



MINISTERSTWO  
PRZEDSIĘBIORCZOŚCI  
I TECHNOLOGII

# KONCEPCJA INSTALACJI PANELI FOTOWOLTAICZNYCH Z MAGAZYNEM ENERGII ELEKTRYCZNEJ

**Ministerstwo Przedsiębiorczości i Technologii**

**Pl. Trzech Krzyży 3/5**

**00-507 Warszawa**

**Warszawa, kwiecień 2019 r.**

Opracowanie zostało wykonane przez Krajową Agencję Poszanowania Energii SA (KAPE SA) na zlecenie Ministerstwa Przedsiębiorczości i Technologii.

Autorzy:

mgr inż. Marta Sikorska 

mgr inż. Ilona Wojdyła

dr inż. Ryszard Wnuk

inż. Michał Jarosiński

inż. Magda Józwiak

mgr inż. Piotr Nowakowski

mgr inż. Dariusz Koc

mgr inż. Piotr Krysik

Proponuje się budowę systemu fotowoltaicznego o mocy 158,4 kW<sub>p</sub>, złożoną z 528 modułów o mocy 300 W<sub>p</sub> każdy. Wielkość zaproponowanej instalacji wynika z dostępności powierzchni na dachu, która jest znacznie ograniczona przez kominy wentylacyjne. Przyjęto następujące parametry modułu fotowoltaicznego (zgodnie z danymi wybranego producenta - Tabela 1).

Tabela 1. Parametry modułów fotowoltaicznych

Wielkość	Wartość	Jednostka
Moc maksymalna pojedynczego modułu	300	W <sub>p</sub>
Napięcie jałowe	39,5	V
Prąd zwarciov	9,78	A
Sprawność modułu	18,3	%
Wymiary modułu	1 640 x 992 x 35	mm
Powierzchnia modułu	1,627	m <sup>2</sup>
Waga modułu	18,1	kg

Źródło: opracowanie własne

Podstawowe parametry systemu zebrano w Tabeli 2.

Tabela 2. Podstawowe parametry systemu PV

Wielkość	Wartość	Jednostka
Moc maksymalna systemu PV	158,4	kW <sub>p</sub>
Liczba modułów	528	-
Powierzchnia systemu (wszystkich modułów)	859	m <sup>2</sup>
Waga systemu (wszystkich modułów)	9 556,8	kg

Źródło: opracowanie własne

Przyjęto, że moduły są odchylone na wschód o 17° w stosunku do kierunku południowego i pochylone pod kątem 30° względem powierzchni poziomej. Dla pochylenia 30° względem poziomu odczytano, ze strony Ministerstwa Innowacji i Rozwoju, godzinne wartości napromieniowania powierzchni czołowej modułów dla azymutu wynoszącego 0°. Wpływ odchylenia względem kierunku południowego jest pomijalny. Przy pochyleniu względem poziomu 30°, odstęp pomiędzy poszczególnymi rzędami modułów powinien wynosić 2,78 m, zgodnie z założeniem braku zacienienia dolnej części modułów w dniu 21 grudnia. Zmniejszenie odstępów do 2 m (brak zacienienia 30 października) spowoduje minimalną utratę części napromieniowania. Zwiększenie kąta pochylenia modułów spowoduje wzrost wymaganej odległości między rzędami modułów.

Miesięczne napromieniowanie powierzchni czołowej modułów fotowoltaicznych zebrano w Tabeli 3.

