pojazdami zasilanymi z linii napowietrznych;
- 8) wykonywanych w kesonach, z atmosferą wytwarzaną ze sprężonego powietrza;
- 9) wymagających użycia materiałów wybuchowych;
- 10) prowadzonych przy montażu i demontażu ciężkich elementów prefabrykowanych.

3. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia przy wykonywaniu robót budowlanych określają odrębne przepisy w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy.

4. Minister właściwy do spraw budownictwa, gospodarki przestrzennej i mieszkaniowej określi, w drodze rozporządzenia:

- 1) szczegółowy zakres i formę:
 - a. informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia,
 - b. planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia – mając na uwadze specyfikę projektowanego obiektu budowlanego;
- 2) szczegółowy zakres rodzajów robót budowlanych, o których mowa w ust. 2, mając na uwadze stopień zagrożeń, jakie stwarzają poszczególne ich rodzaje.

Do podstawowych obowiązków kierownika budowy należy:

1) protokolarne przejęcie od inwestora i odpowiednie zabezpieczenie terenu budowy wraz ze znajdującymi się na nim obiektami budowlanymi, urządzeniami technicznymi i stałymi punktami osnowy geodezyjnej oraz podlegającymi ochronie elementami środowiska przyrodniczego i kulturowego;

2) prowadzenie dokumentacji budowy;

3) zapewnienie geodezyjnego wytyczenia obiektu oraz zorganizowanie budowy i kierowanie budową obiektu budowlanego w sposób zgodny z projektem i pozwoleniem na budowę, przepisami, w tym techniczno-budowlanymi, oraz przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy;

3a) koordynowanie realizacji zadań zapobiegających zagrożeniom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia:

- a) przy opracowywaniu technicznych lub organizacyjnych założeń planowanych robót budowlanych lub ich poszczególnych etapów, które mają być prowadzone jednocześnie lub kolejno,
- b) przy planowaniu czasu wymaganego do zakończenia robót budowlanych lub ich poszczególnych etapów;

3b) koordynowanie działań zapewniających przestrzeganie podczas wykonywania robót budowlanych zasad bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zawartych w przepisach oraz w planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia;

3c) wprowadzanie niezbędnych zmian w informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia ze względu na specyfikę projektowanego obiektu budowlanego, uwzględnianej w planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz w planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, wynikających z postępu wykonywanych robót budowlanych;

3d) podejmowanie niezbędnych działań uniemożliwiających wstęp na budowę osobom nieupoważnionym;

4) wstrzymanie robót budowlanych w przypadku stwierdzenia możliwości powstania zagrożenia oraz bezzwłoczne zawiadomienie o tym właściwego organu;

5) zawiadomienie inwestora o wpisie do dziennika budowy dotyczącym wstrzymania robót budowlanych z powodu wykonywania ich niezgodnie z projektem;

6) realizacja zaleceń wpisanych do dziennika budowy;

7) zgłaszanie inwestorowi do sprawdzenia lub odbioru wykonanych robót ulegających zakryciu bądź zanikających oraz zapewnienie dokonania wymaganych przepisami lub ustalonych w umowie prób i sprawdzeń instalacji, urządzeń technicznych i przewodów kominowych przed zgłoszeniem obiektu budowlanego do odbioru;

8) przygotowanie dokumentacji powykonawczej obiektu budowlanego;

9) zgłoszenie obiektu budowlanego do odbioru odpowiednim wpisem do dziennika budowy oraz uczestniczenie w czynnościach odbioru i zapewnienie usunięcia stwierdzonych wad, a także przekazanie inwestorowi oświadczeń:

- o zgodności wykonania obiektu budowlanego z projektem budowlanym i warunkami pozwolenia na budowę oraz przepisami,
- o doprowadzeniu do należytego stanu i porządku terenu budowy, a także – w razie korzystania – drogi, ulicy, sąsiedniej nieruchomości, budynku lub lokalu.

Kierownik budowy ma prawo:

1) występowania do inwestora o zmiany w rozwiązaniach projektowych, jeżeli są one uzasadnione koniecznością zwiększenia bezpieczeństwa realizacji robót budowlanych lub usprawnienia procesu budowy;

2) ustosunkowania się w dzienniku budowy do zaleceń w nim zawartych.

3) Łączenie funkcji kierownika budowy i inspektora nadzoru inwestorskiego nie jest dopuszczalne.

4) Przepisy pkt. 1 oraz prawa i obowiązki kierownika budowy stosuje się odpowiednio do kierownika robót.

