

# Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej



## Energetyka wiatrowa

Projekt elektrowni wiatrowej zlokalizowanej w miejscowości  
Wielisławicę, o mocy przyłączeniowej 27,48 GW dla zapewnienia  
zapotrzebowania gminy Strzelce Krajeńskie

Wykonali:  
Mikita Rymasheuski,  
Illia Petrykowets

Sprawdził: mgr inż. Grzegorz Szałas

Lublin 2023

## Spis treści

1. Dobór lokalizacji elektrowni wiatrowej .....	3
1.1. Uwarunkowania prawne .....	3
1.2. Uwarunkowania lokalne .....	3
1.3 Uzasadnienie wyboru lokalizacji .....	4
2. Warunki wietrzności wybranej lokalizacji .....	4
2.3. Analiza prędkości wiatru na podstawie Rozkładu Weibulla .....	10
3. Zapotrzebowanie na energię elektryczną .....	11
3.1 Zapotrzebowanie na energię elektryczną gminy Strzelce Krajeńskie według raportu za 2014 rok .....	11
4. Dobór turbiny wiatrowej .....	11
4.1. Warianty turbin wiatrowych .....	11
4.2. Porównanie wariantów według wybranych kryteriów .....	27
4.3. Uzasadnienie wyboru najlepszego wariantu .....	27
4.4. Obliczanie ilości turbin wiatrowych.....	27
5. Rozmieszczenie turbin wiatrowych .....	28
6. Analiza transportu turbin wiatrowych.....	30
7. Koszty związane z elektrownią wiatrową.....	34
8. Recykling .....	36
9. Podsumowanie i wnioski.....	36

## 1. Dobór lokalizacji elektrowni wiatrowej

Lokalizację elektrowni wiatrowej w miejscowości Wielisławice dobrano na podstawie Ustawy w zakresie budowy elektrowni wiatrowych (Dz.U. 2022 poz. 503) oraz miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego Gminy Strzelce Krajeńskie (Uchwała nr XXXIV/299/22 Rady Miejskiej w Strzelcach Krajeńskich z dnia 30 maja 2022 r.). Wzięto również pod uwagę czynniki atmosferyczne niezbędne do budowy elektrowni wiatrowej jakimi są prędkość wiatru. Musi ona być odpowiednio wysoka (najlepiej, aby wynosiła ona minimum 3 m/s) i spełniać wymogi danej turbiny, aby mogła wytworzyć wymaganą ilość energii. Kolejnym ważnym czynnikiem jest również dostęp do linii przesyłowej w okolicy, aby umożliwić wygodne podłączenie do nich elektrowni. Gmina Strzelce Krajeńskie posiada także dobrze rozwiniętą infrastrukturę drogową, która jest niezbędna do przewozów ciężarowych potrzebnych do montażu elektrowni oraz swobodnego dojazdu pracowników. Wielisławice posiadają wystarczającą wielkość pól, którą Rada Gminy chce przeznaczyć na budowę elektrowni wiatrowych. Gmina Strzelce Krajeńskie jest gotowa na inwestycje w zakresie elektrowni wiatrowych, co potwierdza wcześniej przytoczona Uchwała.

### 1.1. Uwarunkowania prawne

Według przytoczonych w punkcie powyżej aktów prawnych przyjęto następujące kroki co do konkretnej lokalizacji elektrowni wiatrowej w Gminie Strzelce Krajeńskie:

Odległość, w której mogą być lokalizowane oraz budowane elektrownie wiatrowe od budynków mieszkalnych oraz budynki mieszkalne od elektrowni wiatrowych:

- jest równa lub większa od dziesięciokrotności wysokości elektrowni wiatrowej mierzonej od poziomu gruntu do najwyższego punktu budowli, wliczając elementy techniczne, w szczególności wirnik wraz z łopatami (całkowita wysokość elektrowni wiatrowej). Dotyczy to także odległości elektrowni wiatrowych od obiektów chronionych i leśnych kompleksów promocyjnych.

Elektrownia wiatrowa musi spełniać wymagania techniczne oraz przyjęte standardy bezpieczeństwa, a także posiadać odpowiednie pozwolenia i certyfikaty.

Projekt sporządzono na podstawie ustaw:

- Ustawa o odnawialnych źródłach energii z dnia 20 lutego 2015 roku,
- Ustawa o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych z dnia 20 maja 2016 roku,
- Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z dnia 27 marca 2003 roku, - Ustawa o środowiskowych uwarunkowaniach działalności gospodarczej z dnia 27 kwietnia 2001 roku.
- Projekt planu gospodarki niskoemisyjnej dla gminy Strzelce Krajeńskie
- Uchwała nr XXXIV/299/22 Rady Miejskiej w Strzelcach Krajeńskich z dnia 30 maja 2022 r.

### 1.2. Uwarunkowania lokalne

Dopuszcza się zaopatrzenie w energię elektryczną z indywidualnych instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii (Uchwała nr XXXIV/299/22 Rady Miejskiej w Strzelcach Krajeńskich z dnia 30 maja 2022 r.)

Dopuszcza się lokalizację urządzeń infrastruktury technicznej, takich jak: transformatory, rozdzielnie i inne elementy infrastruktury technicznej niezbędne do prawidłowego funkcjonowania elektrowni wiatrowej.

### 1.3 Uzasadnienie wyboru lokalizacji

Gminę Strzelce Krajeńskie, która leży w województwie lubuskim charakteryzuje wysoki potencjał wiatrowy. Elektrownia wiatrowa wymaga stałego i wystarczająco silnego wiatru, aby generować wystarczającą ilość energii. Przeprowadzone analizy wykazały, że w miejscowości Strzelce Krajeńskie panują odpowiednie warunki wiatrowe.

Teren, który wybrano pod instalację turbin (Działki nr 080604\_5.0010.139/5, 080604\_5.0010.139/6, 080604\_5.0010.139/7) jest odpowiednio ukształtowany i umożliwi ich efektywną instalację. Jest on odpowiednio wyrównany i pozbawiony przeszkód, takich jak wzgórza, drzewa czy budynki, które mogłyby wpływać na efektywność działania turbin. Odległość turbin od zabudowań i wszelkie wymagania ustalone w Uchwale Gminy Strzelce Krajeńskie Projekt planu gospodarki niskoemisyjnej dla gminy Strzelce Krajeńskie są zachowane.

Lokalizacja elektrowni wiatrowej posiada łatwy dostęp do infrastruktury energetycznej, takiej jak sieć przesyłowa, która jest niezbędnym elementem, ponieważ elektrownia musi być podłączona do sieci energetycznej, aby przesyłać wygenerowaną energię do odbiorców.

Przy wyborze lokalizacji elektrowni wiatrowej przeprowadzono analizę środowiskową. Celem tego była minimalizacja negatywnego wpływu na środowisko naturalne, takiego jak ptaki migrujące, siedliska dzikich zwierząt czy krajobraz. Analiza środowiskowa wykazała, że budowa elektrowni wiatrowej nie spowoduje znaczących szkód dla środowiska.

W gminie Strzelce Krajeńskie budowa elektrowni wiatrowej na działkach nr 080604\_5.0010.139/5,6,7 nie wpłynie na otaczających mieszkańców, zarówno pod względem wizualnym, hałasowym jak i innych aspektach.

## 2. Warunki wietrzności wybranej lokalizacji

### 2.1. Pomiary rozkładu prędkości wiatru

Prędkość włączania się turbiny wiatrowej

$V=3$  m/s

Prędkość nominalna turbiny wiatrowej

$V_n=9,9$  m/s

Prędkość wyłączania się turbiny wiatrowej

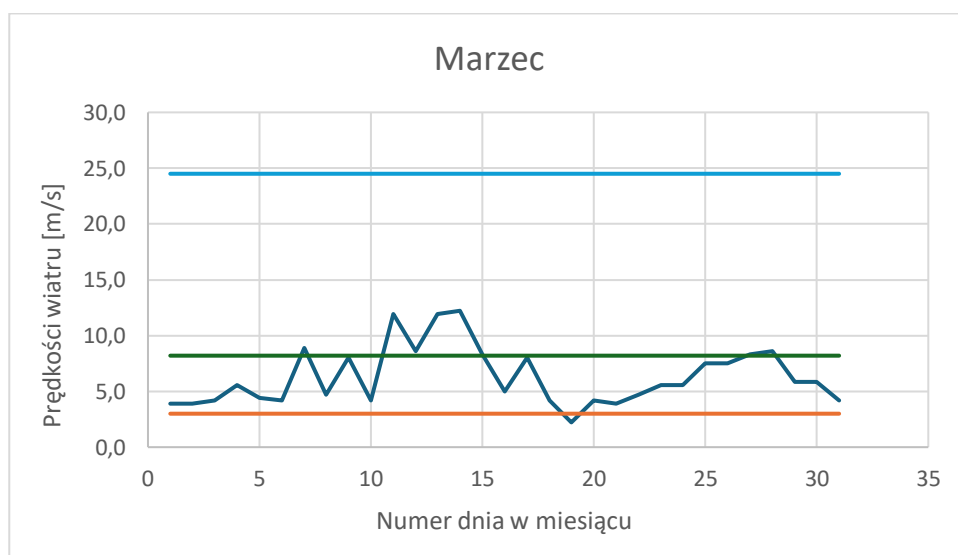
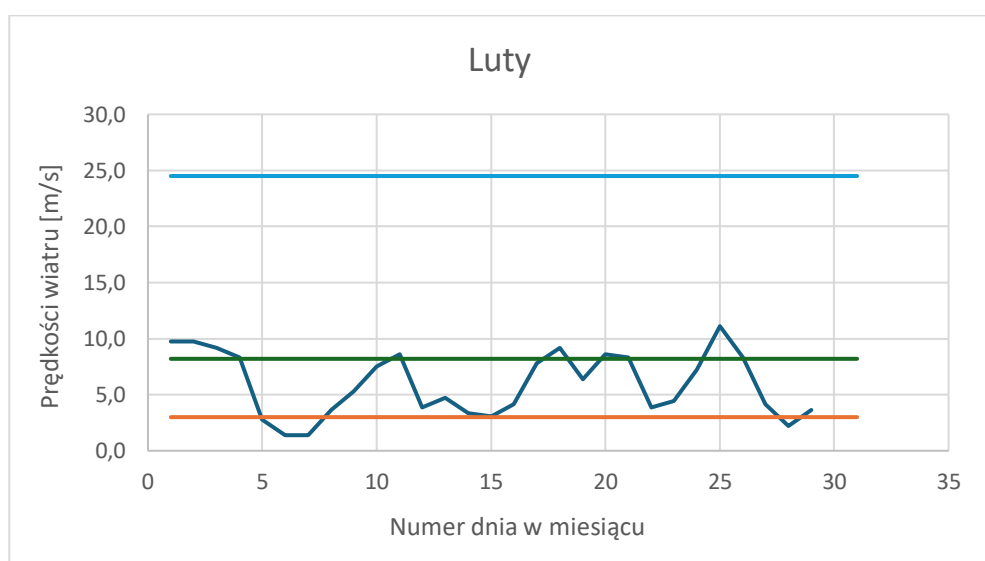
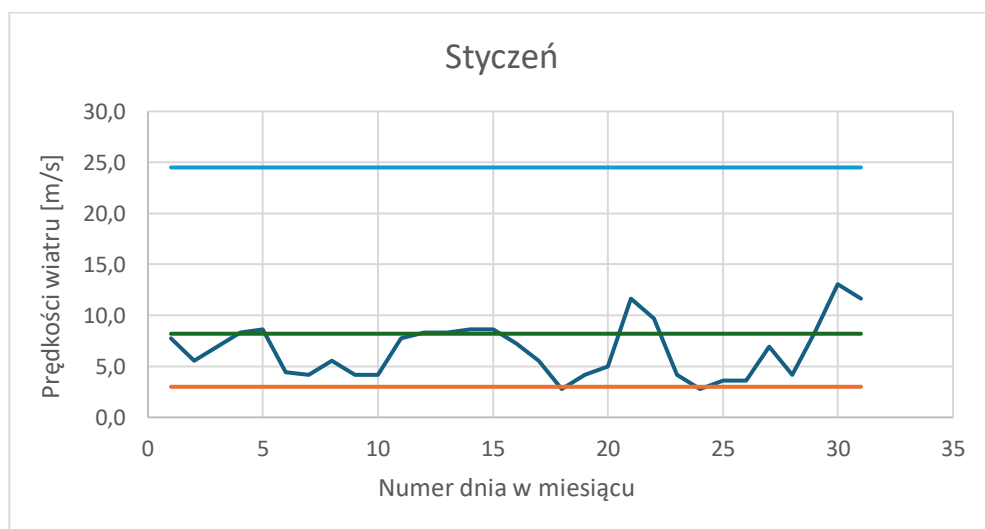
$V=24,5$  m/s

