

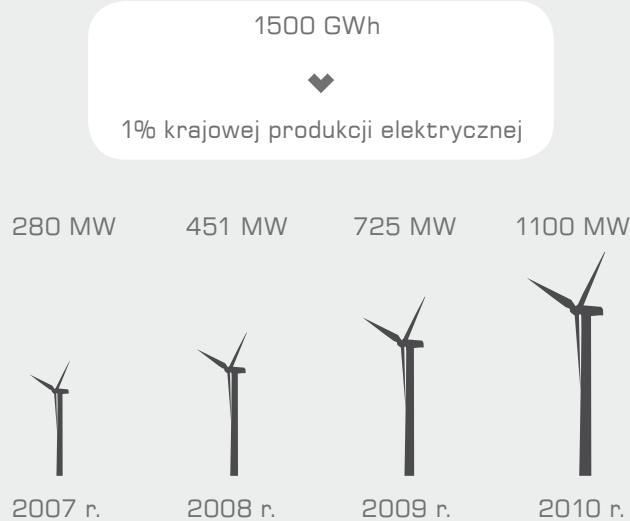
## 1 / ENERGIA ELEKTRYCZNA Z WIATRU

## Stan obecny i perspektywy rozwoju

Wykorzystanie energii wiatru do wytwarzania energii elektrycznej jest najbardziej rozwiniętą technologią OZE rozpowszechnioną na całym świecie. Przewodzą w tej dziedzinie USA i Chiny, a w Europie Niemcy, Hiszpania i Dania. Łącznie w świecie na koniec 2010 r. zainstalowanych było 194 GW mocy elektrowni wiatrowych, w tym w Europie 86 GW, które wyprodukowały ok. 160 TWh energii elektrycznej. W niektórych krajach energia ta stanowi już znaczny udział w ogólnym zużyciu prądu, wynoszący w Danii 20%, w Hiszpanii 10%, a w Niemczech 7%. Montowane obecnie elektrownie wiatrowe o mocy 86 GW rocznie dysponują mocami jednostkowymi od 2 do 3 MW. Ze względu na kurczące się zasoby przydatnych powierzchni na lądzie coraz więcej dużych farm wiatrowych budowanych jest na akwenach morskich do 30 m głębokości.

W Polsce energetyka wiatrowa rozwijana jest od kilku lat i osiągnęła na koniec 2010 roku ponad 1100 MW mocy zainstalowanej, w których wytworzono ok. 1500 GWh energii, co stanowi ok. 1% wytwarzanej energii elektrycznej. Planuje się wybudowanie do 2020 roku ok. 7000 MW, w tym kilkaset na Morzu Bałtyckim. Morskie elektrownie wiatrowe projektowane dzisiaj posiadają moce od 3 do 5 MW.

## Energetyka wiatrowa w Polsce w 2010 roku



Moc nominalną elektrownie wiatrowe osiągają przy prędkościach wiatru powyżej 12 m/s. Ponieważ wiatry wieją z różnymi prędkościami w różnych porach dnia i roku, osiągając średnią roczną prędkość w granicach 6÷7 m/s, uzysk energii z elektrowni wiatrowych wynosi od 20% do 30% możliwości nominalnych.

## Zasada działania elektrowni wiatrowych

Elektrownia wiatrowa (wiatrak), wykorzystując energię wiatru, która wprawia w ruch obrotowy wirnik wyposażony w łopaty, przetwarza energię mechaniczną wirnika na energię elektryczną w różnego typu generatorach prądu (prądnicach). Mogą to być prądnice prądu stałego lub zmiennego – synchroniczne i asynchroniczne.

Przetwarzanie energii kinetycznej wiatru w energię elektryczną w sposób ogólny można opisać następującym wzorem:

$$P = c_p \cdot \eta_m \cdot \eta_{el} \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A$$

gdzie:

$P$  – moc wiatraka

$c_p$  – współczynnik zamiany energii wiatru w energię mechaniczną

$\eta_m$  – sprawność mechaniczna wirnika przekładni i mechanizmów pomocniczych

$\eta_{el}$  – sprawność elektryczna generatora, przetworników, transformatorów itp.

$\rho$  – gęstość powietrza zależna głównie od temperatury i wilgotności

$v$  – prędkość wiatru

$A$  – powierzchnia omiotana przez łopaty wirnika.

Jak widać we wzorze największe znaczenie ma prędkość wiatru, która występuje w trzeciej potęgze, co ma ogromne znaczenie dla mocy wiatraka. Wystarczy porównać  $5^3$  i  $6^3$ , co daje liczby 125 i 216 różniące się od siebie o 73% podczas gdy różnica pomiędzy 5 i 6 jest tylko 20%.