Inspektor nadzoru inwestorskiego

Do podstawowych obowiązków inspektora nadzoru inwestorskiego należy:

1) reprezentowanie inwestora na budowie przez sprawowanie kontroli zgodności jej realizacji z projektem i pozwoleniem na budowę, przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej;

2) sprawdzanie jakości wykonywanych robót i wbudowanych wyrobów budowlanych, a w szczególności zapobieganie zastosowaniu wyrobów budowlanych wadliwych i niedopuszczonych do stosowania w budownictwie;

3) sprawdzanie i odbiór robót budowlanych ulegających zakryciu lub zanikających, uczest-

niczenie w próbach i odbiorach technicznych instalacji, urządzeń technicznych i przewodów kominowych oraz przygotowanie i udział w czynnościach odbioru gotowych obiektów budowlanych i przekazywanie ich do użytkowania;

4) potwierdzanie faktycznie wykonanych robót oraz usunięcia wad, a także, na żądanie inwestora, kontrolowanie rozliczeń budowy.

Inspektor nadzoru inwestorskiego ma prawo:

1) wydawać kierownikowi budowy lub kierownikowi robót polecenia, potwierdzone wpisem do dziennika budowy, dotyczące: usunięcia nieprawidłowości lub zagrożeń, wykonania prób lub badań, także wymagających odkrycia robót lub elementów zakrytych, oraz przedstawienia ekspertyz dotyczących prowadzonych robót budowlanych i dowodów dopuszczenia do stosowania w budownictwie wyrobów budowlanych oraz urządzeń technicznych;

2) żądać od kierownika budowy lub kierownika robót dokonania poprawek bądź ponownego wykonania wadliwie wykonanych robót, a także wstrzymania dalszych robót budowlanych w przypadku, gdyby ich kontynuacja mogła wywołać zagrożenie bądź spowodować niedopuszczalną niezgodność z projektem lub pozwoleniem na budowę.

Przy budowie obiektu budowlanego, wymagającego ustanowienia inspektorów nadzoru inwestorskiego w zakresie różnych specjalności, inwestor wyznacza jednego z nich jako koordynatora ich czynności na budowie.

5.4. Inne regulacje dotyczące małych siłowni wiatrowych.

Lokalizacja względem dróg publicznych (na podstawie Ustawy z dnia 21 marca 1985r. o drogach publicznych – Dz.U. 2007 nr 19 poz. 115 z późn. zm).

Minimalne odległości dotyczące lokalizacji względem różnego rodzaju dróg publicznych:

Lp.	Rodzaj drogi	W terenie zabudowy	poza terenem zabudowanym
1	Autostrada	30 m	50 m
2	Droga Ekspresowa	20 m	20 m
3	Droga ogólnodostępna:		
	a) krajowa	10 m	25 m
	b) wojewódzka, powiatowa	8 m	20 m
	c) gminna	6 m	15 m

Dodatkowo:

W art. 43 ust. 2. jest napisane, że „w szczególnie uzasadnionych przypadkach usytuowanie obiektu budowlanego przy drodze, o której mowa w ust. 1 lp. 3 tabeli (powyższa tabela),

w odległości mniejszej niż określona w ust. 1, może nastąpić wyłącznie za zgodą zarządcy drogi, wydaną przed uzyskaniem przez inwestora obiektu pozwolenia na budowę lub zgłoszeniem budowy albo wykonywania robót budowlanych.”

Z uwagi na bezpieczeństwo zazwyczaj wiatraki sytuuje się w odległości odpowiadającej co najmniej wysokości samego wiatraka.

Hałas a lokalizacja.

Elektrownia wiatrowa, jak każde urządzenie techniczne, emituje dźwięk. Prawidłowo zlokalizowane elektrownie wiatrowe, dzięki zastosowaniu wielu rozwiązań służących ekranowaniu emisji dźwięku, nie są hałaśliwe. Wszelkie wymogi w tej kwestii precyzuje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z dnia 5 lipca 2007 r.). Zgodnie z przepisami objekty i urządzenia stanowiące źródła hałasu należy lokalizować tak, by nie naruszały dopuszczalnych poziomów hałasu. Najcichszymi urządzeniami są elektrownie wiatrowe o pionowej osi obrotu, w tym świderkowe.

Elektrownia a środowisko.

Od 15 listopada 2010 r. nie obowiązują progi mocy elektrowni wodnych, od których uznaje się, że inwestycja potencjalnie może znacząco oddziaływać na środowisko. W konsekwencji wszystkie nowe elektrownie wodne wymagają obecnie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. W stosunku do **elektrowni wiatrowych** katalog przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko nie uległ zmianom. Przeprowadzenie oceny oddziaływania na środowisko jest nadal obowiązkowe przy budowie elektrowni wiatrowych o mocy nie mniej niż 100 MW oraz tych zlokalizowanych na obszarach morskich. Natomiast do grupy przedsięwzięć potencjalnie mogących znacząco oddziaływać na środowisko zalicza się już nie tylko elektrownie wiatrowe wykorzystujące wiatraki o wysokości co najmniej 30 metrów, ale również elektrownie wiatrowe, które będą zlokalizowane na obszarach chronionych – niezależnie od wysokości wykorzystywanych wiatraków.