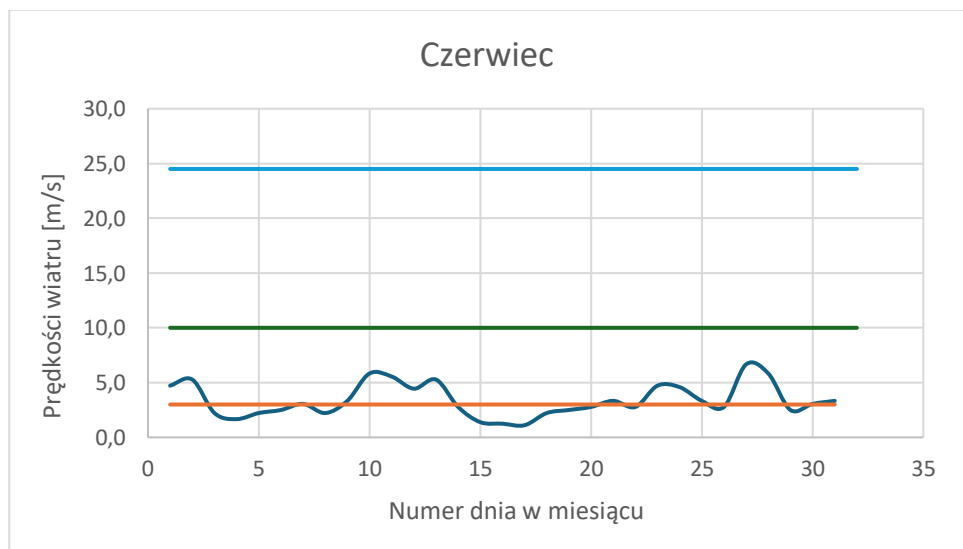
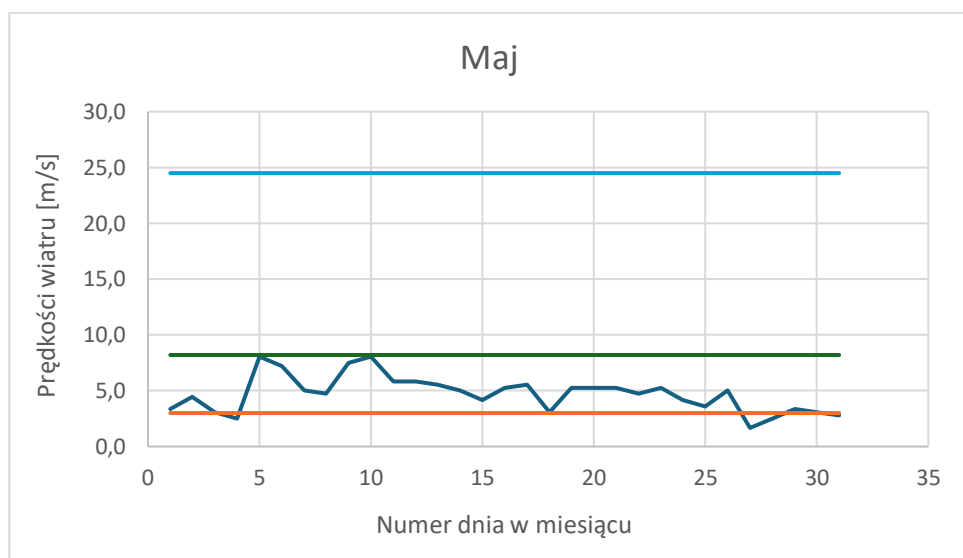
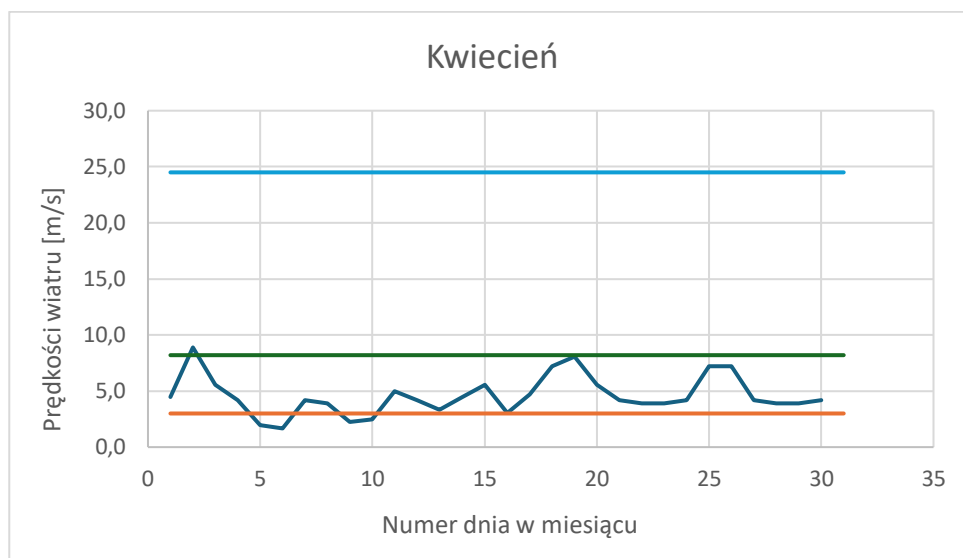
Tabela 1. Tabela przedstawiająca prędkości wiatru za każdy dzień w roku

Dzień miesiąca	Prędkości wiatru w każdym miesiącu [m/s]											
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień
1	7,8	9,7	3,9	4,4	3,3	4,7	3,9	5,6	4,7	3,6	4,7	4,4
2	5,6	9,7	3,9	8,9	4,4	5,3	7,8	6,1	2,2	4,2	4,7	5,0

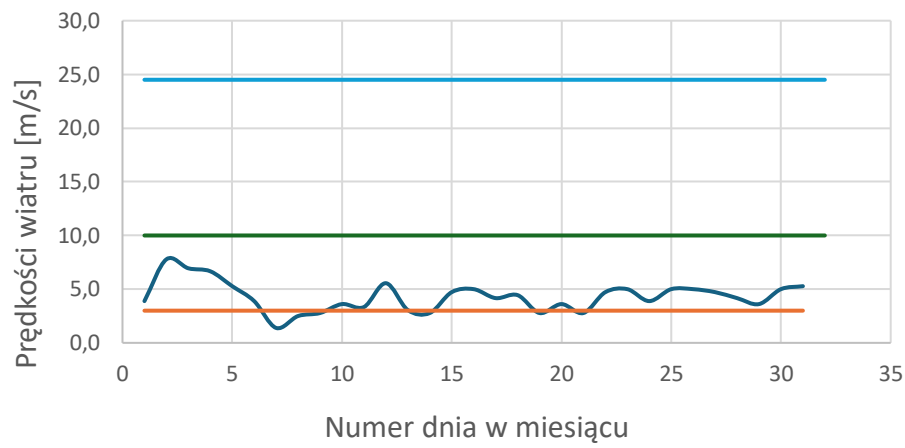
3	6,9	9,2	4,2	5,6	3,1	2,2	6,9	8,3	3,3	7,5	3,6	8,1
4	8,3	8,3	5,6	4,2	2,5	1,7	6,7	5,3	2,8	5,3	5,6	3,6
5	8,6	2,8	4,4	1,9	8,1	2,2	5,3	2,2	2,8	6,9	5,6	8,9
6	4,4	1,4	4,2	1,7	7,2	2,5	3,9	6,9	2,2	5,8	8,3	8,3
7	4,2	1,4	8,9	4,2	5,0	3,1	1,4	10,3	3,1	7,8	5,6	4,4
8	5,6	3,6	4,7	3,9	4,7	2,2	2,5	8,6	2,8	4,2	5,6	7,5
9	4,2	5,3	8,1	2,2	7,5	3,3	2,8	5,0	2,8	2,5	5,6	6,7
10	4,2	7,5	4,2	2,5	8,1	5,8	3,6	3,9	1,7	2,8	4,7	7,5
11	7,8	8,6	11,9	5,0	5,8	5,6	3,3	2,8	1,1	7,2	2,2	6,4
12	8,3	3,9	8,6	4,2	5,8	4,4	5,6	3,6	1,4	2,8	3,6	5,6
13	8,3	4,7	11,9	3,3	5,6	5,3	3,1	3,1	4,7	2,8	4,2	8,1
14	8,6	3,3	12,2	4,4	5,0	2,8	2,8	3,3	3,1	7,5	8,6	6,9
15	8,6	3,1	8,3	5,6	4,2	1,4	4,7	3,6	3,6	8,9	4,7	5,6
16	7,2	4,2	5,0	3,1	5,3	1,3	5,0	3,9	4,4	6,1	4,7	6,7
17	5,6	7,8	8,1	4,7	5,6	1,1	4,2	4,2	2,5	2,8	3,3	8,1
18	2,8	9,2	4,2	7,2	3,1	2,2	4,4	2,8	4,4	2,5	3,6	7,5
19	4,2	6,4	2,2	8,1	5,3	2,5	2,8	1,7	5,8	6,7	7,5	6,9
20	5,0	8,6	4,2	5,6	5,3	2,8	3,6	2,8	5,3	9,4	4,2	8,3
21	11,7	8,3	3,9	4,2	5,3	3,3	2,8	2,8	5,0	5,6	5,3	9,2
22	9,7	3,9	4,7	3,9	4,7	2,8	4,7	1,7	4,7	2,8	4,2	15,8
23	4,2	4,4	5,6	3,9	5,3	4,7	5,0	2,5	5,6	3,1	15,6	13,9
24	2,8	7,2	5,6	4,2	4,2	4,6	3,9	2,2	2,8	4,2	10,6	9,4
25	3,6	11,1	7,5	7,2	3,6	3,3	5,0	3,3	3,1	2,2	7,8	11,9
26	3,6	8,3	7,5	7,2	5,0	2,8	5,0	3,2	2,8	3,3	7,8	10,0
27	6,9	4,2	8,3	4,2	1,7	6,7	4,7	1,9	3,1	2,8	8,3	6,4
28	4,2	2,2	8,6	3,9	2,5	5,8	4,2	3,1	3,6	2,5	6,4	6,4
29	8,3	3,6	5,8	3,9	3,3	2,5	3,6	4,2	3,1	5,3	8,6	8,9
30	13,1		5,8	4,2	3,1	3,1	5,0	2,8	5,6	5,8	6,5	5,0
31	11,7		4,2		2,8		5,3	5,0		5,0		5,0

