



Project Energy

smart energy solutions

PROJECT ENERGY Sp. z o.o.

90-437 Łódź, al. Kościuszki 80/82

NIP 525-257-02-54 KRS 0000480961

www.projectenergy.pl

Tytuł opracowania

**AUDYT ENERGETYCZNY
SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 12 W PIOTRKOWIE TRYBUNALSKIM**

Adres obiektu

ul. Belzacka 104/106
97-300 Piotrków Trybunalski

Inwestor

Miasto Piotrków Trybunalski
Pasaż Karola Rudowskiego 10,
97-300 Piotrków Trybunalski

Opracowali

mgr inż. Agnieszka Orłowska
mgr inż. Paweł Filaber

Data wykonania

24.05.2019r.

1 Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek szkolny	1.2 Rok budowy	1984r.
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji, PESEL*)	Miasto Piotrków Trybunalski Pasaż Karola Rudowskiego 10, 97-300 Piotrków Trybunalski	1.4 Adres budynku	ul. Belzacka 104/106 97-300 Piotrków Trybunalski
2. Nazwa, adres i numer REGON podmiotu wykonującego audyt:			
Project Energy Sp. z o.o., al. Kościuszki 80/82, 90-437 Łódź, NIP 525-257-02-54			
3. Imię i nazwisko, adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje:			
mgr inż. Paweł Filaber, 75032106415, ul. Prądyńskiego 31, 05-200 Wołomin, Członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych nr 1420; Uprawnienia Weryfikatora NFOŚiGW nr W050			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakres prac:			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego:	
1	mgr inż. Agnieszka Orłowska Członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych nr 1986	Obliczenia OZC, opracowanie wyników	
5. Miejscowość:		Łódź	Data wykonania opracowania: 24.05.2019r.
Spis treści:			
1	STRONA TYTUŁOWA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU		1
2	KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU ¹⁾		2
3	DOKUMENTY I DANE ŹRÓDŁOWE WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU AUDYTU ORAZ WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA.....		6
4	INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA BUDYNKU ORAZ OCENA STANU TECHNICZNEGO.....		10
5	OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU		15
6	ANALIZA POSZCZEGÓLNYCH WARIANTÓW TERMOMODERNIZACJI		16
7	ANALIZA MOŻLIWOŚCI MODERNIZACJI INSTALACJI ELEKTRYCZNEJ I OŚWIETLENIA		26
8	ANALIZA WARIANTOWA EFEKTÓW ENERGETYCZNYCH ORAZ EKONOMICZNYCH DLA ANALIZOWANEGO ZAKRESU PRAC MODERNIZACYJNYCH		29
9	WSKAZANIE OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO SPEŁNIAJĄCEGO WYMAGANIA USTAWY Z DNIA 21 LISTOPADA 2008 R. O WSPIERANIU TERMOMODERNIZACJI I REMONTÓW		31
10	ZAŁĄCZNIKI DO AUDYTU		32

2 Karta audytu energetycznego budynku¹⁾

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja / technologia budynku	Technologia prefabrykowana wielkoblokowa	Technologia prefabrykowana wielkoblokowa
2.	Liczba kondygnacji	1-3 nadziemne +1 podziemna	1-3 nadziemne +1 podziemna
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	17 886,60	17 886,60
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	5 962,20	5 962,20
5.	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	0,00	0,00
6.	Powierzchnia ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	5 962,20	5 962,20
7.	Liczba lokali mieszkalnych	-	-
8.	Liczba osób użytkujących budynek	1 163	1 163
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	węzeł cieplny	węzeł cieplny
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	Instalacja tradycyjna stalowa rurowa, grzejniki żeliwne bez zaworów termostatycznych	Instalacja tradycyjna stalowa rurowa, grzejniki stalowe płytowe z zaworami termostatycznymi
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,45	0,45
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła W/(m²K)			
1.	Drzwi zewnętrzne	3,600	1,300
2.	Okno zewnętrzne drewniane	3,100	0,900
3.	Okno zewnętrzne PCV	1,800	1,800
4.	Okno zewnętrzne PCV do wymiany	2,600	0,900
5.	Podłoga w piwnicy	0,655	0,655
6.	Stropodach wentylowany	1,987	0,148
7.	Ściana zewnętrzna	0,964	0,182
8.	Ściana cokołowa	2,611	0,195
9.	Ściana zewnętrzna przy gruncie	1,439	1,439
10.	Ściana zewnętrzna przy gruncie oc	1,439	0,184
3. Sprawności składowe systemu ogrzewania i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania	0,95	0,99

2.	Sprawność przesyłania	0,90	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie	1,00	0,85
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	1,00	0,95
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1.	Sprawność wytwarzania	0,91	0,98
2.	Sprawność przesyłania	0,60	0,70
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	1,00	1,00
4.	Sprawność akumulacji	0,65	0,85
5. Charakterystyka systemu wentylacji			
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)	naturalna	naturalna
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	okna/ kanały wentylacyjne	okna/kanały wentylacyjne
3.	Strumień powietrza zewnętrznego[m ³ /h]	25 586	23 260
4.	Liczba wymian powietrza [1/h]	1,43	1,30
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu ogrzewania [kW]	591,04	296,90
2.	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody użytkowej [kW]	27,07	27,07
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	2 554,00	442,80
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	3 879,40	427,52
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej [GJ/rok]	260,63	158,63
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	-	-
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	-	-

8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m²rok)]	119	21
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m²rok)]	181	20
10. ²⁾	Udział odnawialnych źródeł energii [%]*	-	-
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzenia audytu)			
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku ³⁾ [zł/GJ]	53,84	53,84
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc ⁴⁾ [zł/(MW m-c)]	15 034,29	15 034,29
3.	Koszt przygotowania 1 m³ ciepłej wody użytkowej ³⁾ [zł/m³]	21,21	15,05
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc ⁴⁾ [zł/(MW m-c)]	15 034,29	15 034,29
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m² powierzchni użytkowej [zł/(m² m-c)]	4,41	1,07
6.	Miesięczna opłata abonamentowa [zł/m-c]	-	-
7.	Inne	-	-
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
Planowana kwota kredytu ⁵⁾ [zł]		2 577 955,91	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię cieplną [%]
Planowane koszty całkowite [zł]		3 032 889,30	Premia termomodernizacyjna
Roczna oszczędność kosztów energii cieplnej [zł/rok]		244 397,16	n/d

1) Dla budynku składającego się z części o różnych funkcjach użytkowych należy podać wszystkie dane oddzielnie dla każdej części budynku.

2) U_{OZE} [%] obliczany zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczaną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.

3) Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii.

4) Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii.

5) W związku z faktem planowana inwestycja będzie realizowana z dotacji w analizowanym przypadku planowana kwota kredytu oznacza planowany poziom dofinansowania.

*) Strumień powietrza wentylacyjnego policzony w załączniku nr 1.

**) Zużycie CWU wyliczono w załączniku nr 2. Wartość zapotrzebowania na ciepło na podgrzanie wody wykorzystano jedynie do obliczenia procentowej oszczędności zużycia ciepła na cele co i cwu w poszczególnych wariantach termomodernizacyjnych.

UWAGA!

W myśl ustawy termomodernizacyjnej, w karcie audytu wykazane są wyłącznie oszczędności energii cieplnej związane z termomodernizacją budynku. Oszczędności energii wynikające z modernizacji instalacji oświetlenia oraz montażu instalacji fotowoltaicznej nie zostały uwzględnione w karcie audytu energetycznego budynku. Tabela zbiorcza oszczędności znajduje się w dalszej części opracowania.