Tabela 3. Napromieniowanie powierzchni czołowej modułu

Miesiąc	Miesięczne napromieniowanie jednostkowej powierzchni jednostkowej modułów w kierunku południowym, [kWh/m <sup>2</sup> ]
styczeń	37
luty	43
marzec	78
kwiecień	104
maj	147
czerwiec	156
lipiec	157
sierpień	140
wrzesień	90
październik	55
listopad	26
grudzień	21
Rocznie	1 054

Źródło: opracowanie własne

Energię elektryczną wytworzoną przez system  $E_w$  [kWh] obliczono z zależności:

$$E_w = \frac{P \cdot H \cdot \eta_{inst.}}{STC}$$

- $P$  - nominalna moc systemu fotowoltaicznego [kW];
- $H$  - roczne napromieniowanie powierzchni czołowej modułów fotowoltaicznych [kWh];
- $\eta_{inst.}$  - sprawność instalacji, (1 – straty), przyjęto wartość 0,87, która ujmuje sprawność konwersji DC/AC (nie jest to wielkość związana ze sprawnością modułów);
- $STC$  - gęstość strumienia napromieniowania w warunkach testowych, wynosi 1 kW/m<sup>2</sup>.

Wielkości energii elektrycznej AC wytworzonej w poszczególnych miesiącach roku, przedstawiono w Tabeli 4 i na Rysunku 1.

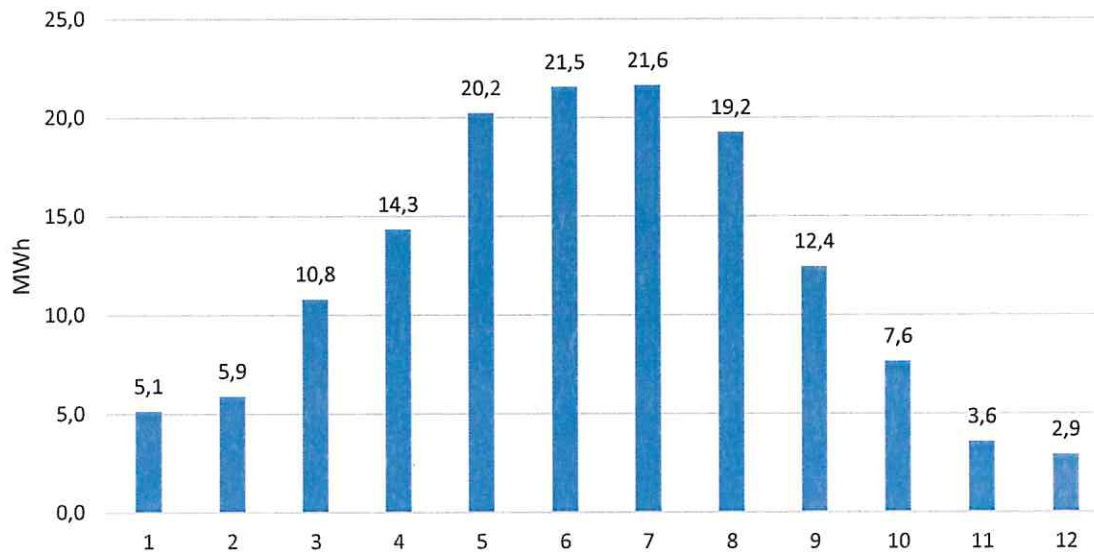
Tabela 4. Energia elektryczna wytworzona z systemu PV

Miesiąc	Energia elektryczna wytworzona przez system PV [kWh]
styczeń	5 132
luty	5 885
marzec	10 792
kwiecień	14 317
maj	20 218
czerwiec	21 545
lipiec	21 636
sierpień	19 241
wrzesień	12 422
październik	7 627
listopad	3 578
grudzień	2 920