## 2.2. Wykresy miesięczne rozkładu prędkości wiatru

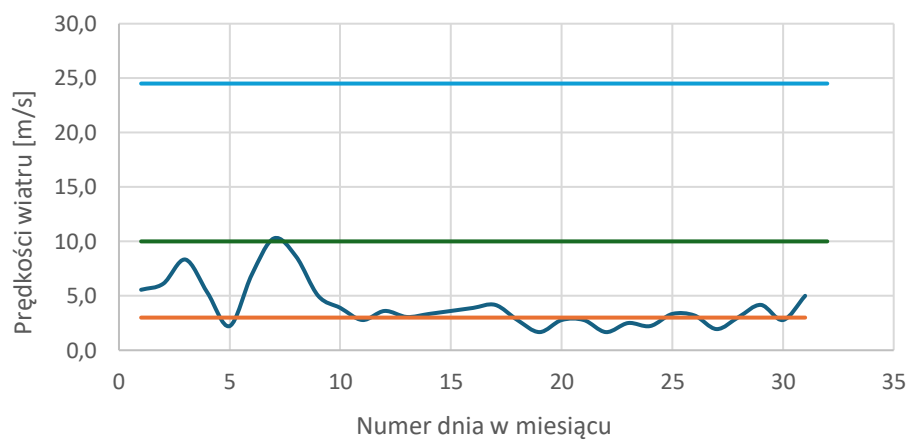




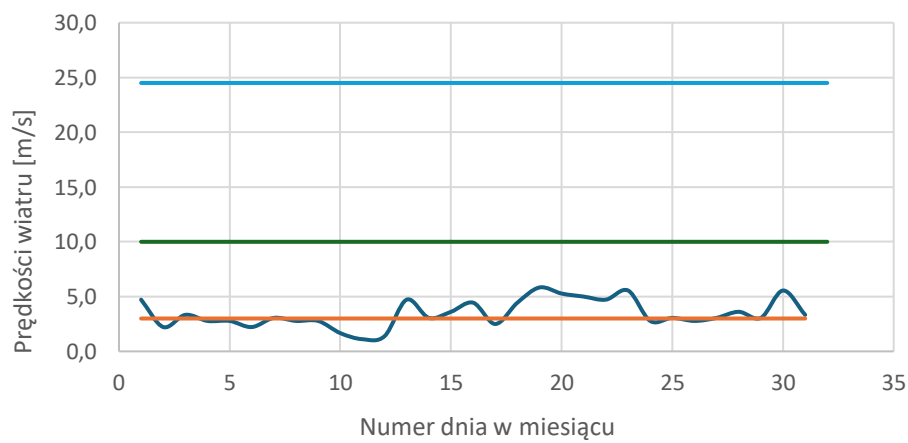
Lipiec



Sierpień

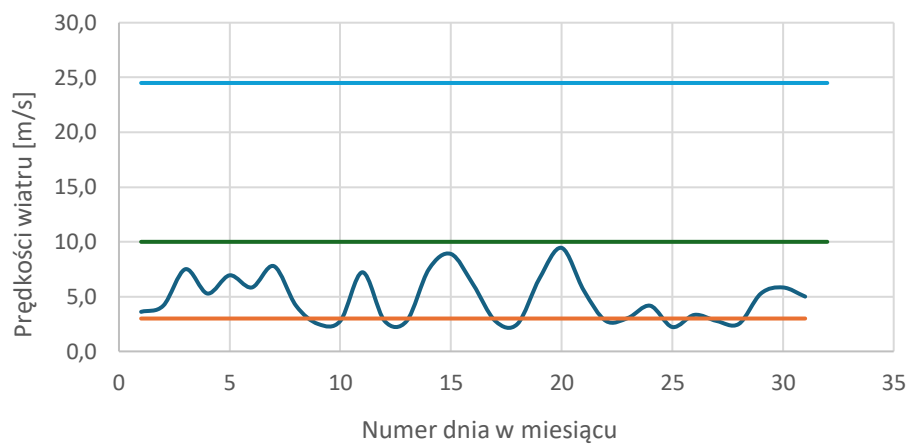


Wrzesień

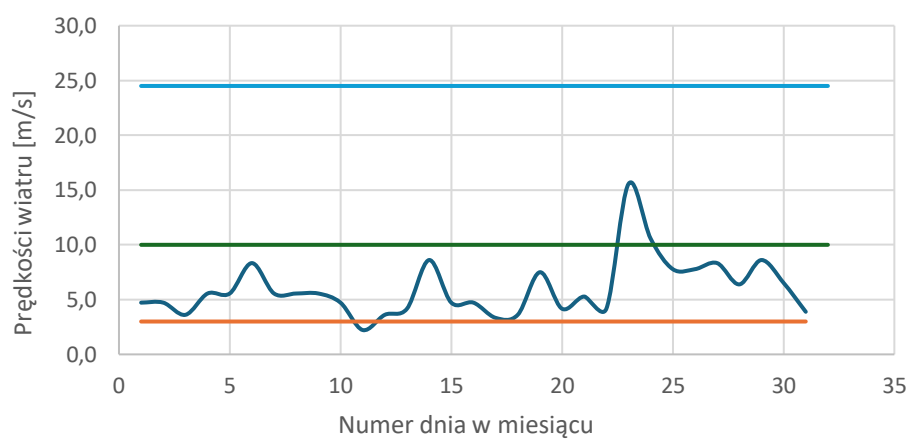




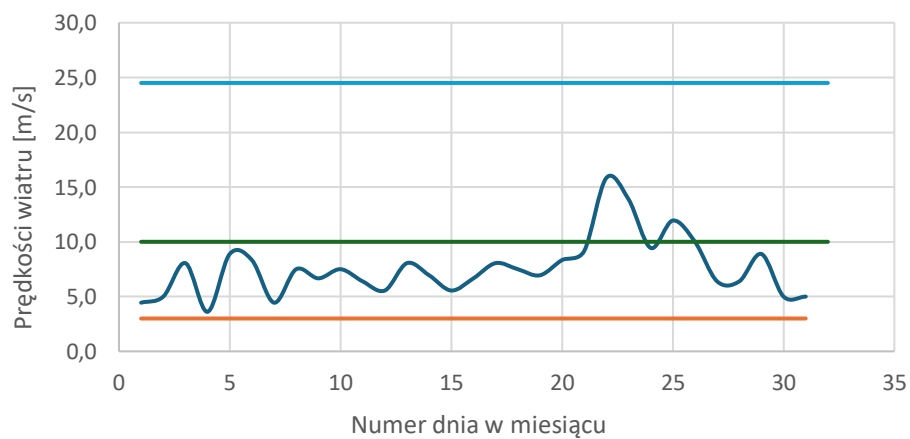
Październik



Listopad



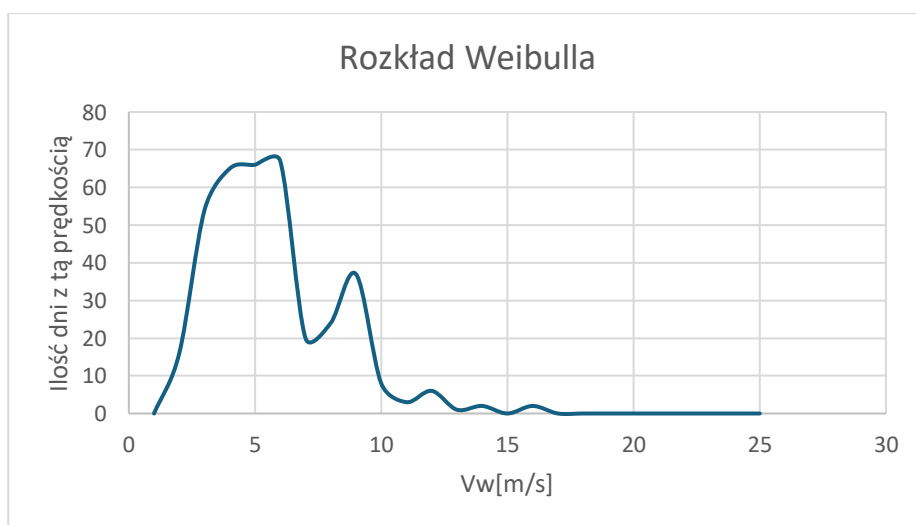
Grudzień



### 2.3. Analiza prędkości wiatru na podstawie Rozkładu Weibulla

Tabela 2. Przedstawiająca przez ile dni w miesiącu jakie prędkości występowały

Zakres prędkości wiatru	Ilość dni z taką prędkością
0-1	0
od 1 do 2	16
od 2 do 3	54
od 3 do 4	65
od 4 do 5	66
od 5 do 6	67
od 6 do 7	20
od 7 do 8	24
od 8 do 9	37
od 9 do 10	8
od 10 do 11	3
od 11 do 12	6
od 12 do 13	1
od 13 do 14	2
od 14 do 15	0
od 15 do 16	2
od 16 do 17	0
od 17 do 18	0
od 18 do 19	0
od 19 do 20	0
od 20 do 21	0
od 21 do 22	0
od 22 do 23	0
od 23 do 24	0
od 24 do 25	0



Wykres 1. Rozkład Weibulla, pokazujący przez jaką ilość dni jakie prędkości występowały

### 3. Zapotrzebowanie na energię elektryczną

#### 3.1 Zapotrzebowanie na energię elektryczną gminy Strzelce Krajeńskie według raportu za 2014 rok

Tabela 3. Przedstawiająca ilość odbiorców i zużycie energii elektrycznej w mieście Strzelce Krajeńskie, [Opracowanie własne KAPE S.A. na podstawie danych od Enea Operator Sp. z o. o.].

Rok\Grupa taryfowa	Liczba odbiorców energii elektrycznej [szt.]		Zużycie energii elektrycznej [MWh]	
	SN	nN	SN	nN
2011	11	4514	8855	16732
2012	10	4520	9351	16486
2013	10	4539	9183	16737
2014	10	4589	8214	16606

Zużycie energii do obliczeń wzięto dla 2014 roku.

### 4. Dobór turbiny wiatrowej

#### 4.1. Warianty turbin wiatrowych

##### Warianty turbin wiatrowych

##### Wariant I – Turbina wiatrowa [Vestas V150-4,2]

Vd- 3 m/s

Vo-9,9 m/s

Vg-24,5 m/s – prędkość wyłączania turbiny wiatrowej

Nn-4,2 MW

Wzór na moc turbiny wiatrowej

$$N = Nn * \sin\left(\frac{\pi}{2} * \frac{V - Vd}{Vo - Vd}\right)$$

Gdzie:

Nn – Moc nominalna turbiny wiatrowej [W}

V – Prędkość wiatru [m/s]

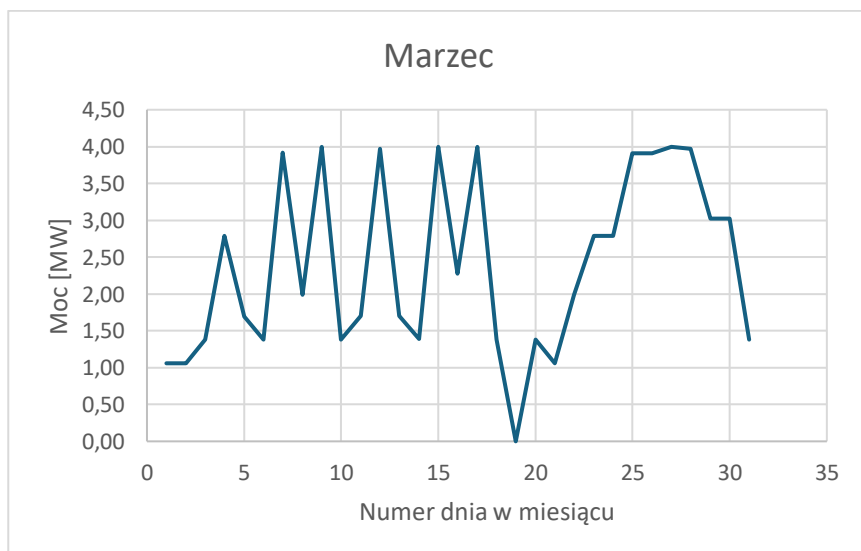
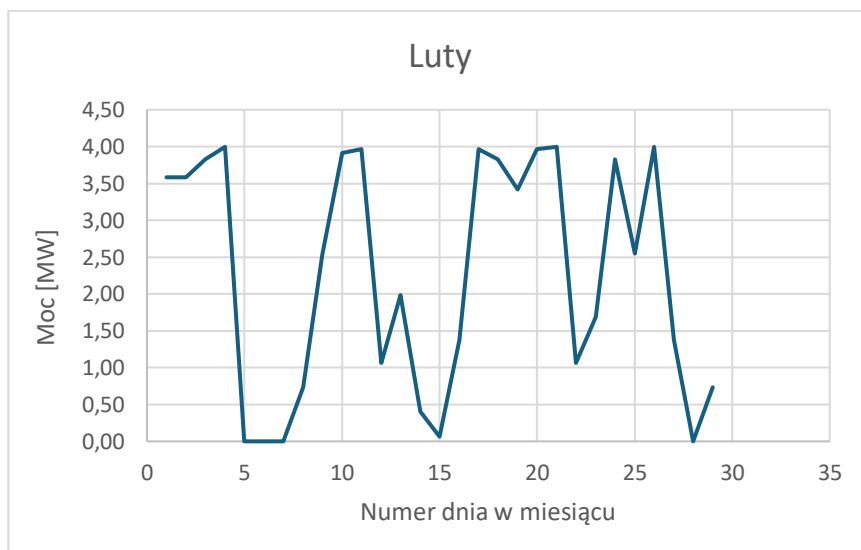
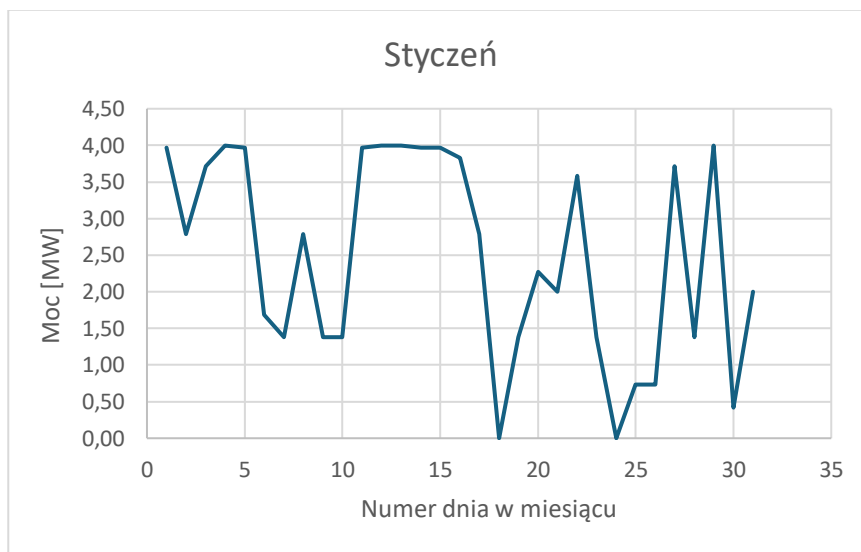
Vd – Prędkość rozpoczęcia pracy turbiny wiatrowej [m/s]

Vo – Prędkość wiatru przy której turbina działa w zakresie mocy nominalnej [m/s]

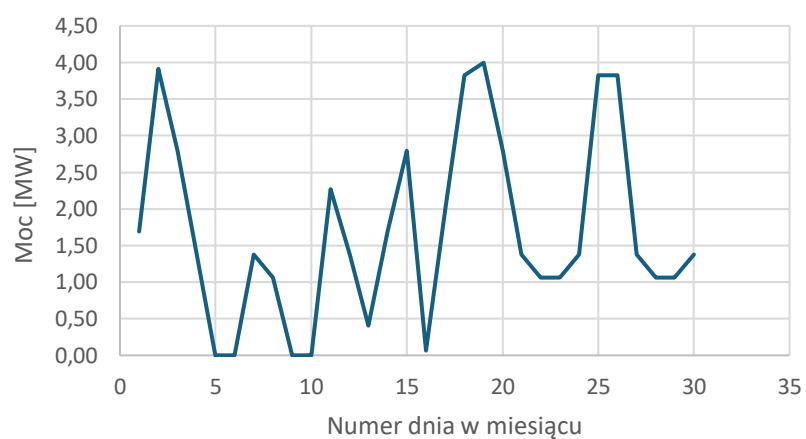
Tabela 4. Przedstawiająca mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową za każdy dzień w roku

Dzień miesiąca	Mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową w każdym miesiącu [MW]											
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień
1	3,97	3,58	1,06	1,69	0,40	1,99	1,06	2,79	1,99	0,73	1,99	1,69
2	2,79	3,58	1,06	3,91	1,69	2,54	3,97	3,23	0,00	1,38	1,99	2,27
3	3,72	3,83	1,38	2,79	0,07	0,00	3,72	4,00	0,40	3,91	0,73	4,00
4	4,00	4,00	2,79	1,38	0,00	0,00	3,58	2,54	0,00	2,54	2,79	0,73
5	3,97	0,00	1,69	0,00	4,00	0,00	2,54	0,00	0,00	3,72	2,79	3,91
6	1,69	0,00	1,38	0,00	3,83	0,00	1,06	3,72	0,00	3,02	4,00	4,00
7	1,38	0,00	3,91	1,38	2,27	0,07	0,00	3,24	0,07	3,97	2,79	1,69
8	2,79	0,73	1,99	1,06	1,99	0,00	0,00	3,97	0,00	1,38	2,79	3,91
9	1,38	2,54	4,00	0,00	3,91	0,40	0,00	2,27	0,00	0,00	2,79	3,58
10	1,38	3,91	1,38	0,00	4,00	3,02	0,73	1,06	0,00	0,00	1,99	3,91
11	3,97	3,97	1,70	2,27	3,02	2,79	0,40	0,00	0,00	3,83	0,00	3,42
12	4,00	1,06	3,97	1,38	3,02	1,69	2,79	0,73	0,00	0,00	0,73	2,79
13	4,00	1,99	1,70	0,40	2,79	2,54	0,07	0,07	1,99	0,00	1,38	4,00
14	3,97	0,40	1,39	1,69	2,27	0,00	0,00	0,40	0,07	3,91	3,97	3,72
15	3,97	0,07	4,00	2,79	1,38	0,00	1,99	0,73	0,73	3,91	1,99	2,79
16	3,83	1,38	2,27	0,07	2,54	0,00	2,27	1,06	1,69	3,23	1,99	3,58
17	2,79	3,97	4,00	1,99	2,79	0,00	1,38	1,38	0,00	0,00	0,40	4,00
18	0,00	3,83	1,38	3,83	0,07	0,00	1,69	0,00	1,69	0,00	0,73	3,91
19	1,38	3,42	0,00	4,00	2,54	0,00	0,00	0,00	3,02	3,58	3,91	3,72
20	2,27	3,97	1,38	2,79	2,54	0,00	0,73	0,00	2,54	3,72	1,38	4,00
21	2,00	4,00	1,06	1,38	2,54	0,40	0,00	0,00	2,27	2,79	2,54	3,83
22	3,58	1,06	1,99	1,06	1,99	0,00	1,99	0,00	1,99	0,00	1,38	-2,68
23	1,38	1,69	2,79	1,06	2,54	1,99	2,27	0,00	2,79	0,07	-2,42	-0,59
24	0,00	3,83	2,79	1,38	1,38	1,84	1,06	0,00	0,00	1,38	3,03	3,72
25	0,73	2,55	3,91	3,83	0,73	0,40	2,27	0,40	0,07	0,00	3,97	1,70
26	0,73	4,00	3,91	3,83	2,27	0,00	2,27	0,23	0,00	0,40	3,97	3,42
27	3,72	1,38	4,00	1,38	0,00	3,58	1,99	0,00	0,07	0,00	4,00	3,42
28	1,38	0,00	3,97	1,06	0,00	3,02	1,38	0,07	0,73	0,00	3,42	3,42
29	4,00	0,73	3,02	1,06	0,40	0,00	0,73	1,38	0,07	2,54	3,97	3,91
30	0,42		3,02	1,38	0,07	0,07	2,27	0,00	2,79	3,02	3,50	2,27
31	2,00		1,38		0,00		2,54	2,27		2,27		2,27

