

BADANIA MOCY SŁABYCH WIATRÓW JAKO ALTERNATYWNEGO ŹRÓDŁA ENERGII

Adam S. LEBIEDOWSKI

*Joint Research Center of European Commission, Institute for the Protection and the Security of the Citizen
Via E. Fermi 1, 21020 Ispra (VA) Italy, e-mail: adam.lebiedowski@jrc.it*

Streszczenie: Artykuł analizuje możliwości pozyskiwania energii ze słabych wiatrów o prędkościach od 2.0 do 5.0 m/s do zastosowań w indywidualnych gospodarstwach domowych. Analizie poddano szereg rozwiązań turbin wiatrowych zbliżonych konstrukcyjnie do idei turbiny Savoniusa. Na podstawie przeprowadzonych badań określono ilość energii jaką można uzyskać i następnie wykorzystać w gospodarstwie domowym.

Słowa kluczowe: energia odnawialna, energetyka wiatrowa, źródła energii niekonwencjonalnej, elektrownie wiatrowe o pionowej osi obrotu

1. WSTĘP

Słabe wiatry o prędkości od 2.0 do 5.0 m/s nie wzbudzają zainteresowania entuzjastów pozyskiwania z tego źródła alternatywnej, odnawialnej energii. Wiatry te uznawane są za zbyt słabe do wykorzystania ich mocy w przetwornicach zwłaszcza wiatrowych turbinach przemysłowych.

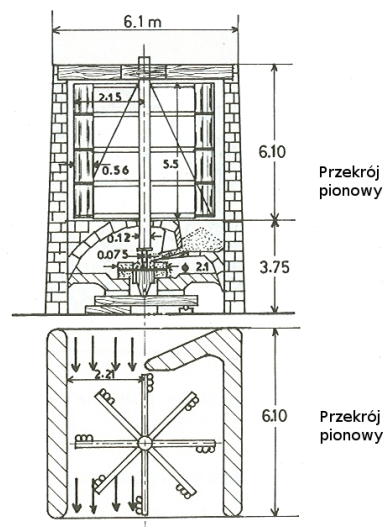
W przemysłowych turbinach wiatrowych, najczęściej o wale poziomym, przetwarzana jest energia wiatrów wiejących na wysokościach od 8 do 40 m i więcej nad poziomem terenu, a więc z warstwy w której chropowatość terenu obszarów ekspozycyjnych jest stabilna. W przypadku wiatrów słabych opory przepływu powietrza szczególnie na wysokości od 2 do 8 m nad powierzchnią są tłumione szorstkością podłoża, co wywołuje dodatkowo turbulencje, a także pojawianie się stref stagnacyjnych. Nie mniej, wiatry te są nośnikiem energii, która w określonych warunkach może być przedmiotem zainteresowania użytkowego.

W warunkach Polskich, wiatry słabe, silne i bardzo silne – powyżej 10 m/s występują nieregularnie szczególnie na obszarze Wielkopolski i Pomorza Zachodniego a także Śląska Opolskiego i Pogórza Karpackiego gdzie czas ich występowania w wielu miejscach jest niższy od 40 dni w ciągu roku. Na przeważającej powierzchni obszaru Polski

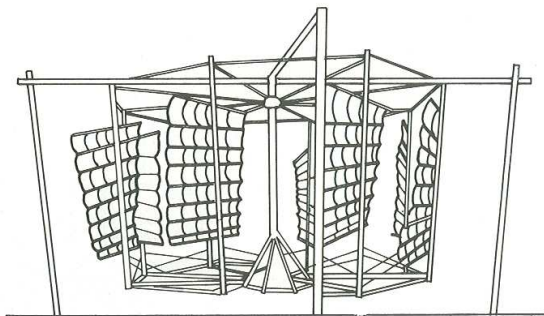
wiatry słabe o prędkości powyżej 2 m/s występują przez okres od 70 do 50% dni w roku [1].

Do przetwarzania energii słabych wiatrów w energię użytkową – elektryczną, najlepiej nadają się turbiny wiatrowe o wale pionowym. Turbiny te najczęściej obecnie utożsamiane są z konstrukcją zaprojektowaną przez Savoniusa lub Darrieusa [2]. Turbiny te, o odpowiednio przystosowanej konstrukcji mogą jednak przetwarzać w energię użytkową wiatry o prędkości od 1.5 m/s.

Prosta konstrukcja oraz łatwe, często możliwe nawet bezpośrednie przenoszenie momentu obrotowego w tych turbinach na prace użytkową spowodowało, że były one już stosowane w starożytności. Przykładem tego są spotykane ruiny młynów wiatrowych do mielenia ziarna na obszarze śródziemnomorskim, a nawet w Persji i w Chinach (Rys 1-1 i 1-2).

