

# **Audyt efektywności energetycznej instalacji PV budynku użyteczności publicznej**

**Adres budynku: ul. Człuchowska 38, 89-600 Chojnice**

## **Autor opracowania:**

**Audytór Energetyczny Budynków**  
*członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych Nr 1426*  
**Niezależny ekspert z zakresu pomp ciepła nr 002/PSPC**  
*Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła*  
**Certyfikowany Zarządca Nieruchomości ds. Klimatu 18/147**  
**Ekspert ds. efektywności energetycznej w MŚP - PARP**

.....  
*mgr inż. MBA Tomasz Mania*

**Specjalista ds. diagnostyki termowizyjnej**  
*upr. diagnozowania termowizyjnego nr12/2009 z dnia 12.11.2009*  
*wyd. przez Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej*  
*upr. kosztorysant S.K.B. nr 0325/SKB ; upr. konsultant P.Z.RZ.Z.P. nr 1039/KZP*  
*upr. Rzecznawca ZUT RS NOT Warszawa Nr 066*

Data aktualizacji audytu: wrzesień 2023 r.

## Spis treści

1	Strona tytułowa audytu efektywności energetycznej.....	2
2	Karta audytu efektywności energetycznej .....	3
3	Zestawienie aktów prawnych oraz innych materiałów wykorzystanych do sporządzenia audytu.....	4
4	Zasada działania ogniw fotowoltaicznych. ....	5
5	Właściwości paneli fotowoltaicznych.....	6
6	Struktura zużycia energii elektrycznej w obiekcie.....	7
7	Rzut dachu budynku, usytuowanie paneli fotowoltaicznych .....	8
8	Planowany zakres robót .....	9
9	Dobór instalacji fotowoltaicznej .....	10
10	Zestawienie kosztów modernizacji .....	12
11	Analiza ekonomiczna inwestycji.....	13
12	Obliczenia planowanego efektu ekologicznego .....	16
13	Energia finalna i pierwotna, parametry przedsięwzięcia efektywności energetycznej .....	18
14	Wnioski .....	19
15	Spis tabel .....	20
16	Spis wykresów .....	20
17	Załącznik 1 – dokumentacja fotograficzna .....	21

## 1 Strona tytułowa audytu efektywności energetycznej

1.1 Rodzaj budynku:	<b>Budynek użyteczności publicznej</b>				1.2 Rok budowy:	<b>1910</b>					
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji, PESEL*) (*w przypadku cudzoziemca nazwa i numer dokumentu tożsamości):	<b>Powiat Chojnicki</b>				1.4 Adres budynku:	ul.	<b>Człuchowska</b>	nr	<b>38</b>		
	ul.	<b>31 Stycznia</b>	nr	<b>56</b>		kod:	<b>89-600</b>	mięjscość:	<b>Chojnice</b>		
	kod:	<b>89-600</b>	mięjscość:	<b>Chojnice</b>							
	tel.	-		fax		-		powiat:	<b>chojnicki</b>	województwo:	<b>pomorskie</b>
	Pesel:		-								
	Nazwa:		-	Nr.		-					

## 2. Nazwa, adres i numer regon firmy wykonującej audyt:

**Audytowalność i Instalacje Budynków**  
członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych Nr 1426  
Niezależny ekspert z zakresu pomp ciepła nr 002/PSPC  
Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła  
Certyfikowany Zarządca Nieruchomości ds. Klimatu 18/147  
Ekspert ds. efektywności energetycznej w MŚP - PARP

.....  
mgr inż. MBA Tomasz Mania  
Specjalista ds. diagnostyki termowizyjnej  
upr. diagnozowania termowizyjnego nr12/2009 z dnia 12.11.2009  
wyd. przez Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej  
upr. kosztorysant S.K.B. nr 0625/SKB ; upr. konsultant P.Z.RZ.Z.P. nr 1039/KZP  
upr. Rzecznawca ZUT RS NOT Warszawa Nr 066

## 3. Imię i nazwisko, adres oraz numer pesel audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:

Współpraca  
Marcin Rosenow  
Autoryzowany audytor energetyczny ZAE nr 1975

## 4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska i zakresy prac, posiadane kwalifikacje:

Lp.	Imię i nazwisko:	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego:	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	-	-	-
Miejscowość:	Gdańsk	data wykonania opracowania:	Aktualizacja: 03.10.2023 r.

## 2 Karta audytu efektywności energetycznej

<b>KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ</b>		<b>Data wykonania</b>	
		Akt. 03.10.2023 r.	
<b>Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej</b>			
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej		Montaż instalacji fotowoltaicznej	
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max 250 znaków)		Montaż instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej na własne cele budynku przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach	
Dane podmiotu, u którego będzie realizowane/zostało zrealizowane* przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej, lub podmiotu upoważnianego (numer PESEL lub nazwa)		Powiat Chojnicki, ul. 31 Stycznia 56, 89-600 Chojnice NIP: 555-19-17-808	
Planowana data rozpoczęcia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:**		Data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej: ***	Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii
04.2024 r.		-	5
<b>Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (na podstawie audytu efektywności energetycznej)</b>			
Średnioroczna ilość energii finalnej planowanej do zaoszczędzenia:**	0,000	kWh/rok	0,000 [toe/rok]
Średnioroczna ilość energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia:**	16 681,272	kWh/rok	1,434 [toe/rok]
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii finalnej:***	-	kWh/rok	- [toe/rok]
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej:***	-	kWh/rok	- [toe/rok]
<b>Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej</b>			
Imię i Nazwisko:	mgr inż. MBA Tomasz Mania Autoryzowany Budynków członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych Nr 1426		
Nr telefonu:	506-792-05 Niezależny ekspert z zakresu pomp ciepła nr 002/PSPC Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła Certyfikowany Zarządca Nieruchomości ds. Klimatu 18/147		
Podpis:	Ekspert ds. efektywności energetycznej w MŚP - PARP		

\* Niepotrzebne skreślić.