3 Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora

3.1 Cel pracy

Podstawowym celem jest optymalizacja zakresu inwestycji termomodernizacji budynku. Opracowanie swoim zakresem obejmuje:

- ocenę stanu istniejącego budynku pod kątem izolacyjności cieplnej przegród,
- ocenę stanu istniejących wewnętrznych instalacji ogrzewczych wraz ze źródłem ciepła,
- propozycję rozwiązań termomodernizacyjnych pozwalających na zmniejszenie zużycia ciepła w rozpatrywanym budynku,
- procedurę wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,

Realizacja powyższych przedsięwzięć ma prowadzić do zmniejszenia kosztów ogrzewania i zmniejszenia emisji zanieczyszczeń.

3.2 Dokumentacja projektowa

- Inwentaryzacja architektoniczno-budowlana.
- Inwentaryzacja budynku wykonana na potrzeby opracowania.
- Dokumentacja archiwalna obiektu udostępniona przez Inwestora.

3.3 Inne dokumenty:

- Aktualne ceny nośnika energii.
- Dane dostarczone przez inwestora dotyczące źródła ciepła, instalacji, zużycia ciepła itp.
- Wizja lokalna.
- Obowiązujące normy i rozporządzenia:
- Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz.U. 2014 poz.1200 z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.151)

- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (publ. tekstu jednolitego Dz.U.2016 poz.290, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2016 poz.961).
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. 2015, poz.1422).
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012 poz.462, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U.2013 poz.762 i Dz.U.2015 poz.1554), w szczególności par. 11 ust 2 pkt 10 i pkt 12.
- Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (publ. t.j. Dz.U. 2014 poz.712, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U.2016 poz.615)
- 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 algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 z 2009 r, poz.346, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.1606) (SPBTmin)".
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. 2015 poz.376)
- PN-EN ISO 6946 "Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania".
- PN-EN ISO 13370 "Właściwości cieplne budynków - Wymiana ciepła przez grunt - Metody obliczania".
- PN-EN ISO 14683 "Mostki cieplne w budynkach - Liniowy współczynnik przenikania ciepła - Metody uproszczone i wartości orientacyjne".
- PN-EN 12831 "Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego".

- PN-EN ISO 13790 „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
- Przepisy prawa dotyczące współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych obowiązujące w latach wznoszenia, zatwierdzenia projektu budowy lub modernizacji budynku.

3.4 Wizja lokalna

Maj 2019 roku.

3.5 Zadeklarowany maksymalny udział własny na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz wysokość kredytu możliwego do zaciągnięcia

Inwestycja będzie realizowana przy udziale środków zewnętrznych w wysokości do 85% kosztów kwalifikowanych.

3.6 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi inwestora (zleceniodawcy)

Zleceniodawca podał następujące wytyczne dotyczące poprawy istniejącego stanu, dla których należy wykonać analizę ekonomiczną uzasadniającą podjęcie prac termomodernizacyjnych:

- modernizacja instalacji centralnego ogrzewania,
- modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian cokołowych oraz do 1m poniżej gruntu,
- ocieplenie stropodachu,
- wymiana stolarki drzwiowej,
- częściowa wymiana stolarki okiennej,
- należy obniżyć koszty ogrzewania budynku,
- należy zmniejszyć emisję zanieczyszczeń w tym CO₂ w wyniku zmniejszenia produkcji ciepła dla budynku.

Wszystkie elementy budynku poddawane termomodernizacji jeśli to możliwe należy dopasować do warunków technicznych mających zacząć obowiązywać w 2020 roku.

Należy poddać analizie modernizację instalacji oświetlenia wewnętrznego budynku oraz montaż instalacji fotowoltaicznej, w celu zmniejszenia zapotrzebowania na energię elektryczną oraz redukcji emisji CO₂ do atmosfery.

4 Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku oraz ocena stanu technicznego

4.1 Rysunki i zdjęcia budynku – załącznik nr 3

4.2 Konstrukcja budynku

Zespół budynków szkoły składa się z trzech segmentów o zróżnicowanej ilości kondygnacji, połączonych parterowym łącznikiem oraz zespołu sportowego składającego się z sali gimnastycznej oraz bloku szatniowego połączonych parterowym łącznikiem z resztą szkoły. Zespół sportowy został wcześniej poddany termomodernizacji i nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.

Budynki zostały zrealizowane według projektu typowego szkoły 10-letniej. Budynki zostały wybudowane w roku 1984. Budynek zrealizowano w technologii prefabrykowanej wieloblokowej tzw. "cegła żerańska" w układzie konstrukcyjnym podłużnym. Budynek jest całkowicie podpiwniczony. Ściany zewnętrzne i stropodachy są nieocieplone.

4.3 Stolarka okienna i drzwiowa

Okna kompleksu budynków drewniane i PCV. Okna drewniane są w złym stanie technicznym, posiadają nieszczelności i wysoki współczynnik przenikania ciepła. Również część okien PCV została zamontowana około 20 lat temu i wymaga wymiany. Drzwi zewnętrzne drewniane i stalowe są w złym stanie technicznym i posiadają wysoki współczynnik przenikania ciepła.

4.4 Wentylacja

Wentylacja pomieszczeń realizowana jest poprzez kratki wywiewne, świeże powietrze infiltruje do pomieszczeń przez nieszczelności okien i drzwi.

4.5 Źródło ciepła

Źródłem ciepła dla budynku jest węzeł cieplny o mocy około 890kW obsługujący budynek szkoły jak również sale gimnastyczną łącznik i szatnie.

4.6 Instalacja centralnego ogrzewania

W budynku występuje instalacja tradycyjna z rur stalowych, grzejniki stalowe, żeliwne oraz Favier'a bez zaworów termostacyjnych.

Istniejącą instalację (ogółem) można scharakteryzować współczynnikami sprawności przedstawionymi w tabeli:

Lp.	Opis	Ozn.	Wartości współczynników sprawności
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_g	0,95
2	Sprawność regulacji i wykorzystania	η_e	0,77
3	Sprawność przesyłu ciepła	η_d	0,90
4	Sprawność akumulacji ciepła	η_s	1,00
5	Sprawność całkowita systemu $\eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s =$	η	0,66
6	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	w_t	1,00
7	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	w_d	1,00

Do wyznaczenia ogólnej sprawności systemu centralnego ogrzewania posłużono się obowiązującymi przepisami.

4.7 Instalacja ciepłej wody użytkowej

Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest przy pomocy wężła cieplnego, stary zbiornik akumulacyjny wymagający wymiany. Instalacja ciepłej wody użytkowej nie była modernizowana.

Instalację można scharakteryzować współczynnikami sprawności przedstawionymi w tabeli:

Lp.	Opis	Ozn.	Wartości współczynników sprawności
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_g	0,91
2	Sprawność przesyłu ciepłej wody	η_d	0,60
3	Sprawność akumulacji	η_e	0,65
4	Sprawność sezonowa wykorzystania	η_s	1,00
5	Sprawność całkowita systemu $\eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s =$	η	0,35

Do wyznaczenia ogólnej sprawności systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej posłużono się obowiązującymi przepisami.

4.8 Zapotrzebowanie na moc i ciepło na potrzeby c.o.

Obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym wykonano na podstawie normy PN-EN ISO 13790 „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia” i rozporządzenia w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej z dnia 8 listopada 2008r z późniejszymi zmianami. Obliczenia wykonano przy pomocy programu komputerowego AUDYTOR OZC 6.9Pro, przyjmując wieloletnie dane klimatyczne podane na stronie Ministerstwa infrastruktury (załącznik 4). Strumień powietrza wentylacyjnego został określony na podstawie normy PN-83/B-03430/Az3:2000 (załącznik 1).