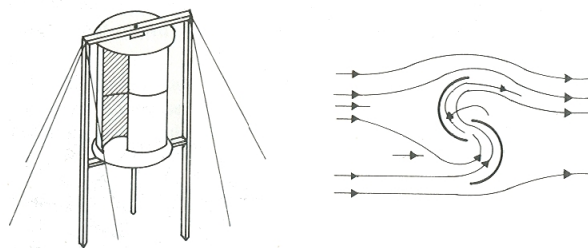


Rys. 1-1. Antyczny wiatrak perski [2]
Fig. 1-1. Ancient Persian wind mill [2]



Rys. 1-2. Chiński wiatrak o osi pionowej [2]
Fig. 1-2. Chinese vertical axis wind mill [2]

Klasyczny, we współczesnym rozumieniu, model turbiny o wale pionowym zaprojektowany przez J.S. Savoniusa powstał w 1924r i został opatentowany w 1929r. Jego idee przedstawia rys 1-3 [2].



Rys. 1-3. Wirnik turbiny Savoniusa [2]
Fig. 1-3. Savonius rotor [2]

Na bazie tej formy podstawowej do dnia dzisiejszego zaprojektowano wiele pochodnych rozwiązań konstrukcyjnych. Niektóre z nich doczekały się rozpowszechnienia, a także zostały obwarowane zastrzeżeniami patentowymi. Nie wnikając w szczegóły niuansów rozwiązań konstrukcyjnych, teorię podstawową przekształcania energii wiatru w tych urządzeniach w użyteczną moc energii proekologicznej, można wyprowadzić z podstaw fizyki i mechaniki cieczy.

2. ZALEŻNOŚCI WYJŚCIOWE DO USTALANIA MOCY STRUMIENIA WIATRU W TURBINACH O WALE PIONOWYM

W turbinach wiatrowych o wale pionowym, typu zaproponowanego przez Savoniusa, napór powietrza na łopatki wirnika powoduje zmianę kierunku prędkości na dopływie i odpływie strumienia powietrza. Najbardziej korzystną jest sytuacja kiedy kierunek strumienia przy przepływie przez turbinę nie zmienia kierunku i tej zasadzie podporządkowane są wszystkie współczesne konstrukcje turbin.

Napór na łopatki turbiny jest równy sile \vec{W} jaką strumień powietrza działa na ich powierzchnię ustawioną w linii działania wiatru.

Wielkość tego naporu można określić stosując „zasadę ilości ruchu”, lub zasadę równości PĘDU i POPEĐU każdej wydzielonej masy tego strumienia.

Ogólnie, zasadę tę można opisać równaniami:

$$P\dot{E}D = d(m\vec{v}) = \vec{W}dt = POPEĐD \quad (2-1)$$

lub dalej:

$$\vec{W} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2-2)$$

Jeżeli swobodny strumień powietrza o przekroju A działa na powierzchnię łopatki wirnika z prędkością v , to objętościowe natężenie przepływu:

$$Q = A \cdot v \quad [\text{m}^3 \text{ m/s}]; \quad [\text{m}^3/\text{s}],$$

a więc:

$$Wdt = \rho Qvdt \quad (2-3)$$

gdzie: ρ – gęstość powietrza $[\text{kg}/\text{m}^3]$,
Po uproszczeniu,

$$W = \rho Qv \quad (2-4)$$

albo

$$W = \rho A v^2 \quad (2-5)$$

Ciśnienie wywołane prędkością napływu strugi powietrza poruszającej się z prędkością v można również wyrazić zależnością na wysokość prędkości:

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \quad [\text{m}]$$

Wprowadzając tę zależność do równania (2-5):

$$W = 2\rho g A h_v \quad [\text{kg m/s}^2] \quad (2-6)$$

Iloczyn ρg jest ciężarem właściwym γ materii strumienia wiatru $[\text{kg}/\text{m}^2\text{s}^2]$ lub $[\text{N}/\text{m}^3]$. Dlatego równanie (2-6) można też zapisać następująco:

$$W = 2\gamma A h_v \quad [\text{N}] \quad (2-6a)$$

Z zależności powyższej wynika, że siła swobodnego strumienia powietrza działająca na nieruchome skrzydło turbiny wiatrowej, ustawionej prostopadle do kierunku strumienia, jest równa ciężarowi słupa powietrza o podstawie przekroju strumienia i podwójnej wysokości prędkości (ciśnienia).