\*\* W przypadku planowanego przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.  
\*\*\* W przypadku zrealizowanego przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.

### **3 Zestawienie aktów prawnych oraz innych materiałów wykorzystanych do sporządzenia audytu**

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. nr 43 z dn. 18.03.2009 r., poz. 346) z późniejszymi zmianami.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 5 lipca 2013 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 z dn. 15.06.2002 r., poz. 690) z późniejszymi zmianami.
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2014 poz. 888) z późniejszymi zmianami.
4. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz.U. nr 223 z dn. 18.12.2008 r., poz 1459) z późniejszymi zmianami.
5. Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz. U. 2014 poz. 1200 z późn. zm.).
6. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r.. o efektywności energetycznej.
7. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.

Data wizji lokalnej: wrzesień 2023 r.

Zakres audytu efektywności energetycznej:

- analiza zastosowania instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej.

## **4 Zasada działania ogniw fotowoltaicznych**

Podstawą działania ogniw fotowoltaicznych jest zjawisko przetwarzania promieniowania optycznego (słonecznego) w energię elektryczną.

Promieniowanie optyczne to strumień fotonów rozchodzący się z pewną częstotliwością, z których każdy niesie energię. Podstawowym materiałem, z którego wykonuje się półprzewodniki jest krzem. Atomy krzemu składają się z jądra zbudowanego z protonów (posiadających ładunek dodatni) i neutronów oraz elektronów (posiadających ładunek ujemny), które krążą wokół jądra po różnych orbitach. Fotony zderzając się z elektronami przekazują im całą niesioną przez siebie energię i jeżeli jest ona wystarczająco duża, dochodzi do fotoemisji, czyli wybicia elektronów walencyjnych – położonych na orbicie najdalej usytuowanej od jądra (posiadających najwyższy poziom energii). Atom półprzewodnika pozbawiony elektronu zyskuje ładunek dodatni, a miejsce, w którym brakuje elektronu nazywa się dziurą. Atom krzemu posiada 14 elektronów, wśród których 4 to elektrony walencyjne. Wiąże się to z możliwością oddania lub przejęcia 4 elektronów. W sieci krystalicznej elektrony sąsiednich atomów tworzą wiązania.

Pierwiastki czwartej grupy, takie jak krzem są półprzewodnikami samoistnymi, a przewodność jaką osiągają jest niewystarczająca do praktycznego ich wykorzystania. W celu poprawienia ich właściwości wprowadza się do struktury krystalicznej domieszki odpowiednich atomów. W zależności od wprowadzonego pierwiastka uzyskuje się półprzewodniki zawierające nadmiar lub niedobór elektronów w strukturze krystalicznej:

- półprzewodniki typu n uzyskuje się przez dodanie w procesie wzrostu kryształu domieszek pięciowartościowych, posiadających 1 elektron walencyjny więcej od krzemu (np. fosfor, arsen, antymon). Ten piąty elektron będzie słabo związany z jądrem i niewielka ilość energii będzie potrzebna, aby zerwać to wiązanie,
- półprzewodniki typu p uzyskuje się analogicznie poprzez dodanie do kryształu pierwiastków trójwartościowych (np. bor, glin, ind), co spowoduje zdekompletowanie jednego z wiązań i powstanie dziur elektronowych.

Po zetknięciu ze sobą obu półprzewodników, w pobliżu płaszczyzny złącza istnieją gradienty koncentracji dziur i elektronów, co powoduje ich dyfuzję. Elektrony z obszaru n przemieszczają się do obszaru p, przez co nowe dziury powstają w obszarze n. Wymusza to ciągły przepływ elektronów, a przemieszczanie elektronów powoduje pojawienie się różnicy potencjałów, czyli napięcia elektrycznego i przepływ prądu.

## **5 Właściwości paneli fotowoltaicznych**

Pojedyncze ogniwo fotowoltaiczne składa się z płytki krzemowej. Na górnej powierzchni płytki umieszczona jest elektroda w postaci siatki zbierająca elektrony, a na dolnej nanoszona jest elektroda dolna w postaci warstwy metalicznej.

Moc pojedynczego ogniwa przy napięciu 0,5-0,6 V i prądzie 2,5 A kształtuje się w granicach 1-2 W. Pojedyncze ogniwa łączy się w większe struktury nazywane panelami fotowoltaicznymi. Przy połączeniu równoległym całkowity prąd wygenerowany z modułu, będzie iloczynem natężenia pojedynczego ogniwa i ilości ogniw. Połączenie szeregowe daje możliwość zwiększenia napięcia i napięcie końcowe będzie iloczynem napięcia pojedynczego ogniwa i ilości ogniw.

Na pracę ogniwa wpływ mają zmiany temperatury pracy ogniwa wraz ze wzrostem temperatury:

- maleje napięcie układu,
- wzrasta prąd zwarcia,
- maleje moc i sprawność ogniwa.

Ogniwa fotowoltaiczne pracują przez cały dzień, od wschodu do zachodu słońca, przy czym natężenie promieniowania w ciągu dnia jest nieustannie zmienne, co wpływa w istotny sposób na charakterystykę modułów.

W charakterystyce modułów wyróżnia się trzy punkty:

- punkt optymalnego działania, który odpowiada mocy maksymalnej - punkt ten określa wartości napięcia i natężenia,
- punkt, w którym napięcie jest równe zeru i wartość produkcji prądu jest maksymalna,
- punkt, który odpowiada zerowej wartości prądu i maksymalnej wartości napięcia.

Sprawność paneli krystalicznych na dzień dzisiejszy dochodzi do 20% i zależy głównie od materiału z jakich są wykonane oraz od temperatury, przy czym zależność temperaturowa jest również zdeterminowana przez materiał.