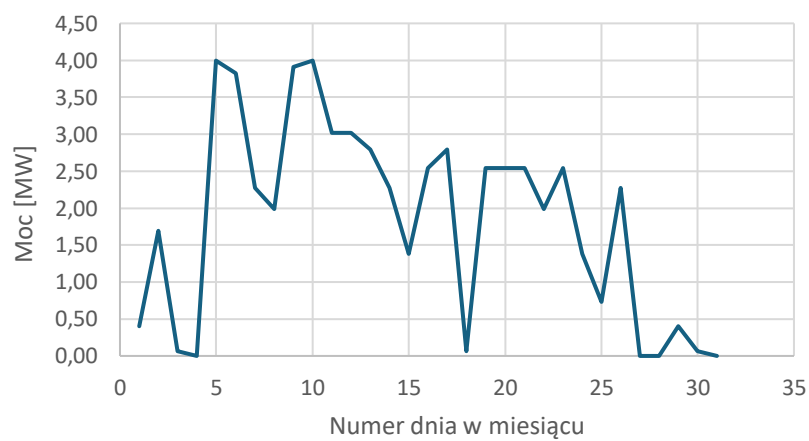
Wykresy przedstawiające mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową w każdym miesiącu



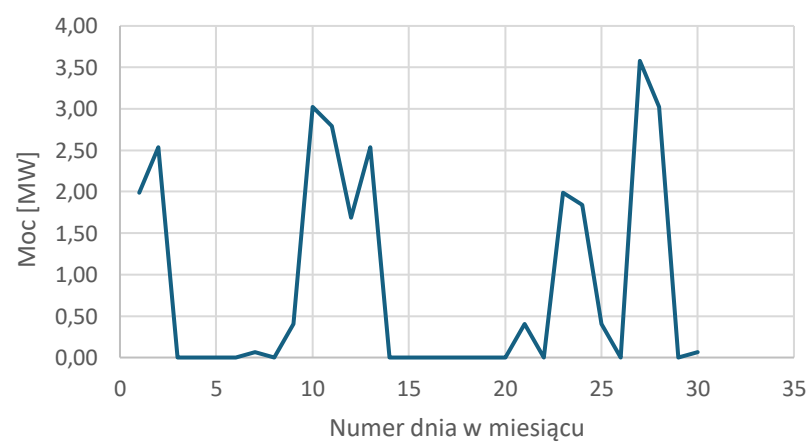
### Kwiecień

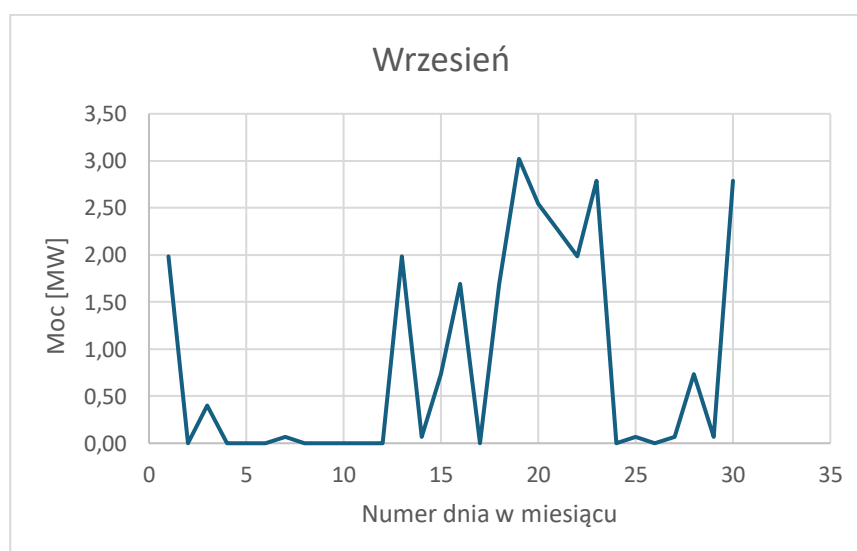
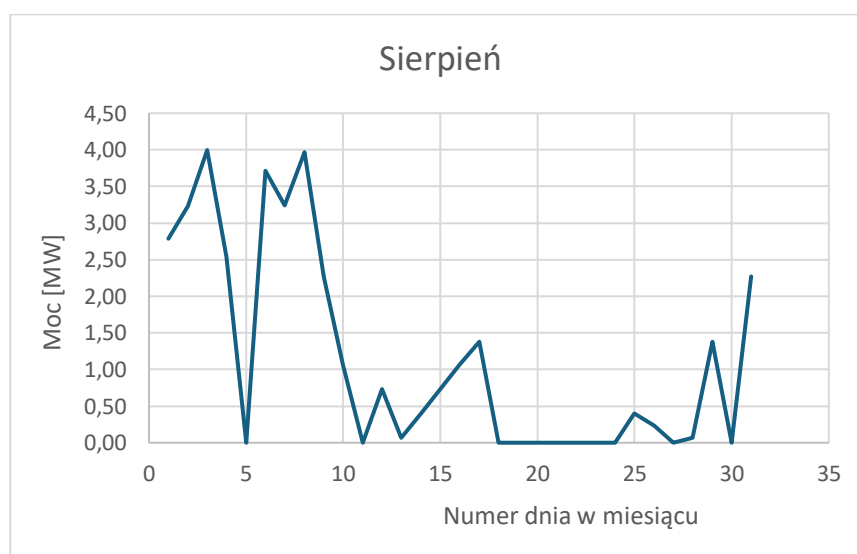
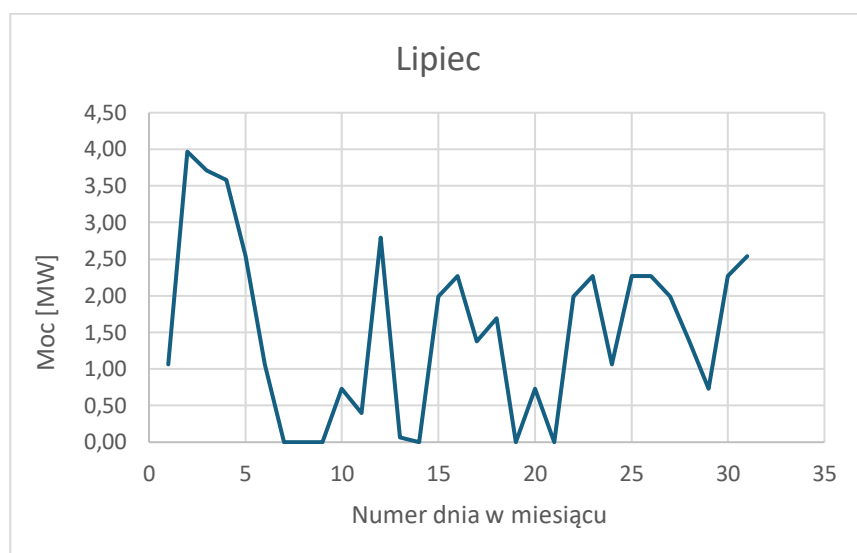


### Maj

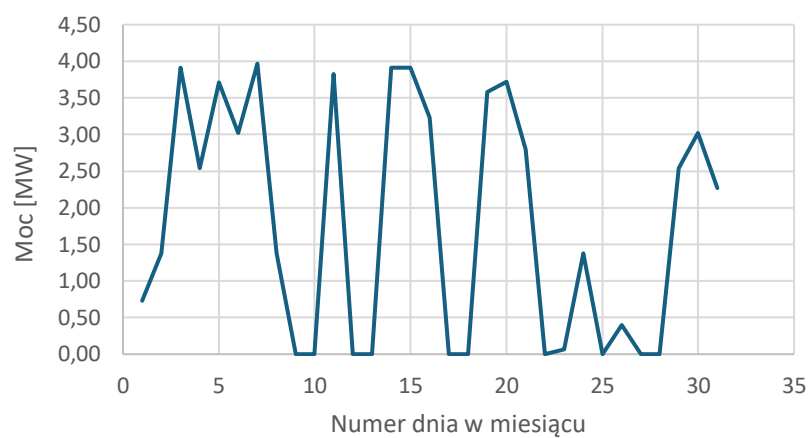


### Czerwiec





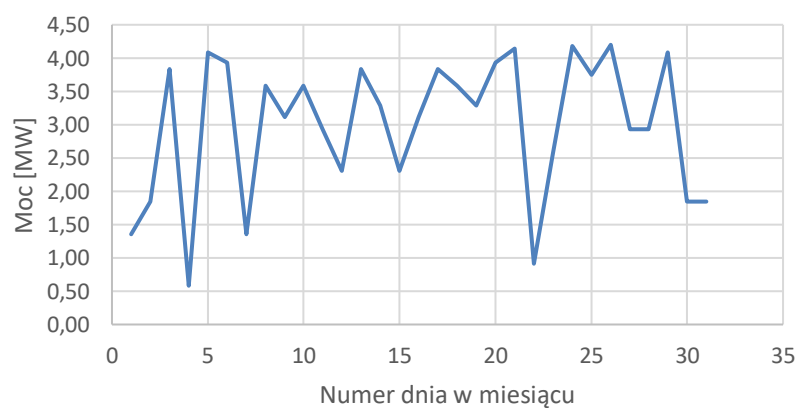
### Październik



### Listopad



### Grudzień





**Wariant II – Turbina wiatrowa [Vestas V155-3,6]**

Vd- 3 m/s

Vo- 9,3 m/s

Vg-18 m/s – prędkość wyłączania turbiny wiatrowej

Nn-3,6 MW

Wzór na moc turbiny wiatrowej

$$N = Nn * \sin\left(\frac{\pi}{2} * \frac{V - Vd}{Vo - Vd}\right)$$

Gdzie:

Nn – Moc nominalna turbiny wiatrowej [W}

V – Prędkość wiatru [m/s]

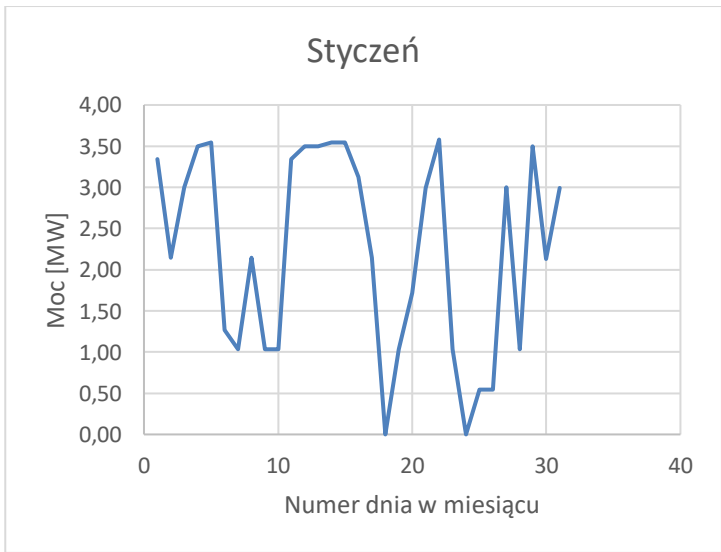
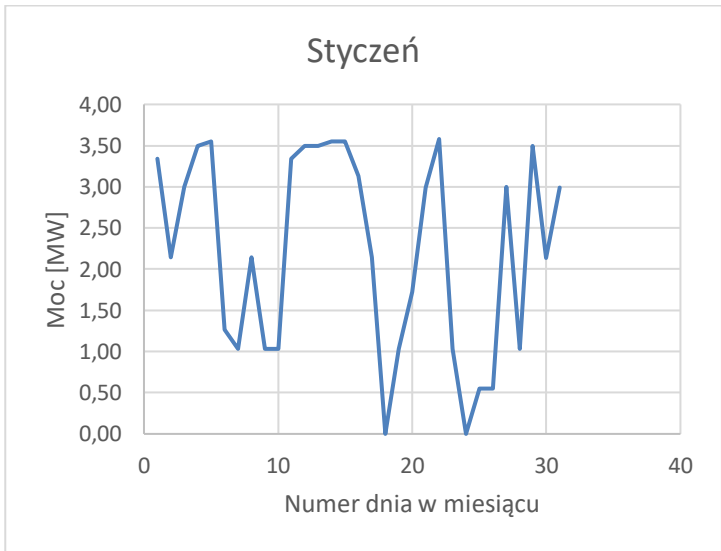
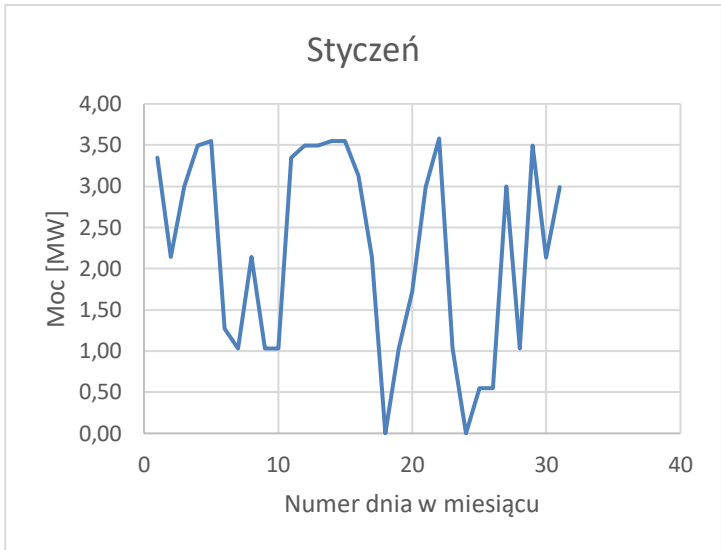
Vd – Prędkość rozpoczęcia pracy turbiny wiatrowej [m/s]

Vo – Prędkość wiatru przy której turbina działa w zakresie mocy nominalnej [m/s]