Skutkiem wejścia w życie nowej regulacji jest rozciągnięcie procedury uzyskiwania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach na większą niż dotychczas liczbę rodzajów przedsięwzięć. Ponadto więcej rodzajów przedsięwzięć będzie podlegać wymogowi przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko.

6. Analiza finansowa inwestycji w przydomową siłownię wiatrową

Głównym kryterium opłacalności jakiegokolwiek inwestycji jest czas zwrotu nakładów inwestycyjnych (TZ). Oczywistym jest, że warunkiem koniecznym dla sensowności podejmowania działań jest, aby czas zwrotu nakładów na inwestycję był krótszy niż czas eksploatacji urządzeń, w które kapitał zostaje zainwestowany. Czas zwrotu inwestycji obliczany jest z zależności (7):

$$TZ = \frac{NI}{n \cdot \sum_{i=1}^n (A_i + Z_i)} \quad (7)$$

gdzie:

TZ – czas zwrotu nakładów inwestycyjnych,

NI – nakłady inwestycyjne,

n – liczba lat eksploatacji instalacji,

A_i – wartość wszystkich odpisów amortyzacyjnych w ciągu i-tego roku,

Z_i – zysk w i-tym roku.

Warto zauważyć, że w zależności (7) wartość amortyzacji rocznej występować będzie tylko w przypadku rozliczeń finansowych dla firm inwestujących w siłownie wiatrowe. W przypadku inwestycji prywatnych, amortyzacji nie nalicza się, co za tym idzie, wartość A_i będzie zerowa.

Pozornie prosta zależność (7) wymaga dość poważnej analizy. W niniejszym rozdziale zostanie opisany ogólny sposób wyliczania kolejnych parametrów niezbędnych do określenia czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych TZ.

6.1. Nakłady inwestycyjne

Za nakłady inwestycyjne rozumie się wszelkie koszty, które należy ponieść do momentu dopuszczenia instalacji do eksploatacji:

- koszt zakupu siłowni wiatrowej KZ – zalicza się tu wszelkie koszty związane z zakupem części instalacji, opłaceniem ewentualnych podatków, ceł itd., koszty transportu od dostawcy na miejsce inwestycji, które są często wliczone w cenę samych elementów siłowni;
- koszt wszelkich projektów technicznych KP – zalicza się tu:
 - koszty związane z projektami posadowienia siłowni wiatrowej (np. w przypadku usytuowania siłowni na własnym fundamencie),
 - koszty związane z projektami zmian konstrukcyjnych elementów zabudowań (w przy-

- padku, gdy siłownia wiatrowa miałaby być usytuowana np. na dachu lub elewacji istniejących już budynków),
- koszty projektów przyłączy energetycznych (elektrycznych lub obiegów termodynamicznych),
 - koszty ewentualnych badań geologicznych (w przypadku projektów fundamentów zaleca się wykonanie prostych badań geologicznych pozwalających na odpowiednie zaprojektowanie fundamentu lub zamocowań odciągów masztu instalacji);
 - koszty administracyjne i prawne KA – są to najczęściej niskie opłaty związane ze składaniem wniosków o pozwolenie na otwarcie budowy, opłaty za dostęp do map geodezyjnych i inne czynności administracyjno-prawne związane z przygotowaniem do inwestycji;
 - koszt badań lokalnych warunków wiatrowych KB – w przypadku małych siłowni wiatrowych przydatność ogólnych map wiatrowych jest bardzo ograniczona, o czym była mowa w rozdziale (XXX). Należy więc przeprowadzić odpowiednią analizę lokalnych warunków wiatrowych w celu dokładnego określenia optymalnego umiejscowienia siłowni wiatrowej. Koszt ten może być dość znaczny i zależy głównie od długości analizowanego okresu oraz od przyjętych metod badawczych. Przeprowadzenie badań w celu określenia miejscowych warunków wiatrowych nie jest obligatoryjne, należy jednak pamiętać o możliwych konsekwencjach zaniechania tych czynności, włącznie z finansową nieopłacalnością tej inwestycji.
 - koszt wykonania fundamentu elektrowni wiatrowej (w przypadku konstrukcji wymagającej fundamentowania) KWF ;
 - koszt wykonania przyłącza KWP – koszt realizacji części układu, która będzie odbierać energię produkowaną przez siłownię. Jego wysokość będzie bardzo różna w zależności od przyjętej koncepcji całej inwestycji. W przypadku instalacji produkującej energię elektryczną przeznaczoną do sprzedaży, koszty wykonania przyłącza obejmą wszelkie urządzenia zapewniające zgodność produkowanego prądu elektrycznego z wymogami URE. Dodatkowym kosztem będzie tu opłata przyłączeniowa, której wysokość reguluje prawo energetyczne. W wypadku pracy na wydzielonym obwodzie elektrycznym, koszt wykonania przyłączy będzie znacznie niższy, ale umożliwi tylko i wyłącznie produkcję energii elektrycznej na własne potrzeby;
 - koszt ubezpieczenia w trakcie budowy KU ;
 - koszt zakupu terenu pod inwestycję KT – koszt zakupu terenu będzie występował tylko wtedy, gdy inwestycja będzie tego wymagała. W przypadku małych przydomowych siłowni wiatrowych, najczęściej będzie on zerowy, ponieważ siłownie są umieszczane na terenie już należącym do inwestora.