W skład systemu fotowoltaicznego wchodzi następujące elementy:

- 1) panele fotowoltaiczne,
- 2) odbiornik generowanej energii
- 3) urządzenia pomocnicze (optymalizery, inwerter, przetwornik, aparatura pomiarowa, sterowanie, software).

Panele fotowoltaiczne dostarczają prąd stały o niewielkim napięciu, którego praktyczne wykorzystanie wymaga zastosowania inwertera, przekształcającego prąd stały na prąd zmienny, o charakterystyce zgodnej ze standardem sieci elektroenergetycznej.

## 6 Struktura zużycia energii elektrycznej w obiekcie

Poniższe tabele prezentują strukturę zużycia energii elektrycznej w okresie styczeń 2019 – grudzień 2021.

*Tab. 1 Zużycie energii elektrycznej w obiekcie za rok 2019*

Lp.	Rok	Miesiąc	Zużycie energii [kWh]
1.	2019	Styczeń	4897
2.		Luty	
3.		Marzec	4142
4.		Kwiecień	
5.		Maj	5141
6.		Czerwiec	
7.		Lipiec	3960
8.		Sierpień	
9.		Wrzesień	5523
10.		Październik	
11.		Listopad	4539
12.		Grudzień	
13.	Suma za rok:		28202

*Tab. 2 Zużycie energii elektrycznej w obiekcie za rok 2020*

Lp.	Rok	Miesiąc	Zużycie energii [kWh]
1.	2020	Styczeń	5611
2.		Luty	
3.		Marzec	4355
4.		Kwiecień	
5.		Maj	4076
6.		Czerwiec	
7.		Lipiec	3751
8.		Sierpień	
9.		Wrzesień	8573
10.		Październik	
11.		Listopad	4308
12.		Grudzień	
13.	Suma za rok:		30674



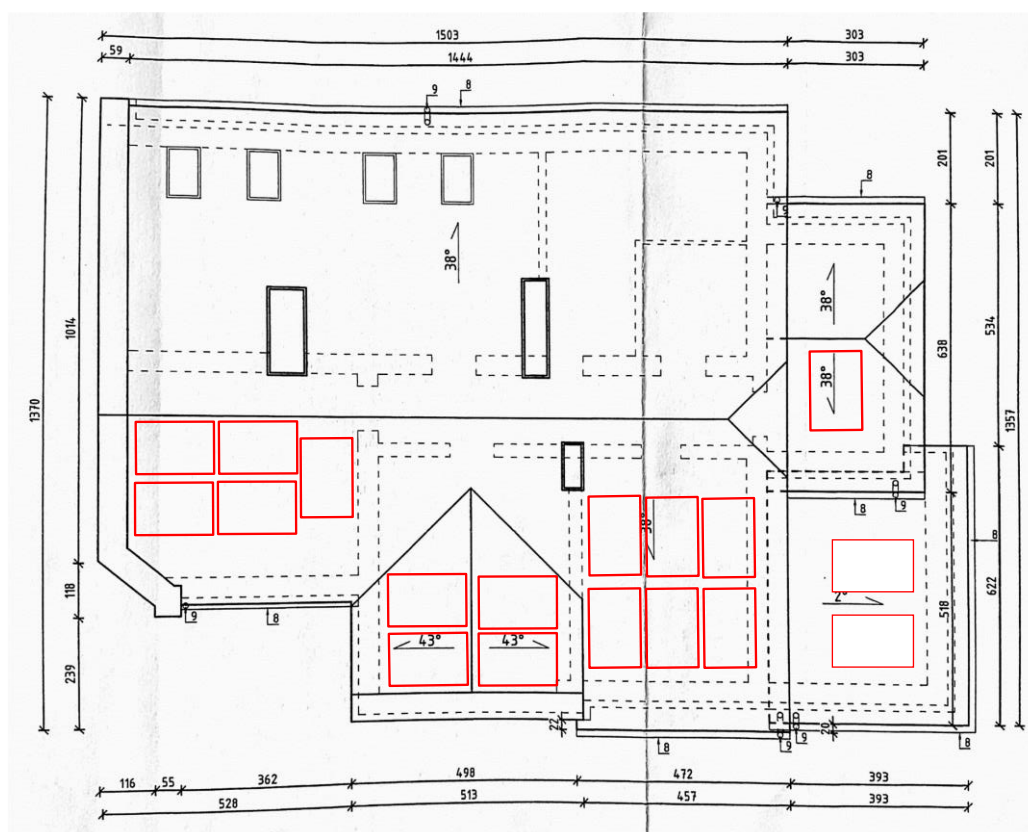
Tab. 3 Zużycie energii elektrycznej w obiekcie za rok 2021

Lp.	Rok	Miesiąc	Zużycie energii [kWh]
1.	2021	Styczeń	5855
2.		Luty	
3.		Marzec	
4.		Kwiecień	7253
5.		Maj	
6.		Czerwiec	
7.		Lipiec	6593
8.		Sierpień	
9.		Wrzesień	
10.		Październik	5731
11.		Listopad	
12.		Grudzień	
13.	Suma za rok:		36304

Zapotrzebowanie na energię elektryczną w budynku wzrastało sukcesywnie w ciągu ostatnich dwóch lat, dlatego do obliczeń doboru instalacji fotowoltaicznej będzie brane pod uwagę zużycie z roku 2021.

## 7 Rzut dachu budynku, usytuowanie paneli fotowoltaicznych

Poniższy rysunek przedstawia rzut dachu budynku z orientacyjnie wrysowanymi panelami fotowoltaicznymi. Rysunek należy traktować jako poglądowy, służący jedynie obliczeniu maksymalnej liczby modułów, które zmieszczą się na dachu.