Podobnie duży wpływ ma długość łopaty, która występuje w kwadracie średnicy okręgu omiatanego przez łopaty:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Zmiana średnicy wirnika z 5 do 6 m, czyli o 20% powoduje wzrost pola o 44%.

Współczynnik wykorzystania energii wiatru  $C_p$ , którego wartość teoretyczna (zwana granicą Betza), może wynosić 59,3 % zależy od konstrukcji łopat wirnika. Współczesne wiatraki osiągają  $C_p$  powyżej 50%. Przy czym mniejsze mają wartości  $C_p$  mniejsze, a dla większych wiatraków  $C_p$  jest większe.

Sprawność mechaniczna wynosi zwykle blisko 99%, natomiast sprawność elektryczna 96–97%, przy czym dla małych wiatraków może to być tylko 60–70%.

Konstrukcje wiatraków wyposażone są w różne systemy kontroli prędkości oraz hamulce na wypadek zbyt silnych wiatrów. Rozwiązania te mają wpływ na pracę oraz wytwarzany hałas.

Pierwsza farma wiatrowa w województwie pomorskim została zbudowana w gminie Gniewino k. Lisewa. Farma składa się z 14 turbin wiatrowych o mocy 0,6 MW każda.



Lokalizacja farmy wiatrowej / Źródło: materiały własne



Farma wiatrowa o mocy 8,4 MW / Źródło: materiały własne

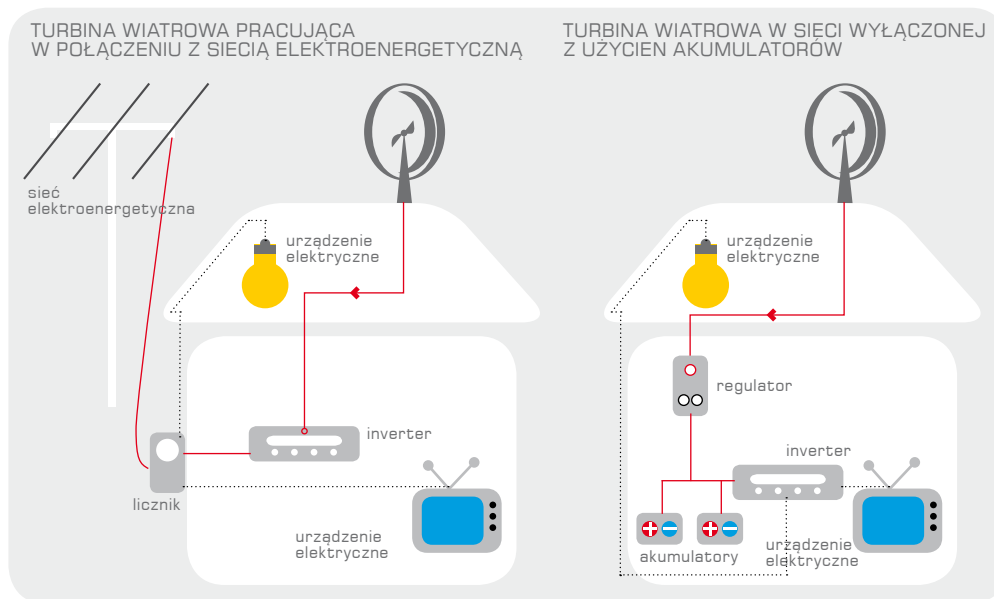


## Małe elektrownie wiatrowe

Oprócz dużych elektrowni wiatrowych bardzo popularne staje się budowanie przydomowych elektrowni wiatrowych o małych mocach, zwykle do 3 kW. Takie wiatraki mogą być instalowane na niewielkich masztach, zwykle wzmocnionych odciągami linowymi, lub są montowane bezpośrednio do ścian lub dachów domów. Energia elektryczna uzyskiwana z tych wiatraków w ilości 1500 do 2500 kWh na rok z 1 kW mocy zainstalowanej z powodzeniem może pokryć zapotrzebowanie na energię elektryczną gospodarstwa domowego pod warunkiem, że nadmiar energii będzie magazynowany w akumulatorach lub oddawany do sieci elektroenergetycznej, a niedobór pokrywany z akumulatorów lub sieci. Wygodnym rozwiązaniem jest współpraca wiatraków z ogniwami fotowoltaicznymi. W wielu krajach instalacje takie wyposażone są w liczniki energii elektrycznej obracające się w obydwie strony, pozwalając na kompensacyjne rozliczanie się z dostawcą energii. Ze względu na bardzo pozytywny wpływ takich instalacji na środowisko coraz więcej krajów dotuje tego typu mikrogeneracje energii, zachęcając obywateli do wykorzystania Odnawialnych Źródeł Energii, co wpływa na zmniejszenie potrzebnych mocy w energetyce scentralizowanej, obniżanie strat przesyłu i redukcji emisji CO<sub>2</sub> oraz pomaga w wypełnianiu zobowiązań międzynarodowych redukcji gazów cieplarnianych. Można przyjąć, że 1,5 miliona wiatraków po 2 kW każdy to jeden blok elektrowni węglowej lub jądrowej o mocy 700 MW mniej.