Całkowite koszty inwestycji są sumą wszystkich poniesionych kosztów w trakcie przygotowania, projektowania, zakupu i budowy instalacji aż do momentu doprowadzenia jej do stanu gotowości do pracy:

$$NI = KZ + KP + KA + KB + KWF + KWP + KU + KT \quad (8)$$

6.2. Koszty eksploatacji siłowni wiatrowej wraz z instalacją

Jako koszty eksploatacji należy rozumieć wszelkie koszty mające na celu utrzymanie siłowni wiatrowej w stanie pracy. W skład tego zbioru kosztów wchodzi:

- koszty obsługi, remontów, przeglądów oraz nadzoru EO – są to wydatki związane z normalnym użytkowaniem siłowni. Ich wysokość będzie zróżnicowana w zależności od wielkości inwestycji i jej przeznaczenia oraz stopnia zaawansowania i zaangażowania użytkownika (inwestora) w utrzymaniu urządzeń w tzw. ruchu. Przykładowo wiele prac remontowych oraz napraw można wykonać samodzielnie o ile przepisy (np. prawo energetyczne) nie wymagają udziału specjalistycznych firm. Koszty nadzoru będą dotyczyły w szczególności tych instalacji, które będą przyłączone do krajowej sieci energetycznej. W przypadku szczególnych warunków sprzedaży, gwarancji lub dofinansowania inwestycji może zaistnieć potrzeba okresowych płatnych przeglądów urządzeń, przy czym nie ma żadnych określonych ściśle reguł co do występowania takich kosztów.
- koszty ubezpieczeń EU – koszty, które zależą głównie od preferencji inwestora, ale także od ewentualnych wymagań np. banków współfinansujących inwestycję w formie kredytu, podmiotów dofinansowujących inwestycje energetyczne na innych zasadach. Bardzo często przy jakiegokolwiek pomocy finansowej w inwestycjach, podmioty wspomagające je wymagają zabezpieczenia tzw. trwałości projektu. Jednym z elementów takich zabezpieczeń mogą być wymagane określone ubezpieczenia.
- koszty administracyjno-prawne EA – w przypadku inwestycji prowadzonej przez inwestorów będących podmiotami gospodarczymi są to koszty księgowo, prawne, koszty zarządzania oraz ogólne koszty związane z prowadzeniem działalności gospodarczej
- koszty koncesyjne EK – koszty związane z otrzymaniem koncesji oraz jej opłacaniem. Koncesja wydawana jest przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki dla podmiotów produkujących energię elektryczną, która przeznaczona jest na sprzedaż
- koszty dzierżawy terenu ET – koszt występujący w określonych sytuacjach. Podobnie jak w przypadku konieczności ewentualnego zakupu terenu pod inwestycję, wykorzystanie powierzchni terenu może odbywać się na zasadzie dzierżawy terenu od innego podmiotu. W takim wypadku koszt zakupu będzie zerowy (nie będzie występował), lecz koszty dzierżawy będą ponoszone cyklicznie. W przypadku małych przydomowych siłowni wiatrowych usytuowanych na własnym terenie, koszt ten także nie będzie istniał.
- koszty związane z ewentualnym finansowaniem kredytowym EF – koszty obsługi kredytu (raty, marże, koszty prowadzenia kont lub linii kredytowych)

Koszty eksploatacyjne, w odróżnieniu od nakładów inwestycyjnych będą z pewnością niższe, ale ponoszone cyklicznie. Oznacza to w praktyce, że będą one pomniejszały przychody lub oszczędności pochodzące z produkcji energii z wiatru. Ich roczna (w i -tym roku) ogólna wysokość będzie sumą poszczególnych składowych.

$$E_i = EO_i + EU_i + EA_i + EK_i + ET_i + EFi \quad (9)$$

6.3. Przychody i zyski z działania siłowni wiatrowej

Przychody są to wszelkiego rodzaju korzyści finansowe związane z pozyskiwaniem energii z wiatru. Trudno jest wprost określić, że będą to środki pochodzące ze sprzedaży energii elektrycznej, gdyż w zależności od koncepcji wykorzystania energii wiatru za przychody można uznać także oszczędności w zakupie niezbędnej dla inwestora energii do utrzymania lub uruchomienia innej jego działalności.