## **8 Planowany zakres robót**

Budowa kompletnej instalacji fotowoltaicznej wg następujących założeń:

obliczenia instalacji wykonano w oparciu o dane techniczne o mocy 385 Wp <sup>1</sup>

- generator fotowoltaiczny składający się 18 szt. modułów PV montowanych na dachu o wymiarach w zakresie 1979 x 1000 x 45 mm i powierzchni całkowitej około 35 m<sup>2</sup>, o parametrach technicznych:
  - sprawność modułów min. 19% lub wyżej,
  - moc przy STC min. 385 Wp
  - ciężar modułu: 22,5 kg
  - inwerter sieciowy (falownik) 3-fazowy, 1 szt. o parametrach: moc dobieranego falownika musi spełniać następującą zależność:

$$P_{GEN.PV} = (0,8-1,2) \cdot P_{MAX INV}$$

$$P_{GEN.PV} = (0,8-1,2) \cdot 6,93 \text{ kWp} = 5,54 \text{ kW} - 8,32 \text{ kW zakres inwertera}$$

maksymalna moc wejściowa do 8 kW każdy - 1 szt.

sprawność maksymalna 98,1-97,7%.

- zabezpieczenie zwarciorowe i przeciążeniowe DC–bezpieczniki topikowe;
- zabezpieczenie zwarciorowe i przeciążeniowe AC–łączniki instalacyjne nadprądowe;
- zabezpieczenie przeciwprzepięciowe – ograniczniki przepięć SPD;
- rozłączniki - rozłączniki izolacyjne do rozłączania biegunów po stronie DC i AC;
- licznik pomiarowy energii wytworzonej przez system PV;
- rozdzielnia R-EKO gdzie znajdować się będą zabezpieczenia obwodów inwerterów, licznik energii wytworzonej przez mikroelektrownię, główny wyłącznik instalacji fotowoltaicznej (rozłącznik izolacyjny). ogranicznik przepięć SPD;
- magazyn energii elektrycznej o pojemności 12 kWh.

Bieżąca obserwacja pracy wszystkich elementów systemu oraz nadzór nad pracą inwertera i generatorów fotowoltaicznych, prowadzona będzie przez centrum komunikacyjne, którego zadaniem będzie monitoring, diagnostyka, przechowywanie danych oraz wizualizacja pracy instalacji fotowoltaicznej.

---

<sup>1</sup> dopuszcza się zastosowanie modułów równoważnych lub wyższych parametrach

Uwaga: moc inwertera należy zweryfikować na etapie opracowania szczegółowego projektu budowlanego instalacji PV. Dopuszcza się zastosowanie mikroinwerterów.

## 9 Dobór instalacji fotowoltaicznej

Przedsięwzięcie dotyczy zakupu i montażu instalacji fotowoltaicznej o mocy nieprzekraczającej 50 kW.

Dane techniczne instalacji PV do analizy:

- moc jednostkowa paneli: 385 W,
- liczba paneli w instalacji: 18 sztuk,
- napięcie otwartego obwodu: 49,1 V,
- natężenie zwarcia: 9,92 A,
- sprawność konwersji energii: 19,42%,
- wymiary pojedynczego modułu: 1979x1002x40 mm,
- waga pojedynczego modułu: 22,5 kg,
- kąt nachylenia paneli w instalacji: od 38 do 43 stopni,
- całkowita maksymalna moc instalacji fotowoltaicznej: 6,93 kW.

*Tab. 4 Maksymalna produkcja energii elektrycznej z analizowanej instalacji fotowoltaicznej*

Lp.	Miesiąc	Maksymalna do uzyskania energia ze słońca przypadająca na 1 W instalacji PV [Wh]	Energia elektryczna produkowana przez całkowitą instalację PV [kWh]
1.	styczeń	31980	221,6
2.	luty	35451	245,7
3.	marzec	63342	439,0
4.	kwiecień	107053	741,9
5.	maj	139066	963,7
6.	czerwiec	130280	902,8
7.	lipiec	149835	1038,4
8.	sierpień	115663	801,5
9.	wrzesień	76963	533,4
10.	październik	65018	450,6
11.	listopad	28135	195,0

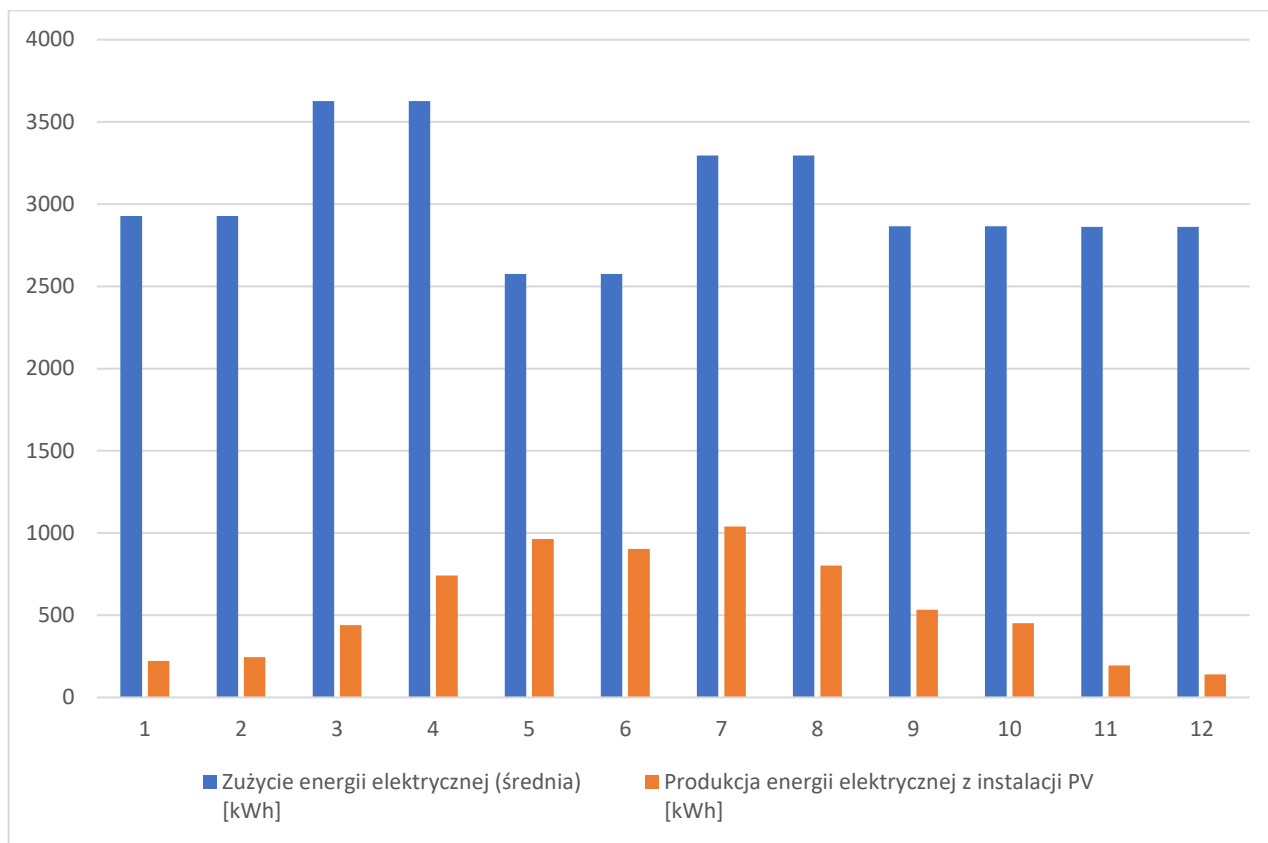
12.	grudzień	20058	139,0
13.	Razem:		6672,5