3. IDEALNA TURBINA SAVONIUSA

Konstrukcja idealnej turbiny Savoniusa przedstawia rys 1-3. Kształt skrzydeł turbiny – półkolisty o promieniu równym lub większym od połowy średnicy turbiny zapewnia teoretycznie nieskrępowany przepływ strumienia powietrza, przy którym wartość $\cos\alpha=-1$, czyli $\alpha=\pi=180^\circ$. Dla tego warunku, spełnione jest równanie określające związek współczynnika mocy turbiny C_p , w funkcji stosunku prędkości obwodowej wirnika v_R do prędkości strumienia wiatru v_W . Związek ten ma postać niepełnego równania kwadratowego o następujących parametrach:

$$C_p = f(\lambda) = -0.3656 \left(\frac{v_R}{v_W} \right)^2 + 0.6505 \left(\frac{v_R}{v_W} \right) = -0.3655\lambda^2 + 0.6505\lambda \quad (3-1)$$

Powyżej: $C_p = \frac{P_T}{P_W}$ a $\lambda = \frac{v_R}{v_W}$

P_T – moc turbiny [kg m²/s³]

$$P_T = \rho A (v_W - v_R)^2 \cdot v_R (1 - \cos \alpha) \quad (3-2)$$

Dla $\alpha = \pi = 180^\circ$:

$$P_T = 2\rho A (v_W - v_R)^2 \cdot v_R \quad (3-2a)$$

P_W – moc strumienia wiatru [kg m²/s³]

$$P_W = \frac{1}{2} \rho A v_W^3 \quad (3-3)$$

Obraz graficzny matematycznej-funkcyjnej zależności $C_p=f(\lambda)$ idealnej turbiny Savoniusa przedstawia rys 3-1. Moc turbiny przy określonej wartości v_W można ustalić z zależności:

$$P_T = \frac{1}{2} \rho C_p A v_W^3 \quad (3-4)$$

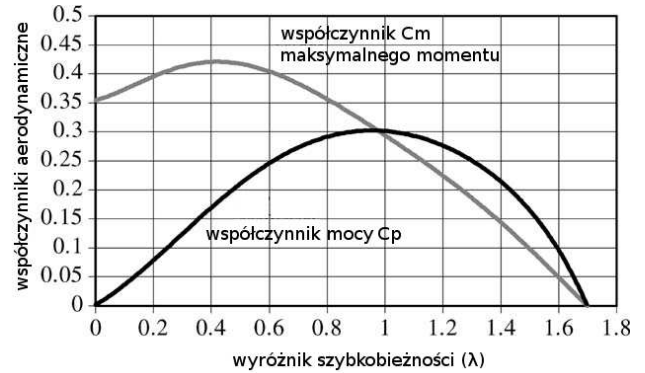
natomiast maksymalny moment określa zależność:

$$M = \frac{1}{2} \rho C_m R A v_W^2 \quad (3-5)$$

w której: C_m – jest współczynnikiem maksymalnego momentu turbiny, a R – promieniem turbiny.

Pomiędzy współczynnikiem mocy C_p a C_m istnieje związek:

$$C_p = C_m \cdot \lambda \quad (3-6)$$



Rys. 3-1. $C_p=f(\lambda)$ i $C_m=f(\lambda)$ idealnej turbiny Savoniusa [2]
Fig. 3-1. $C_p=f(\lambda)$ and $C_m=f(\lambda)$ of ideal Savonius rotor [2]

Z rys. 3-1 wynika, że maksymalnej wartości współczynnika C_m odpowiadają wartości λ mieszczące się w przedziale od 0.2 do 0.6, podczas gdy największa moc turbiny uzyskuje się dla wartości λ z przedziału od 0.9 do 1.1.

Przy analizie charakterystyki $C_p=f(\lambda)$ turbin doświadczalnych wykres funkcji przedstawiony na rys 1-3 musi być brany pod uwagę jako macierz porównawcza umożliwiająca określenie obszaru osiąganego momentu. Wykres ten nie precyzuje wartości bezwzględnej prędkości wiatrów, przy których pokonywana jest bezwładność turbiny. Można jednak stwierdzić, że dla każdej konstrukcji turbiny i wartości v_W w przedziale 1.0-5m/s istnieje liniowy związek funkcyjny pomiędzy v_R^2 a v_W . Z tego związku możliwe jest ustalenie kryterialnej prędkości wiatru od której testowana konstrukcja turbiny zacznie być sprawna energetycznie.

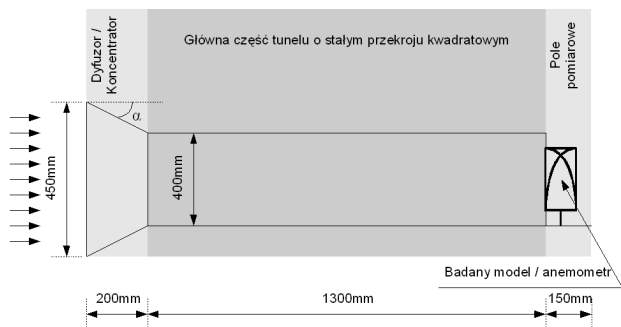
Warunek ten można ująć następująco:

