



Praca zrealizowana w ramach projektu pt.

**Rozwój energetyki rozproszonej w klastrach energii (KlastER)** ([www.er.agh.edu.pl](http://www.er.agh.edu.pl))

współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu badań naukowych i prac rozwojowych Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków  
GOSPOSTRATEG/umowa nr  
Gospostateg1/385085/21/NCBR/19

# ELEKTROWNIE FOTOWOLTAICZNE NA RYNKU ENERGII

Autor:

dr inż. Edmund CIESIELKA

Kraków, luty 2021 r.



# ZAŁĄCZNIK E<sup>1</sup>

## Analiza ekonomiczna wraz z projektem koncepcyjnym kilku przykładowych instalacji fotowoltaicznych o różnej mocy

### E.1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest analiza ekonomiczna wraz z projektem koncepcyjnym kilku przykładowych instalacji fotowoltaicznych o różnej mocy. Koncepcja swym zakresem obejmuje:

- dobór urządzeń do instalacji,
- wstępną wycenę inwestycji,
- analizę ekonomiczną inwestycji.

### E.2. Obiekt nr 1 – instalacja naziemna 770 kWp

#### *Stan proponowany*

Ze względu na możliwość zmniejszenia zapotrzebowania na energię elektryczną poprzez instalacje OZE, proponuje się wykonanie instalacji fotowoltaicznej na gruncie. W Tabeli Z3.1 przedstawiono liczbę modułów, moce oraz prognozowaną produkcję z instalacji fotowoltaicznej.

Tabela E.1. Ilość modułów i produkcja energii na poszczególnych obiektach

Lp.	OBIEKT	ILOŚĆ MODUŁÓW	MOC DC (kWp)	MOC AC (kW)	ROCZNA PRODUKCJA ENERGII [kWh]
1	OBIEKT NR 1	2 752	772,8	750	817 627

W Tabeli E.2. zestawiono liczbę oraz rodzaj falowników fotowoltaicznych.

Tabela E.2. Liczba falowników

Lp.	Fronius Eco 25.0-3.S
4	30

<sup>11.1</sup> Praca jest jednym z rozdziałów przygotowywanej w ramach projektu KlastER monografii pt. WSPÓŁPRACA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH Z SYSTEMEM ELEKTROENERGETYCZNYM.

Przedstawione w tabelach obliczenia uzysków energii elektrycznej wykonano przy wykorzystaniu oprogramowania RET–Screen, przyjmując następujące założenia: (a) kąt nachylenia modułów względem ziemi: 30°; (b) lokalizacja instalacji: woj. małopolskie; dane klimatyczne: woj. małopolskie.

### ***Miejsce przyłączenia instalacji***

Instalację wytwórczą proponuje się podzielić na 2 równe pod względem mocy znamionowej instalacje i wpiąć do dwóch istniejących stacji SN/nn zasilonych z niezależnych przyłączy.

### ***Funkcjonowanie instalacji***

Projektowana instalacja będzie pracowała w trybie *on-grid* (równoległe z siecią elektroenergetyczną). Zostanie podłączona do istniejącej instalacji odbiorczej Obiektu. Energia wyprodukowana przez elektrownię PV będzie używana w całości na potrzeby własne obiektu.



Tabela E.3. Wstępna wycena inwestycji

Lp.	NAZWA	ILOŚĆ	J.M.	CENA JEDN. [EUR]	WARTOŚĆ [EUR]	WARTOŚĆ [PLN]	% WARTOŚCI INWEST.
<b>1</b>	<b>Konstrukcja</b>				€ 140 649,60	604 793,28 zł	19,83%
<b>1.1</b>	Komponenty konstrukcji nośnej, dostawa + montaż	772 800	Wp	€ 0,1000	€ 77 280,00	332 304,00 zł	
<b>1.2</b>	Usługa wbijania konstrukcji, montaż modułów, połączenia DC, połączenia wyrównawcze	772 800	Wp	€ 0,0800	€ 61 824,00	265 843,20 zł	
<b>1.3</b>	Systemy mocowania kabli, dostawa + montaż	772 800	Wp	€ 0,0020	€ 1 545,60	6 646,08 zł	
<b>2</b>	<b>Moduły fotowoltaiczne</b>				€ 347 760,00	1 495 368,00 zł	49,04%
<b>2.1</b>	Moduły monokrystaliczne	772 880	Wp	€ 0,4500	€ 347 760,00	1 495 368,00 zł	
<b>3</b>	<b>Falowniki AC/DC</b>				€ 59 700,00	256 710,00 zł	8,42%
<b>3.1</b>	Falowniki dostawa	30	szt.	€ 1 900,00	€ 57 000,00	245 100,00 zł	
<b>3.2</b>	Montaż i konfiguracja falowników	30	szt.	€ 90,00	€ 2 700,00	11 610,00 zł	
<b>4</b>	<b>Komponenty niskiego napięcia</b>				€ 107 654,72	462 915,28 zł	15,18%
<b>4.1</b>	Kable AC nN, dostawa	1	kpl.	€ 79 245,28	€ 79 245,28	340 754,72 zł	
<b>4.2</b>	Kable AC nN – montaż	1	kpl.	€ 9 905,66	€ 9 905,66	42 594,34 zł	
<b>4.3</b>	Rozdzielnice DC, dostawa + montaż	1	kpl.	€ 4 358,49	€ 4 358,49	18 741,51 zł	
<b>4.4</b>	Kable DC, dostawa + montaż	1	kpl.	€ 4 437,74	€ 4 437,74	19 082,26 zł	
<b>4.5</b>	Konektory	1	kpl.	€ 1 783,02	€ 1 783,02	7 666,98 zł	
<b>4.6</b>	Zabezpieczenia	1	kpl.	€ 7 924,53	€ 7 924,53	34 075,47 zł	
<b>4</b>	<b>Komponenty średniego napięcia</b>				€ 45 000,00	193 500,00 zł	6,35%
<b>5.1</b>	Kontenerowa stacja transformatorowa, obudowa, rozdzielnica SN, rozdzielnica nN, tablica pomiarowa	1	kpl.	€ 45 000,00	€ 45 000,00	193 500,00 zł	
<b>5</b>	<b>Monitoring</b>				€ 1 400,00	6 020,00 zł	0,20%
<b>5.1</b>	System monitoringu instalacji PV – dostawa	1	kpl.	€ 700,00	€ 700,00	3 010,00 zł	
<b>5.2</b>	System monitoringu instalacji PV – instalacja	1	szt.	€ 700,00	€ 700,00	3 010,00 zł	
<b>6</b>	<b>Projekty</b>				€ 7 000,00	30 100,00 zł	0,99%
<b>6.1</b>	Projekt wykonawczy	1	kpl.	€ 4 000,00	€ 4 000,00	17 200,00 zł	
<b>6.2</b>	Projekt budowlany	1	szt.	€ 3 000,00	€ 3 000,00	12 900,00 zł	
<b>7</b>	<b>SUMA</b>				€ 709 164,32	3 049 406,56 zł	

### **Rachunek ekonomiczny**

W dalszej części przedstawiono założenia analizy ekonomicznej opłacalności inwestycji wraz ze wskaźnikami opłacalności.

Analiza ekonomiczna zakłada 100% konsumpcji wytworzonej energii na potrzeby własne. W poniższej tabeli (Tabela E.4.) przedstawiono założenia wejściowe do analizy ekonomicznej.

Tabela E.4. Założenia wejściowe do analizy ekonomicznej

Lp.	NAZWA	WARTOŚĆ	[...]
1	Całkowita wartość inwestycji	3 049 406,56	zł
2	Roczna produkcja energii elektrycznej (wyjściowa)	817,63	MWh
3	Koszty eksploatacji (zatrudnienie)	15 000	zł / rok
4	Koszty eksploatacji	7 500	zł / rok
5	Roczny spadek sprawności systemu PV	0,7	% / rok
6	Łączny czas eksploatacji	15	lat
7	Oprocentowanie kredytu	3	%
8	Inflacja	3	%
9	Stopa dyskontowa	6	%
10	Stopa podatkowa	19	%
11	Stopa amortyzacji	7,5	%
12	Okres kredytowania	15	%
13	Cena zakupu energii elektrycznej – sprzedaż	352,4	PLN/MWh
14	Cena zakupu energii elektrycznej – dystrybucja	47,19	PLN/MWh

W poniższej tabeli przedstawiono wskaźniki opłacalności inwestycji (Tabela E.5).

### **Produkcja energii elektrycznej**

W Tabeli E.6 przedstawiono prognozowane wyniki produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach wraz z zestawieniem zużycia energii obiektu.