Dokonano porównania ilości energii wyprodukowanej w ciągu poszczególnych miesięcy w instalacji PV oraz energii zużytej na potrzeby własne. Na tej podstawie określono ilość energii oddawanej do sieci w okresach braku zapotrzebowania na energię. Ze względu na znikome pokrycie zapotrzebowania przez wyprodukowaną energię, nie zaleca się montażu magazynu energii. Bilans energii przedstawiono w poniższej tabeli oraz na wykresie.

*Tab. 5 Porównanie zużycia energii i produkcji z instalacji fotowoltaicznej*

Lp.	Miesiąc	Zużycie energii elektrycznej (średnia)[kWh]	Produkcja energii elektrycznej z instalacji PV[kWh]
1.	styczeń	2927,5	221,6
2.	luty	2927,5	245,7
3.	marzec	3626,5	439,0
4.	kwiecień	3626,5	741,9
5.	maj	2574,5	963,7
6.	czerwiec	2574,5	902,8
7.	lipiec	3296,5	1038,4
8.	sierpień	3296,5	801,5
9.	wrzesień	2865,5	533,4
10.	październik	2865,5	450,6
11.	listopad	2861,5	195,0
12.	grudzień	2861,5	139,0
13.	Suma:	36304	6672,5

Wykres 1 Porównanie zużycia energii i produkcji z instalacji fotowoltaicznej



## 10 Zestawienie kosztów modernizacji

Lp.	Nazwa robót budowlano-instalacyjnych	Koszt brutto [zł]
1.	Montaż modułów fotowoltaicznych	
	1.1 Montaż modułów fotowoltaicznych składających się z jednego układu o łącznej do kWp z szt. paneli PV na gotowych konstrukcjach wsporczych na dachu.	
	1.2 Montaż konstrukcji wsporczej na dachu wraz z podłączeniem układu szt.	
2.	Układanie przewodów łączących instalację fotowoltaiczną z rozdzielnią oraz roboty towarzyszące wraz z infrastrukturą towarzyszącą	
3.	Urządzenia sterownicze do poszczególnych urządzeń i rozdzielcze z wyposażeniem	
4.	Urządzenia zabezpieczające: ograniczniki przepięć, rozłączniki, styczniki, wyłączniki nadprądowe, licznik energii elektrycznej instalacji fotowoltaicznej	

5.	Układ sterowania i automatyki	
6.	Magazyn energii elektrycznej o pojemności do 12 kWh*	30 000,00 zł
7.	Instalacja wyrównawcza, uziemiająca.	
8.	Badania i pomiary powykonawcze / nadzór	
9.	<b>Razem instalacja fotowoltaiczna : 6,16 kWp (bez magazynu energii )</b>	<b>40 000,00 zł</b>
10.	<b>Podatek VAT 23 % dla jednej instalacji :</b>	<b>9 200,00 zł</b>
11.	<b>OGÓŁEM z podatkiem VAT dla instalacji :</b>	<b>79 200,00 zł</b>

Uwaga: koszt robót na podstawie kalkulacji uproszczonej wykonania robót zgodnie z wartościami robót rynkowych III kwartał 2023 roku z zakresu instalacji PV. Należy w okresie 3 miesięcy zaktualizować wycenę kosztów instalacji PV. Cena 1 kWp na rynku komercyjnym wynosi od 5000 zł/kWp netto w wzwyż w zależności od wielu czynników.

## 11 Analiza ekonomiczna inwestycji

Dokonano analizy efektów ekonomicznych inwestycji w oparciu o wskaźniki prostego czasu zwrotu (SPBT) oraz kosztu życia instalacji w okresie 15 lat (LCC). Niskie wartości wskaźników świadczą o wysokiej opłacalności modernizacji. W analizie zakłada się finansowanie inwestycji ze środków własnych Inwestora. Obniżenie wartości wskaźników może nastąpić np. w przypadku uzyskania dofinansowania na budowę odnawialnych źródeł energii elektrycznej.

