

# Lorenc, Halina

---

## Próba oceny zasobów energii wiatru w rejonie Wysoczyzny Płockiej

---

Notatki Płockie 39/3-160, 43-49

---

1994

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych [mazowsze.hist.pl](http://mazowsze.hist.pl).

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

- Płockiej Fundacji Promocji Nauki i Techniki i TNP,

- Ośrodka Naukowo-Dydaktycznego PW w Płocku.

Zadaniem w/w Zespołu byłoby opracowanie programu działań techniczno-ekonomicznych i prawnych w celu zbudowania EWi na terenie Wysoczyzny Płockiej.

### **Wnioski ogólne, warunkujące rozwój energetyki wiatrowej w Polsce:**

1. Powołanie wyspecjalizowanej jednostki gospodarczej, realizującej na zlecenie inwestora ocenę zasobów energii wiatru w miejscach lokalizacji elektrowni wiatrowej. Jednostka ta mogłaby powstać przy Zakładzie Meteorologii Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie.

2. Zobowiązanie wymienionej wyżej jednostki do systematycznego zbierania i publikowania danych dotyczących lokalnych zasobów energetycznych wiatru, a w dalszej perspektywie opracowania "krajowego atlasu wiatrów", z uwzględnieniem ukształtowania, zabudowy i szorstkości terenu.

3. Stworzenie krajowego ośrodka, systematycznie zbierającego dane o pracy i awaryjności EWi zasilających system elektroenergetyczny w Polsce i publikującego je, wraz z porównawczymi danymi zagranicznymi. Ośrodek ten mógłby ustalać rzeczywistą wydajność energetyczną EWi, analizując różne ich typy i producentów, obliczać dodatkowe zyski z braku emisji szkodliwych dla środowiska itp.

4. Powołanie Zakładów, przy Rejonach Energetycznych, zajmujących się energetyką odnawialną, których zadaniem byłaby pomoc w przygotowaniu i technicznej realizacji wniosków prywatnych inwestorów, w zakresie EWi i EW oraz wydawanie świadectwa tych elektrowni.

5. Ujednoczenie warunków technicznych włączenia EWi do sieci państwowej.

6. Ustawowe uregulowanie warunków sprzedaży energii z EWi Państwowym Zakładom Energetycznym.

7. Stabilne i jednoznaczne przepisy, dotyczące

warunków uzyskania zezwolenia na budowę EWi.

8. Opracowanie odpowiednich Polskich Norm z zakresu energetyki wiatrowej.

9. Preferencyjne warunki podatkowe dla producentów ekologicznie czystej energii (np. VAT, lub dotacje do ceny wyprodukowanej 1 kWh).

10. Uregulowanie działalności gospodarczej jednostek administracji państwowej (Zakłady Energetyczne), będących producentami i wykorzystujących energię ze źródeł odnawialnych.

11. Osiągnięcie wysokiego poziomu technicznego krajowych producentów EWi.

Opracowanie streszczeń referatów i dyskusji:

**doc. em. dr inż. Kazimierz Hapek**  
**prof. dr hab. inż. Janusz Pysiak**

### **Załącznik nr 1**

Zgodnie z przyjętym na Sympozjum wnioskiem nr 4, powołany został Zespół ds. Elektrowni Wiatrowych, który na swym pierwszym spotkaniu w dniu 15 września 1994 r. przyjął nazwę "Zespół ds. Odnawialnych Źródeł Energii". W skład zespołu weszli przedstawiciele niżej wymienionych zakładów i organizacji społecznych:

1. Petrochemia Płock S.A.
2. PERN "Przyjaźń" w Płocku
3. Zakład Energetyczny Płock S.A.
4. Ośrodek Naukowo-Dydaktyczny P.W. w Płocku
5. Płocka Fundacja Promocji Nauki i Techniki
6. Wydział Ochrony Środowiska UW w Płocku
7. Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Płocku
8. Fundacja Rozwoju Regionalnego i Poszanowania Energii w Płocku.

Przewodniczącym Zespołu został wybrany dr inż. Kazimierz Hapek - wiceprezes Płockiej Fundacji Promocji Nauki i Techniki.