Tabela E.5. Wskaźniki opłacalności inwestycji

		100% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 0 % KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 90 % KREDYT	100% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 0 % KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 90 % KREDYT	
1	NPV	591 441,02	947 766,93	161 193,85	517 519,77	PLN
2	IRR	9,33	46,56	6,93	26,10	%
3	Okres zwrotu	9	4	11	6	LAT

Tabela E.6. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji

Lp.	MIESIĄC	PRODUKCJA	ZUŻYCIĘ ŁĄCZNIE	ZUŻYCIĘ STREFA I <sup>E.2</sup>
		kWh	kWh	kWh
1	Styczeń	36 194	304 494	51 573
2	Luty	49 970	330 658	56 714
3	Marzec	73 260	343 130	59 472
4	Kwiecień	91 736	368 329	63 715
5	Maj	89 405	413 259	72 988
6	Czerwiec	91 168	394 649	66 981
7	Lipiec	95 406	370 336	62 172
8	Sierpień	87 762	364 674	57 512
9	Wrzesień	70 195	323 302	51 064
10	Październik	63 276	322 105	59 004
11	Listopad	40 788	368 217	65 815
12	Grudzień	28 467	374 390	66 788
13	<b>SUMA</b>	<b>817 626</b>	<b>4 277 543</b>	<b>733 798</b>

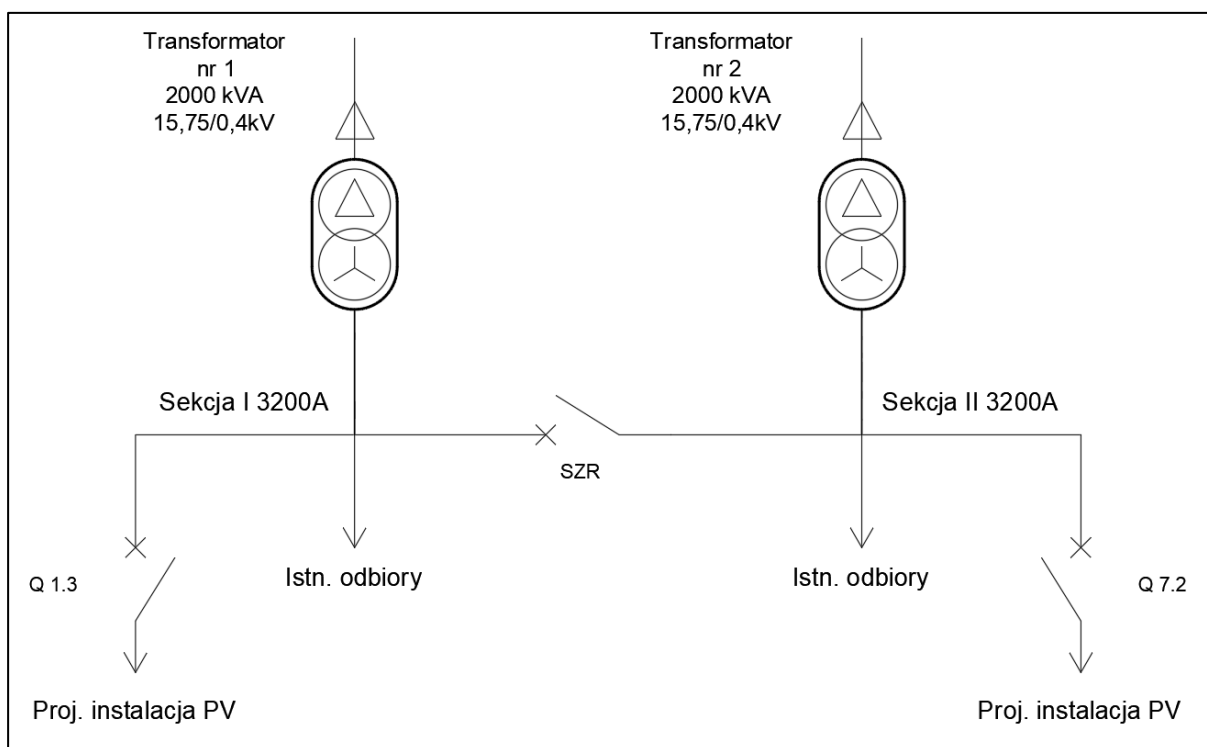
W Tabeli E.7 zestawiono strefy czasowe stosowane w rozliczeniach z grupy taryfowej B23 zgodnie z taryfą dla energii elektrycznej TAURON Dystrybucja S.A. w roku 2018.

Tabela E.7. Strefy czasowe stosowane w rozliczeniach z odbiorcami grup taryfowych N23, A23, B23, C23, C13 i G13

STREFA DOBY	CZAS	
	LATO (od 1 kwietnia do 30 września)	ZIMA (od 1 października do 31 marca)
<b>Szczyt przedpołudniowy</b>	7:00 – 13:00	7:00 – 13:00
<b>Szczyt popołudniowy</b>	19:00 – 22:00	16:00 – 21:00
<b>Pozostałe godziny doby</b>	13:00 – 19:00 22:00 – 7:00	13:00 – 16:00 21:00 – 7:00

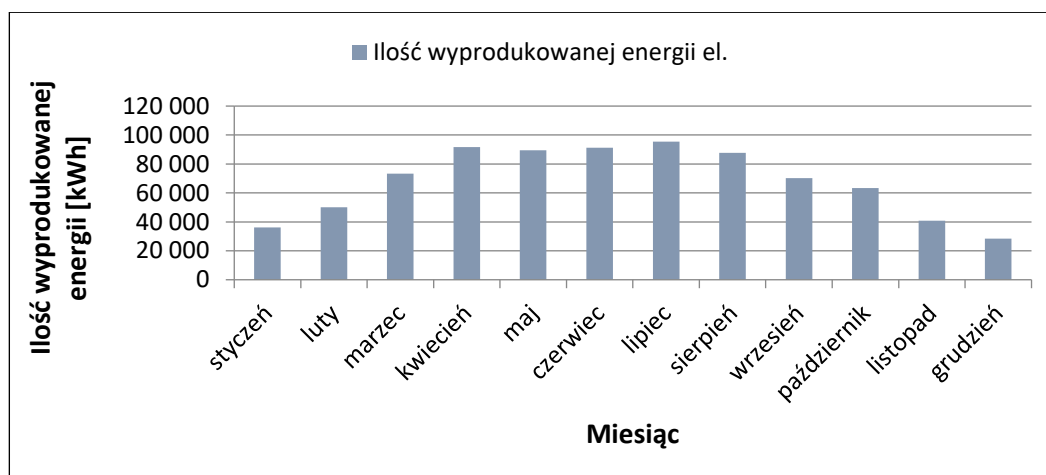
Na poniższym rysunku E.1 przedstawiono schemat ideowy przyłączenia instalacji fotowoltaicznej.

<sup>E.2</sup> W Tabeli E.7 zestawiono strefy czasowe stosowane w rozliczeniach z grupy taryfowej B23 zgodnie z taryfą dla energii elektrycznej TAURON Dystrybucja S.A. w roku 2018.



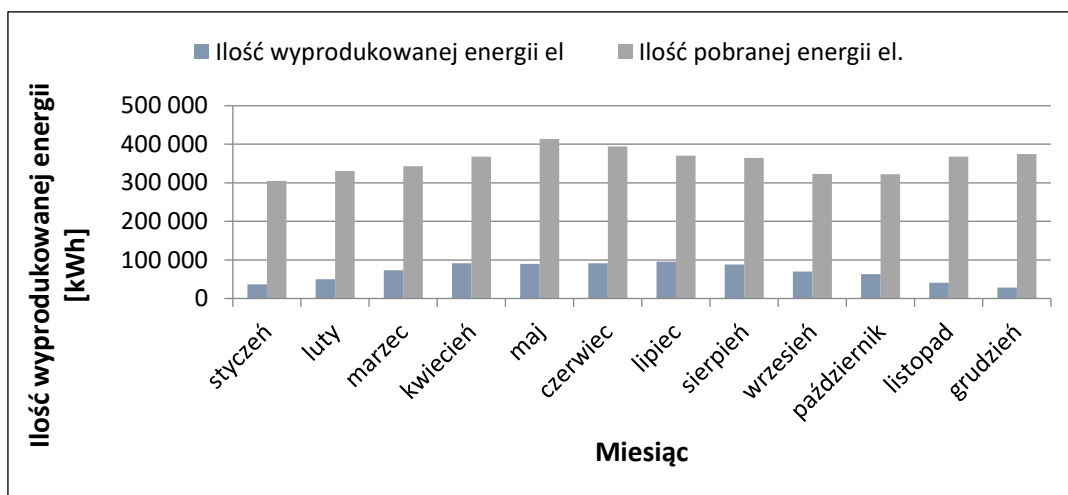
Rys. E.1. Schemat ideowy projektowanej instalacji PV

Na rysunku E.2 przedstawiono wykresy prognozowanych wartości produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach wraz z zestawieniem zużycia energii obiektu.



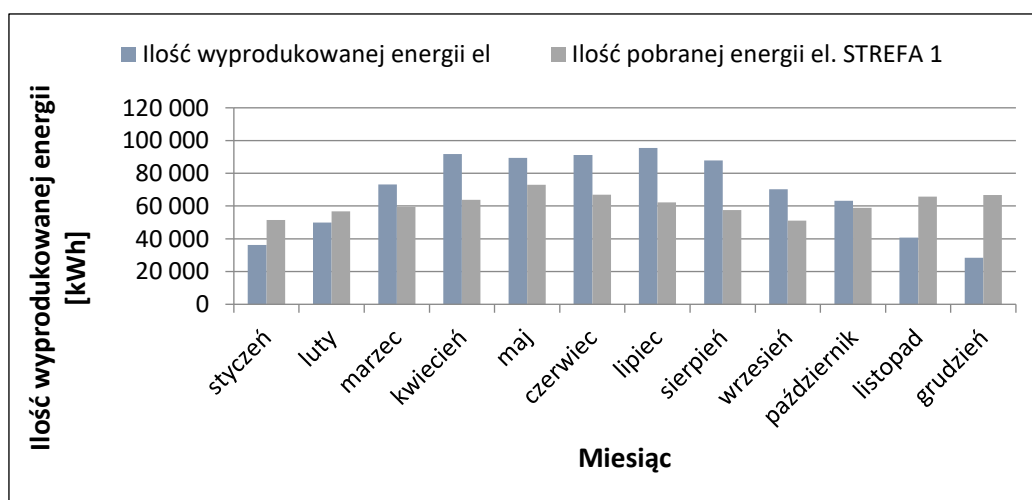
Rys. E.2. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji

Na poniższym rysunku E.3 przedstawiono wykres zestawiający obecne zużycie energii elektrycznej oraz przyszłą produkcję w poszczególnych miesiącach roku.



Rys. E.3. Porównanie obecnej produkcji i przyszłego zużycia energii w poszczególnych miesiącach

Na poniższym rysunku E.4 przedstawiono wykres zestawiający obecne zużycie energii elektrycznej oraz przyszłą produkcję w poszczególnych miesiącach roku w odniesieniu do strefy rozliczenia za energię elektryczną w taryfie B23 TAURON Dystrybucja S.A.