Miesiąc	Energia elektryczna wytworzona przez system PV [kWh]
Rocznie	145 314

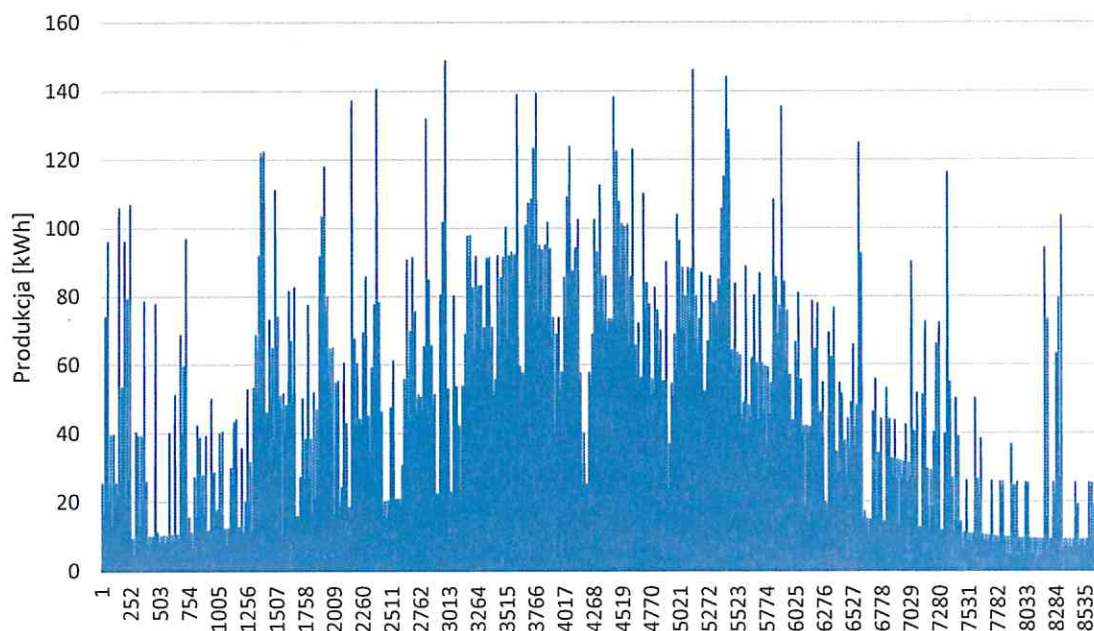
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 1. Energia elektryczna wytworzona z systemu PV

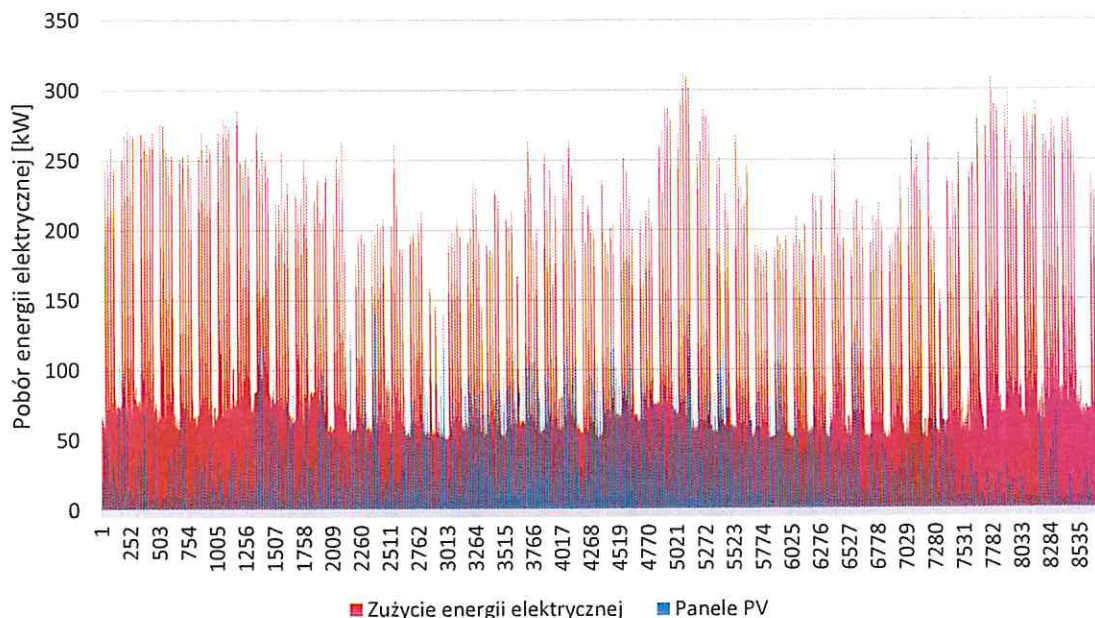
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 2 przedstawia roczny, godzinowy przebieg wielkości wytworzonej przez system PV energii elektrycznej.



