

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU**

**SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 1**

**Z ODDZIAŁAMI INTEGRACYJNYMI**

**ul. Piłsudskiego 1**

**95 – 100 Zgierz**



**Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz**

**pl. Jana Pawła II 16**

**95 – 100 Zgierz**

**Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku**

# 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
	Gmina Miasto Zgierz		1963
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	ul.	Piłsudskiego nr bud. 1	
	kod	95-100 miejscowość Zgierz	
	powiat	zgierski	
tel.	- fax -	województwo	łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: ..... "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska <i>Bllososolue</i>			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE
5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017			
6. Spis treści			
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1			
2. Karta audytu energetycznego budynku ..... 2			
3. Podstawa opracowania. .... 4			
3.1 Cel i zakres opracowania ..... 4			
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu ..... 4			
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecceniodawcy) ..... 5			
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku ..... 6			
5. Ocena stanu technicznego budynku ..... 7			
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku ..... 7			
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania ..... 9			
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. .... 9			
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji ..... 9			
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. .... 9			
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 10			
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło ..... 10			
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne ..... 10			
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. .... 22			
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. .... 27			
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku ..... 27			
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego ..... 31			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 35			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. .... 38			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych ..... 42			
ZAŁĄCZNIKI ..... 43			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła ..... 43			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją ..... 44			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji ..... 47			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację ..... 50			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego ..... 50			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła ..... 50			
Z-7 Projektowana strata ciepła ..... 51			
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego ..... 53			
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu ..... 54			
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 ..... 55			
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 ..... 56			
Z-12 Sprawności systemu grzewczego ..... 57			
Z-13 Ciepła woda użytkowa ..... 58			
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne ..... 59			
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej ..... 61			
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego ..... 62			
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące ..... 63			
Z-18 Efekt energetyczny i ekologiczny części budynku z nieuregulowanym stanem prawnym działki ..... 64			

## 2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	1; 3	1; 3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]	29 801	29 801
4.	Powierzchnia netto budynku [m <sup>2</sup> ]	5 630	5 630
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	5 630	5 630
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	450	450
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	podgrzewacze elektryczne	podgrzewacze elektryczne
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,453	0,453
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	0,807	0,200
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,533	0,174
3	Strop nad piwnicą	0,984	0,984
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,424	0,424
5	Okna, drzwi balkonowe	3,120	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	6,720	1,500
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,65	0,98
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,80	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	0,90	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	0,95	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,96	0,96	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,80	0,80	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /h]	16 941	15 401	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,84	0,76	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	582,50	350,55	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	8,48	8,48	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	4 021,69	2 090,78	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	8 587,77	2 303,04	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	221,41	221,41	
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 uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	198,43	103,16	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	423,71	113,63	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	45,48	53,55	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
3.	Koszt przygotowania 1 m <sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej	[zł/m <sup>3</sup> ]	11,17	11,17	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m <sup>2</sup> powierzchni użytkowej	[zł/(m <sup>2</sup> m-c)]	5,78	2,24	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu <sup>1)</sup>	[zł]	4 656 573,08	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	71,34
Planowane koszty całkowite <sup>2)</sup>	[zł]	4 656 573,08	Premia termomodernizacyjna	[zł]	478 305,80
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	239 152,90			

<sup>1)</sup> W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

<sup>2)</sup> Podane koszty są kosztami szacunkowymi.

### **3. Podstawa opracowania.**

#### **3.1 Cel i zakres opracowania.**

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Szkoły Podstawowej Nr 1 w Zgierzu, ul. Piłsudskiego 1 i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

#### **3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.**

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
5. 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).
6. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
7. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

9. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
10. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
11. Normy związane
12. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
13. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
14. Inwentaryzacja techniczna budynku.
15. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
16. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
17. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

### **3.3 Wytoczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecniodawcy) .**

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1963
Adres budynku	ul. Piłsudskiego 1, 95-100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	0; 1	1; 2	
Rodzaj dachu	Dachy kryte papą lub blachą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	29 801	1 899	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	5 630	369	
Współczynnik kształtu	0,453		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	2,8 ÷ 9,5	2,8; 4	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	450	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	16	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]
Stropodach wentylowany		369,05	0,533
Stropodach niewentylowany		2 701,37	0,444
Stropodach niewentylowany sala gimnastyczna		697,41	0,202
Stropodach niewentylowany szatnie i mała sala gimnastyczna		444,65	0,466
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		888,93	0,807
Ściana zewnętrzna [SZ-2]		1 447,01	0,993
Ściana zewnętrzna [SZ-3]		497,22	1,508
Ściana zewnętrzna [SZ-4]		54,87	4,444
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		206,67	0,734

Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Okna nowe</b>	S	711,47	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	13,15	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	4,80	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	0,00	1,500
	SE	0,00	1,500
<b>Okna stare</b>	S	104,07	3,120
	SW	0,00	3,120
	W	32,41	3,120
	NW	0,00	3,120
	N	539,49	3,120
	NE	0,00	3,120
	E	9,11	3,120
	SE	0,00	3,120
<b>Drzwi wejściowe nowe</b>		22,15	1,700
<b>Drzwi wejściowe stare</b>		13,60	6,720
<b>Strop nad piwnicą</b>		441,60	0,984
<b>Podłoga na gruncie</b>		2 368,87	0,424
<b>Podłoga na gruncie bud. "C"</b>		369,05	0,333
<b>Podłoga na gruncie sala</b>		375,61	0,411

## 5. Ocena stanu technicznego budynku

### 5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Szkoły Podstawowej Nr 1, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Piłsudskiego 1. Obiekt, wybudowany w 1963 roku składa się z czterech budynków o dwóch kondygnacjach nadziemnych oraz jednokondygnacyjnej sali gimnastycznej z zapleczem połączonych łącznikami w poziomie parteru. Budynki zbudowane w technologii tradycyjnej, dwa budynki podpiwniczone. Ściany zewnętrzne murowane z cegły kratówki jednostronnie otynkowane, od zewnątrz obłożone cegłą silikatową, nieocieplone. Ściany ogrzewanej piwnicy wykonane z cegły pełnej, nieocieplone. Nad ostatnią kondygnacją budynków zastosowano stropodachy niewentylowane, jedynie w budynku „C” zastosowano stropodach



wentylowany. W ramach prac remontowych wymieniono stropodach sali gimnastycznej na stropodach wykonany z płyt warstwowych, ocieplonych pianką poliuretanową grubości 12 cm. Pozostałe stropodachy nieocieplone. Ogólny stan techniczny budynków pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- dla dachów, stropodachów - 0,18 W/m<sup>2</sup>K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,23 W/m<sup>2</sup>K,
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m<sup>2</sup>K,
- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m<sup>2</sup>K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- stropodachy - 0,444 ÷ 0,533 W/m<sup>2</sup>K,
- stropodach sali gimnastycznej - 0,202 W/m<sup>2</sup>K,
- ściany zewnętrzne - 0,807 ÷ 4,444 W/m<sup>2</sup>K,
- stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,984 W/m<sup>2</sup>K,
- podłoga na gruncie - 0,333; 0,424 W/m<sup>2</sup>K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłóg na gruncie i stropu nad piwnicą, dlatego zagadnienie to nie będzie analizowane w dalszej części opracowania. Ze względów ekonomicznych i technicznych, nie będzie analizowane docieplenie stropodachu sali gimnastycznej.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród przezroczystych powinna wynosić:

- okna - 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- drzwi - 1,5 W/m<sup>2</sup>K

W budynku część starej stolarki okiennej wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m<sup>2</sup>K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej drewnianej stolarki okiennej.

W budynku część starej stolarki drzwiowej wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m<sup>2</sup>K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej niewymienionej stolarki drzwiowej.

### **5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.**

Źródłem ciepła dla budynku jest niskoparametrowa, wodna kotłownia opalana węglem kamiennym zlokalizowana w piwnicy budynku. Zainstalowane kotły o mocy 2x300 kW oraz 1x100 kW wskutek nieprawidłowej eksploatacji są w złym stanie technicznym i w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana wraz z ewentualną zmianą paliwa.

Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej 90/70°C z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników i instalacji jest zły, w związku z tym w dalszej części opracowania zostanie przeanalizowana kompleksowa modernizacja instalacji centralnego ogrzewania.

### **5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.**

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z elektrycznych pojemnościowych i przepływowych podgrzewaczy. Stan techniczny podgrzewaczy i instalacji jest dobry. Ilość podgrzewanej wody zależy bezpośrednio od potrzeb użytkowników. Biorąc powyższe pod uwagę oraz rozległość ewentualnej instalacji centralnej nie przewiduje się jej modernizacji.

### **5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.**

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną, w dobrym stanie technicznym.