**HALINA LORENC**

## **PRÓBA OCENY ZASOBÓW ENERGII WIATRU W REJONIE WYSOCZYZNY PŁOCKIEJ**

Poznanie zasobów energii wiatru i potraktowanie problemu w sposób poważny z ekonomicznego i ekologicznego punktu widzenia pozwoli, być może, odpowiedzieć na jedno z pytań, nękających decydentów zarządzających energetyką i środowiskiem naturalnym. Prognozy bowiem mówią, że:

- wzrastające zapotrzebowanie na nośniki energetyczne, a w konsekwencji na paliwo i energię doprowadzi do wyczerpania fizycznych zasobów paliw kopalnych, przy zapotrzebowaniu na poziomie roku 2000, w ciągu 50 lat,

- współczesny świat, w tym nasz kraj, w wyniku

nieracjonalnego wykorzystania energii, jest zagrożony antropogenicznymi zmianami klimatu prowadzącymi do zmiany składu atmosfery w stopniu bezprecedensowym.

Należy zatem dążyć do racjonalnej konsumpcji energii i zastępowania paliw kopalnych takimi źródłami energii, które są dla środowiska mniej szkodliwe i - zgodnie z zaleceniami Konferencji w Montrealu (1988 r.), w Sundvall w Szwecji (sierpień 1990) oraz ostatniej w Nairobi w Kenii (wrzesień 1991), poświęconych przewidywalnym skutkom zmian klimatu w wyniku efektu cieplarnianego spowodowanego nadmiarem emisji CO<sub>2</sub> - uznać za konieczne ograniczenie emisji dwutlenku węgla do 2005 r. o ok. 20%.

Powagę zagadnienia doceniła także konferencja ONZ - Środowisko i Rozwój, która odbyła się w Rio de Janeiro w czerwcu 1992 roku zalecająca wszystkim krajom wzmoczenie działań zmierzających do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> i innych tzw. gazów szklarniowych, w związku z prognozą globalnego ocieplenia klimatu. Z tego też powodu należy podjąć działania prowadzące do racjonalnego zużycia energii i jej oszczędzania oraz korzystania z bezpiecznych dla środowiska źródeł.

W rozwoju światowej energetyki nie można pominąć nie tylko wiatru, jako czystego i odnawialnego źródła energii, ale także i Słońca.

Śledząc rozwój ekonomiczny poszczególnych państw, można stwierdzić, że niezależnie od stopnia rozwoju gospodarczego, problem wykorzystania wiatru jako źródła energii stoi na czołowym miejscu. Przodują w tym tak wysoko rozwinięte gospodarczo kraje, jak Stany Zjednoczone (głównie wybrzeże kalifornijskie), Holandia - już tradycyjnie, a ostatnio głównie Dania, gdzie energia wiatru jest poważnym składnikiem bilansu energetycznego kraju.

Aby ocenić zasoby energii wiatru w skali każdego kraju - także Polski - zdeterminowanego położeniem geograficznym oraz kolejno czynnikami mniejszej skali, należy odpowiedzieć na pytanie: czy i jakie są możliwości wykorzystania wiatru, jako źródła energii?

A więc - czy istnieją w Polsce rejony, gdzie opłacałoby się wykorzystać wiatr dla celów energetycznych? Nie musi to być przecież cały kraj. Holandia użytkująca tę energię od wieków oraz ostatnio Dania, przodująca pod względem umiejętności wykorzystania wiatru w swoim kraju i eksportująca nie tylko myśl techniczną, ale kompletne urządzenia na cały świat, wykorzystują ją w rejonach pod tym względem uprzywilejowanych. Przed rozpoczęciem budowy rejony te są ponadto oceniane przez ekologów, i tylko w przypadku, gdy specjaliści stwierdzą, że: tereny nie są przewidziane do rekreacji, znajdują się z dala od osiedli ludzkich (jeśli cała farma - to szum) i nie leżą na trasie przelotu ptaków, instaluje się elektrownię wiatrową.

Przystępując do oszacowania energii wiatru w naszym kraju, założono, że materiałem wyjściowym muszą być przede wszystkim jednorodne, wieloletnie, obserwacje wiatru, które powinny być tak opracowane, by można je wykorzystać w trzech następujących fazach rozpoznania tego źródła energii:

I faza - ocena zasobów energii wiatru w skali całego kraju (mezoskala),

II faza - lokalizacja siłowni w rejonie uprzywilejowanym według oceny skali mezo,

III faza - ocena zasobów energii wiatru przy uwzględnieniu lokalnych warunków topograficznych w miejscu lokalizacji siłowni wraz z doбором mocy siłowni i optymalnej wysokości osi wirników.