Przykład 1

Inwestor za pomocą siłowni wiatrowej produkuje energię elektryczną na sprzedaż.

Przychód P_i będzie obliczony wprost z ceny i ilości sprzedanej energii:

$$P_i = \text{ilość wyprodukowanej energii} \times \text{cena sprzedaży energii}$$

Przykład 2

Inwestor za pomocą siłowni wiatrowej produkuje energię elektryczną na swoje potrzeby dla urzędzeń pracujących na wydzielonym obwodzie.

Przychód P_i będzie równy oszczędności, jaka powstanie przez obniżenie rachunków za energię elektryczną.

$$P_i = \text{ilość wyprodukowanej energii} \times \text{cena zakupu energii}$$

Przykład 3

Inwestor za pomocą siłowni wiatrowej nawadnia powierzchnie uprawowe (pompując wodę do urzędzeń nawadniających)

$$P_i = \text{moc pompy} \times \text{czas działania pompy} \times \text{cena zakupu energii elektrycznej}$$

W przykładzie 3 widać wyraźnie, że przychód związany z zainstalowaniem siłowni wiatrowej niekoniecznie musi być osiągnięty wprost ze sprzedaży energii elektrycznej. W przypadku małych siłowni wiatrowych często bardziej opłaca się wykorzystanie pozyskanej z wiatru energii do wykonania pracy. Oszczędza się w takim wypadku na energii elektrycznej, która byłaby niezbędna do napędu pompy, gdyby nie działała siłownia wiatrowa. Wypracowane w ten sposób oszczędności mogą być uznane jako przychód.

Przykład 4

Inwestor wykorzystuje siłownię wiatrową do produkcji ciepła (poprzez zasilanie grzałki w zbiorniku wody). W przypadku produkcji warzyw możliwe jest wykorzystanie wyprodukowanego ciepła do podgrzania wody przeznaczonej na podlewanie warzyw w tunelu foliowym lub szklarni. W ten sposób można spowodować, że produkcja niektórych gatunków warzyw będzie opłacalna dużo wcześniej (chodzi o porę roku) niż gdyby za energię do podgrzania wody trzeba było zapłacić rachunek. Ceny wartościowych produktów, które są dostępne na rynku przed tzw. sezonem są często wielokrotnie wyższe niż w normalnym okresie ich sprzedaży. Można zatem, po odliczeniu kosztów produkcji, transportu itp. wyznaczyć przychód spowodowany pośrednio przez zastosowanie energii wyprodukowanej za pomocą siłowni wiatrowej.

Przychód z siłowni wiatrowej w całym okresie eksploatacji

Całkowity przychód z działania siłowni wiatrowej należy policzyć jako kumulację przychodów w poszczególnych latach jej eksploatacji. Jeśli więc założymy n lat eksploatacji siłowni, to przychód będzie obliczony z następującej zależności:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (10)$$

gdzie: P_i – przychód w i -tym roku eksploatacji.

Zysk oblicza się jako różnicę wszystkich kosztów oraz przychodów. Należy jednak pamiętać, że zysk można obliczać jako wielkość brutto lub netto. Różnicę między tymi wielkościami będą tu stanowić podatki od przychodu, które w zależności od sytuacji prawnej inwestora będą różne (podatek dochodowy, różne mechanizmy odliczeń i ulg)

Zysk netto w i -tym roku wyznaczyć można z zależności (11):

$$Z_i = P_i - E_i - A_i - PD_i \quad (11)$$

Składowa A_i , oznaczająca podobnie jak w zależności (7) odpisy amortyzacyjne, będzie różna od zera tylko w wypadku, gdy inwestor jest podmiotem gospodarczym naliczającym amortyzację urzędzeń będących środkami trwałymi. Zasady naliczania amortyzacji są opisane w wielu źródłach branżowych, dotyczących prowadzenia rozliczeń księgowych w firmach. Wyraz PD_i w zależności (11) oznacza wysokość opłacanego w i -tym roku podatku dochodowego z uwzględnieniem wszystkich obowiązujących warunków prawnych.

Zależności (8) oraz (11) pozwalają wyznaczyć wartości niezbędne do użycia zależności (7) w celu określenia okresu zwrotu inwestycji.