## Przykłady zastosowania

Na rysunku i zdjęciu poniżej przedstawiono możliwości zastosowania małych wiatraków w domach jednorodzinnych oraz blokach mieszkalnych i biurowych. Typowa instalacja składa się z regulatora pracy wiatraka, akumulatorów, inwertera DC/AC i licznika energii.



Źródło: materiały własne



Źródło: [theenvironmentalblog.org](http://theenvironmentalblog.org)

## Uzasadnienie ekonomiczne

Ceny instalacji wiatraka z regulatorami i inwertorem zależą od ich klasy i kształtują się od 15000 zł do 20000 zł za 1 kW mocy.

Wiatrak o mocy 1 kW może średnio wytworzyć 1750 kWh energii elektrycznej. Przyjmując czas pracy wiatraka 20 lat, wytworzy on 35000 kWh energii.

Dzieląc średni koszt inwestycji 17500 zł przez 35000 kWh będziemy mieli energię po 50 gr za 1 kWh. Jest to koszt porównywalny do dzisiejszych cen energii. A trzeba wiedzieć, że cena energii elektrycznej będzie rosła, chociażby z tego względu, że jest wytwarzana głównie w elektrowniach opalanych węglem, którego użycie skutkuje produkcją 1t CO<sub>2</sub> na 1 MWh energii elektrycznej i będzie podlegała obowiązkowej opłacie za tę emisję.

KOSZT WIATRAKA	PRODUKTYWNOŚĆ 20 LETNIA	CENA JEDNOSTKI ENERGII
zł	kWh	zł / kWh
17 500	35 000	0,5

Państwo zobowiązało się do promowania energetyki z OZE i wspiera tę produkcję poprzez system zielonych certyfikatów, za które producent zielonej energii (nawet na potrzeby własne) ma prawo uzyskać ekwiwalent w postaci opłaty wynoszącej w tym roku 270 zł/MW. Za wytworzenie 35 MWh należy się więc 9450 zł. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby tę kwotę wesprzeć inwestycję w mały wiatrak na początku. Państwo dysponuje takimi możliwościami, chociażby z pieniędzy uzyskiwanych z handlu emisjami CO<sub>2</sub>. Podobne rozwiązania zastosowano już poprzez dotacje z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej do instalacji termicznych kolektorów słonecznych.

## 2 / ENERGIA Z BIOMASY

### Co to jest biomasa?

Wśród odnawialnych źródeł energii największe znaczenie odgrywa biomasa. Jest łatwa do pozyskania, powszechnie dostępna, a jej zasoby można odtworzyć. Była pierwszym wykorzystywanym przez ludzkość paliwem i wciąż jest szeroko stosowana.

Według definicji Unii Europejskiej biomasa oznacza podatne na rozkład biologiczny frakcje produktów, odpady i pozostałości przemysłu rolnego (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, jak również podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich (Dyrektywa 2001/77/WE).

Biomasę można wykorzystywać na cele energetyczne w różny sposób:

- bezpośrednie spalanie biomasy (np. drewna pod różną postacią, słomy, osadów ściekowych)
- przetwarzanie biomasy na paliwa ciekłe, np. estry oleju rzepakowego, alkohol
- przetwarzanie biomasy na paliwa gazowe, np. biogaz rolniczy, biogaz z oczyszczalni ścieków, gaz wysypiskowy, gaz drzewny.

### Porównanie biomasy i paliw kopalnych

Energetyczna ocena biomasy, na tle konwencjonalnych paliw, dotyczy przede wszystkim wartości opałowej, zawartości wilgoci, popiołu i części lotnych.

Szeroki przedział wilgotności biomasy oraz jej mała gęstość energetyczna<sup>2</sup> to mankamenty tego paliwa. Stwarzają one pewne problemy techniczne, utrudniają transport i magazynowanie. Jednakże, przetworzone paliwa z biomasy, takie jak pelety i brykiety, mankamentów tych nie posiadają. Mają one bardzo jednorodną charakterystykę pod względem wartości energetycznej, są dostępne w wygodnych opakowaniach ułatwiających ich transport i przechowywanie.

<sup>2</sup> Gęstość energetyczna – ilość energii znajdującej w określonej objętości lub masie.