Niniejsze wystąpienie (referat) poświęcony jest w zasadzie wszystkim trzem fazom. Prezentowane zostaną bowiem wyniki badań najpierw w mezoskali, by w konsekwencji móc ocenić zasoby energii wiatru w skali lokalnej za którą uważam Rejon Wysoczyzny Płockiej.

## Kilka słów wprowadzenia

Energia kinetyczna, z jaką strumień powietrza o prędkości  $v$  działa na powierzchnię  $F$  prostopadłą do niego wynosi:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad [\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (1)$$

gdzie:  $m$  - masa powietrza w kg;  $v$  - prędkość w  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , przy czym:

$$m = \rho \cdot F \cdot v \quad (2)$$

gdzie  $\rho$  - gęstość powietrza w  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Ponieważ  $m$  oznacza masę powietrza przepływającego przez przekrój poprzeczny  $F$  w ciągu 1 s, więc energia kinetyczna  $E$  jest równa mocy  $N$  strumienia powietrza.

Na podstawie zależności (1) i (2), otrzymujemy ogólny wzór określający moc powietrza przepływającego przez powierzchnię  $F$ :

$$N = \frac{\rho \cdot F \cdot v^3}{2} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} = \text{W}] \quad (3)$$

Moc strumienia przypadająca na jednostkę powierzchni prostopadłej do jego kierunku wynosi:

$$\frac{N}{F} = \frac{\rho \cdot v^3}{2} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-3} = \text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (4)$$

Mnożąc tę wielkość przez czas trwania  $t$  odpowiedniej prędkości wiatru, otrzymuje się wzór do obliczania na jednostkę powierzchni:

$$E = \frac{\rho \cdot v^3 \cdot t}{2} \quad [\text{J} \cdot \text{m}^{-2} = \text{W} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (5)$$

Ponieważ energię wyraża się zazwyczaj w kilowatogodzinach, należy dokonać odpowiednich przeliczeń, by w końcu otrzymać następujący wzór określający energię brutto:

$$E = \frac{\rho \cdot v^3 \cdot t}{2} \cdot 2,778 \cdot 10^{-7} \quad [\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (6)$$

Jest to energia, jaką niesie strumień powietrza w całym zakresie możliwych prędkości wiatru występujących w czasie  $t$ .

Jak wiadomo, prędkość wiatru jest proporcjonalna do drugiej potęgi wysokości nad powierzchnią ziemi. Przyrost prędkości zależy od szorstkości podłoża, prędkości wiatru oraz pionowego profilu temperatury powietrza (stanu równowagi).

Zależność prędkości wiatru od wysokości zazwyczaj przedstawia się za pomocą wzoru logarytmicznego lub potęgowego. Z literatury przedmiotu wynika, że wzór potęgowy jest wzorem empirycznym, dobrze zgadzającym się z wynikami pomiarów, w tym wykonanych na 200 - metrowym maszcie w rejonie Żarnowca, odpowiednio opracowanych przez autorkę.

W opracowaniu zastosowano wzór potęgowy Suttona (1953) w znanej postaci:

$$\frac{v_1}{v_2} = \left( \frac{z_1}{z_2} \right)^\alpha \quad (7)$$

gdzie  $v_1$  i  $v_2$  - prędkość wiatru odpowiednio na wysokości  $z_1$  i  $z_2$ ,  $\alpha$  - wykładnik potęgowy zależny od szorstkości podłoża, prędkości wiatru i czasu jego uśredniania.

Wzór ten jest szeroko stosowany w literaturze, przy czym najwięcej kontrowersji budzi wartość wykładnika potęgowego alfa. Przyjmowane są różne skale charakteryzujące szorstkość podłoża, od której zależy wartość tego wykładnika.

Uwzględniając warunki fizjograficzne oraz stopień zurbanizowania Polski, opracowano i przyjęto 6-cio stopniową skalę szorstkości.