Rys. E.4. Porównanie obecnej produkcji i przyszłego zużycia energii w poszczególnych miesiącach

### Bilans energii

W Tabeli E.8 przedstawiono bilans energii dla obiektu odpowiednio dla: przyłącza 1, przyłącza 2 oraz sumarycznie dla całego obiektu.

Tabela Z3.8. Roczny bilans energii obiektu

Lp.	NAZWA	WARTOŚĆ			J.m.
		PRZYŁĄCZE I	PRZYŁĄCZE II	SUMA	
1	ZAPOTRZEBOWANIE	2 497 403,75	1 840 681,25	4 338 085,00	kWh
2	PRODUKCJA	408 813,16	408 813,16	817 626,31	kWh
3	IMPORT ENERGII	2 105 965,45	1 487 637,29	3 593 602,74	kWh



	Z SIECI				
4	EKSPORT ENERGII DO SIECI	-17 374,86	-55 769,20	-73 144,06	kWh

W Tabeli E.9 przedstawiono bilans energii w ujęciu miesięcznym dla przyłącza I.

Tabela E.9. Roczny bilans energii obiektu – przyłącze I

Lp.	MIESIĄC	ZAPOTRZEBOWANIE [kWh]	PRODUKCJA [kWh]	IMPORT ENERGII Z SIECI [kWh]	EKSPORT ENERGII DO SIECI [kWh]
1	STYCZEŃ	222 331,25	18 097,07	204 258,90	-24,72
2	LUTY	200 687,25	24 984,75	175 882,37	-179,87
3	MARZEC	171 588,50	36 630,17	138 199,33	-3 241,01
4	KWIECIEŃ	176 827,25	45 868,14	135 653,46	-4 694,35
5	MAJ	194 153,25	44 702,52	153 012,43	-3 561,71
6	CZERWIEC	200 203,50	45 584,05	157 842,45	-3 223,00
7	LIPIEC	233 815,75	47 702,75	186 663,93	-550,93
8	SIERPIEŃ	236 425,75	43 880,80	193 193,98	-649,03
9	WRZESIEŃ	222 936,50	35 097,65	188 292,91	-454,06
10	PAŹDZIERNIK	214 845,75	31 638,20	183 617,61	-410,06
11	LISTOPAD	205 007,00	20 393,80	184 999,31	-386,11
12	GRUDZIEŃ	218 582,00	14 233,24	204 348,76	0
13	SUMA	2 497 403,75	408 813,16	2 105 965,45	-17 374,86

W Tabeli E.10 przedstawiono bilans energii w ujęciu miesięcznym dla przyłącza II.

Tabela E.10. Roczny bilans energii Obiektu 1 – przyłącze II

Lp.	MIESIĄC	ZAPOTRZEBOWANIE [kWh]	PRODUKCJA [kWh]	IMPORT ENERGII Z SIECI [kWh]	EKSPORT ENERGII DO SIECI [kWh]
1	STYCZEŃ	152 059,50	18 097,07	135 594,42	-1 631,99
2	LUTY	167 527,75	24 984,75	144 220,59	-1 677,59
3	MARZEC	150 512,75	36 630,17	120 140,95	-6 258,37
4	KWIECIEŃ	146 476,50	45 868,14	109 078,53	-8 470,17
5	MAJ	170 527,25	44 702,52	131 083,96	-5 259,23
6	CZERWIEC	170 123,75	45 584,05	130 285,33	-5 745,63
7	LIPIEC	170 829,75	47 702,75	128 593,84	-5 466,84
8	SIERPIEŃ	176 823,25	43 880,80	138 269,66	-5 327,21
9	WRZESIEŃ	145 374,25	35 097,65	114 872,19	-4 595,59



<b>10</b>	PAŹDZIERNIK	128 284,75	31 638,20	102 488,94	-5 842,39
<b>11</b>	LISTOPAD	125 661,75	20 393,80	109 573,36	-4 305,41
<b>12</b>	GRUDZIEŃ	136 480,00	14 233,24	123 435,52	-1 188,76
<b>13</b>	SUMA	1 840 681,25	408 813,16	1 487 637,29	-55 769,20

W Tabeli E.11 przedstawiono bilans energii w ujęciu miesięcznym sumarycznie dla przyłącza I i II.

Tabela E.11. Roczny bilans energii Obiektu 1 – suma

Lp.	MIESIĄC	ZAPOTRZEBOWANIE [kWh]	PRODUKCJA [kWh]	IMPORT ENERGII Z SIECI [kWh]	EKSPORT ENERGII DO SIECI [kWh]
<b>1</b>	STYCZEŃ	374 390,75	36 194,14	339 853,32	-1 656,72
<b>2</b>	LUTY	368 215,00	49 969,50	320 102,96	-1 857,46
<b>3</b>	MARZEC	322 101,25	73 260,35	258 340,28	-9 499,38
<b>4</b>	KWIECIEŃ	323 303,75	91 736,28	244 731,99	-13 164,52
<b>5</b>	MAJ	364 680,50	89 405,05	284 096,39	-8 820,94
<b>6</b>	CZERWIEC	370 327,25	91 168,10	288 127,78	-8 968,63
<b>7</b>	LIPIEC	404 645,50	95 405,51	315 257,77	-6 017,78
<b>8</b>	SIERPIEŃ	413 249,00	87 761,60	331 463,65	-5 976,25
<b>9</b>	WRZESIEŃ	368 310,75	70 195,30	303 165,10	-5 049,65
<b>10</b>	PAŹDZIERNIK	343 130,50	63 276,40	286 106,54	-6 252,44
<b>11</b>	LISTOPAD	330 668,75	40 787,61	294 572,67	-4 691,53
<b>12</b>	GRUDZIEŃ	355 062,00	28 466,47	327 784,29	-1 188,76
<b>13</b>	SUMA	4 338 085,00	817 626,31	3 593 602,74	-73 144,06

### E.3. Obiekt nr 2 – dwie instalacje po 230 kWp

W Tabeli E.12 przedstawiono liczbę modułów, moce oraz prognozowaną produkcję z instalacji fotowoltaicznej.

Tabela E.12. Liczba modułów i prognozowana produkcja energii elektrycznej z instalacji

Lp.	OBIEKT	LICZBA MODUŁÓW	MOC DC (kWp)	MOC AC (kW)	ROCZNA PRODUKCJA ENERGII [kWh]
<b>2</b>	<b>OBIEKT NR 2</b>	<b>1664</b>	<b>465,92</b>	<b>450</b>	<b>490 576</b>

W Tabeli E.13 zestawiono liczbę oraz rodzaj falowników fotowoltaicznych.

Tabela E.13. Liczba falowników

Lp.	Fronius Eco 25.0-3.S
<b>1</b>	<b>18</b>

Przedstawione w tabelach obliczenia uzysków energii elektrycznej wykonano przy wykorzystaniu oprogramowania RET-Screen przyjmując następujące założenia: (a) kąt nachylenia modułów względem ziemi: 30°; (b) lokalizacja instalacji: woj. małopolskie; (c) dane klimatyczne: woj. małopolskie.

### **Miejsce przyłączenia instalacji**

Z uwagi na wielkość instalacji fotowoltaicznej konieczna będzie budowa dedykowanej stacji transformatorowej na potrzeby wyprowadzenia mocy z instalacji.

### **Funkcjonowanie instalacji**

Projektowana instalacja będzie działała w trybie *on-grid* (równolegle z siecią elektroenergetyczną). Instalacja zostanie podłączona do nowo budowanej stacji transformatorowej.



**Analiza ekonomiczna**

Tabela. E.14. Wstępna wycena inwestycji

Lp.	NAZWA	ILOŚĆ	J.M.	CENA JEDN. [EUR]	WARTOŚĆ [EUR]	WARTOŚĆ [PLN]	% WARTOŚCI INWEST.	
<b>1</b>	<b>Konstrukcja</b>					€ 89 284,83	383 924,78 zł	18,04%
1.1	Komponenty konstrukcji nośnej, dostawa + montaż	490 576	Wp	€ 0,1000	€ 49 057,60	210 947,68 zł		
1.2	Usługa wbijania konstrukcji, montaż modułów, połączenia DC, połączenia wyrównawcze	490 576	Wp	€ 0,0800	€ 39 246,08	168 758,14 zł		
1.3	Systemy mocowania kabli, dostawa + montaż	490 576	Wp	€ 0,0020	€ 981,15	4 218,95 zł		
<b>2</b>	<b>Moduły fotowoltaiczne</b>					€ 208 656,00	897 220,80 zł	42,17%
2.1	Moduły monokrystaliczne	463 680	Wp	€ 0,4500	€ 208 656,00	897 220,80 zł		
<b>3</b>	<b>Falowniki AC/DC</b>					€ 35 820,00	154 026,00 zł	7,24%
3.1	Falowniki dostawa	18	szt.	€ 1 900,00	€ 34 200,00	147 060,00 zł		
3.2	Montaż i konfiguracja falowników	18	szt.	€ 90,00	€ 1 620,00	6 966,00 zł		
<b>4</b>	<b>Komponenty niskiego napięcia</b>					€ 107 654,72	462 915,28 zł	21,76%
4.1	Kable AC nn, dostawa	1	kpl.	€ 79 245,28	€ 79 245,28	340 754,72 zł		
4.2	Kable AC nn – montaż	1	kpl.	€ 9 905,66	€ 9 905,66	42 594,34 zł		
4.3	Rozdzielnice DC, dostawa + montaż	1	kpl.	€ 4 358,49	€ 4 358,49	18 741,51 zł		
4.4	Kable DC, dostawa + montaż	1	kpl.	€ 4 437,74	€ 4 437,74	19 082,26 zł		
4.5	Konektory	1	kpl.	€ 1 783,02	€ 1 783,02	7 666,98 zł		
4.6	Zabezpieczenia	1	kpl.	€ 7 924,53	€ 7 924,53	34 075,47 zł		
<b>5</b>	<b>Komponenty SN</b>					€ 45 000,00	193 500,00 zł	9,09%
5.1	Kontenerowa stacja transformatorowa, obudowa, rozdzielnica SN, rozdzielnica nn, tablica pomiarowa	1	kpl.	€ 45 000,00	€ 45 000,00	193 500,00 zł		
<b>6</b>	<b>Monitoring</b>					€ 1 400,00	6 020,00 zł	0,28%
6.1	System monitoringu instalacji PV – dostawa	1	kpl.	€ 700,00	€ 700,00	3 010,00 zł		
6.2	System monitoringu instalacji PV – instalacja	1	szt.	€ 700,00	€ 700,00	3 010,00 zł		
<b>7</b>	<b>Projekty</b>					€ 7 000,00	30 100,00 zł	1,41%
7.1	Projekt wykonawczy	1	kpl.	€ 4 000,00	€ 4 000,00	17 200,00 zł		
7.2	Projekt budowlany	1	szt.	€ 3 000,00	€ 3 000,00	12 900,00 zł		
<b>8</b>	<b>SUMA</b>					€ 494 815,55	2 127 706,86 zł	