## **6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.**

Zmniejszenie zużycia energii cieplnej w rozpatrywanym obiekcie można osiągnąć wykonując następujące przedsięwzięcia:

- ocieplenie stropodachu wentylowanego,
- ocieplenie stropodachów niewentylowanych,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę starych okien,
- wymianę starych drzwi,
- modernizację źródła ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania,
- kompleksową wymianę instalacji centralnego ogrzewania wraz z izolacją w pomieszczeniach nieogrzewanych, montaż nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi,

- montaż Systemu Zarządzania Energią,

## **7.Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego**

Poniżej dokonano wstępnej optymalizacji usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło rozpatrywanego budynku poprzez zmniejszenie strat przez przenikanie, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

### **7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło**

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropodachu wentylowanego. Ocieplenie stropodachów niewentylowanych. Ocieplenie ścian szczytowych [SZ-1]. Ocieplenie ścian osłonowych [SZ-2]. Ocieplenie ścian sali gimnastycznej [SZ-3]. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]. Częściowe zamurowanie wraz z ociepleniem ściany z luksferów [SZ-4]. Wymiana pozostałej części ściany z luksferów na okna [SZ-4] Wymiana starych okien drewnianych. Wymiana starych drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji centralnego ogrzewania. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Modernizacja źródła ciepła. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

### **7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.**

Optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez ściany, stropy i stropodachy są to takie usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną. Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia przegrody skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_u}{\sum_n \Delta O_{rU}}, [\text{lata}] \quad (1)$$

gdzie:

$N_u$  - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez

- przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- $\Delta O_{rU}$  - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania ulepszenia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne lata z  $n$  wykorzystywanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rU}$  dla  $n$ -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{0u} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}), \text{ [zł/rok]} \quad (2)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział  $n$ -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- $Q_{0z}, Q_{1z}$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,
- $O_{0z}, O_{1z}$  - opłata związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla  $n$ -tego źródła, odpowiadająca:
- dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,
  - dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,
  - dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo  $\text{zł/m}^3$  przeliczonej na zł/GJ,
  - dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,
- $y_0, y_1$  - udział  $n$ -tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- $q_{0u}, q_{1u}$  - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,
- $O_{0m}, O_{1m}$  - opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla  $n$ -tego źródła, odpowiadająca:
- dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW\*miesiąc),
  - dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW\*miesiąc),
  - dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW\*miesiąc),

przeliczonemu na zł/(MW\*miesiąc),  
dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem -składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, zł/(MW\*miesiąc),  
 $Ab_0, Ab_1$ - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

Wartość rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła  $Q_{0u}, Q_{1u}$ , oraz objaśnienie otrzymuje brzmienie:

$$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 * 10^{-5} * Sd * A * U_c, \quad [GJ/rok] \quad (3)$$

gdzie:

- $U_c$  - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji,  $W/(m^2 * K)$ , przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
- $A$  - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji,  $m^2$ ,
- $Sd$  - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień\*K/rok,

Liczbę stopniodni  $Sd$  oblicza się wg wzoru:

$$Sd = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_c(m)] Ld(m), \quad [dzień \cdot K/rok] \quad (4)$$

gdzie:

- $t_{wo}$  - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °C,
- $t_c(m)$  - średnia wieloletnia temperatura miesiąca  $m$ , przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, °C,
- $Ld(m)$  - liczba dni ogrzewania w miesiącu  $m$ , podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,
- $L_g$  - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie  $q_{0u}, q_{1u}$  przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oblicza się wg wzoru:

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} * A * (t_{wo} - t_{zo}) * U_c, \quad [MW] \quad (5)$$

gdzie:

$t_{wo}$  - jak we wzorze (4),

$t_{zo}$  - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C

A - jak we wzorze (3),

$U_c$  - jak we wzorze (3),

**UWAGA:** Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego przyjęto zgodnie z Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta Łódź:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_c(m)$	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa = 888,93 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,239 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 933 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropian

U<sub>0</sub> = 0,807 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

λ = 0,040 [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015r.