Energia wiatru jest z kolei proporcjonalna do trzeciej potęgi prędkości. Do określenia tej energii na dowolnej wysokości zastosowano wzór (8), zgodnie z którym stosunek energii  $E_1$  na wysokości  $z_1$  do energii  $E_2$  na wysokości  $z_2$  wynosi:

$$\frac{E_1}{E_2} = \left( \frac{z_1}{z_2} \right)^{3\alpha} \quad (8)$$

gdzie  $E$  - energia wiatru w  $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$ ; pozostałe oznaczenia - jak we wzorze (7).

Przyjmując odpowiednie wartości wykładnika potęgowego dla wyróżnionych klas szorstkości terenu oraz znając energię wiatru na wysokości wiatromiery, można obliczyć energię wiatru na dowolnej wysokości z przedziału 10-100 m nad powierzchnią gruntu.

Stosując powyższe założenia metodyczne, oceniano zarówno prędkości wiatru, jak i jego energię w skali Polski w opraciu o obserwacje prędkości wiatru za okres 1966 - 1990 dla 62 stacji meteorologicznych. W wyniku szczegółowej analizy całości materiału, sklasyfikowano obszar Polski pod względem możliwości wykorzystania wiatru jako źródła energii.

### Wyróżniono sześć następujących klas:

- I - wybitnie korzystna
- II - korzystna
- III - dość korzystna
- IV - niekorzystna
- V - wybitnie niekorzystna
- VI - tereny wyłączzone - szczytowe partie gór.

Według tej klasyfikacji rejon Wysoczyzny Płockiej znajduje się w klasie II - "korzystnej" pod względem zasobów energii wiatru.

Klasę tę charakteryzują bowiem średnie roczne prędkości wiatru  $> 4 - 5$  m/s, a jego energia użytkowa w skali regionu wynosi  $> 1000 - 1500$  kWh/m<sup>2</sup>/rok.

Mając za sobą pierwszą fazę poznania zasobów energii w mezoskali, kolejnym krokiem powinna być faza oceny uwzględniająca lokalne warunki terenowe w rejonie Wysoczyzny Płockiej.

Problem ten w zasadzie rozwiązuje model duński o nazwie WAsP opracowany w ośrodku naukowym Riso w Kopenhadze.

A oto podstawowe założenia modelu WAsP. Model zawiera 5 podstawowych podprogramów:

- model szorstkości podłoża dla 12 kierunków,
- model ostoinięcia terenu przez różnego rodzaju przeszkody,
- model orograficzny (izohipsy są przenoszone z mapy topograficznej w zapisie cyfrowym),
- model analizy tzw. atlasu wiatru dla stacji meteorologicznej,
- model aplikacyjny, modyfikujący rozkład kierunków i prędkości wiatru na podstawie danych ze stacji meteorologicznej dla punktu wybranego do lokalizacji siłowni wiatrowej.

Na program WAsP składają się 4 bloki obliczenio-

we realizujące:

- 1) analizę podstawowych danych meteorologicznych,
- 2) generowanie danych do atlasu wiatru,
- 3) estymację warunków wiatrowych na podstawie "atlasu wiatru",
- 4) estymację potencjalnych zasobów energii wiatru, zasoby roczne, krzywa mocy dla siłowni o mocy turbin 25, 50, 100 i 180 kW.

W wyniku działania modelu uzyskuje się:

rozkład kierunków i prędkości wiatru dla punktu obliczonego metodą Weibulla wraz z parametrami rozkładu na podstawie danych meteorologicznych ze stacji meteorologicznej,

- taki sam rozkład dla dowolnie wybranego punktu w terenie w promieniu do 50 km od miejsca obserwacji,
- zasoby energii wiatru w rejonie stacji meteorologicznej,
- zasoby energii wiatru dla dowolnie wybranego punktu w terenie w odległości do 50 km od stacji meteorologicznej.

## Danymi wyjściowymi są:

I. Rozkład prędkości wiatru dla 12 kierunków oraz parametry rozkładu Weibulla dla 5 standardowych wysokości 10, 30, 50, 100 i 200 m nad powierzchnią gruntu, uwzględniający klasy szorstkości podłoża (w tym mapa topograficzna w skali 1:25000 lub 1:50000) oraz średnia roczna prędkość wiatru.