## Rachunek ekonomiczny

W dalszej części przedstawiono założenia analizy ekonomicznej opłacalności inwestycji wraz ze wskaźnikami opłacalności. Analiza ekonomiczna zakłada 100% konsumpcji wytworzonej energii na potrzeby własne.

W poniższej tabeli (Tabela E.15.) przedstawiono założenia wejściowe do analizy ekonomicznej.

Tabela E.15. Założenia wejściowe do analizy ekonomicznej

Lp.	NAZWA	WARTOŚĆ	[...]
1	Całkowita wartość inwestycji	2 127 706,86	zł
2	Roczna produkcja energii elektrycznej (wyjściowa)	490,576	MWh
3	Koszty eksploatacji (zatrudnienie)	15 000	zł / rok
4	Koszty eksploatacji	7 500	zł / rok
5	Roczny spadek sprawności systemu PV	0,7	% / rok
6	Łączny czas eksploatacji	14	lat
7	Oprocentowanie kredytu	3	%
8	Inflacja	3	%
9	Stopa dyskontowa	6	%
10	Stopa podatkowa	19	%
11	Stopa amortyzacji	7	%
12	Okres kredytowania	15	%
13	Cena zakupu energii elektrycznej - sprzedaż	352,4	PLN/MWh
14	Cena zakupu energii elektrycznej - dystrybucja	67,04	PLN/MWh

W poniższej tabeli przedstawiono wskaźniki opłacalności inwestycji (Tabela E.16).

Tabela E.16. Wskaźnik opłacalności inwestycji

LP.	NAZWA	KOSZTY UNIKNIĘTE: SPRZEDAŻ [...]				
		100% ŚRODKI WŁASNE 0% DOTACJA 0% KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0% DOTACJA 90% KREDYT	100% ŚRODKI WŁASNE 0% DOTACJA 0% KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0% DOTACJA 90% KREDYT	
1	NPV	112 279,61	360 904,08	-254 456,48	-5 832,01	PLN
2	IRR	6,93	26,14	3,82	5,67	%
3	Okres zwrotu (CF>0)	11	1	12	12	LAT

## Produkcja energii elektrycznej

W Tabeli E.17 przedstawiono prognozowane wyniki produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach wraz z zestawieniem zużycia energii obiektu.

Tabela E.17. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji

Lp.	MIESIĄC	PRODUKCJA	ZUŻYCIĘ ŁĄCZNIE	ZUŻYCIĘ STREFA I <sup>E.3</sup>
		kWh	kWh	kWh
1	Styczeń	21 717	13 082	3 764
2	Luty	29 982	10 197	3 152
3	Marzec	43 956	7 091	2 001
4	Kwiecień	55 042	6 113	1 767
5	Maj	53 643	3 629	982
6	Czerwiec	54 701	4 381	1 062
7	Lipiec	57 243	5 944	1 230
8	Sierpień	52 657	10 825	2 154
9	Wrzesień	42 117	14 528	3 138
10	Październik	37 966	16 309	3 813
11	Listopad	24 473	15 558	4 477
12	Grudzień	17 080	17 507	5 001
13	<b>SUMA</b>	490 576	125 164	32 541

W Tabeli E.18 zestawiono strefy czasowe stosowane w rozliczeniach z grupy taryfowej B23 zgodnie z taryfą dla energii elektrycznej TAURON Dystrybucja S.A. w roku 2018.

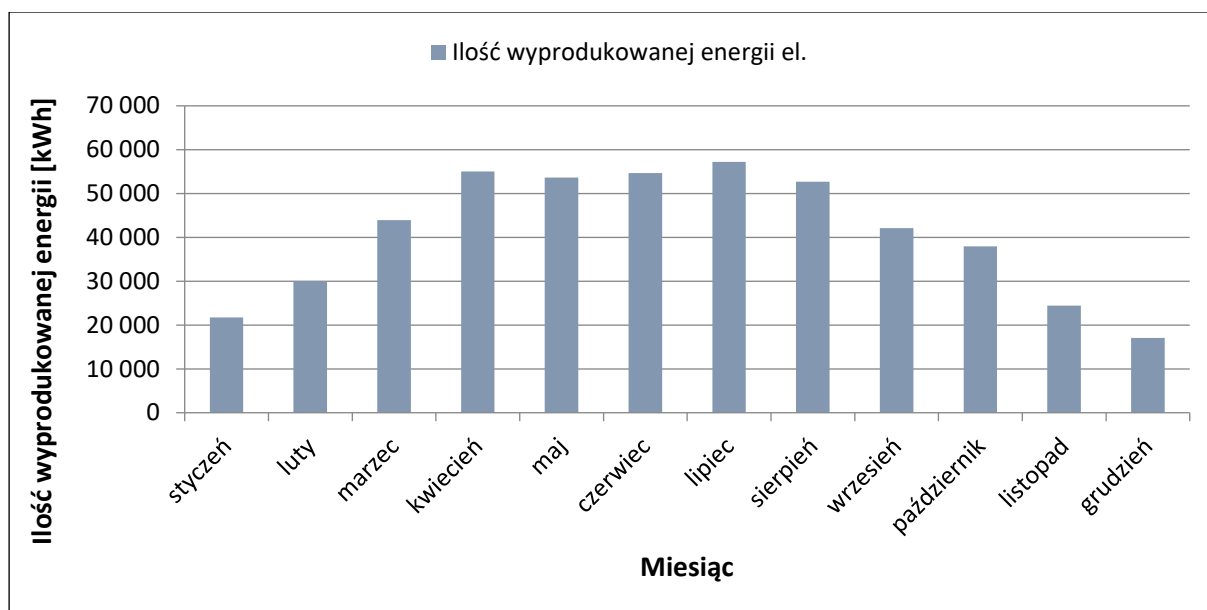
Tabela E.18. Strefy czasowe stosowane w rozliczeniach z odbiorcami grup taryfowych A22, B22, C22a

Lp.	MIESIĄC	STREFA SZCZYTOWA	STREFA POZASZCZYTOWA
1	Styczeń	8:00 – 11:00, 16:00 – 21:00	11:00 – 16:00, 21:00 – 8:00
2	Luty	8:00 – 11:00, 16:00 – 21:00	11:00 – 16:00, 21:00 – 8:00
3	Marzec	8:00 – 11:00, 18:00 – 21:00	11:00 – 18:00, 21:00 – 8:00
4	Kwiecień	8:00 – 11:00, 19:00 – 21:00	11:00 – 19:00, 21:00 – 8:00
5	Maj	8:00 – 11:00, 20:00 – 21:00	11:00 – 20:00, 21:00 – 8:00
6	Czerwiec	8:00 – 11:00, 20:00 – 21:00	11:00 – 20:00, 21:00 – 8:00
7	Lipiec	8:00 – 11:00, 20:00 – 21:00	11:00 – 20:00, 21:00 – 8:00
8	Sierpień	8:00 – 11:00, 20:00 – 21:00	11:00 – 20:00, 21:00 – 8:00

E.3 Strefa dla szczytu przedpołudniowego zgodnie z taryfą.