$$f(v_R^2) = f(bv_W) = 0 \quad (3-7)$$

4. INTERPRETACJA WYNIKÓW BADAN KONSTRUKCJI TURBIN WIATROWYCH O WALE PIONOWYM

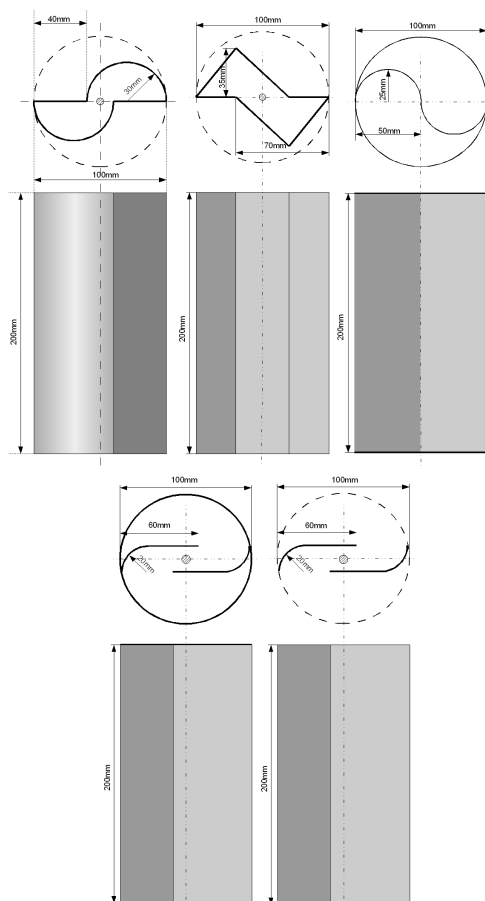
W celu przesłedzenia parametrów pracy różnych konstrukcji turbin przetestowano 5, autorskich modeli: od M1 do M5, o identycznych kubaturach zewnętrznych obudowy klatki wirnika. Na rys. 4-1 pokazany został schemat tunelu naprowadzającego strumień powietrza (wiatru) do pola pomiarowego testowanych turbin, a na rys. 4-2 przedstawiono schematy konstrukcji turbin. Do pomiaru prędkości wiatru użyto anemometru typu Kaindl Windmaster 2, rotacyjnego o konstrukcji czaszowej. Do pomiaru prędkości obrotowej i określenia v_R zastosowano silnik z cyfrowym miernikiem częstotliwości Voltcraft VC820, który umożliwił pomiar częstotliwości obrotu wirnika w Hz. Pomiarów dokonywano w czasie 5 minut – 300s, otrzymując dla każdorazowo ustabilizowanego strumienia

powietrza średni wynik wartości obrotów z 300 odczytów (1 odczyt na sekundę).



Rys. 4-1. Schemat tunelu naprowadzającego strumień powietrza Fig. 4-1. Wind turbine diagram

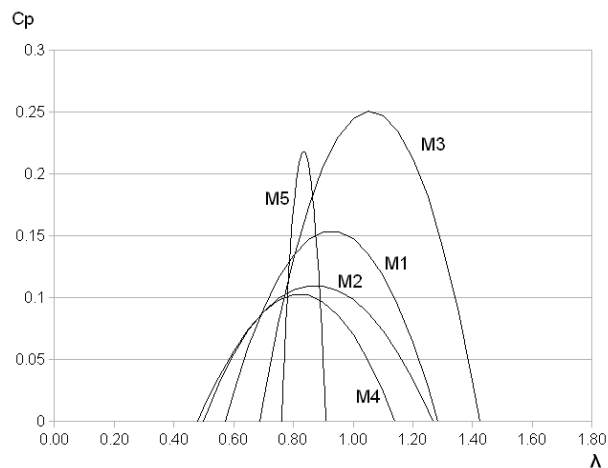
Na rys. 4-3 przedstawiono wykresy zależności funkcyjnych $C_p=f(\lambda)$ testowanych modeli.



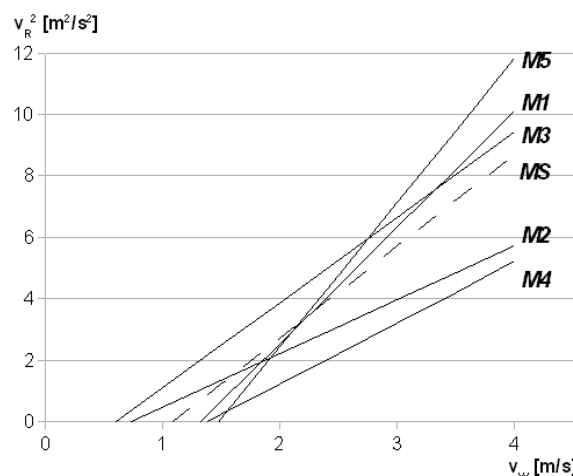
Rys. 4-2. Schematy badanych modeli turbin (M1 do M5) Fig. 4-2. Different types of tested wind rotors (M1 to M5)

W celu określenia kryterialnej wartości prędkości wiatru v_{wm} pokonującego bezwładność każdej z testowanych

konstrukcji, wyniki pomiarów zinterpretowano zgodnie z zależnością (3-7) i przedstawiono w formie graficznej w układzie $v_R^2=f(v_W)$ (rys. 4-4 i tabela 4-1).