II. Wartości energii wiatru dla turbin o różnych mocach.

Na obszarze Wysoczyzny Płockiej zlokalizowana jest stacja meteorologiczna Płock - Trzepowo, w prawym wysokim brzegu Wisły, w odległości ok. 6 km od niej. Do naszych badań wykorzystano 11-letni jednorodny materiał obserwacji prędkości wiatru (1979-1990). W załączonych tabelach przytacza się wyniki obliczeń przy zastosowaniu programu WASP dla stacji meteorologicznej w Trzepowie, która reprezentuje przeciętne warunki fizjologiczne tego terenu.

W tabeli 1, 2, i 3 przytoczono obliczenia zasobów energii wiatru przy uwzględnieniu czynników lokalnych takich jak:

- orografia
- szorstkość terenu
- otoczenie stacji meteorologicznej

Na wys. 10 m nad poziomem gruntu wielkość energii wiatru wynosi 98 W/m<sup>2</sup>, a na wys. 30 m n.p.gr. - 231 W/m<sup>2</sup>.

Dla przykładu przytacza się także w tab. 4 i 5 obliczenia energii dla 2 turbin o mocy 95 i 225 kW na odpowiednich wysokościach. Otóż np. przy zastosowaniu duńskiej turbiny Tellus T-1995 (95kW), parametry wiatru i jego energii kształtują się następująco:

średnia roczna prędkość wiatru (wys. 29,2 m)-  
5, 5 m/s,  
energia - 198W/m<sup>2</sup>,  
moc - 166,6 MWh/rok,

Przy zastosowaniu turbiny Vestats V 27 (225 kW), parametry te są następujące:

średnia roczna prędkość wiatru (wys. 31,5 m)-  
5,6m/s,  
energia - 206 W/m<sup>2</sup>,  
moc - 402,5 MWh/rok,

Z całości przytoczonych danych wynika, że wstępne szacunki pozyskania energii wiatru w rejonie Wysoczyzny Płockiej są na tyle obiecujące, że można rozważać możliwość zainwestowania w całą farmę wiatrową.

Przed ostateczną decyzją należy jednak przeprowadzić wizję lokalną terenu przewidzianego pod lokalizację siłowni, wytypować optymalne miejsce i obliczyć programem WASP zasoby wiatru.

Summary of data in file : F:\PŁOCK.DAT

[per mille]