Moc zamówioną obliczono na podstawie normy PN-EN 12831 "Instalacje grzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego". Do obliczeń przyjęto strumień powietrza wentylacyjnego proponowany w normie PN-EN 12831. Obliczenia wykonano przy pomocy programu komputerowego AUDYTOR OZC 6.9Pro, przyjmując wieloletnie dane klimatyczne dotyczące: średnich miesięcznych wartości zewnętrznych temperatur (załącznik 4).

4.9 Obliczenia mocy systemu grzewczego i rocznego zużycia energii na ciepło

Tabela przedstawiająca obliczeniową moc systemu grzewczego.

Obliczeniowa moc systemu grzewczego	MW	0,5910
Roczne zużycie energii na ciepło na potrzeby co	GJ/rok	2 554,00
Ogólna sprawność systemu	%	65,84
Obniżenie nocne	%	100,00
Obniżenie tygodniowe	%	100,00
Roczne zużycie energii na ciepło na potrzeby CO z uwzględnieniem sprawności systemu i przerwami w ogrzewaniu	GJ/rok	3 879,40

4.10 Roczny koszt ogrzewania

Ceny ogrzewania budynku wg stawek lokalnego dostawcy ciepła z podatkiem VAT z dnia sporządzania audytu.

Oz*	zł/GJ	53,84
Om**	zł/MW/mc	15 034,29
Ab	zł/mc	0,00
Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	MW	0,59
Roczne zużycie energii na ciepło na potrzeby CO z uwzględnieniem sprawności systemu i przerwami w ogrzewaniu	GJ/rok	3 879,40
Roczna opłata zmienna	zł/rok	208 855,40
Roczna opłata stała	zł/rok	106 630,76
Roczna opłata abonamentowa	zł/rok	0,00
Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	315 486,16
*) - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii		
**) - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii		

4.11 Roczny, obliczeniowy koszt przygotowania ciepłej wody

Ceny przygotowania ciepłej wody wg stawki lokalnego dostawcy ciepła z podatkiem VAT z dnia sporządzania audytu.

Oz*	zł/GJ	53,84
Om**	zł/mc	15 034,29
Ab0	zł/mc	0,00
Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody	MW	0,027
Roczne zużycie energii do przygotowania ciepłej wody	GJ/rok	260,63
Roczna opłata zmienna	zł/rok	14 031,47
Roczna opłata stała	zł/rok	4 884,11
Roczna opłata abonamentowa	zł/rok	0,00
Roczny koszt przygotowania ciepłej wody	zł/rok	18 915,57
*) - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii		
**) - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii		

4.12 Roczny, obliczeniowy koszt ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej

Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	315 486,16
Roczny koszt przygotowania ciepłej wody użytkowej	zł/rok	18 915,57
Roczny koszt sumaryczny	zł/rok	334 401,74

4.13 Dane do obliczeń

W obliczeniach przyjęto następujące dane:

Opis	Jednostki	Wartości
t_{w0} w pomieszczeniach ogrzewanych	$^{\circ}\text{C}$	20
t_{z0}	$^{\circ}\text{C}$	-20
S_d	dzień*K/a	3 731
Centralne ogrzewanie		
O_{m0}	zł/MW/m-c	15 034,29
O_{z0}	zł/GJ	53,84
Ab_0	zł/m-c	0,00
Ciepła woda użytkowa		
O_{m0}	zł/MW/m-c	15 034,29
O_{z0}	zł/GJ	53,84
Ab_0	zł/m-c	0,00

Ceny z dnia sporządzania audytu, zawierają VAT.

5 Ocena stanu technicznego budynku

Stan techniczny budynku w zakresie istotnym dla wskazania właściwych ulepszeń i przedsięwzięć termomodernizacyjnych ocenia się jako dostateczny. Współczynniki przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych, stropodachu znacznie odbiegają od obecnie obowiązujących przepisów. Stolarka okienna i drzwiowa wymaga wymiany. Instalacja centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej posiada potencjał oszczędności. W następnym rozdziale zostanie opisany proponowany zakres usprawnień termomodernizacyjnych.

6 Analiza poszczególnych wariantów termomodernizacji

6.1 Usprawnienia dotyczące systemu centralnego ogrzewania

W niniejszym opracowaniu porównuje się następujące warianty modernizacji instalacji centralnego ogrzewania:

- WARIANT 1 - bierze pod uwagę wymianę instalacji centralnego ogrzewania. W ramach usprawnienia planuje się modernizację węzła cieplnego wraz z wymianą instalacji, montaż zaworów podpionowych i odpowietrzających, izolację przewodów w pomieszczeniach nieogrzewanych;
- WARIANT 2 - bierze pod uwagę wymianę instalacji centralnego ogrzewania. W ramach usprawnienia planuje się modernizację węzła cieplnego wraz z wymianą instalacji, montaż zaworów podpionowych i odpowietrzających, izolację przewodów w pomieszczeniach nieogrzewanych, wymianę starych grzejników na nowe członowe lub płytowe z regulacją centralną i miejscową z zaworem termostatycznym o działaniu proporcjonalnym z zakresem proporcjonalności P - 2K;
- WARIANT 3 - bierze pod uwagę wymianę instalacji centralnego ogrzewania. W ramach usprawnienia planuje się modernizację węzła cieplnego wraz z wymianą instalacji, montaż zaworów podpionowych i odpowietrzających, izolację przewodów w pomieszczeniach nieogrzewanych, wymianę starych grzejników na nowe członowe lub płytowe z regulacją centralną i miejscową z zaworem termostatycznym o działaniu proporcjonalno-całkującym PI z funkcjami adaptacyjną i optymalizującą.

Opis	Jedn.	Przed modernizacją	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
Moc zamówiona	MW	0,5910	0,5910	0,5910	0,5910
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby CO w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu	GJ/rok	2 554	2 554	2 554	2 554
Sprawność wytwarzania η_g	-	0,95	0,99	0,99	0,99
Sprawność regulacji i wykorzystania η_d	-	0,77	0,77	0,88	0,93
Sprawność przesyłu η_e	-	0,90	0,96	0,96	0,96
Sprawność akumulacji η_s	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Ogólna sprawność systemu ogrzewania η_{tot}	-	0,66	0,73	0,84	0,88
Obniżenie nocne	-	1,00	0,85	0,85	0,85
Obniżenie tygodniowe	-	1,00	0,95	0,95	0,95
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby CO z uwzględnieniem sprawności systemu i przerwami w ogrzewaniu	GJ/rok	3 879	2 818	2 466	2 333
Oz	zł/GJ	53,84	53,84	53,84	53,84
Om	zł/MW/m-c	15 034,29	15 034,29	15 034,29	15 034,29
A	zł	0,00	0,00	0,00	0,00
Roczna opłata zmienna	zł/rok	208 855,40	151 721,78	132 756,56	125 619,11
Roczna opłata stała	zł/rok	106 630,76	106 630,76	106 630,76	106 630,76
Roczna opłata abonamentowa	zł/rok	0,00	0,00	0,00	0,00
Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	315 486,16	258 352,54	239 387,32	232 249,87
Różnica			57 133,62	76 098,84	83 236,29
Koszt			722 000	950 000,00	1 054 500
SPBT			12,6	12,5	12,7

Do dalszej analizy przyjmuje się wariant nr 2. Rozwiązanie to spełnia warunek procedury wyboru optymalnego usprawnienia określony w rozporządzeniu 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 algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 z 2009 r, poz.346, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.1606) (SPBTmin)".