7. Źródła finansowania

Stan prawny na 1 stycznia 2011 r.
http://www.mf.gov.pl/_files_/podatki/rolny/podatek_rolny.pdf

USTAWA z dnia 15 listopada 1984 r. o podatku rolnym

(tekst ujednolicony opracowany na podstawie Dz.U. z 2006 r. Nr 136, poz. 969, Nr 191, poz. 1412, Nr 245, poz. 1775 i Nr 249, poz. 1825, z 2007 r. Nr 109, poz. 747, Dz.U. z 2008 r. Nr 116, poz. 730, Nr 237, poz. 655 Dz.U. z 2009 r. Nr 56, poz. 458 oraz Dz.U. z 2010 r. Nr 96, poz. 620, Nr 226, poz. 1475).

Rozdział 4

Zwolnienia i ulgi podatkowe

Art. 13

1. Podatnikom podatku rolnego przysługuje ulga inwestycyjna z tytułu wydatków poniesionych na:
 - 1) budowę lub modernizację budynków inwentarskich służących do chowu, hodowli i utrzymywania zwierząt gospodarskich oraz obiektów służących ochronie środowiska,
 - 2) zakup i zainstalowanie:
 - a) deszczowni,
 - b) urządzeń melioracyjnych i urządzeń zaopatrzenia gospodarstwa w wodę,
 - c) urządzeń do wykorzystywania na cele produkcyjne naturalnych źródeł energii (wiatru, biogazu, słońca, spadku wód).
2. Ulga inwestycyjna przyznawana jest po zakończeniu inwestycji i polega na odliczeniu od należnego podatku rolnego od gruntów położonych na terenie gminy, w której została dokonana inwestycja – w wysokości 25 % udokumentowanych rachunkami nakładów inwestycyjnych.
3. Ulga z tytułu tej samej inwestycji nie może być stosowana dłużej niż przez 15 lat.
 - 3a. Kwota ulgi inwestycyjnej jest odliczana z urzędu w decyzji ustalającej wysokość zobowiązania podatkowego. Podatnicy obowiązani do składania deklaracji na podatek rolny odliczają, określoną w decyzji w sprawie ulgi inwestycyjnej, kwotę przyznanej ulgi od należnego podatku rolnego.
4. Podatnik traci prawo do odliczenia od podatku rolnego nie wykorzystanej kwoty ulgi inwestycyjnej w przypadku sprzedaży obiektów i urządzeń, od których przyznana została ta ulga, lub przeznaczenia ich na inne cele niż określone w ust. 1.

http://www.bosbank.pl/index.php?page=kredyt_warminsko_mazurskie

EKOLOGIA – kredyty proekologiczne

Oddział w Olsztynie (WFOŚiGW województwa warmińsko-mazurskiego)

Kredyty ze środków BOŚ S.A. z dopłatami WFOŚiGW do oprocentowania.

II.

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

Przedmiot kredytowania

a) Systemy zaopatrzenia w ciepło i energię elektryczną:

- zakup i instalacja systemów grzewczych z zastosowaniem pomp ciepła,
- zakup i instalacja systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych z odzyskiem ciepła,
- zakup i instalacja kotłów opalanych biomasą (w tym kominków zintegrowanych z wewnętrzną wodną lub powietrzną instalacją centralnego ogrzewania budynku, bez kosztów obudowy),
- zakup i instalacja kolektorów słonecznych,
- zakup i instalacja ogniw fotowoltaicznych,
- **budowa elektrowni wiatrowych o mocy do 50 kW.**

b) Instalacje energetyczne

- budowa instalacji do produkcji energii z biomasy i biogazu o mocy do 1MW,
- zakup i montaż urządzeń do przetwarzania biomasy w paliwo energetyczne (np. pellet, brykiet).

Procedura

Kredyty przeznaczone dla osób fizycznych, osób fizycznych prowadzących działalność gospodarczą, samorządów oraz utworzonych przez nie jednostek organizacyjnych, jednostek posiadających osobowość prawną, wspólnot mieszkaniowych, spółdzielni mieszkaniowych.

Warunki kredytowania

- kwota kredytu: do 80 % kosztów realizowanej inwestycji lecz nie więcej niż::
 - 100.000 zł dla osób fizycznych,
 - 300.000 zł dla pozostałych Kredytobiorców,
- okres kredytowania: do 5 lat,
- okres karencji: do 12 miesięcy od dnia zawarcia umowy kredytowej,
- okres realizacji zadania: do 12 miesięcy od daty postawienia przez Bank kredytu do dyspozycji Kredytobiorcy,
- oprocentowanie: zmienne, 0,5 WIBOR 3M + 2 p.p.,
- prowizja przygotowawcza: 1 % kwoty przyznanego kredytu.