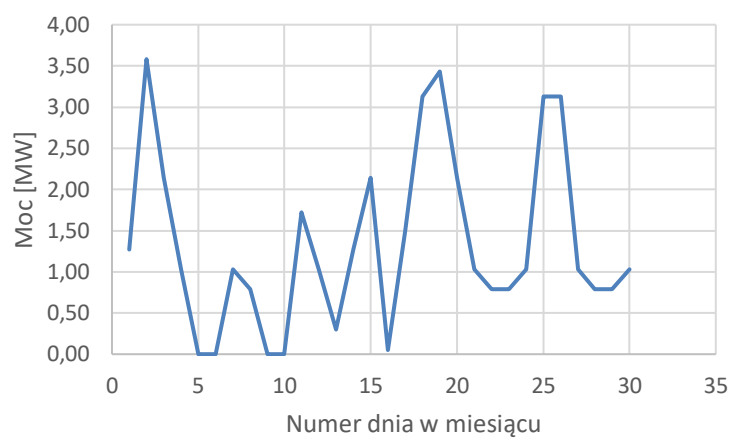
Tabela 5. Przedstawiająca mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową za każdy dzień w roku

Dzień miesiąca	Mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową w każdym dniu miesiąca [MW]											
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień
1	3,34	3,58	0,79	1,27	0,30	1,50	0,79	2,14	1,50	0,55	1,50	1,27
2	2,14	3,58	0,79	3,58	1,27	1,94	3,34	2,52	0,00	1,03	1,50	1,72
3	3,00	3,60	1,03	2,14	0,05	0,00	3,00	3,50	0,30	3,24	0,55	3,43
4	3,50	3,50	2,14	1,03	0,00	0,00	2,85	1,94	0,00	1,94	2,14	0,55
5	3,55	0,00	1,27	0,00	3,43	0,00	1,94	0,00	0,00	3,00	2,14	3,58
6	1,27	0,00	1,03	0,00	3,13	0,00	0,79	3,00	0,00	2,34	3,50	3,50
7	1,03	0,00	3,58	1,03	1,72	0,05	0,00	3,49	0,05	3,34	2,14	1,27
8	2,14	0,55	1,50	0,79	1,50	0,00	0,00	3,55	0,00	1,03	2,14	3,24
9	1,03	1,94	3,43	0,00	3,24	0,30	0,00	1,72	0,00	0,00	2,14	2,85
10	1,03	3,24	1,03	0,00	3,43	2,34	0,55	0,79	0,00	0,00	1,50	3,24
11	3,34	3,55	2,85	1,72	2,34	2,14	0,30	0,00	0,00	3,13	0,00	2,69
12	3,50	0,79	3,55	1,03	2,34	1,27	2,14	0,55	0,00	0,00	0,55	2,14
13	3,50	1,50	2,85	0,30	2,14	1,94	0,05	0,05	1,50	0,00	1,03	3,43
14	3,55	0,30	2,69	1,27	1,72	0,00	0,00	0,30	0,05	3,24	3,55	3,00
15	3,55	0,05	3,50	2,14	1,03	0,00	1,50	0,55	0,55	3,58	1,50	2,14
16	3,13	1,03	1,72	0,05	1,94	0,00	1,72	0,79	1,27	2,52	1,50	2,85
17	2,14	3,34	3,43	1,50	2,14	0,00	1,03	1,03	0,00	0,00	0,30	3,43
18	0,00	3,60	1,03	3,13	0,05	0,00	1,27	0,00	1,27	0,00	0,55	3,24
19	1,03	2,69	0,00	3,43	1,94	0,00	0,00	0,00	2,34	2,85	3,24	3,00
20	1,72	3,55	1,03	2,14	1,94	0,00	0,55	0,00	1,94	3,60	1,03	3,50
21	2,99	3,50	0,79	1,03	1,94	0,30	0,00	0,00	1,72	2,14	1,94	3,60
22	3,58	0,79	1,50	0,79	1,50	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	1,03	0,00
23	1,03	1,27	2,14	0,79	1,94	1,50	1,72	0,00	2,14	0,05	0,04	1,49
24	0,00	3,13	2,14	1,03	1,03	1,38	0,79	0,00	0,00	1,03	3,43	3,60
25	0,55	3,24	3,24	3,13	0,55	0,30	1,72	0,30	0,05	0,00	3,34	2,85
26	0,55	3,50	3,24	3,13	1,72	0,00	1,72	0,17	0,00	0,30	3,34	3,55
27	3,00	1,03	3,50	1,03	0,00	2,85	1,50	0,00	0,05	0,00	3,50	2,69
28	1,03	0,00	3,55	0,79	0,00	2,34	1,03	0,05	0,55	0,00	2,69	2,69
29	3,50	0,55	2,34	0,79	0,30	0,00	0,55	1,03	0,05	1,94	3,55	3,58
30	2,13		2,34	1,03	0,05	0,05	1,72	0,00	2,14	2,34	2,77	1,72
31	2,99		1,03		0,00		1,94	1,72		1,72		1,72

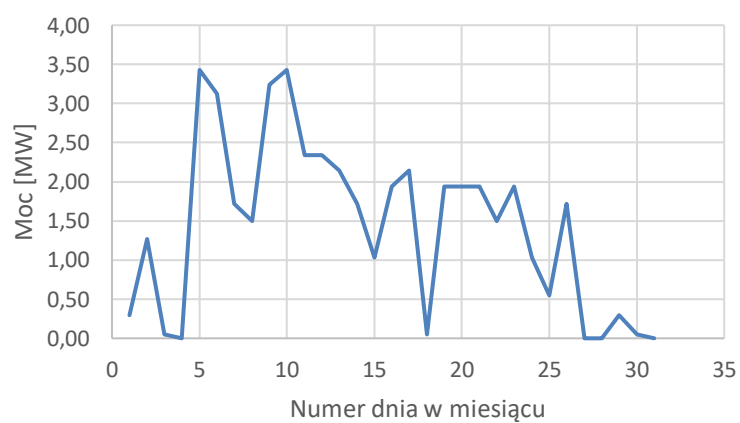
Wykresy przedstawiające mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową w każdym miesiącu



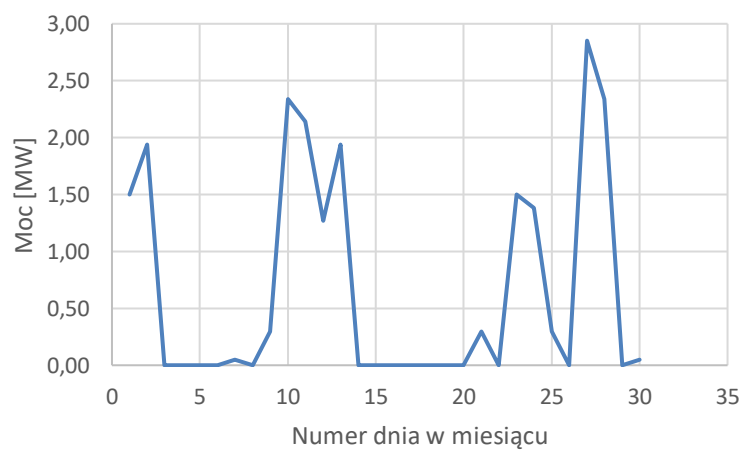
### Kwiecień



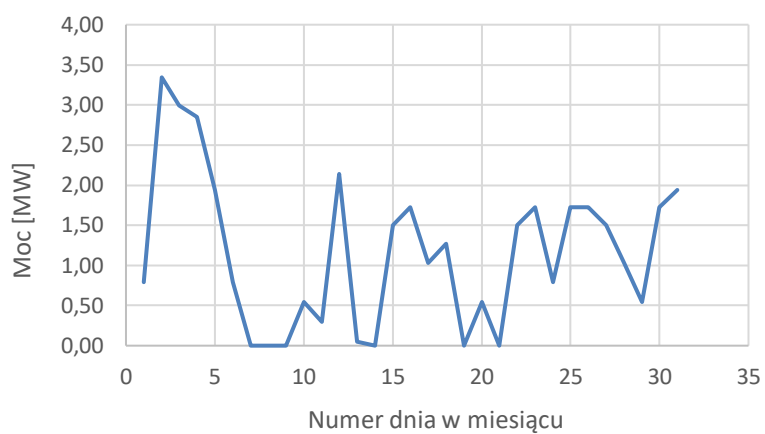
### Maj



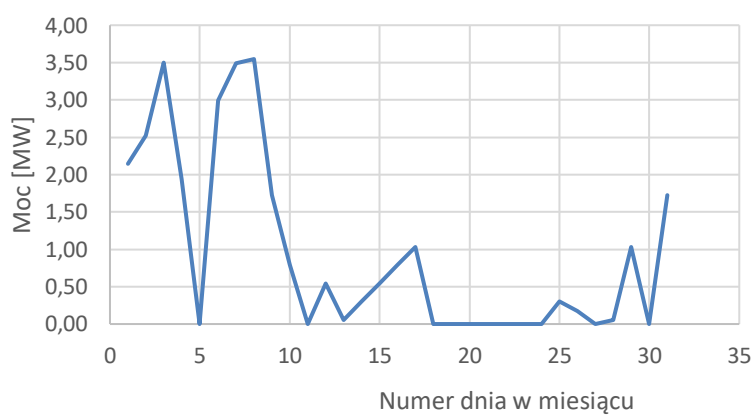
### Czerwiec



### Lipiec



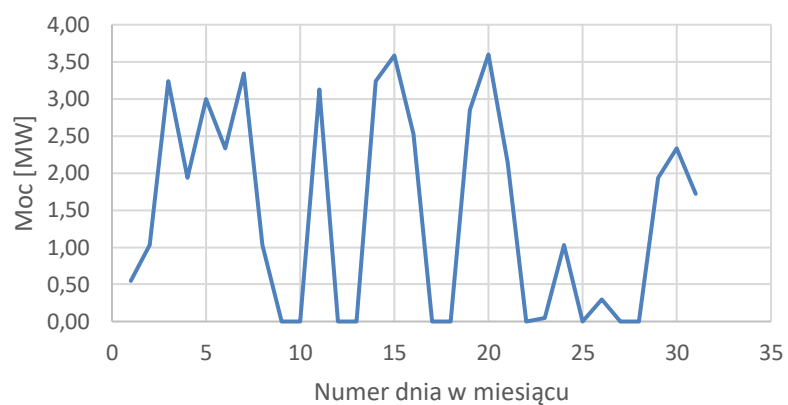
### Sierpień



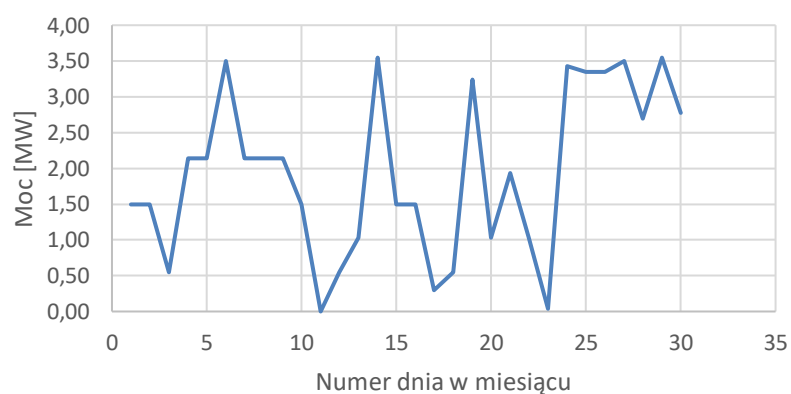
### Wrzesień



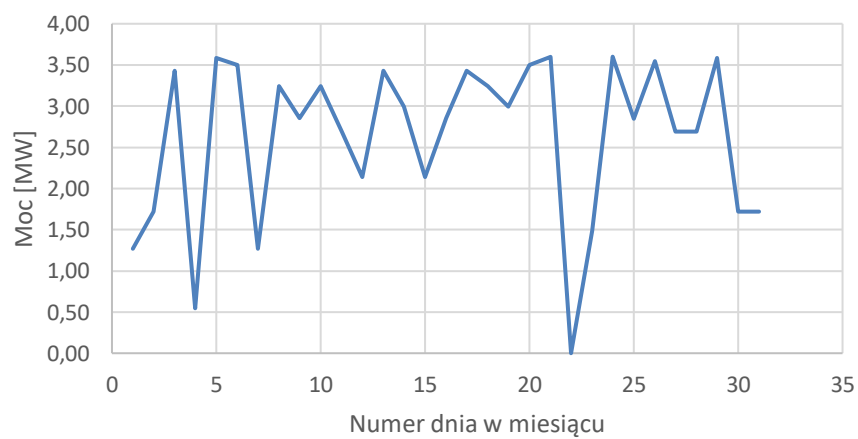
### Październik



### Listopad



### Grudzień



### Wariant III – Turbina wiatrowa [Vestas V150-5.6]

Vd- 3 m/s

Vo- 11 m/s

Vg-25 m/s – prędkość wyłączania turbiny wiatrowej

Nn-5,6 MW

Wzór na moc turbiny wiatrowej

$$N = Nn * \sin\left(\frac{\pi}{2} * \frac{V - Vd}{Vo - Vd}\right)$$

Gdzie:

Nn – Moc nominalna turbiny wiatrowej [W}

V – Prędkość wiatru [m/s]