*Tab. 6 Charakterystyka energetyczna inwestycji*

Wyszczególnienie			Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
Charakterystyka energetyczna				
1.	Zapotrzebowanie na energię elektryczną z sieci	kWh	36304,0	29631,5
2.	Produkcja energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej	kWh	0,0	6672,5

Tab. 7 Charakterystyka ekonomiczna inwestycji

Wyszczególnienie			Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
1.	Cena jednostkowa energii	PLN/kWh	0,607	0,607
2.	Energia elektryczna dostarczona z sieci	kWh	36304,0	29631,5
3.	Koszt eksploatacji	PLN/rok	22024,66	17976,63
Roczna oszczędności energii dostarczonej z sieci			%	<b>18,38%</b>
Roczna oszczędności energii			kWh/rok	<b>6 672,51</b>
Roczne oszczędności kosztów			zł/rok	<b>4 048,03</b>
Planowane koszty całkowite przedsięwzięcia			zł	<b>79 200,00</b>
Prosty czas zwrotu inwestycji (SPBT)			lata	<b>19,57</b>

W celu przedstawienia efektów modernizacji w dłuższym czasie, jako dodatkową metodę określenia opłacalności ekonomicznej zastosowano analizę kosztu cyklu życia budynku (Life Cycle Cost). Poniższe tabele i wykres prezentują wyniki analizy w okresie kolejnych 15 lat.

Tab. 8 Założenia do analizy LCC

Roczny wzrost kosztów energii elektrycznej w stanie istniejącym	%	<b>3,80%</b>
Roczny wzrost cen energii elektrycznej po modernizacji	%	<b>3,80%</b>
Stopa dyskonta	%	<b>3%</b>
Szacowany roczny koszt przeglądów i napraw przed modernizacją	PLN	<b>0,00</b>
Szacowany roczny koszt przeglądów i napraw po modernizacji	PLN	<b>1 000,00</b>

Tab. 9 Wyniki analizy LCC inwestycji

A	Stan istniejący					Stan po modernizacji					Różnica LCC
	N <sub>0p</sub>	N <sub>0m</sub>	N <sub>0e</sub>	N <sub>0c</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>1p</sub>	N <sub>1m</sub>	N <sub>1e</sub>	N <sub>1c</sub>	N <sub>1</sub>	
0.	0,00	0,00	22024,66	21383,16	21383,16	79200,00	1000,00	17976,63	95317,11	95317,11	73933,95
1.	0,00	0,00	22861,60	22195,72	43578,89	0,00	1000,00	18659,74	19087,13	114404,24	70825,35
2.	0,00	0,00	23730,34	23039,16	66618,05	0,00	1000,00	19368,81	19775,54	134179,78	67561,73
3.	0,00	0,00	24632,09	23914,65	90532,70	0,00	1000,00	20104,82	20490,12	154669,90	64137,20
4.	0,00	0,00	25568,11	24823,41	115356,11	0,00	1000,00	20868,81	21231,85	175901,76	60545,65
5.	0,00	0,00	26539,70	25766,70	141122,80	0,00	1000,00	21661,82	22001,77	197903,53	56780,72
6.	0,00	0,00	27548,21	26745,83	167868,64	0,00	1000,00	22484,97	22800,94	220704,47	52835,83
7.	0,00	0,00	28595,04	27762,17	195630,81	0,00	1000,00	23339,40	23630,49	244334,96	48704,15
8.	0,00	0,00	29681,65	28817,14	224447,94	0,00	1000,00	24226,30	24491,55	268826,51	44378,56
9.	0,00	0,00	30809,55	29912,19	254360,13	0,00	1000,00	25146,90	25385,34	294211,84	39851,71
10.	0,00	0,00	31980,31	31048,85	285408,98	0,00	1000,00	26102,48	26313,09	320524,93	35115,95
11.	0,00	0,00	33195,57	32228,71	317637,68	0,00	1000,00	27094,37	27276,09	347801,02	30163,34
12.	0,00	0,00	34457,00	33453,40	351091,08	0,00	1000,00	28123,96	28275,69	376076,71	24985,63
13.	0,00	0,00	35766,36	34724,63	385815,71	0,00	1000,00	29192,67	29313,27	405389,98	19574,28
14.	0,00	0,00	37125,49	36044,16	421859,87	0,00	1000,00	30301,99	30390,28	435780,27	13920,40
15.	0,00	0,00	38536,25	37413,84	459273,71	0,00	1000,00	31453,47	31508,22	467288,49	8014,78

Legenda do tabeli 9:

A – Kolejne lata eksploatacji,

N<sub>0p</sub>, N<sub>1p</sub> – Koszty nabycia odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN],

N<sub>0m</sub>, N<sub>1m</sub> – Koszty przeglądów, napraw odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN],