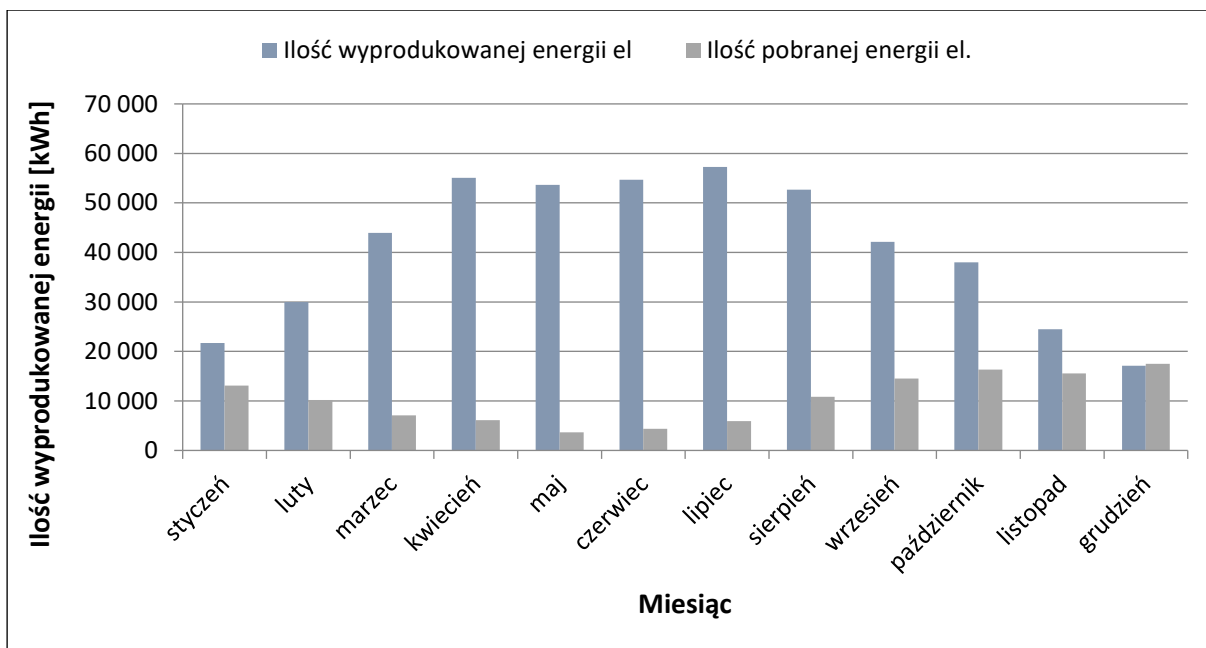
9	Wrzesień	8:00 – 11:00, 19:00 – 21:00	11:00 – 19:00, 21:00 – 8:00
10	Październik	8:00 – 11:00, 18:00 – 21:00	11:00 – 18:00, 21:00 – 8:00
11	Listopad	8:00 – 11:00, 16:00 – 21:00	11:00 – 16:00, 21:00 – 8:00
12	Grudzień	8:00 – 11:00, 16:00 – 21:00	11:00 – 16:00, 21:00 – 8:00

Na rysunkach E.5–7 przedstawiono wykresy prognozowanych wyników produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach wraz z zestawieniem zużycia energii obiektu.



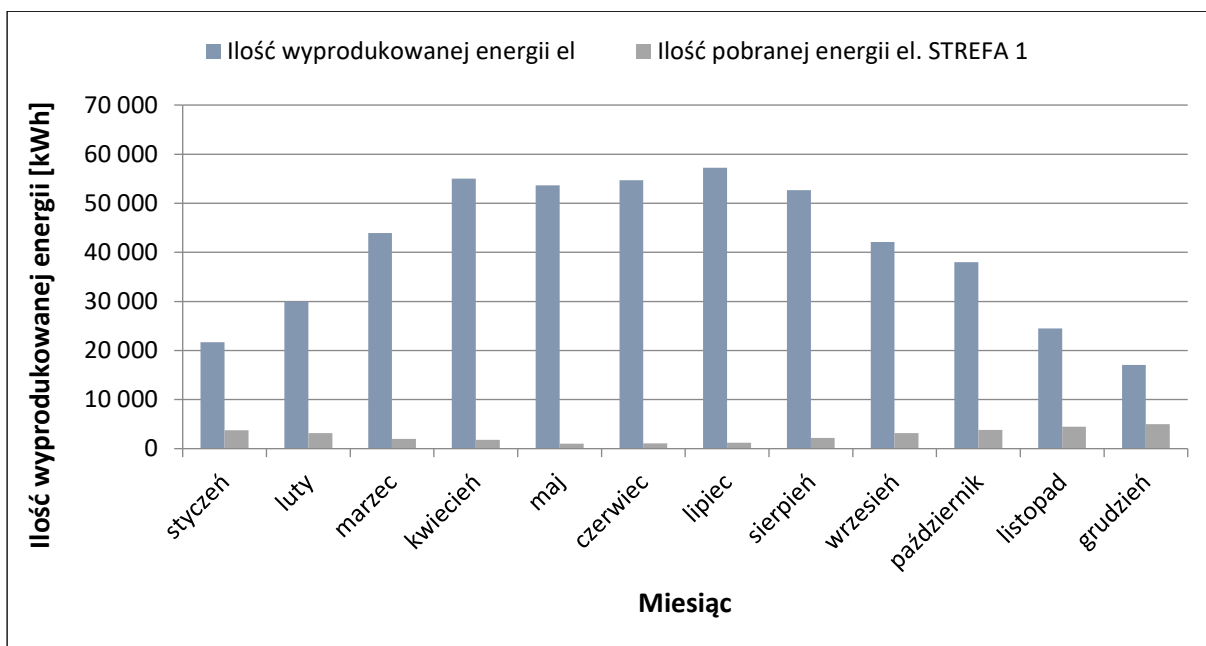
Rys. E.5. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji

Na poniższym rysunku przedstawiono wykres zestawiający obecne zużycie energii elektrycznej oraz przyszłą produkcję w poszczególnych miesiącach roku.



Rys. E.6. Porównanie obecnego zużycia i przyszłej produkcji energii w poszczególnych miesiącach

Na poniższym rysku przedstawiono wykres zestawiający obecne zużycie energii elektrycznej oraz przyszłą produkcję w poszczególnych miesiącach roku w odniesieniu do strefy rozliczenia za energię elektryczną w taryfie B23 TAURON Dystrybucja S.A.



Rys. E.7. Porównanie obecnego zużycia w I strefie i przyszłej produkcji energii w poszczególnych miesiącach

## Bilans energii

W Tabeli E.19 przedstawiono bilans energii dla Obiektu nr 2.



Tabela E.19. Roczny bilans energii Obiekt nr 2

Lp.	NAZWA	PRZYŁĄCZE I	J.M.
1	ZAPOTRZEBOWANIE	122 596,25	kWh
2	PRODUKCJA	490 575,79	kWh
3	IMPORT ENERGII Z SIECI	79 595,61	kWh
4	EKSPORT ENERGII DO SIECI	-447 575,15	kWh

W Tabeli E.20 przedstawiono bilans energii w ujęciu miesięcznym.

Tabela E.20. Roczny bilans energii Obiekt nr 2

Lp.	MIESIĄC	ZAPOTRZEBOWANIE [kWh]	PRODUKCJA [kWh]	IMPORT ENERGII Z SIECI [kWh]	EKSPORT ENERGII DO SIECI [kWh]
1	STYCZEŃ	17 136,75	21 716,49	13 652,63	-18 232,36
2	LUTY	15 229,50	29 981,70	10 980,30	-25 732,50
3	MARZEC	15 959,50	43 956,21	10 491,72	-38 488,43
4	KWIECIEŃ	14 295,75	55 041,77	8 160,70	-48 906,72
5	MAJ	10 449,25	53 643,03	5 224,09	-48 417,87
6	CZERWIEC	5 567,75	54 700,86	2 335,07	-51 468,19
7	LIPIEC	5 705,25	57 243,30	2 495,03	-54 033,09
8	SIERPIEŃ	3 246,75	52 656,96	1 503,11	-50 913,32
9	WRZESIEŃ	5 501,00	42 117,18	3 038,02	-39 654,20
10	PAŹDZIERNIK	6 842,00	37 965,84	4 135,36	-35 259,20
11	LISTOPAD	9 940,00	24 472,56	7 352,10	-21 884,66
12	GRUDZIEŃ	12 722,75	17 079,88	10 227,47	-14 584,61
13	SUMA	122 596,25	490 575,79	79 595,61	-447 575,15

#### E.4. Obiekt nr 3 – mała instalacja dachowa o mocy 3,92 kWp

W Tabeli E.21 podano liczbę modułów, moce oraz prognozowaną produkcję z instalacji fotowoltaicznej.

Tabela E.21. Liczba modułów i produkcja energii

Lp.	OBIEKT	ILOŚĆ MODUŁÓW	MOC DC (kWp)	MOC AC (kW)	ROCZNA PRODUKCJA ENERGII [kWh]
1	Obiekt nr 3	14	3,92	3,7	4 092

W Tabeli E.22 zestawiono liczbę oraz rodzaje falowników.

Tabela E.22. Liczba falowników

Lp.	OBIEKT	Fronius Symo 3.7-3.S
1	Obiekt nr 3	1

Przedstawione w tabelach obliczenia uzysków energii elektrycznej wykonano przy wykorzystaniu oprogramowania RET-Screen, przyjmując następujące założenia: (a) kąt nachylenia modułów względem ziemi – 30°; (b) lokalizacja instalacji – województwo małopolskie; (c) dane klimatyczne dla województwa małopolskiego.

#### ***Miejsce przyłączenia instalacji***

Instalację wytwórczą należy wpiąć do istniejącej rozdzielnicy nN obiektu.

#### ***Funkcjonowanie instalacji***

Wyprodukowana przez instalację energia będzie zużywana w całości na potrzeby własne obiektu.