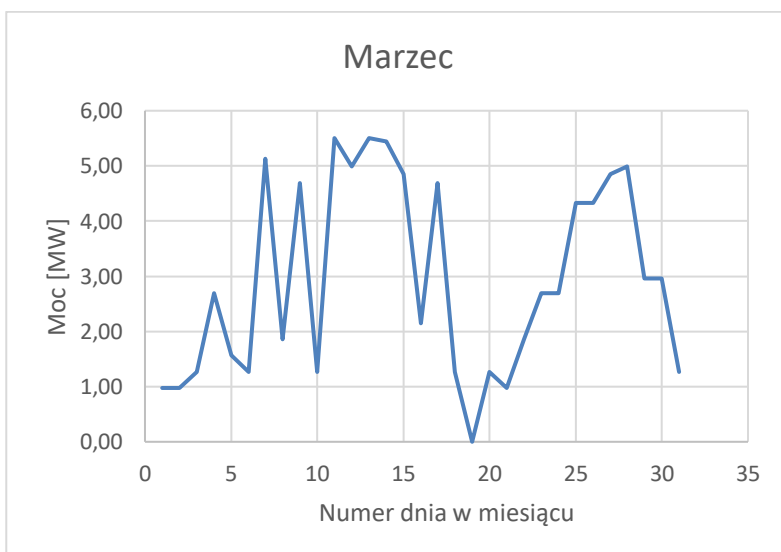
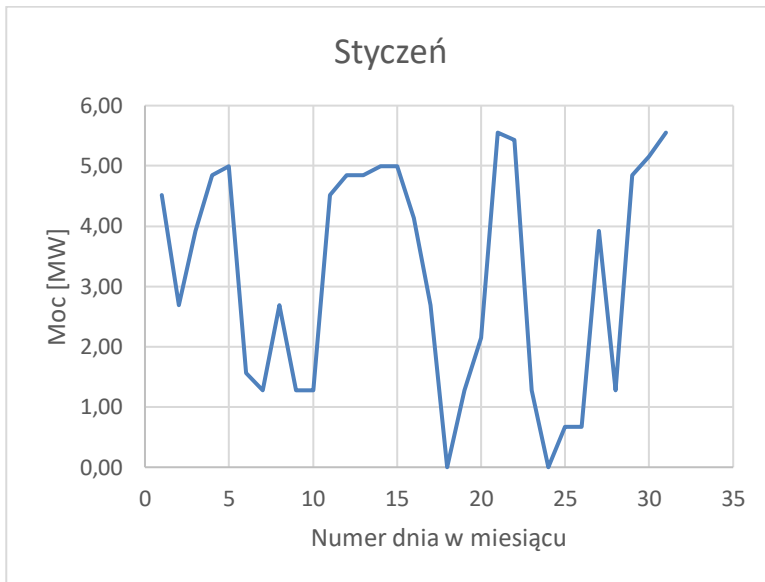
Vd – Prędkość rozpoczęcia pracy turbiny wiatrowej [m/s]

Vo – Prękość wiatru przy której turbina działa w zakresie mocy nominalnej [m/s]

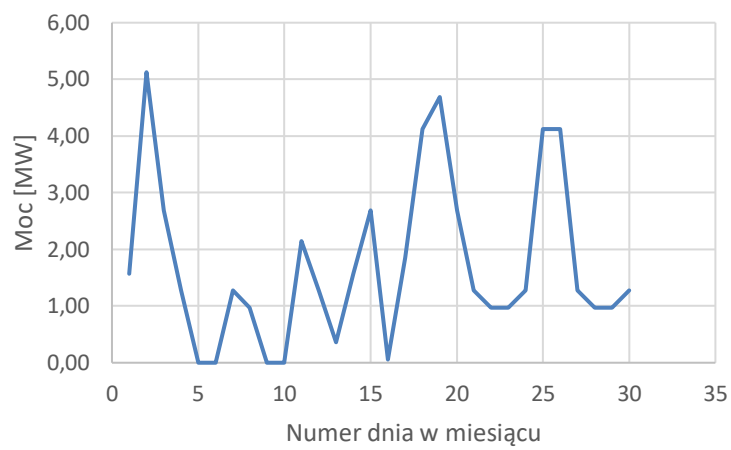
Tabela 6. Przedstawiająca mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową za każdy dzień w roku

Dzień miesiąca	Mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową w każdym dniu miesiąca [MW]											
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień
1	4,52	5,42	0,97	1,57	0,37	1,86	0,97	2,69	1,86	0,67	1,86	1,57
2	2,69	5,42	0,97	5,13	1,57	2,42	4,52	3,21	0,00	1,27	1,86	2,14
3	3,92	5,24	1,27	2,69	0,06	0,00	3,92	4,85	0,37	4,33	0,67	4,69
4	4,85	4,85	2,69	1,27	0,00	0,00	3,69	2,42	0,00	2,42	2,69	0,67
5	5,00	0,00	1,57	0,00	4,69	0,00	2,42	0,00	0,00	3,92	2,69	5,13
6	1,57	0,00	1,27	0,00	4,13	0,00	0,97	3,92	0,00	2,96	4,85	4,85
7	1,27	0,00	5,13	1,27	2,14	0,06	0,00	5,54	0,06	4,52	2,69	1,57
8	2,69	0,67	1,86	0,97	1,86	0,00	0,00	5,00	0,00	1,27	2,69	4,33
9	1,27	2,42	4,69	0,00	4,33	0,37	0,00	2,14	0,00	0,00	2,69	3,69
10	1,27	4,33	1,27	0,00	4,69	2,96	0,67	0,97	0,00	0,00	1,86	4,33
11	4,52	5,00	5,50	2,14	2,96	2,69	0,37	0,00	0,00	4,13	0,00	3,46
12	4,85	0,97	5,00	1,27	2,96	1,57	2,69	0,67	0,00	0,00	0,67	2,69
13	4,85	1,86	5,50	0,37	2,69	2,42	0,06	0,06	1,86	0,00	1,27	4,69
14	5,00	0,37	5,44	1,57	2,14	0,00	0,00	0,37	0,06	4,33	5,00	3,92
15	5,00	0,06	4,85	2,69	1,27	0,00	1,86	0,67	0,67	5,13	1,86	2,69
16	4,13	1,27	2,14	0,06	2,42	0,00	2,14	0,97	1,57	3,21	1,86	3,69
17	2,69	4,52	4,69	1,86	2,69	0,00	1,27	1,27	0,00	0,00	0,37	4,69
18	0,00	5,24	1,27	4,13	0,06	0,00	1,57	0,00	1,57	0,00	0,67	4,33
19	1,27	3,46	0,00	4,69	2,42	0,00	0,00	0,00	2,96	3,69	4,33	3,92
20	2,14	5,00	1,27	2,69	2,42	0,00	0,67	0,00	2,42	5,34	1,27	4,85
21	5,55	4,85	0,97	1,27	2,42	0,37	0,00	0,00	2,14	2,69	2,42	5,24
22	5,42	0,97	1,86	0,97	1,86	0,00	1,86	0,00	1,86	0,00	1,27	3,26
23	1,27	1,57	2,69	0,97	2,42	1,86	2,14	0,00	2,69	0,06	3,51	4,72
24	0,00	4,13	2,69	1,27	1,27	1,71	0,97	0,00	0,00	1,27	5,58	5,34
25	0,67	5,60	4,33	4,13	0,67	0,37	2,14	0,37	0,06	0,00	4,52	5,50
26	0,67	4,85	4,33	4,13	2,14	0,00	2,14	0,21	0,00	0,37	4,52	5,49
27	3,92	1,27	4,85	1,27	0,00	3,69	1,86	0,00	0,06	0,00	4,85	3,46
28	1,27	0,00	5,00	0,97	0,00	2,96	1,27	0,06	0,67	0,00	3,46	3,46
29	4,85	0,67	2,96	0,97	0,37	0,00	0,67	1,27	0,06	2,42	5,00	5,13
30	5,15		2,96	1,27	0,06	0,06	2,14	0,00	2,69	2,96	3,58	2,14
31	5,55		1,27		0,00		2,42	2,14		2,14		2,14

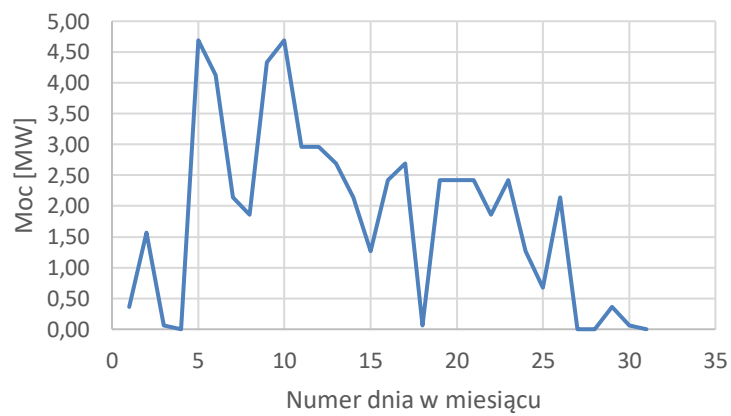
Wykresy przedstawiające mocy osiągnięte przez turbinę wiatrową w każdym miesiącu



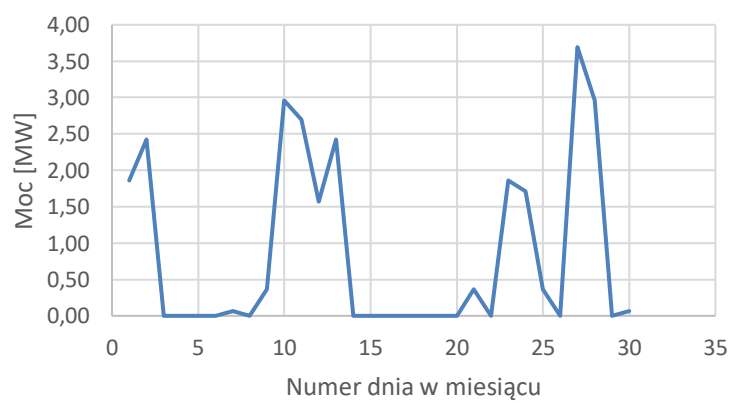
### Kwiecień



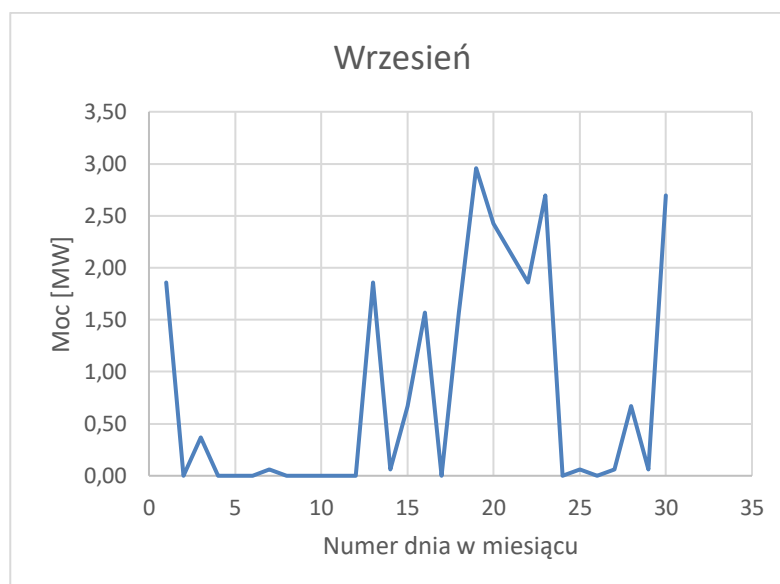
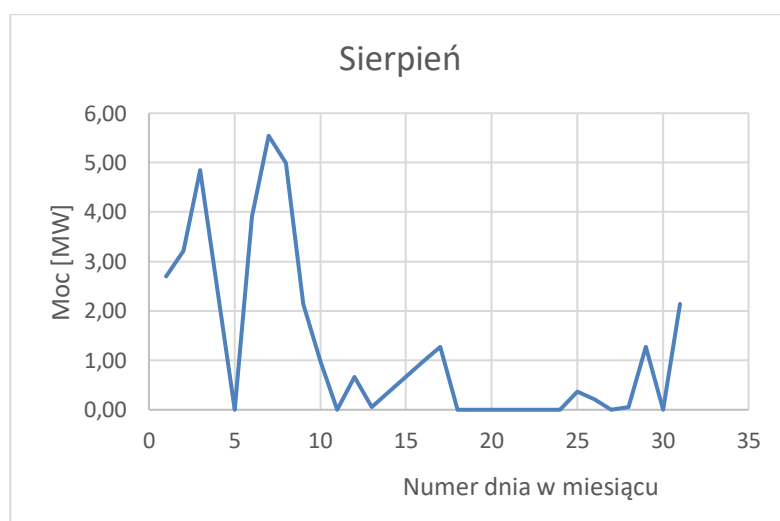
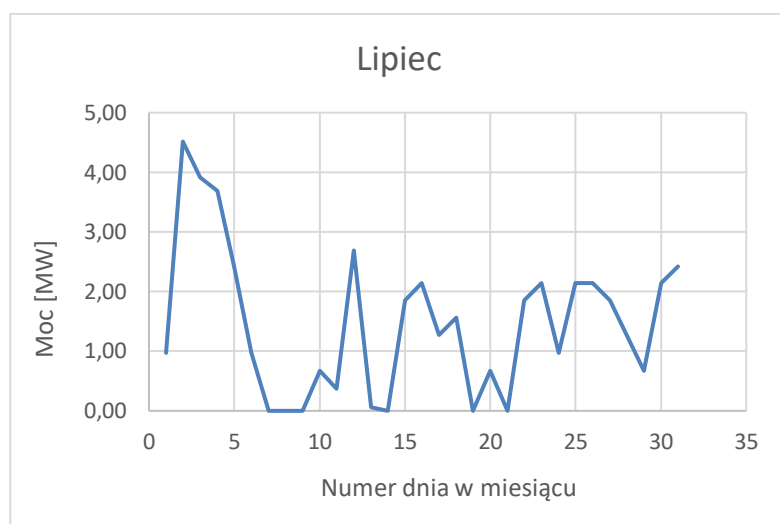
### Maj