Rys. 4-3. Zależności funkcjonalnych $C_p=f(\lambda)$ testowanych modeli Fig. 4-3. $C_p=f(\lambda)$ characteristics of wind rotors under test



Rys. 4-4. Zbiorczy wykres zależności $(v_R^2)_0 = f(v_W)$ dla testowanych modeli turbin M1 do M5: $(v_R^2)_0=b_m v_W - a_m$ Fig. 4-4. Cumulative characteristics $(v_R^2)_0 = f(v_W)$ for M1 to M5 rotor model: $(v_R^2)_0=b_m v_W - a_m$

Na podstawie rysunku 4-3 można wnosić, że konstrukcja najbardziej sprawną w przetwarzaniu prędkości wiatru v_W w użyteczną moc był model M3. Posiadał on też stosunkowo niski moment bezwładności, bo teoretyczna prędkość przy której się pojawiał, pokonując opory mechaniczne, wymagała prędkości wiatru v_{wm} rzędu 0.6m/s (tabela 4-1). Bardziej inertyjne od konstrukcji turbiny M3 były modele M4 i M5. Najmniej mobilną konstrukcją z testowanych egzemplarzy turbin okazał się model M5. Kryterialna prędkość rozruchu tej turbiny związana z pojawieniem się momentu obrotowego występowała dopiero przy prędkościach wyższych od 1.48m/s.

Bliską tej wartości prędkość wiatru v_{wm} stwierdzono też w przypadku turbiny M1, ale jednocześnie biorąc pod uwagę generowanie prędkości obwodowej v_R , model ten cechowała duża inercja porównywalna z modelem M4.

Konstrukcyjnie podobnymi modelami, spośród badanych, były modele M1 i M3 oraz M4 i M5. Model M1 i M3 były konstrukcyjnie zbliżone do klasycznego modelu turbiny Savoniusa z tym, że wirnik modelu M1 był otwarty bez tarczy dolnej i górnej. To prawdopodobnie powodowało, że model M3 miał niższy moment rozruchowy, chociaż jednocześnie jego masa była większa w porównaniu z konstrukcją M1. Analogiczne, różnice konstrukcyjne występujące w przypadku pary turbin M4 i M5. Model M5 posiadał tarczę dolną i górną, zamykającą klatkę wirnika, co powodowało lepsze przenoszenie momentu niż w dużo mniej sprawnej konstrukcji otwartej wirnika M4, którego wydajność mocy była porównywalna z modelem wirnika otwartego M2.

Tabela 4-1. Kinetyczne właściwości testowanych turbin
Table 4-1. Kinetic characteristics of tested rotors

| L.p. | Parametry wskaźnikowe badanych modeli turbin | | | | |
|------|--|--------|-----------|----------|---------|
| | model | b_m | a_m | v_{wm} | m |
| | - | m/s | m^2/s^2 | m/s | kg |
| 1 | M1 | 3.7816 | 5.02 | 1.33 | 0.01973 |
| 2 | M2 | 1.75 | 1.2828 | 0.73 | 0.01726 |
| 3 | M3 | 2.777 | 1.68 | 0.60 | 0.03149 |
| 4 | M4 | 2.00 | 2.776 | 1.39 | 0.01431 |
| 5 | M5 | 4.697 | 6.954 | 1.48 | 0.02062 |
| 6 | MS | 2.997 | 3.27 | 0.92 | - |

Dla celów porównawczych na rys. 4-4 naniesiono także charakterystykę $v_R^2=f(v_w)$ dla idealnej konstrukcji turbiny Savoniusa MS. Wykorzystano przy jej odtwarzaniu równanie (3-1), ustalając dla kolejnych wartości v_w od 1.5 do 4.0m/s wartości v_R i v_R^2 . Po przekształceniu zależności (3-1) określono v_{RS} z równania:

$$v_{RS} = 1.5373C_p \cdot v_w + 0.562v_w \cdot \lambda^2 \quad [m/s] \quad (4-1)$$

Ponieważ prezentowany w literaturze klasycznej wirnik Savoniusa posiada zamkniętą dwiema tarczami klatkę wirnika, to za reprezentatywną wartość C_p przyjęto wielkość $C_p=0.28$, jako najczęściej powtarzającą się w testowanych modelach a λ^2 odczytano z wykresu rys. 3-1, jako równą $\lambda^2=0,5476$.

Dla tych wartości i v_w od 1.5 do 4.0m/s spełniona jest również zależność liniowa:

$$(v_{RS}^2) = 2.977v_w - 3.27 \quad [m^2/s^2] \quad (4-2)$$

a moment rozruchowy turbiny może wystąpić przy $v_{wm}>0.92m/s$.

Generowany od tej prędkości moment obrotowy i energia są jednocześnie prawie identyczne jak w przypadku testowanego modelu M3.