Number of observations : 32144

Observations skipped: 19

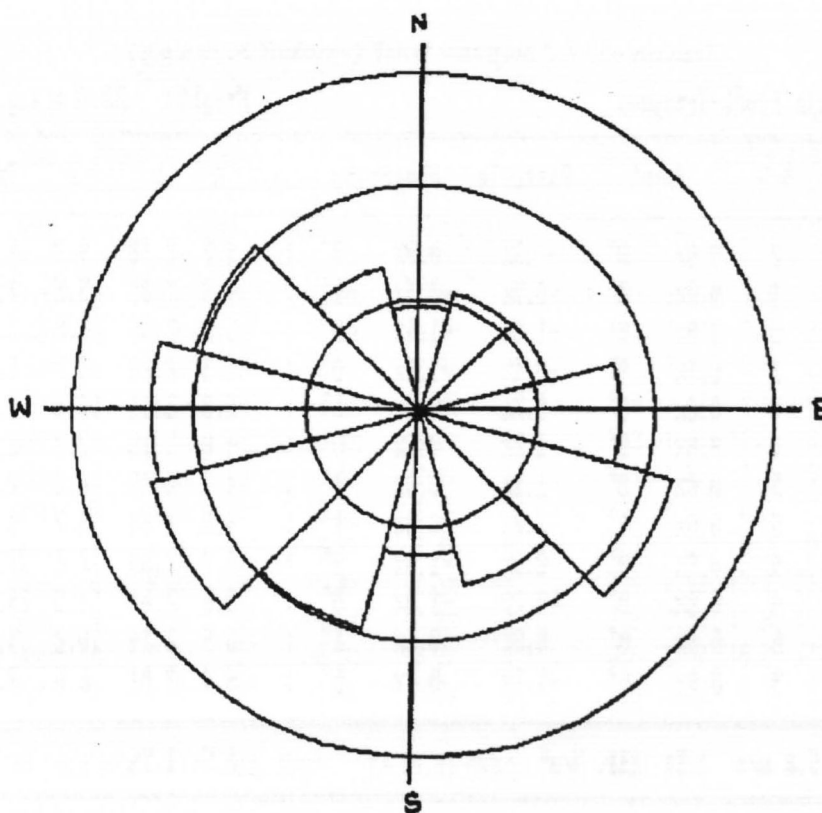
Number of reading errors: 0

Wind speed bin width: 1.0 m/s

Sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0:	4.7	83	146	274	285	146	74	38	22	10	2	0	0	0	0	3.6	1.91
30:	5.5	71	138	239	239	146	71	46	30	12	0	1	0	0	0	3.9	1.98
60:	5.6	70	121	220	226	163	114	50	27	6	3	0	0	0	0	4.0	2.18
90:	8.5	46	112	177	195	170	130	80	50	24	14	1	0	0	0	4.6	2.09
120:	11.2	35	122	195	180	154	125	76	52	34	25	2	0	0	0	4.6	1.94
150:	7.8	50	146	269	228	140	87	48	20	9	3	1	0	0	0	3.8	1.97
180:	6.2	63	150	258	221	151	83	43	20	11	1	0	0	0	0	3.8	2.03
210:	9.8	40	79	156	195	179	150	96	50	34	18	2	2	0	0	4.9	2.20
240:	12.1	32	42	79	127	148	161	132	119	73	65	15	6	1	1	6.3	2.41
270:	11.8	33	37	70	106	139	144	155	117	92	78	19	6	2	0	6.7	2.55
300:	10.3	38	69	154	211	155	145	89	60	37	32	9	1	1	0	5.0	1.97
330:	6.6	59	138	219	197	146	103	71	34	22	14	4	0	0	0	4.2	1.81
Total		47	98	175	185	153	123	86	59	37	28	6	2	0	0	4.8	1.89

Number of calms (included): 1502

Mean wind speed: 3.8 m/s



Graficzna róża wiatrów

Rezultaty obliczeń programu WAsP (wysokość 10 m n.p.g.)

Stacja Płock-Trzepowo						Height: 10.0 m a.g.l.			
Sect	Rch	Input	Obstacle	Orography	A	k	%	Ex	
0:	7	0.0%	0°	-3.5%	1.4%	-1°	:	3.7 1.90 4.7 2.0	
30:	4	0.0%	0°	-1.1%	-0.4%	-1°	:	3.9 1.89 5.5 2.8	
60:	5	0.0%	0°	-4.1%	-2.4%	-1°	:	4.0 2.13 5.6 2.8	
90:	2	0.0%	0°	-2.1%	-2.6%	1°	:	4.6 2.07 8.6 6.6	
120:	4	0.0%	0°	-0.4%	-0.8%	1°	:	4.6 1.91 11.0 9.4	
150:	4	0.0%	0°	-2.1%	1.2%	1°	:	3.8 1.95 7.9 3.7	
180:	5	0.0%	0°	-3.0%	1.4%	-1°	:	3.8 1.98 6.3 3.0	
210:	5	0.0%	0°	-11.5%	-0.4%	-1°	:	5.0 2.16 9.8 9.2	
240:	4	0.0%	0°	-12.3%	-2.4%	-1°	:	6.3 2.39 12.0 21.1	
270:	4	0.0%	0°	-12.1%	-2.6%	1°	:	6.6 2.52 11.7 22.9	
300:	6	0.0%	0°	-1.0%	-0.8%	1°	:	5.1 1.95 10.2 11.6	
330:	3	0.0%	0°	-1.6%	1.2%	1°	:	4.3 1.82 6.7 4.8	
M= 4.3 m/s E= 98. W/m²					4.9 1.92				

Tabela 13

Rezultaty obliczeń programu WAsP (wysokość 30 m n.p.g.)