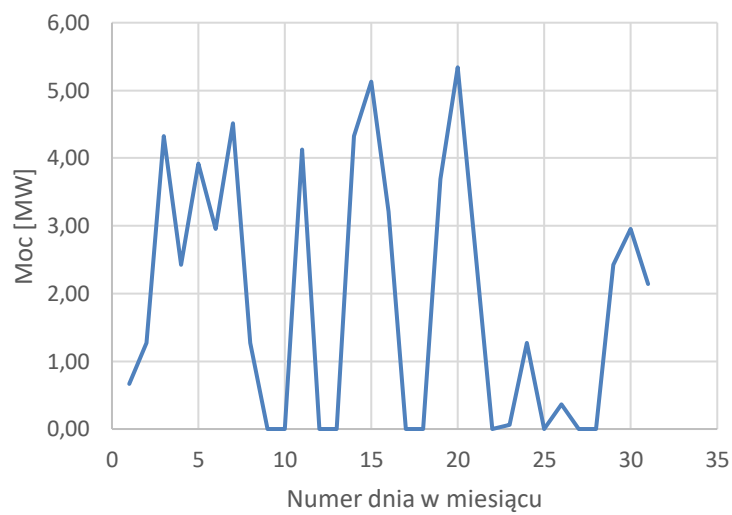
### Czerwiec



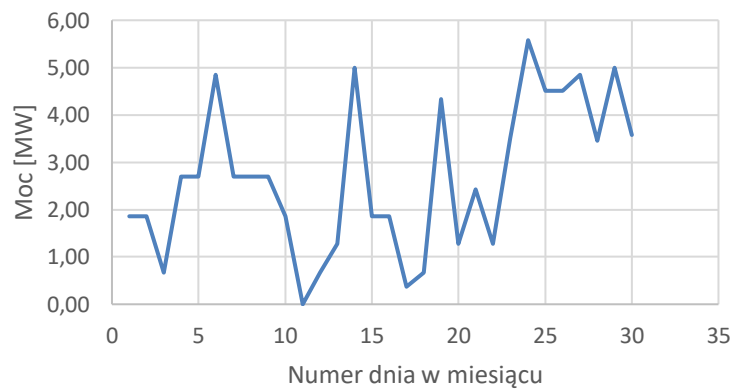




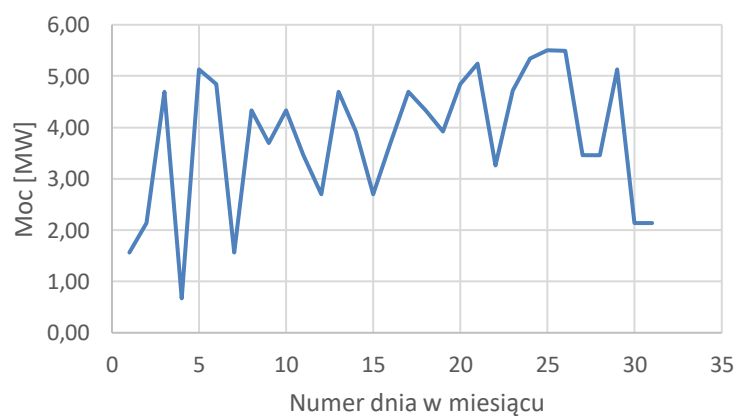
### Październik



### Listopad



### Grudzień



#### 4.2. Porównanie wariantów według wybranych kryteriów

**Wariant I** zakłada użycie turbiny wiatrowej Vestas V150-4,2. Choć turbina ta ma wysoką moc nominalną, wymaga dużej liczby jednostek do pokrycia całkowitego zapotrzebowania energetycznego gminy, co prowadzi do wysokich kosztów inwestycyjnych. Prędkość wyłączenia turbiny wynosi 24,5 m/s, co oznacza, że turbina wyłącza się przy bardzo silnych wiatrach.

**Wariant II** wykorzystuje turbinę Vestas V155-3,6, która osiąga moc nominalną przy niższej prędkości wiatru (9,3 m/s) w porównaniu do wariantu I. Jest to korzystne w lokalnych warunkach pogodowych. Turbina ta wyłącza się przy prędkości wiatru 18 m/s. Dzięki wyższej sprawności i mniejszej liczbie wymaganych turbin, wariant ten jest bardziej opłacalny pod względem inwestycji i zajmowanej powierzchni.

**Wariant III** proponuje turbinę Vestas V150-5.6, która ma najwyższą moc nominalną spośród wszystkich wariantów (5,6 MW). Turbina ta osiąga swoją moc nominalną przy wyższej prędkości wiatru (11 m/s) i wyłącza się przy prędkości wiatru 25 m/s. Dzięki największej mocy, wymaga najmniejszej liczby turbin do pokrycia zapotrzebowania energetycznego gminy, co sprawia, że jest najbardziej efektywnym wariantem pod względem liczby turbin i związanych z tym kosztów.

#### 4.3. Uzasadnienie wyboru najlepszego wariantu

Na podstawie powyższych analiz, najbardziej optymalnym wyborem dla gminy Strzelce Krajeńskie jest wariant I z turbiną Vestas V150-4,2. Jego zalety to:

- **Prędkość nominalna:** Turbina Vestas V150-4,2 osiąga moc nominalną przy niższej prędkości wiatru (9,9 m/s) w porównaniu do wariantu III, co jest korzystne w lokalnych warunkach pogodowych, gdzie średnie prędkości wiatru mogą być niższe.
- **Liczba turbin i przestrzeń:** Choć wariant ten wymaga większej liczby jednostek, w rzeczywistości oferuje korzystne rozwiązanie w kontekście dostępnej powierzchni. Mniejsza liczba turbin pozwala na lepsze wykorzystanie dostępnej przestrzeni i minimalizuje wpływ na środowisko lokalne.
- **Koszty:** Turbina Vestas V150-4,2, mimo wyższych kosztów inwestycyjnych związanych z większą liczbą jednostek, oferuje lepszą stabilność energetyczną i może lepiej odpowiadać na lokalne warunki wiatrowe, co przekłada się na długoterminową efektywność energetyczną.

#### Turbina wiatrowa Vestas 150-4,2 MW

Vd- 3 m/s – prędkość rozruchu

Vo-9,9 m/s – prędkość nominalna

Vg-24,5 m/s – prędkość wyłączenia

Nn-4,2 MW – moc nominalna

#### 4.4. Obliczanie ilości turbin wiatrowych

Tabela 7. Przedstawiająca wyniki obliczania ilości turbin wiatrowych

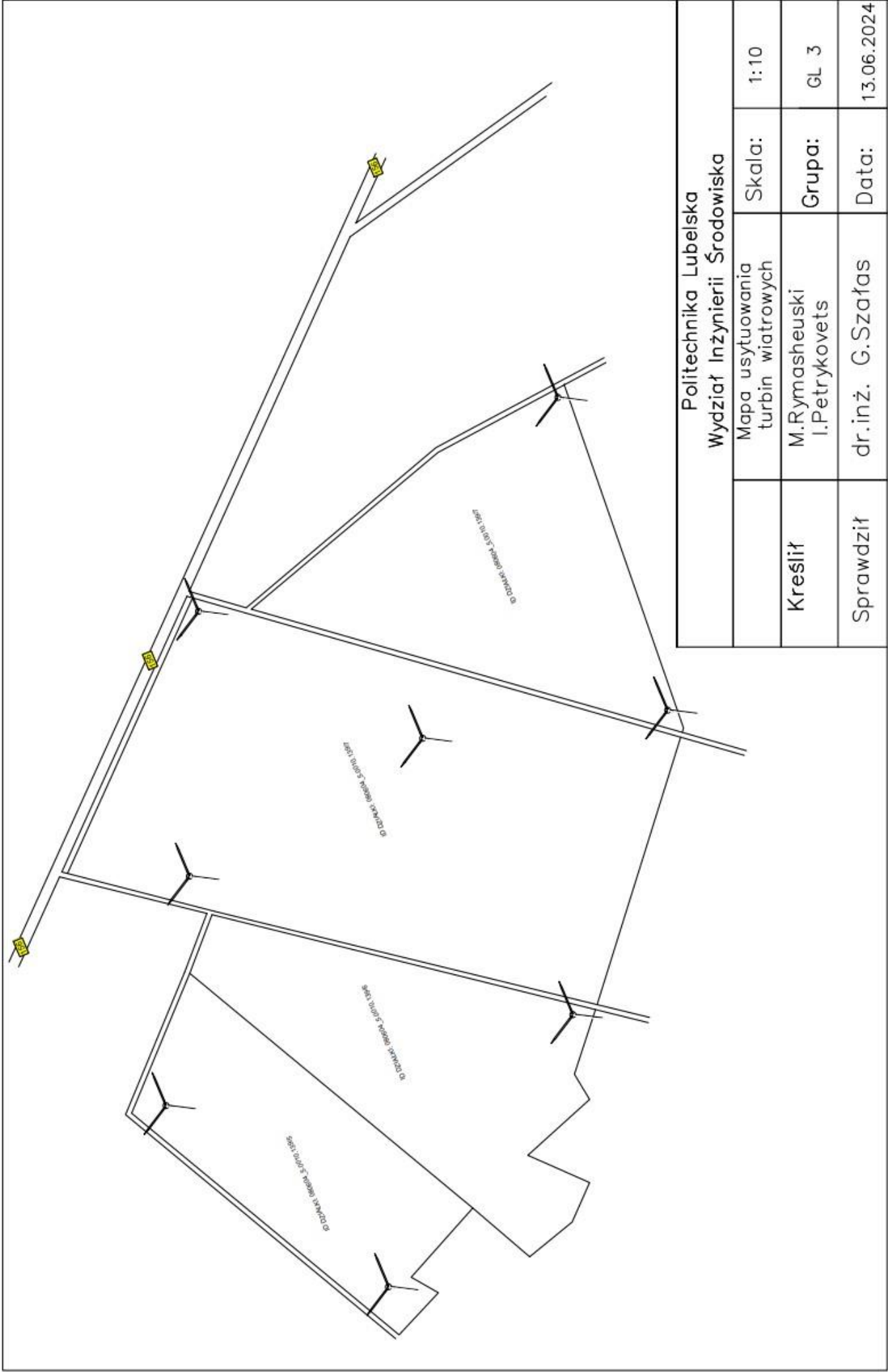
Zużycie energii gmina zima + lato [kWh]	24820
Zużycie energii gmina zima + lato [GWh]	24,82
Moc turbiny MW	4,2
Produkcja energii przez 1 turbinę [MWh]	1,72
Produkcja energii przez 1 turbinę [GWh]	3,44
Ilość turbin	7,22

**Przyjęto:** 8 turbin.

## 5. Rozmieszczenie turbin wiatrowych

Dopuszczalna odległość turbiny wiatrowej od zabudowań mieszkaniowych ma być równa lub większa od dziesięciokrotności wysokości elektrowni wiatrowej mierzonej od poziomu gruntu do najwyższego punktu wiatraka, wliczając wirnik wraz z łopatom oraz nie mniej jak 700m. Jest to spowodowane wysokim poziomem hałasu produkowanego przez turbinę. Dopuszczalny hałas w dzień dla terenów zamieszkalnych przez ludzi wynosi 55 dB (zabudowa wielorodzinna) oraz 50 dB dla zabudowy jednorodzinnej. Z kolei w nocy dopuszczalny poziom hałasu kształtują się na poziomie 45 dB i 40 dB odpowiednio.

Dopuszczalna odległość pomiędzy dwoma turbinami wiatrowymi musi wynosić co najmniej 500 m.

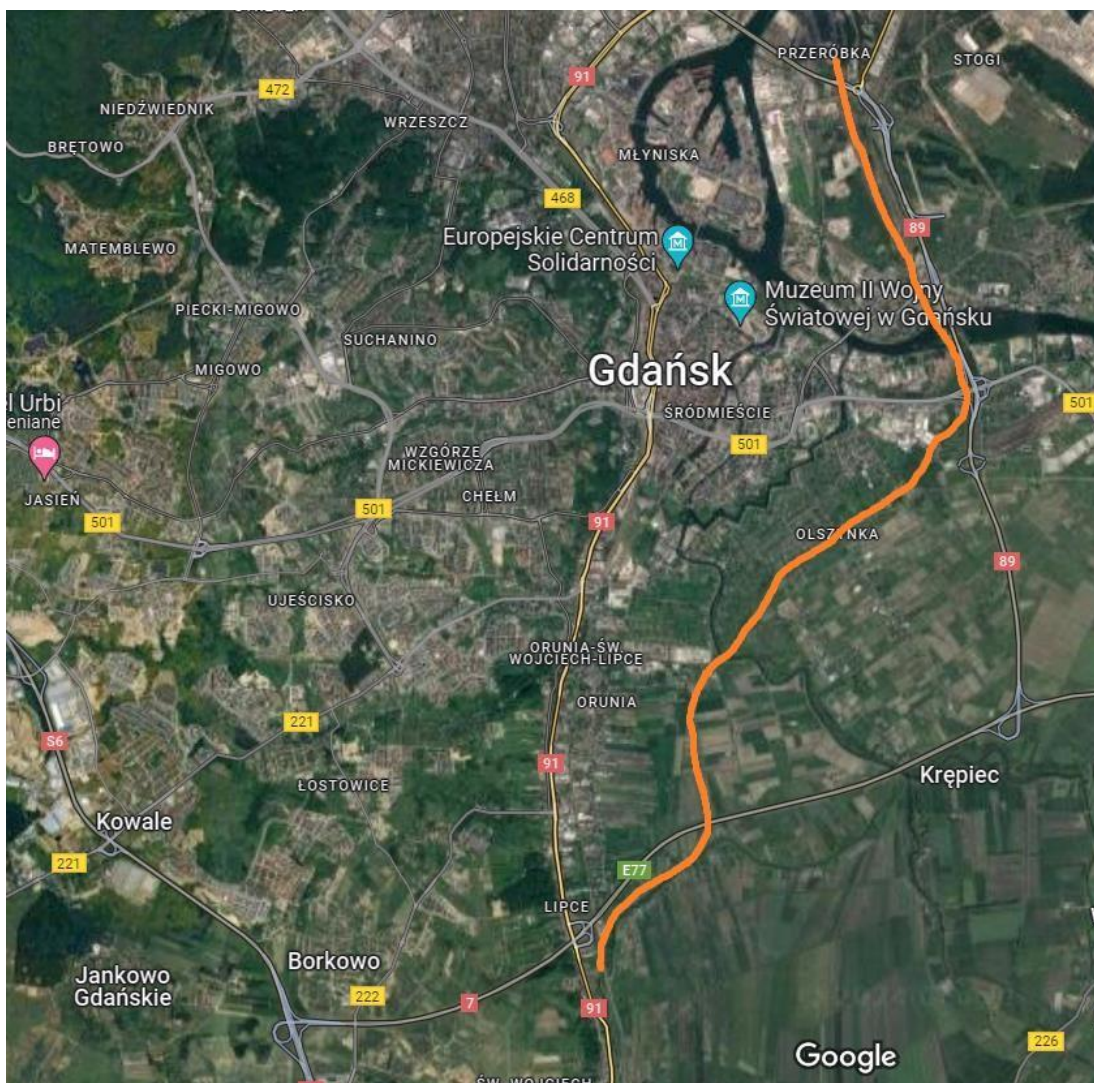


Politechnika Lubelska			
Wydział Inżynierii Środowiska			
	Mapa usytuowania turbin wiatrowych	Skala:	1:10
Kreślił	M.Rymasheuski I.Petrykovets	Grupa:	GL 3
Sprawdził	dr.inż. G.Szałas	Data:	13.06.2024