5. PODSUMOWANIE

W obszarze występowania prędkości wiatrów powyżej 2.0m/s, wszystkie testowane modele osiągały znamionowe parametry, co pozwala oczekiwać, że również w warunkach technicznych powinno się uzyskać w pełni satysfakcjonującą ich sprawność energetyczną, szczególnie kiedy przenoszenie momentu obrotowego na wirnik prądnicy będzie bezpośrednie. Przy stosowaniu pośredniego przenoszenia prędkości obrotowej – poprzez przekładnię, moment obrotu ulegnie osłabieniu w wyniku dodatkowych oporów ruchu. Wówczas, ustalone wstępnie, wartości prędkości podane w tabeli 4-1 ulegną pogorszeniu. Na opory rozruchu turbiny w każdym przypadku, oprócz oporów właściwych charakteryzowanych graniczną wartością $(v_R^2)_0$, będą miały wpływ opory własne prądnicy oraz wspomniane wyżej opory przenoszenia napędu – przekładni; jeżeli będzie się ją stosowało w warunkach technicznych. Stosowanie rozwiązań technicznych, przenoszenia napędu na prądnicę wymaga jednak dalszych odrębnych badań. Podobnie innych dociekań badawczych, wymaga ustalenie całego zakresu sprawności turbin w funkcji: $C_p=f(\lambda)$; chociaż już obecnie można stwierdzić, że uzyskane związki współzależności tych parametrów, analitycznie opisane funkcją wielomianu, wskazują na położenie punktów sprawności turbin w lewym wysoko eksponowanym obszarze charakterystyki $C_p=f(\lambda)$. W przypadku zastosowań turbin o wymiarach geometrycznych 3 razy większych i zachowania proporcji średnicy wirnika D do wysokości turbiny H jak 1:2, można, przykładowo uzyskać dla turbiny M1 i $v_w=2.5m/s$

oraz $C_p = \frac{P_T}{P_W}$ równe: 0.102 więc:

$$P_T=C_p \cdot P_W=0.102 \cdot 7.5=0.765W.$$

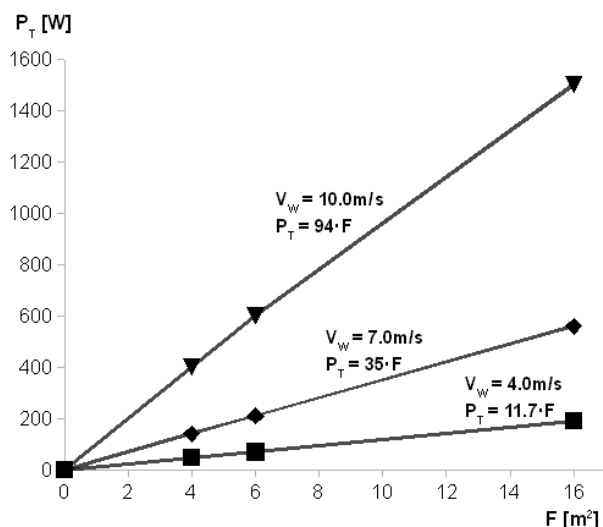
Zakładając dalej pracę takiej turbiny przez 70% dni w ciągu roku to można oczekiwać, że uzyska się nie więcej niż:

$$0.765 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0.7=4691Wh=4.691kWh.$$

energii elektrycznej użytkowej. Ilość tej energii będzie stanowiła około 0.66% zużycia jej przez statystycznego mieszkańca Polski w okresie rocznym przyjmując, że zużycie to wynosi około 0.7MWh/Ma [3], czyli około 2kWh/Md.

Należy jednak też zwrócić uwagę, że do podanego wyżej przykładu dobrano niską prędkość v_w , a także turbinę o

niewielkich wymiarach geometrycznych. Na moc użytkową turbiny obok prędkości strumienia wiatru ma przede wszystkim wpływ powierzchnia robocza wirnika proporcjonalna, jak wiadomo, do jego średnicy i wysokości. Moc turbiny, wg badań francuskich [2] przeanalizowanych i zinterpretowanych przez autora, jest proporcjonalna do powierzchni czynnej wirnika i zależy od prędkości wiatru v_w . Zależności te ilustruje rys. 5-1.



Rys. 5-1. Wpływ powierzchni czynnej wirnika na moc turbiny przy różnych prędkościach wiatru

Fig. 5-1. Rotor active swept area impact on the power produced by the wind turbine

Na podstawie tych samych wyników badań wykonanych przez badaczy francuskich [2] autor dokonał również analizy wpływu masy turbiny na jej moc w zależności od szybkości wiatru.

Dla wiatraków o prędkości strumienia równego 4m/s wartość mocy użytecznej P_{U4} może być wyrażona zależnością liniową:

$$P_{U4} = 0.0857m + 18.6 \quad [\text{W}] \quad (5-1)$$

w której:

P_{U4} – moc turbiny w watach,

m – masa turbiny w kg.