6.2 Usprawnienia dotyczące systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej

W niniejszym opracowaniu porównuje się następujące warianty modernizacji instalacji ciepłej wody użytkowej:

- WARIANT 1 - bierze pod uwagę modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez modernizację węzła cieplnego, wymianę instalacji (instalacja z obiegiem cyrkulacyjnym, z izolacją przewodów rozprowadzających) bez wymiany zbiornika akumulacyjnego.
- WARIANT 2 - bierze pod uwagę modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez modernizację węzła cieplnego, wymianę instalacji (instalacja z obiegiem cyrkulacyjnym, z izolacją przewodów rozprowadzających) oraz wymianę zbiornika akumulacyjnego.
- WARIANT 3 - bierze pod uwagę modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez modernizację węzła cieplnego, kompletną wymianę instalacji (instalacja z obiegiem cyrkulacyjnym z ograniczeniem czasu pracy, piony instalacyjne i przewody rozprowadzające izolowane) oraz wymianę zbiornika akumulacyjnego.

Opis	Jedn.	Przed modernizacją	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
Średnia moc c.w.u.	MW	0,02707	0,02707	0,02707	0,02707
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego $Q_{k,w}$	GJ/rok	260,63	207,44	158,63	138,80
Sprawność wytwarzania ciepła $\eta_{w,g}$		0,91	0,98	0,98	0,98
Sprawność przesyłu ciepłej wody $\eta_{w,d}$		0,60	0,70	0,70	0,80
Sprawność akumulacji $\eta_{w,s}$		0,65	0,65	0,85	0,85
Sprawność sezonowa wykorzystania $\eta_{w,e}$		1,00	1,00	1,00	1,00
Całkowita sprawność instalacji cwu	%	0,35	0,45	0,58	0,67
Opłata zmienna	zł/MW/m-c	53,84	53,84	53,84	53,84
Opłata stała	zł/GJ	15 034,29	15 034,29	15 034,29	15 034,29
Abonament	zł	0,00	0,00	0,00	0,00
Roczna opłata zmienna	zł/rok	14 031,47	11 167,90	8 540,16	7 472,64
Roczna opłata stała	zł/rok	4 884,11	4 884,11	4 884,11	4 884,11
Roczna opłata abonamentowa	zł/rok	0,00	0,00	0,00	0,00
Roczny koszt przygotowania c.w.u.	zł/rok	18 915,57	16 052,01	13 424,27	12 356,75
Różnica			2 863,56	5 491,31	6 558,83
Koszt			174 800,0	184 000,0	220 800,0
SPBT			61,0	33,5	33,7

Do dalszej analizy przyjmuje się wariant nr 2. Rozwiązanie to spełnia warunek procedury wyboru optymalnego usprawnienia określony w rozporządzeniu 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 algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 z 2009 r, poz.346, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.1606) (SPBT_{min})”.

6.3 Usprawnienie dotyczące stropodachu

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu warstwą izolacji o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$. Do wyznaczenia optymalnej grubości izolacji przyjęto warianty różniące się grubością. Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe kwiecień 2019r.

λ	0,040	W/mK – współczynnik przewodności cieplnej warstwy izolacji
A	2086,98	m ² - powierzchnia przegrody do obliczenia strat
A _{koszt}	2086,98	m ² - powierzchnia przegrody do ocieplenia

Lp.	Omówienie	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej; g	m		0,23	0,25	0,27
2	Zwiększenie oporu cieplnego ΔR	(m ² ·K)/W		5,75	6,25	6,75
3	Opór cieplny R	(m ² ·K)/W	0,503	6,25	6,75	7,25
4	U ₀ , U ₁	W/m ² ·K	1,987	0,160	0,148	0,138
5	Q _{0U} , Q _{1U}	GJ/a	1281,00	103,10	95,46	88,88
6	q _{0U} , q _{1U}	MW	0,166	0,013	0,012	0,012
7	Roczna oszczędność kosztów ΔOru	zł/a		90 932,08	91 521,34	92 029,36
8	Cena jednostkowa usprawnienia	zł/m ²		285,00	300,00	309,00
9	Koszt realizacji usprawnienia Nu	zł		594 789,30	626 094,00	644 876,82
10	SPBT=NU/ ΔOru	lata		6,5	6,8	7,0
Wybrany wariant: 2		Koszt: 626 094,00 zł		SPBT= 6,8 lat		

Do dalszej analizy przyjmuje się wariant nr 2 polegający na ociepleniu stropodachu warstwą izolacji o grubości 25 cm o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$. Rozwiązanie to spełnia wymagania stawiane w WT2020 oraz warunek procedury wyboru optymalnego usprawnienia określony w rozporządzeniu 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 algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 z 2009 r, poz.346, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.1606) (SPBT_{min})”.

6.4 Usprawnienie dotyczące ścian zewnętrznych

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych warstwą izolacji o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$. Do wyznaczenia optymalnej grubości izolacji przyjęto warianty różniące się grubością. Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe kwiecień 2019r.

λ	0,036	W/mK - współczynnik przewodności cieplnej materiału izolacyjnego
A	1740,73	m ² - powierzchnia przegrody do obliczania strat
A _{koszt}	1810,36	m ² - powierzchnia przegrody do ocieplenia

Lp.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej; g	m		0,14	0,16	0,18
2	Zwiększenie oporu cieplnego ΔR	(m ² ·K)/W		3,89	4,44	5,00
3	Opór cieplny R	(m ² ·K)/W	1,037	4,926	5,482	6,037
4	U_0, U_1	W/m ² ·K	0,964	0,203	0,182	0,166
5	Q_{0U}, Q_{1U}	GJ/a	470,88	99,15	89,11	80,91
6	q_{0U}, q_{1U}	MW	0,067	0,014	0,013	0,012
7	Roczna oszczędność kosztów ΔO_{ru}	zł/a		29 572,06	30 371,50	31 023,81
8	Cena jednostkowa usprawnienia	zł/m ²		323,40	330,00	339,90
9	Koszt realizacji usprawnienia Nu	zł		585 470,42	597 418,80	615 341,36
10	SPBT=NU/ ΔO_{ru}	lata		19,8	19,7	19,8
Wybrany wariant: 2		Koszt: 597 418,80 zł		SPBT= 19,7 lat		

Do dalszej analizy przyjmuje się wariant nr 2 polegający na ociepleniu ścian zewnętrznych warstwą izolacji o $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$ o grubości 16 cm. Rozwiązanie to spełnia wymagania stawiane w WT2020 oraz warunek procedury wyboru optymalnego usprawnienia określony w rozporządzeniu 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 algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 z 2009 r, poz.346, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.1606) (SPBT_{min})”.

6.5 Usprawnienie dotyczące ścian cokołowych

Rozpatruje się ocieplenie ścian cokołowych oraz w pasie szerokości 1m przylegającym do gruntu warstwą izolacji o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$. Do wyznaczenia optymalnej grubości izolacji przyjęto warianty różniące się grubością. Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe kwiecień 2019r.