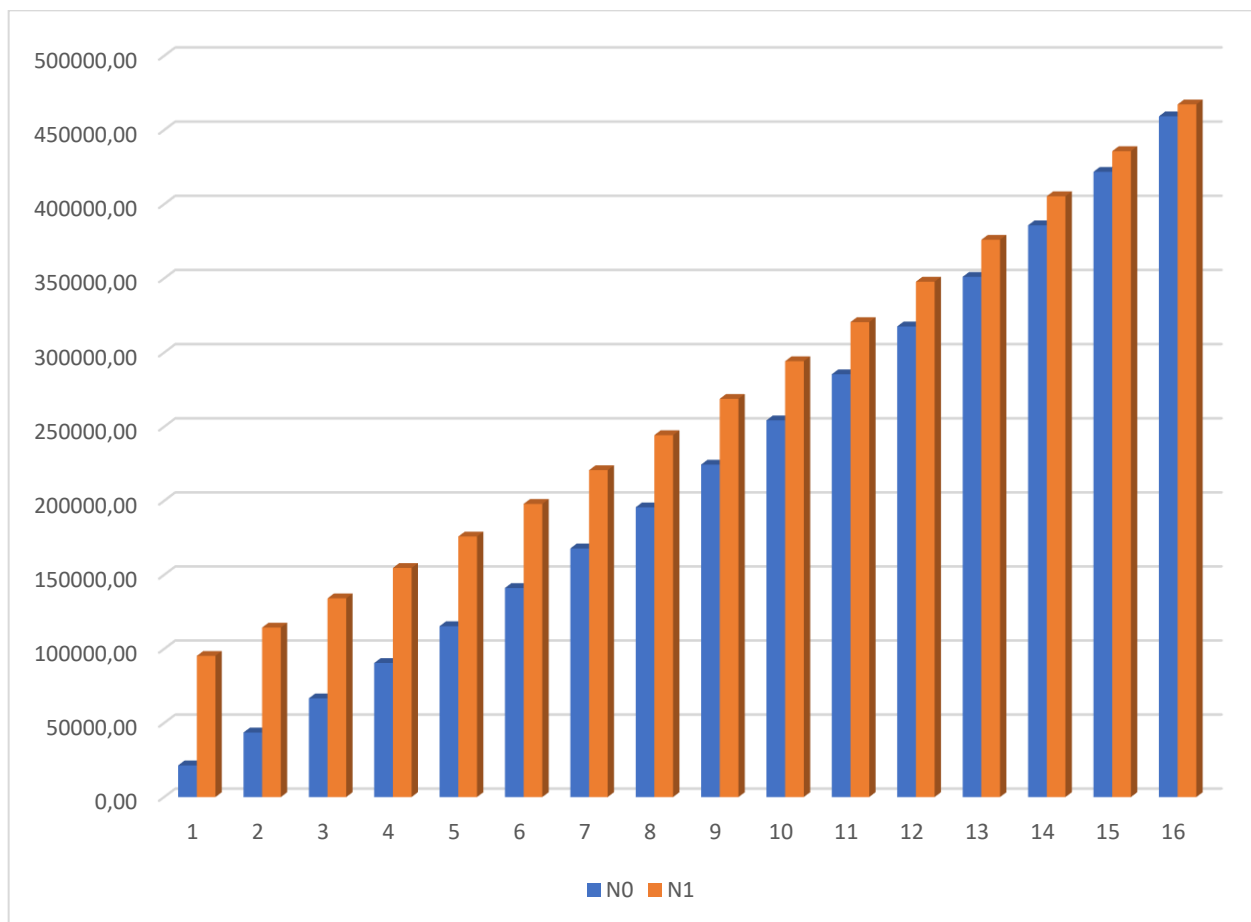
N<sub>0e</sub>, N<sub>1e</sub> – Koszty eksploatacyjne odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN],

N<sub>0c</sub>, N<sub>1c</sub> – Łączne zdyskontowane koszty odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN],

N<sub>0</sub>, N<sub>1</sub> – Koszt cyklu życia budynku odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN].



Wykres 2 Wyniki analizy LCC



Na podstawie analizy LCC można stwierdzić, że inwestycja jest opłacalna i zacznie przynosić wymierne korzyści finansowe po piętnastym roku od uruchomienia.

## 12 Obliczenia planowanego efektu ekologicznego

Obliczeń szacunkowych emisji dokonano na podstawie metodologii opisanej w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej. Wskaźniki emisji pochodzą z opracowania KOBiZE "Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2020 rok".

Tab. 10 Wyliczenie emisji gazów cieplarnianych

Lp.	Rodzaj związków niebezpiecznych	Wskaźnik emisji przed modernizacją [kg/MWh]	Emisja przed modernizacją [kg/rok]	Wskaźnik emisji po modernizacji [kg/MWh]	Emisja po modernizacji [kg/rok]	Redukcja emisji	
						[kg/rok]	[%]
1.	dwutlenek węgla	708	25703,232	708	20979,1	4724,1	18,38%
2.	tlenki siarki	0,509	18,478736	0,509	15,1	3,4	18,38%
3.	tlenki azotu	0,522	18,950688	0,522	15,5	3,5	18,38%
4.	tlenek węgla	0,203	7,369712	0,203	6,0	1,4	18,38%
5.	pył całkowity	0,026	0,943904	0,026	0,8	0,2	18,38%

### Emisja równoważna

Emisja równoważna, jest to wielkość ogólna emisji zanieczyszczeń pochodzących z określonego (ocenianego) źródła zanieczyszczeń, która wynika ze zsumowania wielkości rzeczywistych emisji poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń pochodzących z tego źródła pomnożonych przez ich współczynniki toksyczności.

Redukcję emisji zanieczyszczeń w przeliczeniu na emisję równoważną CO<sub>2</sub> dokonuje się wg. poniższego wzoru:  $E_r = \sum E \cdot k$ , gdzie:

$E_r$  – emisja równoważna – wielkość charakterystyczna

$E$  – redukcja emisji danego zanieczyszczenia w Mg/r

$k$  – współczynnik toksyczności danego zanieczyszczenia, wynoszący dla:

- pył - 2,9
- SO<sub>2</sub> - 1,0
- CO - 0,5
- NO<sub>x</sub> - 2,9

Tab. 11 Wyliczenie redukcji emisji równoważnej

Lp.	Rodzaj zanieczyszczenia	Redukcja emisji [kg/rok]	Współczynnik	Emisja równoważna [kg/rok]
1.	pył całkowity	0,2	2,9	0,50
2.	tlenki siarki	3,4	1	3,40
3.	tlenek węgla	1,4	0,5	0,68

4.	tlenki azotu	3,5	2,9	10,10
5.	dwutlenek węgla	4724,1	1	4724,14
<b>Emisja równoważna:</b>				<b>4738,81</b>

### **Efektywność kosztowa**

Efektywność kosztowa oznacza wysokość nakładów finansowych poniesionych na jednostkową redukcję równoważnej emisji CO<sub>2</sub>.

Nakłady inwestycyjne:	79 200,00	zł
Redukcja emisji:	4738,81	kg/rok
Efektywność kosztowa:	16713,04	zł/tonę

## **13 Energia finalna i pierwotna, parametry przedsięwzięcia efektywności energetycznej**

Obliczeń szacunkowych emisji dokonano na podstawie metodologii opisanej w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej. Wskaźnik nakładu energii pierwotnej  $w_i$  przed modernizacją pochodzi z Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii. Wskaźnik dla stanu po modernizacji został pomniejszony o efekt procentowej redukcji zapotrzebowania na energię z sieci po montażu instalacji fotowoltaicznej. Energię finalną i pierwotną dla stanu przed i po modernizacji przedstawiono w poniższej tabeli.