Stacja Płock-Trzepowo						Height: 30.0 m a.g.l.			
Sect	Rch	Input	Obstacle	Orography	A	k	%	Ex	
0:	7	0.0%	0°	-2.3%	0.9%	0°	:	4.7 2.10 4.7 1.6	
30:	4	0.0%	0°	-0.7%	-0.3%	-1°	:	4.8 2.09 5.5 2.1	
60:	5	0.0%	0°	-1.0%	-1.6%	0°	:	5.3 2.35 5.6 2.6	
90:	2	0.0%	0°	-0.4%	-1.8%	0°	:	6.0 2.28 8.7 5.9	
120:	4	0.0%	0°	-0.2%	-0.6%	1°	:	5.8 2.11 11.0 7.2	
150:	4	0.0%	0°	-1.2%	0.7%	0°	:	4.8 2.15 7.7 2.9	
180:	5	0.0%	0°	-1.1%	0.8%	0°	:	4.7 2.19 6.2 2.1	
210:	5	0.0%	0°	-2.8%	-0.3%	-1°	:	6.8 2.38 9.7 9.4	
240:	4	0.0%	0°	-0.6%	-1.6%	0°	:	8.7 2.53 12.2 23.5	
270:	4	0.0%	0°	-0.2%	-1.8%	0°	:	9.6 2.61 11.9 29.9	
300:	6	0.0%	0°	0.0%	-0.6%	1°	:	6.5 2.14 10.2 9.3	
330:	3	0.0%	0°	-1.1%	0.7%	0°	:	5.4 2.01 6.6 3.6	
M= 5.8 m/s E= 231. W/m²					6.5 1.94				

Rezultaty obliczeń programu WAsP - turbina Vestas V25 (200 kW)

Stacja Płock-Trzepowo							Height: 30.8 m a.g.l.			
Sect	Rch	Input	Obstacle	Orography	A	k	%	P%		
0:	7	0.0%	0°	-2.2%	0.9%	0°	4.6	2.07	4.7	1.9
30:	4	0.0%	0°	-0.6%	-0.3%	-1°	4.7	2.06	5.5	2.4
60:	5	0.0%	0°	-0.9%	-1.6%	0°	5.1	2.36	5.6	2.9
90:	2	0.0%	0°	-0.4%	-1.7%	0°	5.9	2.31	8.6	6.7
120:	4	0.0%	0°	-0.2%	-0.6%	1°	5.7	2.11	11.0	8.2
150:	4	0.0%	0°	-1.1%	0.7%	0°	4.7	2.15	7.0	3.3
180:	5	0.0%	0°	-1.0%	0.8%	0°	4.6	2.17	6.2	2.4
210:	5	0.0%	0°	-2.6%	-0.3%	-1°	6.6	2.35	9.7	10.5
240:	4	0.0%	0°	-0.5%	-1.6%	0°	8.3	2.53	12.1	22.0
270:	4	0.0%	0°	-0.2%	-1.8%	0°	9.0	2.60	11.9	25.5
300:	6	0.0%	0°	0.0%	-0.6%	1°	6.3	2.13	10.2	10.2
330:	3	0.0%	0°	-1.1%	0.7%	0°	5.3	2.00	6.6	4.1
M= 5.6 m/s E= 204. W/m <sup>2</sup> P= 320.0 MWh/y					6.3	1.97				

Tabela 5

Rezultaty obliczeń programu WAsP - turbina Windane-12 (25 kW)

Stacja Płock-Trzepowo							Height: 17.0 m a.g.l.			
Sect	Rch	Input	Obstacle	Orography	A	k	%	P%		
0:	7	0.0%	0°	-3.6%	1.1%	0°	3.9	1.95	4.7	1.8
30:	4	0.0%	0°	-1.1%	-0.4%	-1°	4.1	1.94	5.5	2.6
60:	5	0.0%	0°	-3.2%	-2.0%	-1°	4.4	2.22	5.6	2.9
90:	2	0.0%	0°	-1.6%	-2.2%	0°	5.0	2.17	8.6	6.7
120:	4	0.0%	0°	-0.4%	-0.7%	1°	5.0	1.99	11.0	8.9
150:	4	0.0%	0°	-2.1%	0.9%	1°	4.1	2.03	7.9	3.6
180:	5	0.0%	0°	-2.6%	1.1%	0°	4.1	2.04	6.3	2.8
210:	5	0.0%	0°	-8.9%	-0.4%	-1°	5.5	2.22	9.7	9.7
240:	4	0.0%	0°	-5.4%	-2.1%	-1°	7.1	2.43	12.1	21.4
270:	4	0.0%	0°	-4.3%	-2.2%	0°	7.6	2.53	11.8	24.0
300:	6	0.0%	0°	-0.3%	-0.7%	1°	5.6	2.02	10.2	11.1
330:	3	0.0%	0°	-1.7%	0.9%	1°	4.6	1.88	6.7	4.5
M= 4.8 m/s E= 133. W/m <sup>2</sup> P= 34.41 MWh/y					5.4	1.92				