λ	0,038	W/mK – współczynnik przewodności cieplnej warstwy izolacji
A	794,33	m ² - powierzchnia przegrody do obliczenia strat
A _{koszt}	834,05	m ² - powierzchnia przegrody do ocieplenia

Lp.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej; g	m		0,16	0,18	0,20
2	Zwiększenie oporu cieplnego	(m ² *K)/W		4,21	4,74	5,26
3	Opór cieplny R	(m ² *K)/W	0,472	4,683	5,209	5,736
4	U ₀ , U ₁	W/m ² *K	2,117	0,214	0,192	0,174
5	Q _{0U} , Q _{1U}	GJ/a	427,12	43,09	38,74	35,18
6	q _{0U} , q _{1U}	MW	0,067	0,007	0,006	0,006
7	Roczna oszczędność kosztów ΔO_{ru}	zł/a		31 584,05	31 942,10	32 234,44
8	Cena jednostkowa	zł/m ²		346,50	350,00	357,00
9	Koszt realizacji usprawnienia	zł		288 998,33	291 917,50	297 755,85
10	SPBT=NU/ ΔO_{ru}	lata		9,2	9,1	9,2
Wybrany wariant: 2		Koszt: 291 917,50 zł		SPBT= 9,1 lat		

Do dalszej analizy przyjmuje się wariant nr 2 polegający na ociepleniu ścian cokołowych warstwą izolacji o grubości 18cm o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$. Rozwiązanie to spełnia wymagania stawiane w WT2020 oraz warunek procedury wyboru optymalnego usprawnienia określony w rozporządzeniu 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 algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 z 2009 r, poz.346, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.1606) (SPBT_{min})”.

6.6 Usprawnienie dotyczące okien zewnętrznych

Rozpatruje się wymianę okien drewnianych oraz częściowo PCV na nowe szczelne PCV. Do wyznaczenia optymalnego współczynnika przenikania ciepła przyjęto trzy różniące się warianty. Cena N_{ok} zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe kwiecień 2019r.

Powierzchnia okien do wymiany: $P = 292,65 \text{ m}^2$						
Lp.	Omówienie	Jedn.	Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
1	U	$\text{W/m}^2\cdot\text{K}$	2,89	1,10	0,90	0,70
2	Cr	-	1,10	1,00	1,00	1,00
3	Cm	-	1,10	1,00	1,00	1,00
4	Q_0, Q_1	GJ/a	194,32	73,84	60,41	46,99
5	q_0, q_1	MW	0,0339	0,0129	0,0105	0,0082
6	$\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw}$	zł/rok		10 277,4	11 422,5	12 567,6
7	J, Koszt usprawnienia	zł/m ²		1 001,00	1 100,00	1 221,00
	N_{ok}	zł		292 943	321 915	357 326
	SPBT	lata		28,5	28,2	28,4
Wybrany wariant 2:			Koszt: 321 915,00 zł		SPBT= 28,2 lat	

Do dalszej analizy przyjmuje się wariant 2 polegający na wymianie okien na nowe szczelne o współczynniku przenikania ciepła równym $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rozwiązanie to spełnia wymagania stawiane w WT2020 oraz warunek procedury wyboru optymalnego usprawnienia określony w rozporządzeniu 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 algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 z 2009 r, poz.346, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.1606) (SPBT_{min})”.

6.7 Usprawnienie dotyczące drzwi zewnętrznych

Rozpatruje się wymianę drzwi zewnętrznych na nowe szczelne. Do wyznaczenia optymalnego współczynnika przenikania ciepła przyjęto trzy różniące się warianty. Cena N_{dz} zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe kwiecień 2019r.

Powierzchnia drzwi do wymiany: $P = 43,96 \text{ m}^2$						
Lp.	Omówienie	Jedn.	Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
1	U	$\text{W/m}^2\cdot\text{K}$	3,60	1,50	1,30	1,10
2	Cr	-	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Q_0, Q_1	GJ/a	33,81	14,09	12,21	10,33
5	q_0, q_1	MW	0,0063	0,0026	0,0023	0,0019
6	$\Delta Q_{rdz} + \Delta Q_{rw}$	zł/rok		1 728,0	1 892,5	2 057,1
7	J, Koszt usprawnienia	zł/ m^2		1 330,0	1 400,0	1 540,0
	N_{dz}	zł		58 466,8	61 544,0	67 698,4
	SPBT	lata		33,8	32,5	32,9
Wybrany wariant 2:			Koszt: 61 544,00 zł		SPBT= 32,5 lat	

Do dalszej analizy przyjmuje się wariant 2 polegający na wymianie części drzwi zewnętrznych na nowe szczelne o współczynniku przenikania ciepła równym $1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Rozwiązanie to spełnia wymagania stawiane w WT2020 oraz warunek procedury wyboru optymalnego usprawnienia określony w rozporządzeniu 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 algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 z 2009 r, poz.346, z późn. zmianami opublikowanymi w Dz.U. 2015 poz.1606) (SPBT_{min})”.

6.8 Zestawienie optymalnych usprawnień związanych z modernizacją przegród zewnętrznych w kolejności rosnącej wartości prostego czasu nakładów SPBT

lp.	Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku	Planowane koszty robót (ceny z VAT, zł)	SPBT lata
1	Ocieplenie stropodachu	626 094,00	6,8
2	Ocieplenie ścian cokołowych	291 917,50	9,1
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych	597 418,80	19,7
4	Wymiana starych okien zewnętrznych	321 915,00	28,2
5	Wymiana drzwi zewnętrznych	61 544,00	32,5

6.9 Zestawienie optymalnych usprawnień modernizacji instalacji wewnętrznych w kolejności rosnącej wartości prostego czasu nakładów SPBT

lp.	Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku	Planowane koszty robót (ceny z VAT, zł)	SPBT lata
1	Modernizacja instalacji centralnego ogrzewania	950 000,00	12,5
2	Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej	184 000,00	33,5

7 Analiza możliwości modernizacji instalacji elektrycznej i oświetlenia

7.1 Ocena stanu istniejącego instalacji elektrycznej i oświetleniowej

Obiekt jest zasilany w energię elektryczną przyłączem do sieci elektroenergetycznej. Instalacja elektryczna pochodzi z lat budowy obiektu, w stanie technicznym kwalifikującym się do wymiany. Wnętrze budynku jest oświetlane przez oświetlenie naturalne (poprzez okna w pomieszczeniach) wraz z wykorzystaniem oświetlenia jarzeniowego i żarowego.

7.2 Ocena opłacalności zastosowania nowego energooszczędnego oświetlenia

Zakłada się zmniejszenie zużycia energii elektrycznej przez wymianę opraw oświetleniowych na energooszczędne oprawy LED uwzględniający zastąpienie istniejących źródeł światła. Dodatkowo planuje się wymianę instalacji elektrycznej, ze względu na zły stan techniczny instalacji w stanie obecnym. Wariant ma na celu zmniejszenie mocy zainstalowanej instalacji oświetlenia.

W związku z uciążliwym charakterem pracy tradycyjnych świetlówek oraz żarówek, dużym poborem prądu, wytwarzanych hałasem oraz awaryjnością, w analizowanym budynku planuje się zastąpienie istniejącego oświetlenia oprawami LED.