## Analiza ekonomiczna

Tabela E.23. Wstępna wycena instalacji

Lp.	NAZWA	ILOŚĆ	J.M.	CENA JEDN. [EUR]	WARTOŚĆ [EUR]	WARTOŚĆ [PLN]	% WARTOŚCI INWEST.
<b>1</b>	Konstrukcja				€ 673,46	2 895,86 zł	12,87%
<b>1.1</b>	Komponenty konstrukcji nośnej, dostawa + montaż	3 920	Wp	€ 0,1700	€ 666,40	2 865,52 zł	
<b>1.2</b>	Systemy mocowania kabli, dostawa + montaż	3 920	Wp	€ 0,0018	€ 7,06	30,34 zł	
<b>2</b>	Moduły fotowoltaiczne				€ 2 038,40	8 765,12 zł	38,95%
<b>2.1</b>	Moduły polikrystaliczne	3 920	Wp	€ 0,5200	€ 2 038,40	8 765,12 zł	
<b>3</b>	Falowniki AC/DC				€ 1 010,00	4 343,00 zł	19,30%
<b>3.1</b>	Falowniki dostawa	1	szt.	€ 920,00	€ 920,00	3 956,00 zł	
<b>3.2</b>	Montaż i konfiguracja falowników	1	szt.	€ 90,00	€ 90,00	387,00 zł	
<b>4</b>	Komponenty niskiego napięcia				€ 612,00	2 631,60 zł	11,69%
<b>4.1</b>	Kable AC nn, dostawa	1	kpl.	€ 430,00	€ 430,00	1 849,00 zł	
<b>4.2</b>	Kable AC nn – montaż	1	kpl.	€ 60,00	€ 60,00	258,00 zł	
<b>4.3</b>	Rozdzielnice DC, dostawa + montaż	1	kpl.	€ 30,00	€ 30,00	129,00 zł	
<b>4.4</b>	Kable DC, dostawa + montaż	1	kpl.	€ 30,00	€ 30,00	129,00 zł	
<b>4.5</b>	Konektory	1	kpl.	€ 12,00	€ 12,00	51,60 zł	
<b>4.6</b>	Zabezpieczenia	1	kpl.	€ 50,00	€ 50,00	215,00 zł	
<b>5</b>	Projekty				€ 900,00	3 870,00 zł	17,20%
<b>5.1</b>	Projekt wykonawczy	1	kpl.	€ 450,00	€ 450,00	1 935,00 zł	
<b>5.2</b>	Projekt budowlany	1	szt.	€ 450,00	€ 450,00	1 935,00 zł	
<b>6</b>	SUMA				€ 5 233,86	22 505,58 zł	

## Rachunek ekonomiczny

W dalszej części przedstawiono założenia do analizy ekonomicznej opłacalności inwestycji wraz ze wskaźnikami opłacalności. Analiza ekonomiczna zakłada 100% konsumpcji wytworzonej energii na potrzeby własne

W poniższej tabeli (Tabela E.24.) przedstawiono założenia wejściowe do analizy ekonomicznej.

Tabela E.24. Założenia wejściowe do analizy ekonomicznej

Lp.	NAZWA	WARTOŚĆ	[...]
1	Całkowita wartość inwestycji	22 505,58	zł
2	Roczna produkcja energii elektrycznej (wyjściowa)	4,09	MWh
3	Koszty eksploatacji (zatrudnienie)	0	zł / rok
4	Koszty eksploatacji	0	zł / rok
5	Roczny spadek sprawności systemu PV	0,7	% / rok
6	Łączny czas eksploatacji	14	lat
7	Oprocentowanie kredytu	3	%
8	Inflacja	3	%
9	Stopa dyskontowa	6	%
10	Stopa podatkowa	19	%
11	Stopa amortyzacji	7	%
12	Okres kredytowania	15	%
13	Cena zakupu energii elektrycznej – sprzedaż	352,4	PLN/MWh
14	Cena zakupu energii elektrycznej – dystrybucja	151,2	PLN/MWh

W poniższej tabeli przedstawiono wskaźniki opłacalności inwestycji (Tabela E.25).

Tabela E.25. Wskaźniki opłacalności inwestycji

LP.	NAZWA	KOSZTY UNIKNIĘTE: SPRZEDAŻ				[...]
		100% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 0 % KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 90 % KREDYT	100% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 0 % KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 90 % KREDYT	
1	NPV	1 736,28	4 366,08	-5 159,58	-2 529,78	PLN
2	IRR	7,35	29,08	1,70	9,51	%
3	Okres zwrotu (CF>0)	10	5	17	14	LAT

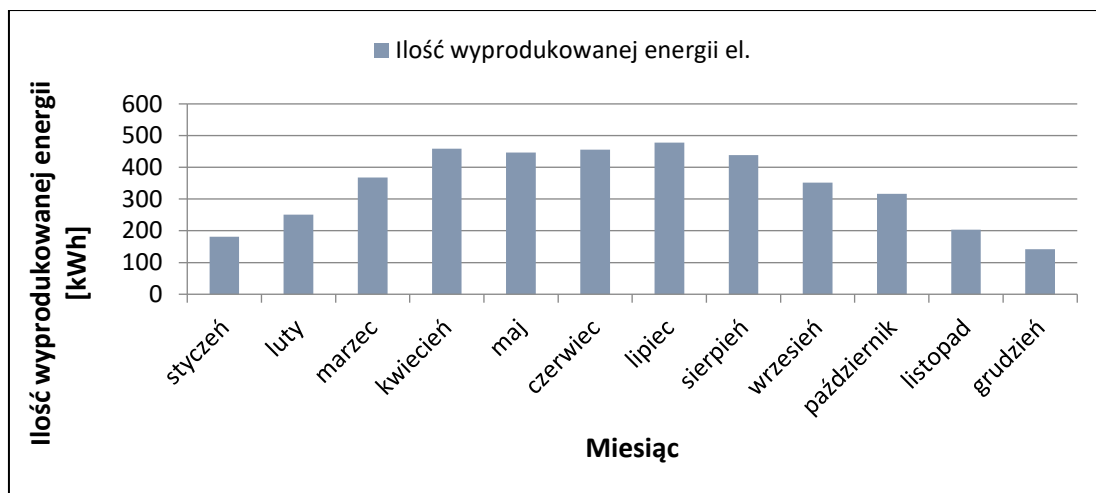
### **Produkcja energii elektrycznej**

W poniższej tabeli przedstawiono wartości produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji w odniesieniu do aktualnego zużycia energii elektrycznej.

Tabela E.26. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji

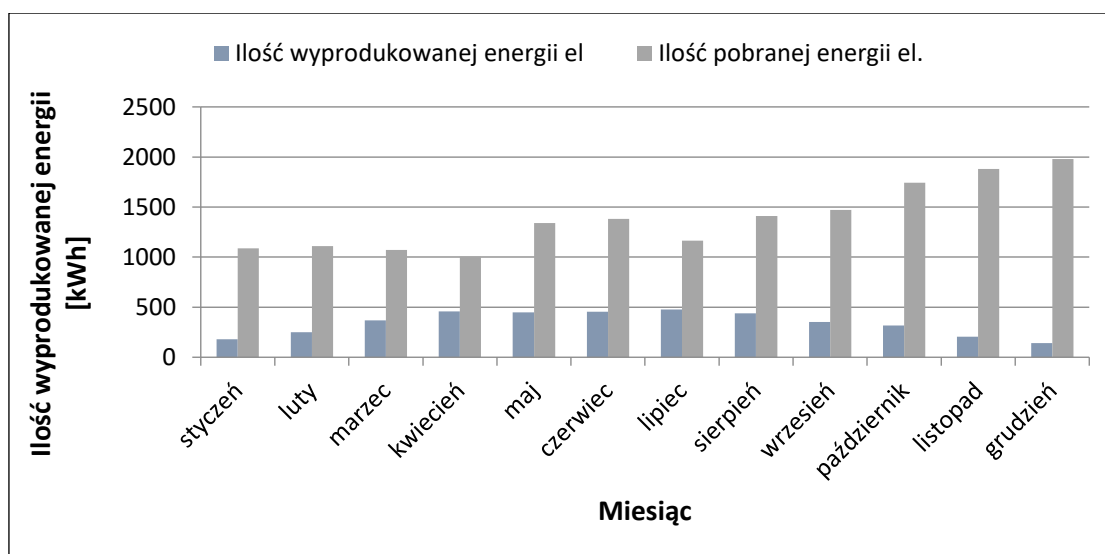
Lp.	MIESIĄC	PRODUKCJA	ZUŻYCIĘ
		kWh	kWh
1	Styczeń	181	1 088
2	Luty	251	1 109
3	Marzec	368	1 071
4	Kwiecień	459	1 003
5	Maj	447	1 339
6	Czerwiec	456	1 382
7	Lipiec	478	1 163
8	Sierpień	439	1 411
9	Wrzesień	352	1 471
10	Październik	317	1 743
11	Listopad	204	1 881
12	Grudzień	142	1 978
13	<b>SUMA</b>	4 092	16 639

Na poniższym rysunku E.8 przedstawiono wykresy prognozowanych wyników produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach.



Rys. E.8. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji

Na poniższym rysunku E.9 przedstawiono wykres zestawiający obecne zużycie energii elektrycznej oraz przyszłą produkcję w poszczególnych miesiącach roku.



Rys. E.9. Porównanie obecnego zużycia i przyszłej produkcji energii el. w poszczególnych miesiącach

### E.5. Obiekt nr 4 – dwie instalacje po około 20 kWp

W Tabeli E.27 podano liczbę modułów, moce oraz prognozowaną produkcję z instalacji fotowoltaicznej.

Tabela E.27. Ilość modułów i produkcja energii na poszczególnych obiektach

Lp.	OBIEKT	LICZBA MODUŁÓW	MOC DC (kWp)	MOC AC (kW)	ROCZNA PRODUKCJA ENERGII [kWh]
2	Obiekt nr 4	140	39,2	35	41 400

W Tabeli E.28 zestawiono ilości oraz rodzaje falowników.

Tabela E.28. Liczba falowników

Lp.	OBIEKT	Fronius Symo 17.5-3.S
3	Obiekt nr 4	2

Przedstawione w tabelach obliczenia uzysków energii elektrycznej wykonano przy wykorzystaniu oprogramowania RET-Screen, przyjmując następujące założenia: (a) kąt nachylenia modułów względem ziemi – 30°; (b) lokalizacja instalacji – województwo małopolskie; dane klimatyczne dla województwa małopolskiego.

### ***Miejsce przyłączenia instalacji***

Instalację wytwórczą należy wpiąć do istniejącej rozdzielnicy nN obiektu.

### ***Funkcjonowanie instalacji***

Instalacja zostanie podłączona do nowobudowanego lub zmodernizowanego przyłącza obiektu. Wyprodukowana przez instalację energia będzie bilansowana w ramach klastra.