Analogiczna zależność dla mocy strumienia wiatru o szybkości 7m/s – P_{U7} , może być opisana zależnością:

$$P_{U7} = 0.257m + 45.8 \quad [\text{W}] \quad (5-2)$$

a dla strumienia wiatru o szybkości 10m/s:

$$P_{U10} = 0.944m + 112.4 \quad [\text{W}] \quad (5-3)$$

W omawianym przypadku geometryczny kształt klatki wirnika odbiegał od typowych konstrukcji przypisywanych Savoniusowi. Stosunek średnicy do wysokości lo-

kował się bowiem od 1:1 do 1:1.5. Powierzchnie czynne wirników wynosiły od 4 do 16m², a masa ich wahała się od 400 do 2000kg. Były to więc konstrukcje o dużych gabarytach, typu przemysłowego.

W przeciętnym polskim gospodarstwie domowym zapotrzebowanie na energię wynosi około 4.8kWh/d. Tę ilość energii zużywa np. 10 żarówek energooszczędnych (każda po 20W) lub 200 żarówek diodowych nowej generacji, każda po 1W, palących się przez 24h na dobę. W gospodarstwie energię elektryczną zużywa się na różne cele, a na oświetlenie należy przewidywać nie więcej niż 25% jej ogólnego zużycia.

Również produkcja energii przy użyciu turbin wiatrowych nie jest równomierna, tak więc do jej magazynowania niezbędne będą akumulatory. Przy zapotrzebowaniu 4.8kWh/d należy zakładać następującą ich pojemność:

4.8kWh : 0.6 = 8kWh – zakładając rozładowanie akumulatorów do 60% ich pojemności.

Uwzględniając współczynnik sprawności akumulatorów równy 0.85, niezbędna skorygowana pojemność wyniesie: 8kWh : 0.85 = 9.5kWh.

Zakładając przerwy pomiędzy ładowaniami 48h (1 dzień ładowania – 2 dni bez ładowania), niezbędna, niezawodna pojemność, będzie równa: 9.5kWh·3 = 28.5kWh. W zależności od napięcia które może być: 12, 24, 48V, będzie potrzebne zainstalowanie akumulatorów: 2375Ah, 1185Ah lub 594Ah. Według [4] (ogólnie dostępnej publikacji edukacyjnej jednego z producentów energii elektrycznej), cztery osoby w gospodarstwie domowym zużywają 1.2kWh/d energii na oświetlenie (przez 6h na dobę), wówczas pojemność akumulatorów przy napięciu 12V powinna być równa:

$$1.2\text{kWh} : 0.6 = 2 : 0.85 = 2.35 \cdot 3 = 7\text{kWh} : 12 = 600\text{Ah}$$

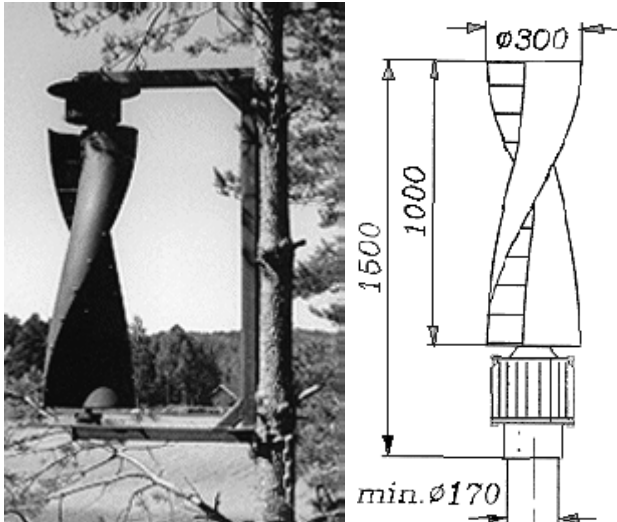
Do produkcji tej ilości energii można zastosować 4 turbiny wiatrowe o mocy 10W o powierzchni czynnej rzędu 0.9m² np. o średnicy 0.6m i wysokości 3m.

Niektórzy wytwórcy przemysłowi turbin, o wale pionowym, oferują instalacje generujące 50W – 1.2kWh/d przy średniej prędkości wiatru 6.0m/s. Wirniki tych turbin posiadają wymiary: D=1.02m:H=2.0m. Przy prędkości wiatru 10m/s moc turbiny osiąga wartość nawet 200W. W warunkach polskich wiatry o prędkości $\geq 10\text{m/s}$ występują tylko przez 10 do 50 dni w okresie rocznym [5], ale mogą być brane pod uwagę jako czynnik gwarantujący dodatkową akumulację energii. Produkowane obecnie seryjnie turbiny małej mocy typu Savoniusa o powierzchni roboczej wirnika 0.15m² (D=300:H=500mm) i przy prędkości wiatru 4m/s generują moc 2W, a turbina o powierzchni roboczej 0.3m² (D=300:H=1000mm) w tych samych warunkach wietrzności pozwalają na produkcję mocy 4W.