Lp	Parametry	Jed.	Stan istniejący	Po modernizacji
1	Zainstalowana moc oświetlenia	kW	52,06	30,50
2	Czas użytkowania oświetlenia w ciągu dnia	h/rok	1 000	1 000
3	Czas użytkowania oświetlenia w ciągu nocy	h/rok	120	120
4	Przewidywany czas użytkowania oświetlenia ¹⁾	h/rok	1 120	1 120
8	Energia elektryczna na potrzeby oświetlenia	kWh/rok	58 307,20	34 160,00
9	Koszt energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia	zł/rok	30 057,36	17 609,48
10	Emisja CO ₂	kgCO ₂ /rok	45 363,00	26 576,48
11	Roczna oszczędność energii	kWh		24 147,20
12	Roczna oszczędność kosztów ΔQ_{rok}	zł/rok		12 447,88
13	Cena usprawnienia / wymiana opraw N_U	zł		797 160,00
14	SPBT= N_U/DO_{rok}	lata		64,0
15	Oszczędności	%		41,4%
16	Redukcja emisji CO ₂ ²⁾	kgCO ₂ /rok		18 786,52

¹⁾ Czas pracy instalacji oświetlenia został określony biorąc pod uwagę rzeczywiste zużycie energii elektrycznej dla zespołu budynków.

²⁾ Wartości emisji CO₂ przyjęte na podstawie struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce oraz wartości emisji opublikowanych przez KOBIZE Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wymiana instalacji elektrycznej oraz wykonanie modernizacji ok. 922 opraw światła o łącznej mocy 52,06 kW polegającej na wymianie i redukcji mocy źródeł światła poprzez zastosowanie wysokosprawnego źródła światła LED jest opłacalne. Nowe oświetlenie opiera się na energooszczędnym oświetleniu LED, charakteryzującym się między innymi brakiem pulsowania światła, płynnym włączaniem, zmniejszeniem zużycia energii elektrycznej i mocy oprawy. Dodatkowymi korzyściami wynikającymi z zastosowania opraw typu LED będzie brak wydatków na wymianę źródeł światła (średnia trwałość oprawy LED 50 000 h ~10lat) – świetlówek T5 i kosztów ich recyklingu.

7.3 Ocena opłacalności zastosowania ogniw fotowoltaicznych

Na podstawie obliczeń zapotrzebowania na energię elektryczną na oświetlenie rozważa się zastosowanie ogniw fotowoltaicznych pokrywających zapotrzebowanie na energię elektryczną budynku po modernizacji instalacji oświetlenia.

Lp.	Opis	Jednostki	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
1	Zapotrzebowanie na energię elektryczną zmodernizowanych instalacji	kWh/rok	48 928,80	48 928,80	48 928,80
2	Roczny koszt zakupu energii elektrycznej	zł/kWh	25 222,80	25 222,80	25 222,80
3	Ilość paneli fotowoltaicznych	szt.	150,0	170,0	195,0
4	Powierzchnia elektrowni	m ²	255,0	289,0	331,5
5	Teoretyczna moc instalacji	Wp	42 000,00	47 600,00	54 600,00
6	Średnioroczna ilość wyprodukowanej energii z ogniw fotowoltaicznych	kWh/rok	38 021,64	43 091,19	49 428,14
7	Koszt energii elektrycznej u dostawcy	zł/kWh	0,63	0,63	0,63
8	Koszt budowy instalacji fotowoltaicznej	zł	352 800,00	380 800,00	463 008,00
9	Procentowe pokrycie rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną zmodernizowanych instalacji	%	78%	88%	101%
10	Oszczędności	zł/rok	19 600,16	22 213,51	25 480,20
11	SPBT	lata	18,0	17,1	18,2
12	Redukcja emisji	kg CO ₂ /rok	29 580,84	33 524,95	38 455,09

Projektowana moc instalacji oraz powierzchnia ogniw fotowoltaicznych pokrywa się z powierzchnią dachu możliwą do zabudowania.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że opłacalne jest zbudowanie instalacji fotowoltaicznej składającej się ze 170 paneli o łącznej powierzchni 289m² wytwarzającej średniorocznie 43 091,19kWh, co będzie stanowiło pokrycie ok. 88% zapotrzebowania na energię elektryczną budynku po modernizacji oświetlenia.

8 Analiza wariantowa efektów energetycznych oraz ekonomicznych dla analizowanego zakresu prac modernizacyjnych

Lp	Opis usprawnienia	Jednostkowe koszty termomodernizacji	Jednostkowe roczne oszczędności kosztów energii	Procentowa oszczędność zap. na energię	Wkład własny	Wkład własny	Procent dofinansowania	Kwota dofinansowania	Redukcja emisji CO ₂
		[zł]	[zł/rok]	[%]	[%]	[zł]	[%]	[zł]	[ton/rok]
1	Modernizacja instalacji centralnego ogrzewania	950 000,00	76 098,84	34,1%	15%	142 500,00	85%	807 500,00	134,14
2	Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej	184 000,00	5 491,31	2,5%	15%	27 600,00	85%	156 400,00	9,68
3	Ocieplenie stropodachu	626 094,00	89 315,92	27,6%	15%	93 914,10	85%	532 179,90	108,63
4	Ocieplenie ścian cokołowych	291 917,50	30 803,17	9,1%	15%	43 787,63	85%	248 129,88	35,59
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych	597 418,80	29 661,62	8,9%	15%	89 612,82	85%	507 805,98	34,98
6	Wymiana starych okien zewnętrznych	321 915,00	11 173,95	3,1%	15%	48 287,25	85%	273 627,75	12,27
7	Wymiana drzwi zewnętrznych	61 544,00	1 852,35	0,5%	15%	9 231,60	85%	52 312,40	1,98
Podsumowanie termomodernizacji		3 032 889,30	244 397,16	85,8%	15%	454 933,40	85%	2 577 955,91	337,26
1	Modernizacja instalacji elektrycznej i oświetlenia	797 160,00	12 448	33,0%	15%	119 574,00	85%	677 586,00	18,79
2	Montaż instalacji fotowoltaicznej	380 800,00	22 213,51	59,0%	15%	57 120,00	85%	323 680,00	33,52
Audyt elektroenergetyczny		1 177 960,00	34 661,39	92,0%	15%	176 694,00	85%	1 001 266,00	52,31
Całość projektu		4 210 849,30	279 058,55	86,2%	15%	631 627,40	85%	3 579 221,91	389,57

Uwaga! W myśl ustawy termomodernizacyjnej, koszt oraz oszczędności energii wynikające z modernizacji instalacji oświetleniowej oraz montażu instalacji fotowoltaicznej nie zostały uwzględnione w karcie audytu energetycznego budynku.

Koszty całkowite z VAT	zł	4 210 849,30
Roczna oszczędność kosztów	zł/rok	279 058,55

Czas zwrotu nakładów SPBT	lata	15,1
Czas zwrotu nakładów SPBT z uwzględnieniem pozyskanego dofinansowania	lata	2,3

9 Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego spełniającego wymagania Ustawy z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów

Na podstawie wykonanej analizy, w myśl ustawy z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów, jako optymalne rozwiązanie przyjmuje się **wariant** obejmujący następujące przedsięwzięcia:

- Modernizacja instalacji centralnego ogrzewania
- Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej
- Ocieplenie stropodachu
- Ocieplenie ścian cokołowych
- Ocieplenie ścian zewnętrznych
- Wymiana starych okien zewnętrznych
- Wymiana drzwi zewnętrznych

Dodatkowo uzasadnione jest wykonanie prac związanych z modernizacją instalacji elektrycznej i oświetleniowej poprzez wymianę opraw światła na energooszczędne LED oraz montaż instalacji fotowoltaicznej.