Tabela E.29. Wstępna wycena instalacji

Lp.	NAZWA	ILOŚĆ	J.M.	CENA JEDN. [EUR]	WARTOŚĆ [EUR]	WARTOŚĆ [PLN]	% WARTOŚCI INWEST.
<b>1</b>	<b>Konstrukcja</b>				€ 7 134,40	30 677,92 zł	17,97%
<b>1.1</b>	Komponenty konstrukcji nośnej, dostawa + montaż	39 200	Wp	€ 0,1000	€ 3 920,00	16 856,00 zł	
<b>1.2</b>	Usługa wbijania konstrukcji, montaż moduły, połączenia DC, połączenia wyrównawcze	39 200	Wp	€ 0,0800	€ 3 136,00	13 484,80 zł	
<b>1.3</b>	Systemy mocowania kabli, dostawa + montaż	39 200	Wp	€ 0,0020	€ 78,40	337,12 zł	
<b>2</b>	<b>Moduły fotowoltaiczne</b>				€ 17 628,80	75 803,84 zł	44,40%
<b>2.1</b>	Moduły polikrystaliczne	39 200	Wp	€ 0,4500	€ 17 628,80	75 803,84 zł	
<b>3</b>	<b>Falowniki AC/DC</b>				€ 3 780,00	16 254,00 zł	9,52%
<b>3.1</b>	Falowniki dostawa	2	szt.	€ 1 800,00	€ 3 600,00	15 480,00 zł	
<b>3.2</b>	Montaż i konfiguracja falowników	2	szt.	€ 90,00	€ 180,00	774,00 zł	
<b>4</b>	<b>Komponenty niskiego napięcia</b>				€ 5 460,75	23 481,21 zł	13,75%
<b>4.1</b>	Kable AC nn, dostawa	1	kpl.	€ 4 019,69	€ 4 019,69	17 284,66 zł	
<b>4.2</b>	Kable AC nn - montaż	1	kpl.	€ 502,46	€ 502,46	2 160,58 zł	
<b>4.3</b>	Rozdzielnice DC, dostawa + montaż	1	kpl.	€ 221,08	€ 221,08	950,66 zł	
<b>4.4</b>	Kable DC, dostawa + montaż	1	kpl.	€ 225,10	€ 225,10	967,94 zł	
<b>4.5</b>	Konektory	1	kpl.	€ 90,44	€ 90,44	388,90 zł	
<b>4.6</b>	Zabezpieczenia	1	kpl.	€ 401,97	€ 401,97	1 728,47 zł	
	<b>Rozbudowa istniejącego przyłącza nn</b>				€ 1 800,00	7 740,00 zł	4,53%
<b>5.1</b>	Rozbudowa istniejącego przyłącza nn	1	kpl.	€ 1 800,00	€ 1 800,00	7 740,00 zł	
	<b>Monitoring instalacji</b>				€ 1 400,00	6 020,00 zł	3,53%
<b>6.1</b>	System monitoringu instalacji PV – dostawa	1	kpl.	€ 700,00	€ 700,00	3 010,00 zł	
<b>6.2</b>	System monitoringu instalacji PV – instalacja	1	szt.	€ 700,00	€ 700,00	3 010,00 zł	
<b>5</b>	<b>Projekty</b>				€ 2 500,00	10 750,00 zł	6,30%
<b>5.1</b>	Projekt wykonawczy	1	kpl.	€ 1 300,00	€ 1 300,00	5 590,00 zł	
<b>5.2</b>	Projekt budowlany	1	szt.	€ 1 200,00	€ 1 200,00	5 160,00 zł	
<b>6</b>	<b>SUMA</b>				€ 39 703,95	170 726,97 zł	



### Rachunek ekonomiczny

W dalszej części przedstawiono założenia do analizy ekonomicznej opłacalności inwestycji wraz ze wskaźnikami opłacalności. Analiza ekonomiczna zakłada 100% konsumpcji wytworzonej energii. W poniższej tabeli (Tabela E.30.) przedstawiono założenia wejściowe do analizy ekonomicznej.

Tabela E.30. Założenia wyjściowe do analizy ekonomicznej

Lp.	NAZWA	WARTOŚĆ	[...]
1	Całkowita wartość inwestycji	170 726,97 zł	zł
2	Roczna produkcja energii elektrycznej (wyjściowa)	41,399	MWh
3	Koszty eksploatacji (zatrudnienie)	0	zł / rok
4	Koszty eksploatacji	0	zł / rok
5	Roczny spadek sprawności systemu PV	0,7	% / rok
6	Łączny czas eksploatacji	14	lat
7	Oprocentowanie kredytu	3	%
8	Inflacja	3	%
9	Stopa dyskontowa	6	%
10	Stopa podatkowa	19	%
11	Stopa amortyzacji	7	%
12	Okres kredytowania	15	%
13	Cena zakupu energii elektrycznej – sprzedaż	352,4	PLN/MWh
14	Cena zakupu energii elektrycznej – dystrybucja	149	PLN/MWh

W poniższej tabeli przedstawiono wskaźniki opłacalności inwestycji (Tabela E.31)

Tabela E.31. Wskaźniki opłacalności inwestycji

LP.	NAZWA	KOSZTY UNIKNIĘTE: SPRZEDAŻ [...]			
		100% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 0 % KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 90 % KREDYT	100% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 0 % KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 90 % KREDYT

1	NPV	70 402,99	90 352,59	1 618,67	21 568,27	PLN
2	IRR	12,87	96,57	6,17	20,65	%
3	Okres zwrotu (CF>0)	8	3	11	7	LAT

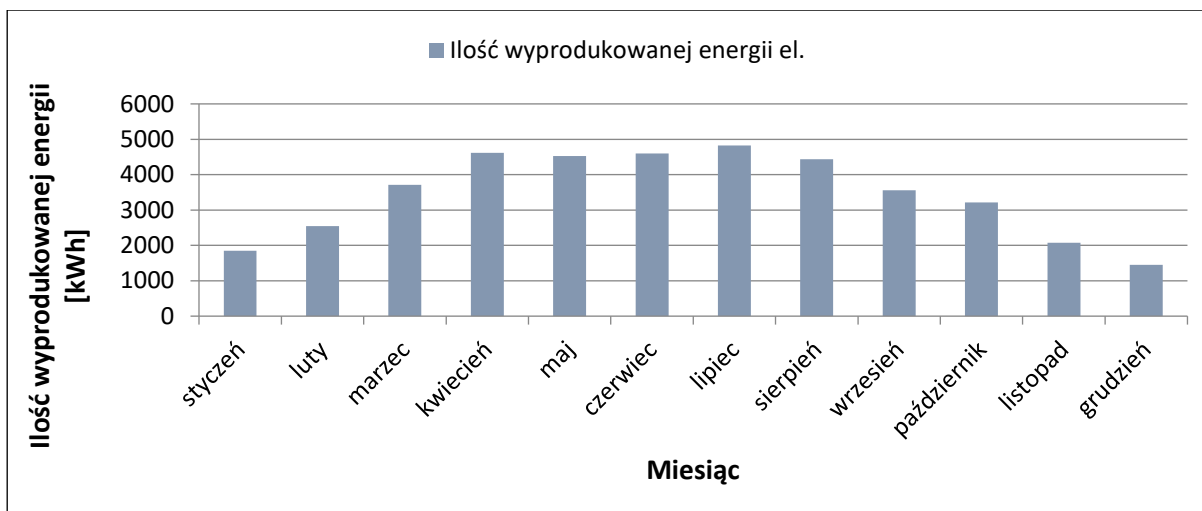
### **Produkcja energii elektrycznej**

W Tabeli E.32 przedstawiono prognozowane wyniki produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach roku.

Tabela E.32. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji

Lp.	MIESIĄC	PRODUKCJA
		kWh
1	Styczeń	1 845
2	Luty	2 542
3	Marzec	3 716
4	Kwiecień	4 616
5	Maj	4 523
6	Czerwiec	4 600
7	Lipiec	4 828
8	Sierpień	4 431
9	Wrzesień	3 558
10	Październik	3 215
11	Listopad	2 075
12	Grudzień	1 450
13	<b>SUMA</b>	41 400

Na rysunku E.10 przedstawiono prognozowane wyniki produkcji energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach roku.



Rys. E.10. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w pierwszym roku funkcjonowania instalacji

## E.6. Konfiguracja sprzętowa instalacji

W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe informacje dotyczące konfiguracji sprzętowej instalacji fotowoltaicznej.

### Moduły fotowoltaiczne

Na poszczególnych obiektach zaproponowano montaż modułów fotowoltaicznych monokrystalicznych.

W poniższej tabeli (Tabela E.33.) przedstawiono podstawowe wymagania dla modułów monokrystalicznych.

Tabela E.33. Podstawowe parametry modułów fotowoltaicznych

Lp.	Parametr	Wartość
1	Typ ogniw	Ogniwa krzemowe monokrystaliczne
2	Sprawność modułu	Nie mniejsza niż 20%
3	Współczynnik temperaturowy Pmpp	Nie większy niż -0,36 %/°C
4	Dopuszczalny prąd wsteczny	Nie mniej niż 20A
5	Konstrukcja ramy	Aluminiowa
6	Odporność na efekt PID (zgodnie z IEC 62804-1:2015) potwierdzona certyfikatem	Tak

7	Współczynnik wypełnienia FF <sup>E.4</sup>	Nie mniejszy niż 0,75
8	Możliwość współpracy z falownikami beztransformatorowymi	Tak
9	Tolerancja mocy	Dodatnia
10	Flash test	Wymagany dla każdego modułu w formie pliku excel oraz papierowej
11	EL test	Wymagany dla każdego modułu w formie pliku excel oraz papierowej
12	Wytrzymałość mechaniczna	Nie mniejsza niż 5400 Pa
13	Spełnienie wymagań norm potwierdzone certyfikatem	IEC 61215:2005 (klasa A) [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.] IEC 61730 [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.]
14	Gwarancja na wady ukryte	Nie mniej niż 10 lat
15	Gwarancja liniowa na moc	Nie krótsza niż 25 lat
16	Roczny, liniowy spadek mocy	Nie większy niż 0,8%/rok

### Falowniki fotowoltaiczne

Na poszczególnych obiektach zaproponowano montaż falowników beztransformatorowych stringowych. W poniższej tabeli (Tabela E.34) przedstawiono podstawowe wymagania dla falowników fotowoltaicznych.