Rysunek 2. Godzinowy przebieg produkcji energii elektrycznej przez system PV

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 3. Godzinowe zużycie energii i uzysk z paneli fotowoltaicznych

Źródło: opracowanie własne

Jak widać na powyższym wykresie, energia elektryczna produkowana przez panele fotowoltaiczne w dniach roboczych zostanie w całości wykorzystana, uzysk z paneli fotowoltaicznych nie powinien przekroczyć poboru energii elektrycznej. Problem pojawia się w weekendy, kiedy, szczególnie w okresie letnim, produkcja z paneli fotowoltaicznych może znacznie przewyższać pobór energii elektrycznej. Z tego względu proponuje się dodatkowy system akumulacji energii elektrycznej, który będzie gromadził nadprodukowaną energię w weekendy. Po dogłębnej analizie ekonomicznej stwierdzono, iż optymalnym rozwiązaniem w budynku Ministerstwa będzie magazyn energii elektrycznej o pojemności **160 kWh**. Magazyn energii o takiej wielkości pozwoli na wykorzystanie energii elektrycznej uzyskiwanej z paneli fotowoltaicznych, która w przeciwnym wypadku byłaby tracona. Przy zmienionej taryfie energii elektrycznej, w trakcie dni roboczych, kiedy magazyn nie będzie obciążony przez instalację paneli fotowoltaicznych, może być on wykorzystany do ładowania z sieci elektroenergetycznej w strefie pozaszczytowej. Magazyn takiej wielkości zapewni wykorzystanie 97,5% całkowitej ilości energii wyprodukowanej przez panele fotowoltaiczne.

Przy założeniu kosztu instalacji wynoszącego 5 000 zł/kW<sub>p</sub> brutto (cena negocjowalna przy tej mocy instalacji) brutto, w który wchodzi oprócz paneli PV, wszelkie niezbędne urządzenia (falowniki, sterowniki), okablowanie, statywy i prace montażowe, koszt systemu wyniesie **792 000 zł**. Zakładając koszt magazynu energii elektrycznej na poziomie 3 000 zł/kWh nakłady inwestycyjne które trzeba będzie ponieść na magazyn energii wyniosą **480 000 zł**. Łączne nakłady inwestycyjne całkowite dla całej instalacji wyniosą **1 272 000 zł**.

Przyjmując cenę energii elektrycznej **0,47 zł/kWh**, okres zwrotu SPBT instalacji wyniesie **19,1 lat**, a roczna oszczędność spowodowana zastosowaniem systemu to ponad **66 500 zł**. Efekt ekologiczny funkcjonowania instalacji fotowoltaicznej, na podstawie wskaźnika emisyjności dla produkcji energii elektrycznej podanego przez KOBIZE, to roczna redukcja emisji **CO<sub>2</sub> 110,61 Mg**.

**SPIS RYSUNKÓW**

Rysunek 1. Energia elektryczna wytworzona z sytemu PV .....	5
Rysunek 2. Godzinowy przebieg produkcji energii elektrycznej przez system PV .....	5
Rysunek 3. Godzinowe zużycie energii i uzysk z paneli fotowoltaicznych .....	6

**SPIS TABEL**

Tabela 1. Parametry modułów fotowoltaicznych .....	3
Tabela 2. Podstawowe parametry systemu PV.....	3
Tabela 3. Napromieniowanie powierzchni czołowej modułu .....	4
Tabela 4. Energia elektryczna wytworzona z systemu PV.....	4