10 Załączniki do audytu

Załącznik 1

Obliczenie minimalnego strumienia powietrza wentylowanego

Zużycie ciepła

Strumień przyjęty przy obliczeniach zużycia ciepła zgodnie z normą PN-83/B-03430

„Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej”:

Lp.	Pomieszczenia	Liczba użytkowników	Kubatura netto	Współ Cr	Norma	Strumień powietrza wentylacyjnego
-	-	szt.	m ³		m ³ /h lub wym/h	m ³ /h
Przed modernizacją						
1	Pomieszczenia ogrzewane	1 163	-	1,10	20	25 586,0
Po modernizacji						
1	Pomieszczenia ogrzewane	1 163	-	1,00	20	23 260,0

Zapotrzebowanie na moc

Strumień przyjęty przy obliczeniach zapotrzebowania na moc cieplną zgodnie z normą PN-EN

12831 „Instalacje grzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego”:

Lp.	Pomieszczenia	Liczba pomieszczeń	Kubatura netto	Współ Cr	Norma	Strumień powietrza wentylacyjnego
-	-	szt.	m ³		m ³ /h lub wym/h	m ³ /h
Przed modernizacją						
1	Pomieszczenia ogrzewane	-	17886,60	1,10	1	19 675,3
Po modernizacji						
1	Pomieszczenia ogrzewane	-	17886,60	1,00	1	17 886,6

Załącznik 2

Obliczenie zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej

Lp.	Charakterystyka systemu	Jednostka	Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
1	Jednostkowe dobowe zużycie ciepłej wody $V_{wi}^{(1)}$	$dm^3/(m^2 \cdot \text{dzień})$	0,80	0,80	0,80	0,80
2	Powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (powierzchnia ogrzewana)	m^2	5 962,20	5 962,20	5962,20	5 962,20
3	Ciepło właściwe wody c_w	$kJ/kg \cdot K$	4,19	4,19	4,19	4,19
4	Gęstość wody ρ_w	kg/dm^3	1	1,00	1	1,00
5	Temperatura wody ciepłej w podgrzewaczu obliczeniowa temperatura ciepłej wody użytkowej w zaworze czterpalnym θ_w	$^{\circ}C$	55	55,00	55	55,00
6	Obliczeniowa temperatura wody przed podgrzaniem θ_0	$^{\circ}C$	10	10,00	10	10,00
7	Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu ciepłej wody użytkowej k_r	-	0,55	0,55	0,55	0,55
8	Liczba dni w roku t_r	dość	187	187	187	187
9	Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową $Q_{w,nd}=V_{wi} \cdot A_r \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\theta_{cw} - \theta_0) \cdot k_r \cdot t_r / (3600)$	kWh/rok	25 693,6	25 693,6	25 693,6	25 693,6
10	Sprawność wytwarzania ciepła $\eta_{w,g}$	-	0,91	0,98	0,98	0,98
11	Sprawność przesyłu ciepłej wody $\eta_{w,d}$	-	0,60	0,70	0,70	0,80
12	Sprawność akumulacji $\eta_{w,s}$	-	0,65	0,65	0,85	0,85
13	Sprawność sezonowa wykorzystania $\eta_{w,e}$	-	1,00	1,00	1,00	1,00
14	Sprawność całkowita $\eta_{w,tot}$	-	0,35	0,45	0,58	0,67
15	Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego $Q_{K,w}$	kWh/a	72 396,7	57 621,9	44 063,8	38 555,8
18	Wskaźnik rocznego zapotrzebowanie na energię końcową E_{kw}	$kWh/(m^2 \cdot rok)$	12,14	9,66	7,39	6,47
19	Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną Q_{PW}	kWh/rok	94115,73	74908,44	57282,92	50122,56
20	Wskaźnik rocznego zapotrzebowanie na energię pierwotną E_{PW}	$kWh/(m^2 \cdot rok)$	15,79	12,56	9,61	8,41
21	Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego $Q_{K,w}$	GJ/a	260,6	207,4	158,6	138,8

Obliczenie zapotrzebowania na moc na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej

lp	Opis	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Ilość użytkowników L	osoby	1163	1163
2	Jednostkowe dobowe zużycie ciepłej wody V_{cw}	l/os	8,0	8,0
3	Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u. w budynku $V_{h\dot{s}r} = (L \cdot V_{cw}) / (18 \cdot 1000)$	m ³ /h	0,517	0,517
4	Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru c.w.u. $N_h = 9,32 \cdot L - 0,244$	-	1,67	1,67
5	Zapotrzebowanie na ciepło na ogrzanie 1 m ³ wody $Q_{cwj} = c_w \cdot \rho \cdot (\theta_{cw} - \theta_0) \cdot k_t / \eta_{w,tot} / 10^6$	GJ/m ³	0,52	0,32
6	Max. moc c.w.u. $q_{cwumax} = V_{h\dot{s}r} \cdot c_w \cdot \rho \cdot (\theta_{cw} - \theta_0) \cdot N_h / 3600$	kW	45,07	45,07
7	Średnia moc c.w.u.	kW	27,07	27,07

Załącznik 3

Zdjęcia



Elewacja N -



Elewacja W



Elewacja E

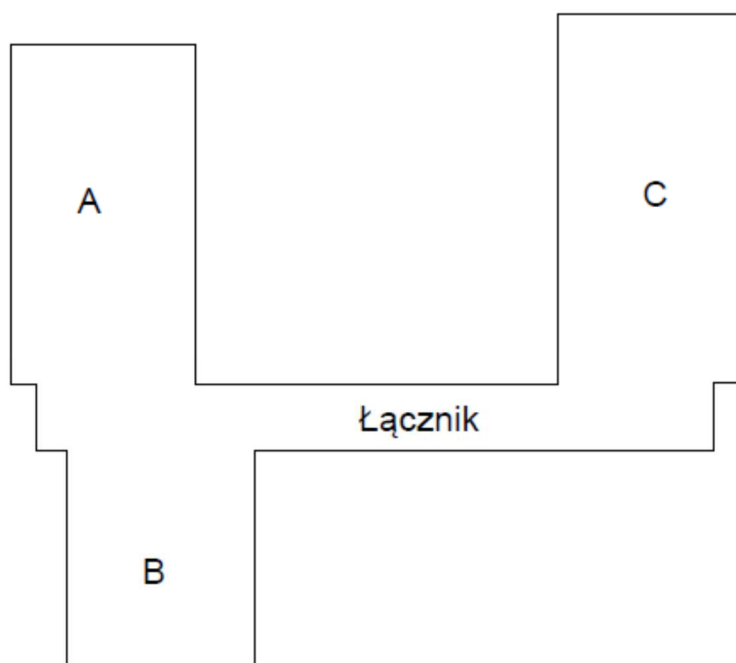


Elewacja W



Elewacja E

Obrys kompleksu budynków



Załącznik 4

Obliczenie mocy cieplnej systemu grzewczego oraz zużycia energii na ciepło do ogrzewania z uwzględnieniem wyznaczonego strumienia powietrza wentylacyjnego - wydruki komputerowe z programu Audytor OZC 6.9Pro.