Tabela E.34. Podstawowe parametry falowników fotowoltaicznych

Lp.	Parametr	Wartość
1	Typ	Beztransformatorowy
2	Ilość faz	3
3	Europejski współczynnik sprawności	Większa niż 97,5%
4	Stopień ochrony	Co najmniej IP65
5	Współczynnik THD	Mniejszy niż 3%
7	Możliwość zmiany współczynnika mocy (cos φ)	Tak
8	Możliwość sterowania mocą	Tak

E.4 Współczynnik wypełnienia modułów fotowoltaicznych (FF) określony jako:  $FF = \frac{V_{mpp} \cdot I_{mpp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$  gdzie:  $V_{mpp}$  – napięcie w punkcie mocy maksymalnej,  $I_{mpp}$  – prąd w punkcie mocy maksymalnej,  $V_{oc}$  – napięcie obwodu otwartego,  $I_{sc}$  – prąd zwarcia modułu.

10	Medium transmisji danych	RS485, Ethernet
11	Zakres temperatur pracy	Co najmniej $-25^{\circ}\text{C} \div +50^{\circ}\text{C}$
12	Wbudowany rozłącznik DC	Tak
13	Kontrola izolacji	Tak
14	Zabezpieczenie antywypowe	Tak
15	Zgodność z normami: IEC 62109-1 [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.], IEC 62109-2 [Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.], IEC 62116, IEC 61727,	Tak
16	Gwarancja na produkt	Co najmniej 2 lata

### **Komunikacja i monitoring**

W celu monitorowania produkcji energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej proponuje się zastosowanie dedykowanego systemu monitoringu. Dane dotyczące produkcji i pracy urządzeń powinny być dostępne poprzez aplikację webową lub desktopową.

System monitorowania powinien gromadzić informacje o następującym minimalnym zbiorze danych:

- łączną produkcję energii z instalacji fotowoltaicznej,
- łączne zużycie energii przez instalację fotowoltaiczną na potrzeby własne falowników,
- energię na poszczególnych wejściach MPP,
- napięcia fazowe na wyjściu (AC) falownika,
- napięcia na wejściu (DC) na poszczególnych trackerach MPP,
- prądy wyjściowe fazowe na wyjściu (AC) falownika,
- prądy wejściowe fazowe na wejściu (DC) na poszczególnych trackerach MPP,
- moc bierna,
- współczynnik mocy,
- temperatury otoczenia,
- nasłonecznienie.

Aplikacja powinna mieć możliwość przekazywania co najmniej następujących alarmów:

- Napięcie AC za wysokie,
- Napięcie AC za niskie,
- Częstotliwość AC za niska,
- Częstotliwość AC za wysoka,
- Nadmierna temperatura falownika,
- Napięcie wejściowe DC za wysokie,
- Usterka wentylatora (jeśli dotyczy),

- Usterka izolacji.

Aplikacja powinna mieć możliwość:

- zdalnego obniżenia mocy instalacji,
- zdalnej zmiany współczynnika mocy, z jakim pracuje instalacja.

Możliwość pracy z zadaniem poziomem mocy oraz zmiana współczynnika mocy jest kluczową funkcjonalnością z punktu widzenia włączenia obiektu do Klastra Energii.

### **Wymagania techniczne i formalne**

W związku z planowaną budową instalacji fotowoltaicznej konieczne będzie (w podanej kolejności):

1. Wymagania dla obiektu nr 1 i nr 4:
  - a. Zmiany w Miejscowym Planie Zagospodarowania Przestrzennego, które dopuszczają możliwość montażu instalacji fotowoltaicznej na wybranych obszarach.
  - b. Uzyskanie warunków dla obiektu nr 1.
  - c. Uzyskanie warunków przyłączenia do Sieci Dystrybucyjnej TAURON Dystrybucja S.A. Oddział w Krakowie.
  - d. Opracowanie projektu budowlanego branży elektrycznej i konstrukcyjno-budowlanej instalacji fotowoltaicznej.
  - e. Opracowanie projektu wykonawczego branży elektrycznej i konstrukcyjno-budowlanej instalacji fotowoltaicznej.
  - f. Uzyskanie prawomocnego pozwolenia na budowę.
  - g. Uzyskanie promesy koncesji na wytwarzanie energii elektrycznej.
  - h. Uzyskanie koncesji na wytwarzanie energii elektrycznej.
  - i. W związku z planowaną budową instalacji fotowoltaicznej dachowej konieczne będzie (w podanej kolejności):
    - przeprowadzenie analizy konstrukcyjnej dachów obiektów,
    - przygotowanie projektu wykonawczego instalacji,
    - zgłoszenie przyłączenia mikroinstalacji do sieci elektroenergetycznej TAURON Dystrybucja S.A. (na 30 dni przed planowanych uruchomieniem).
2. W związku z planowaną budową instalacji fotowoltaicznej dla obiektu nr 3 konieczne będzie (w podanej kolejności):
  - a. Zmiana mocy przyłączeniowej dla obiektu (aktualna wynosi 8 kW).
  - b. Przygotowanie projektu wykonawczego instalacji.
  - c. Zgłoszenie przyłączenia mikroinstalacji do sieci elektroenergetycznej TAURON Dystrybucja S.A. (na 30 dni przed planowanych uruchomieniem).

## E.7 Podsumowanie

Tabela E.35. Zestawienie mocy oraz produkcji poszczególnych instalacji fotowoltaicznych

Lp.	OBIEKT	ILOŚĆ MODUŁÓW	MOC DC (kWp)	MOC AC (kW)	ROCZNA PRODUKCJA ENERGII [kWh]
1	Obiekt nr 1	2 752	772,8	750	817 627
2	Obiekt nr 2	1 664	465,92	450	490 576
3	Obiekt nr 3	14	3,92	3,7	4 092
5	Obiekt nr 4	140	39,2	35	41 400
<b>6</b>	<b>RAZEM</b>	<b>4 722</b>	<b>1 324,4</b>	<b>1 276,7</b>	<b>1 398 524</b>

Przedstawiono analizę ekonomiczną wraz z różnymi wariantami w zależności od sposobu finansowania (dotacja, kredyt, środki własne), jak również to, w jaki sposób energia będzie wykorzystywana.

Założenia modelu biznesowego zakładały wykorzystanie 100% energii na potrzeby własne, w związku z tym w przypadku eksportu energii z instalacji fotowoltaicznej do sieci model jest obciążony błędem. Aktualnie przedsiębiorca, który wytwarza energię z instalacji fotowoltaicznej, może odsprzedać sprowadzoną do sieci energię po średniej cenie sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym w poprzednim kwartale (w III kwartale 2018 roku cena ta wynosiła 208,83 PLN/MWh).

Do czasu zdefiniowania przepisów dotyczących bilansowania energii w ramach klastrów energii bądź powstania instrumentów umożliwiających rozliczanie z OSD wprowadzanej do sieci nadwyżki energii w cyklu np. półrocznym, instalacje, które oddają więcej niż 5–10% całkowitej, rocznej wyprodukowanej energii **nie znajdują uzasadnienia biznesowego**.

Powyższy akapit dotyczy zatem instalacji obiektu nr 2 i nr 4. W przypadku chęci podjęcia zamierzenia budowy instalacji na obiekcie nr 2 najlepszym rozwiązaniem (w momencie powstawania opracowania) jest przystąpienie do aukcji OZE.

W poniżej tabeli E.36 przedstawiono zestawienie wskaźników opłacalności inwestycji przy założeniu 100% zużycia na potrzeby własne instalacji.

Tabela E.36. Wskaźniki opłacalności inwestycji – podsumowanie

NAZWA OBIEKTU	LP.	NAZWA	KOSZTY UNIKNIĘTE: SPRZEDAŻ				JM.
			100% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 0 % KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 90 % KREDYT	100% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 0 % KREDYT	10% ŚRODKI WŁASNE 0 % DOTACJA 90 % KREDYT	
Obiekt nr 1	1	NPV	591 441,02	947 766,93	161 193,85	517 519,77	PLN
	2	IRR	9,33	46,56	6,93	26,10	%
	3	Okres zwrotu (CF>0)	9	4	11	6	LAT
Obiekt nr 2	1	NPV	112 279,61	360 904,08	-254 456,48	-5 832,01	PLN
	2	IRR	6,93	26,14	3,82	5,67	%
	3	Okres zwrotu (CF>0)	11	1	12	12	LAT
Obiekt nr 3	1	NPV	1 736,28	4 366,08	-5 159,58	-2 529,78	PLN
	2	IRR	7,35	29,08	1,70	9,51	%
	3	Okres zwrotu (CF>0)	10	5	17	14	LAT
Obiekt nr 4	1	NPV	70 402,99	90 352,59	1 618,67	21 568,27	PLN
	2	IRR	12,87	96,57	6,17	20,65	%
	3	Okres zwrotu (CF>0)	8	3	11	7	LAT

NINIEJSZY RAPORT MA CHARAKTER TECHNICZNY. ZA POPRAWNOŚĆ JĘZYKOWĄ I STYLISTYCZNĄ TEKSTU ODPOWIADAJĄ AUTORZY. ZESPÓŁ REDAKCYJNY TYLKO W NIEWIELKIM STOPNIU WPŁYNAŁ NA FORMĘ RAPORTU – W CELU UJEDNOLICENIA WSZYSTKICH PUBLIKOWANYCH W TYM DZIALE TEKSTÓW.