Przy prędkości wiatru równej 6m/s moc tych turbin wzrasta odpowiednio do 5 i 10W. Przyjmując średnią prędkość wiatrów słabych w Polsce rzędu 4m/s, turbina o powierzchni 0.15m² zapewnia produkcję energii, w okresie

półrocznym, równą 8760Wh, a o powierzchni 0.3m² 17520Wh.

Zaletą tych konstrukcji jest stosunkowo niewielka masa rzędu 50kg i mogą być one montowane na wyodrębnionych stanowiskach np. na słupach (rys. 5-2) bądź bezpośrednio na budynkach (rys. 5-3) [6]. Wówczas też instalacje te nie wyróżniają się tak znacząco w pejzażu w przeciwieństwie do turbin o wale poziomym, tak obecnie preferowanych przez energetykę przemysłową.



Rys. 5-2. Turbina o wale pionowym zamontowana na wsporniku przymocowanym do słupa: moc od 2 do 40W, wydajność przy wietrze zmiennym od 3 do 10m/s [5]

Fig. 5-2. VAWT mounted to the wooden mast: 2 to 40W of power in changing wind conditions from 3 to 10m/s [5]

Ponieważ w Polsce ponad połowa gospodarstw domowych, spośród ponad 8 milionów, to gospodarstwa i siedliska rolne z reguły o niskim zapotrzebowaniu na energię, to należy uznać, że spopularyzowanie turbin wiatrowych, szczególnie o wale pionowym, tam gdzie sprzyjają temu warunki lokalizacji, i to zarówno w miastach, jak i na obszarach wiejskich, może być w pełni uzasadnione.

Energia w ten sposób pozyskana, jeżeli nie w 100% to nawet w 20% może być wykorzystana w odbiornikach małej mocy. Ponadto, szczególnie uzasadnione będzie spopularyzowanie takich rozwiązań na obszarach chronionego krajobrazu i przyrodniczo cennych. W wielu przypadkach ekspozycja turbin jako instalacji proekologicznych nie emitujących hałasu może w krajobrazie naturalnym stać się dodatkowo atrakcyjna, przyciągając zainteresowanie agro i ekoturystyków.

Z punktu widzenia proekologicznego i ochrony środowiska naturalnego turbiny o wale pionowym zbliżone konstrukcyjnie do idei turbiny Savoniusa, instalowane na wysokości do 8m nad terenem, posiadają następujące zalety:



Rys. 5-3. Turbina o osi pionowej typu Winside [5] wkomponowana w zabudowę na terenie chronionego krajobrazu
Fig. 5-3. Winside's VAWT [5] mounted on the building in the protected area

- nie przyczyniają się do trwałego zszpecenia krajobrazu,
- nie są źródłem uciążliwego hałasu,
- nie przeszkadzają normalnemu bytowania fauny rodzimej,
- mogą być wbudowane w bryłę zabudowy mieszkalnej bądź stanowić odrębny element małej architektury zwiększających często atrakcyjność bazy agroturystycznej,
- wydajność mocy tych instalacji może być łatwo dostosowana do zapotrzebowania na energię przez powielenie liczby jednostek,
- instalowanie i nadzór konserwatorski takiej instalacji nie wymaga angażowania profesjonalnej obsługi i sprzętu ze względu na prostotę konstrukcji,
- turbiny jako źródło indywidualnego zaopatrzenia w energię elektryczną obniżają koszty własne – eksploatacyjne właścicieli,
- upowszechnienie stosowania indywidualnych elektrowni wiatrowych przyczynia się do poprawy czystości środowiska naturalnego przez obniżenie ładunku pyłów i szkodliwych gazów w atmosferze,
- koszty inwestycyjne przedsięwzięcia są nieporównanie niższe niż dostarczanie energii ze źródeł przemysłowych wymagających rozbudowy infrastruktury przemysłowej, transportowej i surowcowej.

Literatura

- [1] Lebiedowski A. S. - *Potencjalne niekonwencjonalne źródła energii wybranych obszarów Północnego Mazowsza*, Building Physics in Theory and Practice, Vol. II, Łódź 2007, str. 183-188
- [2] Le Gourieres D. - *Energie Eolienne, Theorie, conception et calcul pratique des installation*, Euroles, Paris, 1982
- [3] *Mały rocznik statystyczny GUS 2007*, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa, 2007
- [4] RWE Stoen - *Przełącz się na oszczędzanie*, Warszawa 2007
- [5] *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, Wyd. Głównego Geodety Kraju, Warszawa, 1997
- [6] Oy Windside Production Ltd - <http://www.windside.com>

EVALUATION OF THE LOW SPEED WINDS POWER AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY

Summary: This paper aims to demonstrate the possibility of production of useful electrical energy from the low speed winds, ranging from 2.0 to 5.0m/s. Several models of Savonius like vertical axis wind turbine had been tested. Based on the results, the amount of useful energy have been evaluated which can be extracted and used in the households equipped with the individual wind installations.