Wyniki - Ogólne

Podstawowe informacje:			
Nazwa projektu:	Audyty energetyczny Szkoła Podstawowa nr 12		
	w Piotrkowie Trybunalskim - stan istniejący		
Miejscowość:	97-300 Piotrków Trybunalski		
Adres:	ul. Belzacka 104/106		
Projektant:	mgr inż. Agnieszka Orłowska		
Normy:			
Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:			PN-EN ISO 6946
Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:			PN-EN 12831:2006
Norma na obliczanie E:			PN-EN ISO 13790
Dane klimatyczne:			
Strefa klimatyczna:			STREFA III
Projektowa temperatura zewnętrzna θ_e :	-20	°C	
Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$:	7,6	°C	
Stacja meteorologiczna:	Sulejów		
Grunt:			
Rodzaj gruntu:	Piasek lub żwir		
Pojemność cieplna:	2,000	MJ/(m3·K)	
Głębokość okresowego wnikania ciepła δ :	3,167	m	
Współczynnik przewodzenia ciepła λ_g :	2,0	W/(m·K)	
Podstawowe wyniki obliczeń budynku:			
Powierzchnia ogrzewana budynku AH:	5962,2	m2	
Kubatura ogrzewana budynku VH:	17886,6	m3	
Projektowa strata ciepła przez przenikanie Φ_T :	445087	W	
Projektowa wentylacyjna strata ciepła Φ_V :	145954	W	
Całkowita projektowa strata ciepła Φ :	591042	W	
Nadwyżka mocy cieplnej Φ_{RH} :	0	W	
Projektowe obciążenie cieplne budynku Φ_{HL} :	591042	W	
Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:			
Wskaźnik Φ_{HL} odniesiony do powierzchni $\phi_{HL,A}$:	99,1	W/m2	
Wskaźnik Φ_{HL} odniesiony do kubatury $\phi_{HL,V}$:	33,0	W/m3	
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790			
Stacja meteorologiczna:	Sulejów		
Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie			
Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie V_v,H :	10731,9	m3/h	
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$:	2554,00	GJ/rok	
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$:	709445	kWh/rok	
Powierzchnia ogrzewana budynku AH:	5962,2	m2	
Kubatura ogrzewana budynku VH:	17886,6	m3	
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EAH:	428,4	MJ/(m2·rok)	
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EAH:	119,0	kWh/(m2·rok)	
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EVH:	142,8	MJ/(m3·rok)	
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EVH:	39,7	kWh/(m3·rok)	

Wyniki - Zestawienie przegród

Opis	U	A
	W/m ² ·K	m ²
Drzwi zewnętrzne	3,600	43,96
Okno zewnętrzne drewniane	3,100	172,65
Okno zewnętrzne PCV	1,800	787,14
Okno zewnętrzne PCV do wymiany	2,600	120,00
Podłoga w piwnicy	0,655	2086,98
Stropodach wentylowany	1,987	2086,98
Ściana zewnętrzna	0,964	1740,73
Ściana cokołowa	2,611	459,29
Ściana zewnętrzna przy gruncie	1,439	184,27
Ściana zewnętrzna przy gruncie oc	1,439	335,04

Wyniki - Zestawienie pomieszczeń

Opis	θ _{int,H}	A	V
	°C	m ²	m ³
Pomieszczenia szkoły	20,0	5962,20	17886,6

Wyniki - Ogólne

Podstawowe informacje:		
Nazwa projektu:	Audyt energetyczny Szkoła Podstawowa nr 12	
	w Piotrkowie Trybunalskim - wariant optymalny	
Miejscowość:	97-300 Piotrków Trybunalski	
Adres:	ul. Belzacka 104/106	
Projektant:	mgr inż. Agnieszka Orłowska	
Normy:		
Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:	PN-EN ISO 6946	
Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:	PN-EN 12831:2006	
Norma na obliczanie E:	PN-EN ISO 13790	
Dane klimatyczne:		
Strefa klimatyczna:	STREFA III	
Projektowa temperatura zewnętrzna θ_e :	-20	°C
Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$:	7,6	°C
Stacja meteorologiczna:	Sulejów	
Grunt:		
Rodzaj gruntu:	Piasek lub żwir	
Pojemność cieplna:	2,000	MJ/(m3·K)
Głębokość okresowego wnikania ciepła δ :	3,167	m
Współczynnik przewodzenia ciepła λ_g :	2,0	W/(m·K)
Podstawowe wyniki obliczeń budynku:		
Powierzchnia ogrzewana budynku AH:	5962,2	m2
Kubatura ogrzewana budynku VH:	17886,6	m3
Projektowa strata ciepła przez przenikanie ΦT :	150943	W
Projektowa wentylacyjna strata ciepła ΦV :	145954	W
Całkowita projektowa strata ciepła Φ :	296897	W
Nadwyżka mocy cieplnej ΦRH :	0	W
Projektowe obciążenie cieplne budynku ΦHL :	296897	W
Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:		
Wskaźnik ΦHL odniesiony do powierzchni $\phi HL,A$:	49,8	W/m2
Wskaźnik ΦHL odniesiony do kubatury $\phi HL,V$:	16,6	W/m3
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790		
Stacja meteorologiczna:	Sulejów	
Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie		
Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie V_v,H :	10731,9	m3/h
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$:	442,80	GJ/rok
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$:	123001	kWh/rok
Powierzchnia ogrzewana budynku AH:	5962,2	m2
Kubatura ogrzewana budynku VH:	17886,6	m3
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EAH:	74,3	MJ/(m2·rok)
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EAH:	20,6	kWh/(m2·rok)
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EVH:	24,8	MJ/(m3·rok)
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EVH:	6,9	kWh/(m3·rok)

Wyniki - Zestawienie przegród

Opis	U	A
	W/m ² ·K	m ²
Drzwi zewnętrzne	1,300	43,96
Okno zewnętrzne drewniane	0,900	172,65
Okno zewnętrzne PCV	1,800	787,14
Okno zewnętrzne PCV do wymiany	0,900	120,00
Podłoga w piwnicy	0,655	2086,98
Stropodach wentylowany	0,148	2086,98
Ściana zewnętrzna	0,182	1740,73
Ściana cokołowa	0,195	459,29
Ściana zewnętrzna przy gruncie	1,439	184,27
Ściana zewnętrzna przy gruncie oc	0,184	335,04

Wyniki - Zestawienie pomieszczeń

Opis	θ _{int,H}	A	V
	°C	m ²	m ³
Pomieszczenia szkoły	20,0	5962,20	17886,6

Załącznik 5

Obliczenie emisji CO₂.

Wskaźniki jednostkowe emisji:

WSPÓŁCZYNNIK EMISJI CO₂	
energia cieplna	energia elektryczna
[kg /MWh]	[kg /MWh]
341,64	778
[kg /GJ]	[kg /GJ]
94,90	216,11

Lp	Opis usprawnienia	Energia cieplna	Energia elektryczna	Emisja CO ₂	Redukcja emisji
		[MWh/rok]	[MWh/rok]	[tCO ₂ /rok]	[tCO ₂ /rok]
	Stan istniejący	1 150,01	-	392,89	-
1	Modernizacja instalacji centralnego ogrzewania	757,37	-	258,75	134,14
2	Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej	729,03	-	249,07	9,68
3	Ocieplenie stropodachu	411,08	-	140,44	108,63
4	Ocieplenie ścian cokołowych	306,92	-	104,85	35,59
5	Wymiana starych okien zewnętrznych	204,53	-	69,87	34,98
6	Wymiana drzwi zewnętrznych	168,61	-	57,61	12,27
7	Ocieplenie ścian zewnętrznych	162,82	-	55,63	1,98
Podsumowanie termomodernizacji		987,19	-	-	337,26
	Stan istniejący	-	73,08	56,85	-
1	Modernizacja instalacji elektrycznej i oświetlenia	-	48,93	38,07	18,79
2	Montaż instalacji fotowoltaicznej	-	5,84	4,54	33,52
Audyt elektroenergetyczny		-	67,24	-	52,31
Stan istniejący		1 150,01	73,08	449,74	-
Stan po realizacji projektu		162,82	5,84	60,17	-
Całość projektu (redukcja)		987,19	67,24	-	389,57