## 6. Analiza transportu turbin wiatrowych

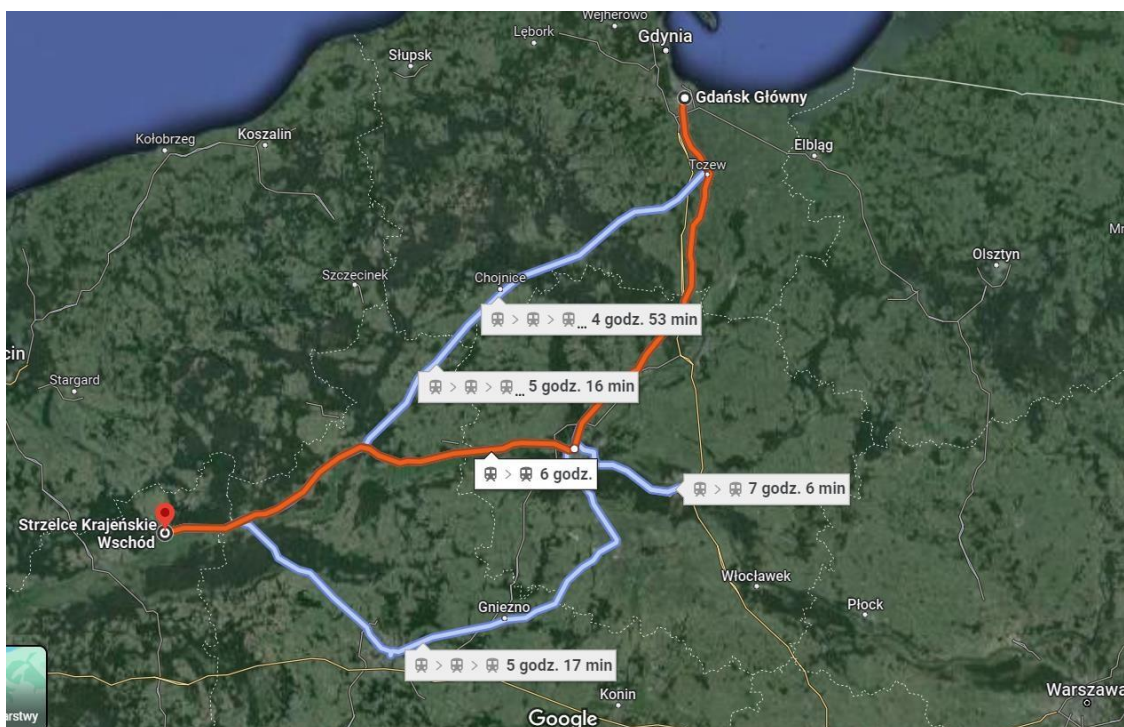
Punktem początkowym wybrano Port Gdański, który znajduje się przy ulicy Roberta de Plelo 6, 80548. Cała odległość drogi dojazdu wynosi 367,7 kilometrów oraz zajmuje to 6 godzin 51 minuta.

Przewóz turbiny wiatrowej jest drogą kolejową od samego portu do skrzyżowania głównej drogi przy m. Lipce. Odległość tego odcinka 12 km, zajmuje to zwykłym pociągiem 30 minut.

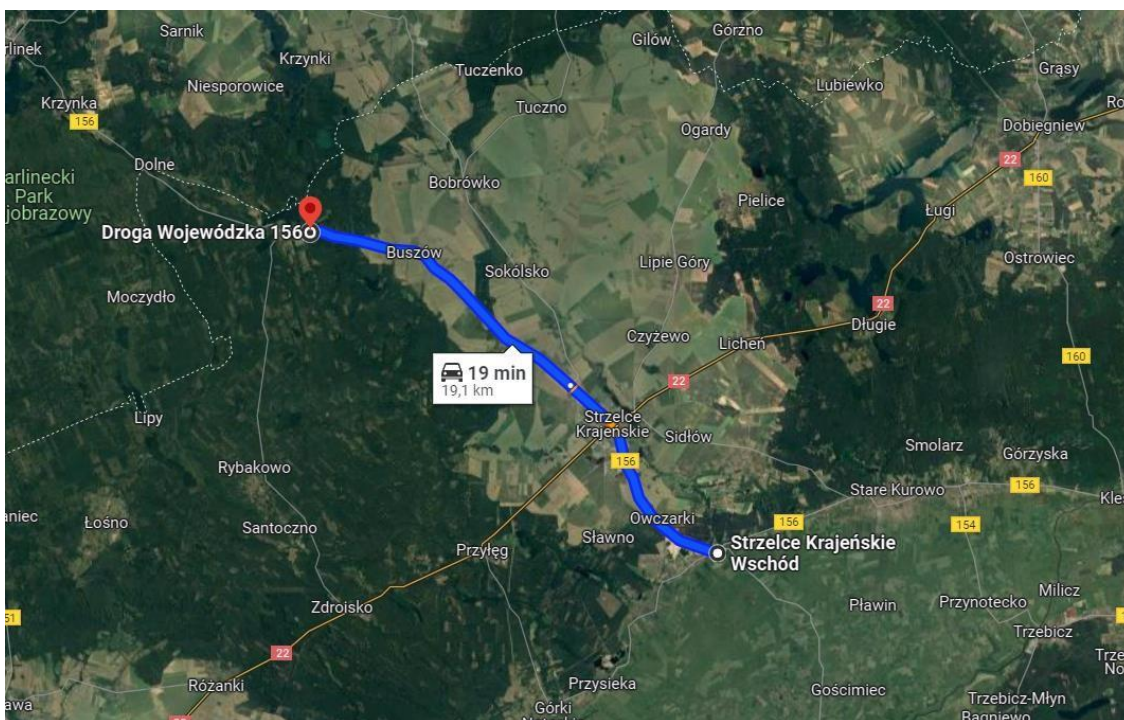


Na skrzyżowaniu głównej drogi przy m. Lipce skręcamy i jedziemy do stacji Strzelce Krajeńskie Wschód, 66-542 Zwierzyn. Odległość tego odcinka 336 km, zajmuje to zwykłym pociągiem 6 godzin.





Dalej przekładamy turbinę wiatrową na samochód specjalny i jedziemy do DW156, 66-510, drogą 156, organizujemy zamknięcie tej drogi. Odległość tej drogi 19,1 km oraz zajmuje to 20 minut zwykłym samochodem.



Jedynie gdzie występuje zatrudnienie to rondo, w tym miejscu rozbieramy granicę tego ronda i wycinamy niewielką część trawnika.





Zdjęcie pokazujące część którą wycinamy ze strony wjazdu.

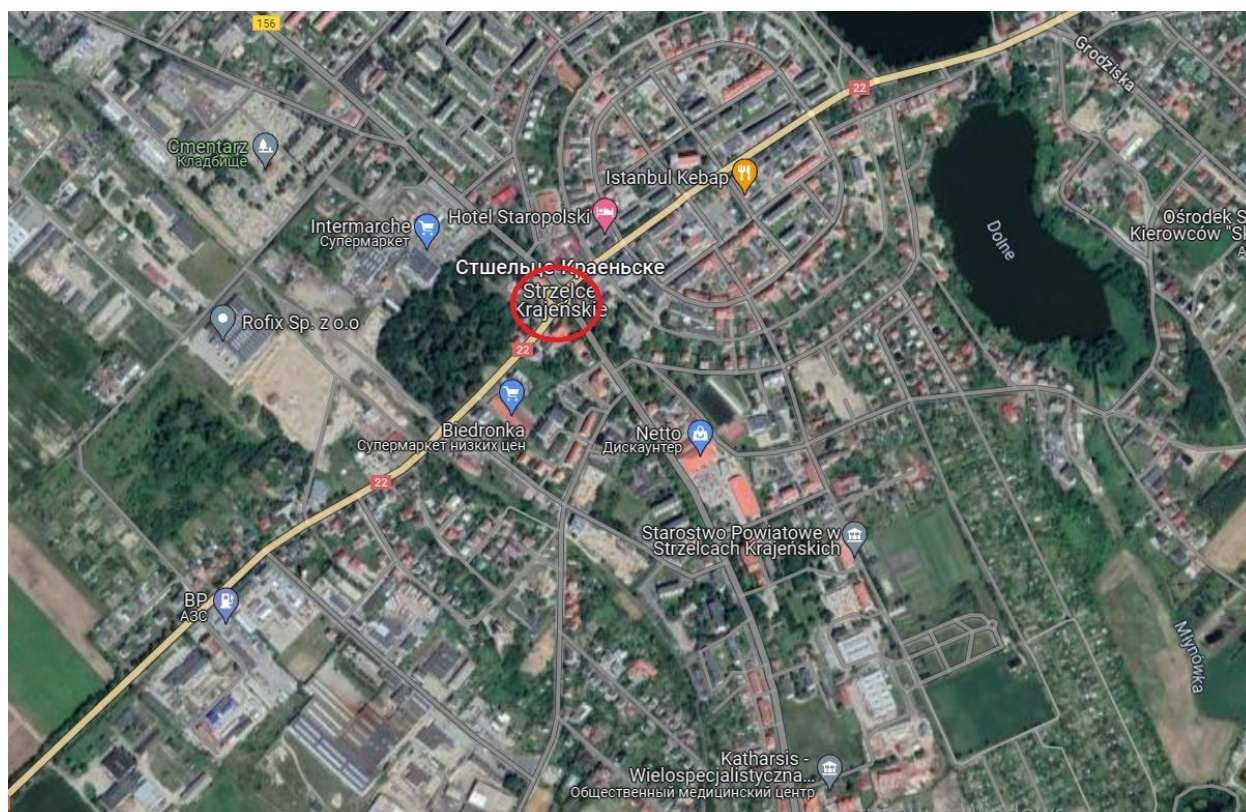




Zdjęcie pokazujące część którą wycinamy ze strony wyjazdu.



Zdjęcie pokazujące w którym miejscu drogi jest to rondo.



## 7. Koszty związane z elektrownią wiatrową

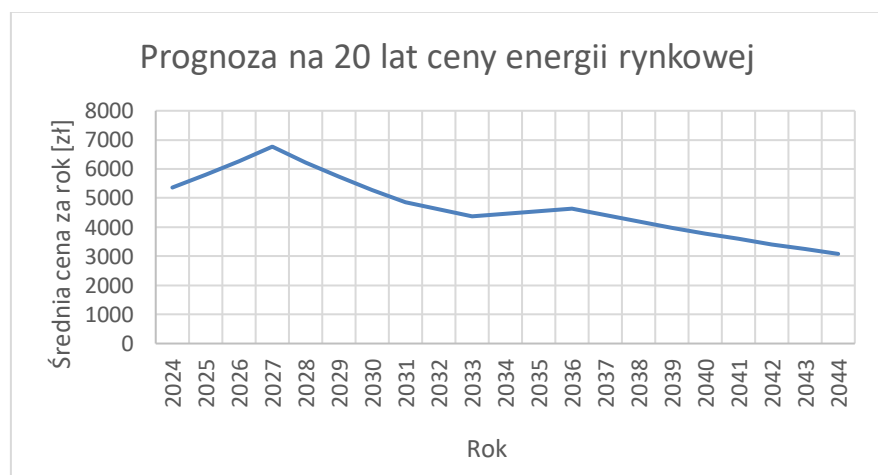
Koszty stałe	Cena	Jednostki
Transport	411824	[zł/km]
Pilotaż	224000	[zł]
Prace drogowe	1000	[zł]
Wykładanie drogi płytami	460	[zł/km]
Projekt	8000000	[zł/MW]
Roboty ziemne i fundament	8000000	[zł/MW]
Koszt turbiny	136410208	[zł/MW]
Demontaż	6400000	[zł/MW]
Suma	159447492	[zł]

Koszty czynne	Cena	Jednostki
Serwis turbin	2720000	[zł/MW/rok]
Ubezpieczenie (PZU)	960000	[zł/MW/rok]
Podatek (do gminy)	960000	[zł/MW/rok]
Serwis elektryczny	128000	[zł/MW/rok]
Dzierżawa	512000,00	[zł/MW/rok]
Suma	105600000	[zł]

Koszty stałe i czynne suma	265047492	[zł]
----------------------------	-----------	------

Rok	Cena za rok zielone certyfikaty [zł]
2024	4228309,085
2025	3458226,403
2026	3890539,058
2027	2506478,963
2028	2341579,032
2029	5375737,777
2030	3333726,955
2031	2619160,584
2032	2280566,057
2033	2154692,442
2034	2132705,785
2035	2748332,197
2036	2819788,834
2037	2608167,255
2038	2360817,357
2039	2085984,137
2040	2058500,815
2041	1811150,918
2042	1690224,301
2043	1514331,04
2044	1923832,538
SUMA	55942851,53

Miesiąc	Cena [zł/MWh/miesiąc]
styczeń	596,56
luty	667,59
marzec	509,72
kwiecień	506,6
maj	381,44
czerwiec	454,62
lipiec	440,38
sierpień	413,37
wrzesień	405,51
październik	311,67
listopad	380,35
grudzień	304,63
Suma	5372,44



Wykres 2. Przedstawiający prognozę ceny energii rynkowej na 20 lat

Oszczędności za sprzedaż energii za 20 lat[zł]:
2710328823

Suma sprzedaży zielonych certyfikatów i energii za 20 lat [zł]
2766271674

Całkowite zyski za 20 lat [zł]
2501224182

## 8. Recykling

Recyklingu podlegają łopaty, wieża oraz generator turbiny. Łopaty zostaną wykorzystane do modernizacji przystanków autobusowych w gminie Strzelce Krajeńskie. Generator zostanie rozłożony na części oraz sprzedany do huty. Wieża zostanie pocięta na kawałki i oddana na złomowisko. Podstawa betonowa turbin wiatrowych zostanie użyta jako podstawa do modernizacji dróg lokalnych, pozostałe elementy metalowe zostaną oddane na złomowisko.

## 9. Podsumowanie i wnioski

W gminie Strzelce Krajeńskie zostało zbudowane 8 turbin wiatrowych na obszarze dostępnym do budowy urządzeń wytwarzających energię z odnawialnych źródeł, zgodnie z planem zagospodarowania przestrzennego. Turbiny Vestas V150-4,2 zostały dobrane na podstawie danych znamionowych które są najlepszymi, aby spełnić warunki pracy turbiny dla danej lokalizacji. Na podstawie pomiarów prędkości wiatru oraz późniejszych obliczeń zostało przewidziane, że budowa farmy wiatrowej całkowicie zapewni zapotrzebowania energetyczne rozpatrywanej przez nas gminy Strzelce Krajeńskie które wynosi 27,48 GWh.