*WIBOR (warsaw interbank offered rate) - oprocentowanie po jakim banki udzielają pożyczek innym bankom, ustalane o godz 11:00,

Umowa zawarta na czas nieokreślony

Przykładowa, rzeczywista stopa oprocentowania kredytu wynosi 4,55 % w skali roku, przy założeniach:

- kwota kredytu – 80.000 PLN,
- oprocentowanie – 4,035 % p.a. (oparte o WIBOR 3M z dn. 28.01.2011r.),
- okres kredytowania – 5 lat,
- prowizja – 800 PLN (1 % kwoty kredytu),
- zabezpieczenie w formie poręczenia wekslowego.

8. Adresy lokalnych operatorów energetycznych regionu północno-wschodniej Polski

Energa Operator S.A.
Oddział w Olsztynie
ul: Tuwima 6
10-950 Olsztyn

Energa Operator S.A.
Oddział w Płocku
ul. Wyszogrodzka 106
09-400 Płock

Energa Operator S.A.
Oddział w Elblągu
ul. Elektryczna 20
82-300 Elbląg

Energa Operator S.A.
Oddział w Toruniu
ul. Gen. Bema 128
09-400 Toruń

PGE Zakład Energetyczny Białystok SA
Ul. Świętojańska 12
15-082 Białystok

Warunki przyłączenia małych elektrowni wiatrowych można uzyskać w w/w zakładach.

9. Podsumowanie

Dynamiczny rozwój instalacji wiatrowych w naszym kraju i wzrost zainteresowania tego typu rozwiązaniami ze strony potencjalnych inwestorów był inspiracją do powstania tego opracowania. Opracowanie to jest skierowane do odbiorców, którzy chcą poznać nie tylko teoretyczne podstawy pozyskiwania energii wiatrowej, ale przede wszystkim możliwości techniczne stosowanych rozwiązań przeznaczonych dla instalacji na różnym poziomie pozyskiwania energii, w tym także dla rozwiązań przewidzianych dla małych siłowni wiatrowych pozwalających zaspokoić potrzeby energetyczne na poziomie pojedynczego gospodarstwa domowego lub gospodarstwa rolnego.

Przedstawione opracowanie zawiera nie tylko przykłady stosowanych lub możliwych do zastosowania rozwiązań technicznych, ale także możliwości magazynowania uzyskanej w ten sposób energii, co w przypadku dużej zmienności podaży energii wiatrowej ma niebagatelne znaczenie.

W ostatnich kilku latach pojawiło się na świecie wiele rozwiązań konstrukcyjnych turbin wiatrowych zarówno z pionową jak i poziomą osią obrotu. Do postępu technologicznego w dziedzinie elektrowni wiatrowych przyczyniło się z jednej strony wzrastające zainteresowanie inwestorów energetyką wiatrową, z drugiej strony rosące możliwości technik projektowania, wytwarzania i technologii materiałowych.

Większość nowopowstających rozwiązań konstrukcyjnych bazuje na podstawowych typach turbin wiatrowych. W przypadku turbin z poziomą osią obrotu są to wirniki śmigłowe jedno-, dwu-, trzy- lub wielopłatowe, w przypadku turbin

z pionową osią obrotu: wirniki Savoniusa lub Darrieusa oraz różnego rodzaju modyfikacje tych konstrukcji.

W grupie urządzeń przydomowych, o stosunkowo niewielkiej mocy, coraz szerzej stosowane są silniki wiatrowe o pionowej osi obrotu. Ich podstawowymi zaletami są m.in. niewielkie koszty produkcji, prosta budowa, brak konieczności ustawiania w kierunku wiatru, cichobieżność.

Rzeczywisty rozwój technologiczny w zakresie siłowni wiatrowych stwarza możliwości budowania instalacji przetwarzających energię wiatru na energię użyteczną. Przedstawione powyżej koncepcje rozwiązań systemowych uzyskiwania z wiatru energii w formie użytecznej dla odbiorcy stanowią tylko część możliwych rozwiązań. Podejście prezentowane przez autorów opracowania wyodrębniające w systemach bloki funkcjonalne zapewnia możliwość niezależnych prac badawczych w obrębie bloków funkcjonalnych a następnie łączenie ich w celu uzyskania żądanej formy energii użytecznej. Podział na bloki funkcjonalne pozwala również na budowę systemów wytwarzających zróżnicowane formy energii użytecznej np. elektryczną i energię mechaniczną (pompowanie wody do podlewania upraw lub powietrza do napowietrzania zbiorników wodnych), jak również magazynowanie nadwyżek energii w różnych formach.