*Tab. 12 Energia finalna i pierwotna, oszczędność energii*

Lp.	Opis	Energia finalna [kWh/rok]	$w_i$ [-]	Energia pierwotna [kWh/rok]
1.	Przed modernizacją	36 304,000	2,500	90 760,000
2.	Po modernizacji	36 304,000	2,041	74 078,728
3.	<b>Oszczędność</b>	<b>0,000</b>	-	<b>16 681,272</b>

*Tab. 13 Parametry przedsięwzięcia efektywności energetycznej*

1	Średnioroczna ilość energii finalnej planowanej do zaoszczędzenia:	0,000	kWh/rok
		0,000	toe/rok
2	Średnioroczna ilość energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia:	16 681,272	kWh/rok
		1,434	toe/rok

Zgodnie z Obwieszczeniem Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowego wykazu przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej, usprawnienie polegające na montażu instalacji fotowoltaicznych nie pozwala na uzyskanie świadectw efektywności energetycznej, tzw. Białych Certyfikatów.

## 14 Wnioski

W niniejszym audycie efektywności energetycznej przeanalizowano możliwości zamontowania instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej na potrzeby własne budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach. W wyniku planowanej budowy instalacji fotowoltaicznej złożonej z 18 modułów fotowoltaicznych o mocy jednostkowej 385 kW i całkowitej mocy instalacji 6,93 kW nastąpi redukcja zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery i osiągnięty zostanie wymierny efekt ekologiczny. Wytworzona energia pochodzić będzie z odnawialnych źródeł energii (energia słoneczna). Odpowiednio zmniejszeniu ulegnie ilość energii elektrycznej pobranej z sieci energetycznej. W wyniku budowy instalacji fotowoltaicznej, w związku ze zmniejszeniem zużycia energii pobieranej z sieci na rzecz energii odnawialnej, nastąpi zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych w przedmiotowym budynku. W celu optymalizacji kosztów energii elektrycznej, jak i ciepłej należy:

- zlikwidować dogrzewanie systemem klimatyzacji i zoptymalizować jej funkcjonowanie,
- ograniczyć do minimum nagrzewanie się pomieszczeń od strony południowej przez zablokowanie promieniowania ciepłego w ciągu roku przez montaż folii przeciwsłonecznych,
- wielkość instalacji PV do zbudowania w celu ograniczenia zużycia energii elektrycznej i ciepłej do kosztów tylko przesyłowych musi być na poziomie do 50 kWp w układzie prosumenta na gruncie w systemie bifacjalnym, co pozwoli uzyskać dodatkowo od 15-20 % energii więcej w ciągu roku.

Tabela poniżej prezentuje główne korzyści płynące z modernizacji oraz wskaźniki energetyczne i finansowe.

*Tab. 14 Wskaźniki rezultatu modernizacji*

Rodzaj wskaźnika	Jednostka	Wartość wskaźnika
Zmniejszenie poboru energii elektrycznej z sieci	kWh/rok	6 672,51
	%	18,38%
Zmniejszenie zużycia energii finalnej	kWh/rok	0,00
	%	-
Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej	kWh/rok	16681

	%	18,38%
Redukcja emisji równoważnej CO <sub>2</sub>	kg/rok	4738,81
	%	18,38%
Czas zwrotu inwestycji	lata	19,57
Efektywność kosztowa inwestycji	zł/tonę CO <sub>2</sub>	16713,04
Oszczędności finansowe	zł/rok	4 048,03

**Audytór Energetyczny Budynków**  
*członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych Nr 1426*  
**Niezależny ekspert z zakresu pomp ciepła nr 002/PSPC**  
**Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła**  
**Certyfikowany Zarządca Nieruchomości ds. Klimatu 18/147**  
**Ekspert ds. efektywności energetycznej w MŚP - PARP**  
  
*mgr inż. MBA Tomasz Mania*  
**Specjalista ds. diagnostyki termowizyjnej**  
*upr. diagnozowania termowizyjnego nr12/2009 z dnia 12.11.2009*  
*wyd. przez Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej*  
*upr. kosztorysant S.K.B. nr 0625/SKB ; upr. konsultant P.Z.RZ.Z.P. nr 1039/KZP*  
*upr. Rzecznawca ZUT RS NOT Warszawa Nr 066*

## 15 Spis tabel

Tab. 1 Zużycie energii elektrycznej w obiekcie za rok 2019 .....	7
Tab. 2 Zużycie energii elektrycznej w obiekcie za rok 2020 .....	7
Tab. 3 Zużycie energii elektrycznej w obiekcie za rok 2021 .....	8
Tab. 4 Maksymalna produkcja energii elektrycznej z analizowanej instalacji fotowoltaicznej .....	10
Tab. 5 Porównanie zużycia energii i produkcji z instalacji fotowoltaicznej.....	11
Tab. 6 Charakterystyka energetyczna inwestycji .....	13
Tab. 7 Charakterystyka ekonomiczna inwestycji .....	14
Tab. 8 Założenia do analizy LCC.....	14
Tab. 9 Wyniki analizy LCC inwestycji .....	15
Tab. 10 Wyliczenie emisji gazów cieplarnianych.....	17
Tab. 11 Wyliczenie redukcji emisji równoważnej .....	17
Tab. 12 Energia finalna i pierwotna, oszczędność energii.....	18
Tab. 13 Parametry przedsięwzięcia efektywności energetycznej.....	19
Tab. 14 Wskaźniki rezultatu modernizacji.....	19

## 16 Spis wykresów

Wykres 1 Porównanie zużycia energii i produkcji z instalacji fotowoltaicznej .....	12
Wykres 2 Wyniki analizy LCC.....	16

## 17 Załącznik 1 – dokumentacja fotograficzna