Literatura

1. Ekoland, *Dane techniczne turbiny wiatrowej C-100*, udostępniono on-line na www.ekoland4.com/wiatrowe_ce100.html.
2. Eneco, *Elektrownie wiatrowe wykorzystujące efekt Magnusa – dane techniczne turbiny wiatrowej ACOWIND A-63*, artykuł udostępniono na <http://elektrownie-wiatrowe.org.pl>
3. European Patent Office, <http://v3.espacenet.com>
4. Franković B., Vrsalović I. 2001. *New high profitable wind turbine*. Renewable energy 24 (2001) 491-499
5. Jagodziński W. 1959. *Silniki wiatrowe*. PWN Warszawa
6. Klugman-Radziemska W. 2006. *Odnawialne źródła energii. Przykłady obliczeniowe*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
7. Latko A., Latko A. 2007, *Analiza warunków wiatrowych dla potrzeb energetycznych*, EMPIRIA. www.windhunter.com.pl/latko.pdf
8. Lewandowski M.W., *Proekologiczne źródła energii odnawialnej*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002
9. Miąskowski W., Góralczyk A.: *Prace badawcze dotyczące przydomowych siłowni wiatrowych i niskospadowych pikoturbin wodnych. Modelowe kompleksy agroenergetyczne jako przykład kogeneracji rozproszonej opartej na lokalnych i odnawialnych źródłach energii*. Olsztyn 2009
10. Miąskowski W., Nalepa K., Pietkiewicz P., M. Wilamowska-Korsak, 2009 *Analiza warunków wiatrowych w aspekcie produkcji energii w przydomowych siłowniach wiatrowych*. Nr arch. 92/09 IMP PAN, Gdańsk
11. Nalepa K. 2007, *Możliwości wykorzystania energii wiatru*. Białystok <http://www.paze.pl>
12. Polak A., Baranski M., 2006, *Porównanie turbin wiatrowych*, Katowice Zeszyty Problematyczne – Maszyny Elektryczne Nr 74/2006
13. RePower 5M. 2007 – broszura informacyjna produktu 5M firmy RePower systems
14. Soliński I. 1999. *Energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania energii wiatrowej*. WIG SMiE PAN. Kraków
15. Sung Nam Jung, Tae-Soo No, Ki-Wahn Ryu, 2005, *Aerodynamic performance prediction of a 30 kW counter-rotating wind turbine system*. Elsevier Ltd.
16. Śmigieński Z. 2007, *Zespół elektrowni Wiatrowych*. Wrocław
17. V52-850. 2007. *Vestas – broszura informacyjna produktu V52-850 firmy Vestas*.
18. V80-2.0MW 2007. *Vestas – broszura informacyjna produktu V80-2.0MW firmy Vestas*.
19. Dyrektywa 2001/77/EC. 2001. *O promocji energii elektrycznej wytwarzanej z odnawialnych źródeł energii na wewnętrznym rynku energii elektrycznej*, s. 2-3.
20. Dyrektywa 2003/87/EC. 2003. *Regulująca sposób wypełniania zobowiązań Unii Europejskiej wobec Protokołu z Kioto*, s. 2, pkt. 5.
21. Protokół z Kioto. 2005. *Zobowiązujący kraje rozwinięte do redukcji emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w latach 2008-2012 średnio o 5,2 % w stosunku do roku bazowego*,

a można go także uznać za dokument istotnie wpływający na ustawodawstwo dotyczące odnawialnych źródeł energii. Dz. U. z dnia 17 października 2005 r., s. 2-3, art. 2,3.

22. Zielona Księga COM(2000)769. 2000. *Ku europejskiej strategii bezpieczeństwa energetycznego (GREEN PAPER, A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy)*, s. 5, pkt. 2.

http://en.wikipedia.org/wiki/Darrieus_wind_turbine

<http://ww.superwind.com>

<http://ww.windhunter.com.pl>

<http://www.bergey.com/>

<http://www.eceo.org.pl>

<http://www.ecopowerusa.com/vawt.html>

<http://www.eko-moc.webpark.pl/wiatraki/pawlaka.html>

<http://www.elektrownie.tanio.net>

<http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl>

<http://www.gepower.com>

<http://www.gual-industrie.com>

<http://www.helixwind.com>

<http://www.pacwind.net/products.html>

<http://www.paze.pl>

<http://www.repower.de>

<http://www.ropatec.com>

<http://www.termodom.pl>

<http://www.tmawind.com>

<http://www.turby.nl>

<http://www.windharvest.com>

<http://www.windside.com>

<http://www.windturbinecompany.com/>

<http://www.wind-works.org/photos/PhotosVAWTs.html>

http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl/por_koncesje.htm

http://www.eko-moc.webpark.pl/wiatraki/magnusa_efekt1.html



Wojewódzki Fundusz Ochrony
Środowiska
i Gospodarki Wodnej