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,489	0,402	114,06	0,014	261 240,00	5 233,01	49,922
0,06	1,500	2,739	0,365	103,65	0,013	262 872,75	5 706,46	46,066
0,07	1,750	2,989	0,335	94,98	0,012	264 832,05	6 100,72	43,410
0,08	2,000	3,239	0,309	87,65	0,011	267 117,90	6 434,12	41,516
0,09	2,250	3,489	0,287	81,37	0,010	269 730,30	6 719,74	40,140
0,10	2,500	3,739	0,267	75,93	0,010	272 669,25	6 967,16	39,136
0,11	2,750	3,989	0,251	71,17	0,009	275 934,75	7 183,58	38,412
0,12	3,000	4,239	0,236	66,97	0,008	279 526,80	7 374,47	37,905
0,13	3,250	4,489	0,223	63,24	0,008	283 445,40	7 544,09	37,572
0,14	3,500	4,739	0,211	59,91	0,008	287 690,55	7 695,82	37,383
0,15	3,750	4,989	0,200	56,90	0,007	292 262,25	7 832,35	37,315
0,16	4,000	5,239	0,191	54,19	0,007	297 160,50	7 955,84	37,351
0,17	4,250	5,489	0,182	51,72	0,006	302 385,30	8 068,08	37,479
0,18	4,500	5,739	0,174	49,47	0,006	307 936,65	8 170,55	37,689
0,19	4,750	5,989	0,167	47,40	0,006	313 814,55	8 264,46	37,972
0,20	5,000	6,239	0,160	45,50	0,006	320 019,00	8 350,85	38,322
0,21	5,250	6,489	0,154	43,75	0,005	326 550,00	8 430,58	38,734
0,22	5,500	6,739	0,148	42,13	0,005	333 407,55	8 504,39	39,204
0,23	5,750	6,989	0,143	40,62	0,005	340 591,65	8 572,92	39,729
0,24	6,000	7,239	0,138	39,22	0,005	348 102,30	8 636,72	40,305
0,25	6,250	7,489	0,134	37,91	0,005	355 939,50	8 696,26	40,930

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa = 1 447,01 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,007 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 1 560 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropian

U<sub>0</sub> = 0,993 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

λ = 0,040 [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015r.

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,257	0,443	204,76	0,026	436 800,00	11 560,29	37,785
0,06	1,500	2,507	0,399	184,34	0,023	439 335,00	12 488,95	35,178
0,07	1,750	2,757	0,363	167,62	0,021	442 377,00	13 249,19	33,389
0,08	2,000	3,007	0,333	153,69	0,019	445 926,00	13 883,02	32,120
0,09	2,250	3,257	0,307	141,89	0,018	449 982,00	14 419,54	31,206
0,10	2,500	3,507	0,285	131,78	0,017	454 545,00	14 879,57	30,548
0,11	2,750	3,757	0,266	123,01	0,015	459 615,00	15 278,38	30,083
0,12	3,000	4,007	0,250	115,33	0,014	465 192,00	15 627,42	29,768
0,13	3,250	4,257	0,235	108,56	0,014	471 276,00	15 935,46	29,574
0,14	3,500	4,507	0,222	102,54	0,013	477 867,00	16 209,33	29,481
0,15	3,750	4,757	0,210	97,15	0,012	484 965,00	16 454,42	29,473
0,16	4,000	5,007	0,200	92,30	0,012	492 570,00	16 675,03	29,539
0,17	4,250	5,257	0,190	87,91	0,011	500 682,00	16 874,65	29,671
0,18	4,500	5,507	0,182	83,92	0,011	509 301,00	17 056,16	29,860
0,19	4,750	5,757	0,174	80,27	0,010	518 427,00	17 221,89	30,103
0,20	5,000	6,007	0,166	76,93	0,010	528 060,00	17 373,84	30,394
0,21	5,250	6,257	0,160	73,86	0,009	538 200,00	17 513,64	30,730
0,22	5,500	6,507	0,154	71,02	0,009	548 847,00	17 642,69	31,109
0,23	5,750	6,757	0,148	68,39	0,009	560 001,00	17 762,20	31,528
0,24	6,000	7,007	0,143	65,95	0,008	571 662,00	17 873,18	31,984
0,25	6,250	7,257	0,138	63,68	0,008	583 830,00	17 976,52	32,477

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.



## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	497,22	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 = 0,663$	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 516	[m <sup>2</sup> ]		
Materiał	styropian		$U_0 = 1,508$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogr}$	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	1,913	0,523	83,00	0,010	144 480,00	7 113,51	20,311
0,06	1,500	2,163	0,462	73,40	0,009	145 060,50	7 549,73	19,214
0,07	1,750	2,413	0,414	65,80	0,008	145 757,10	7 895,57	18,461
0,08	2,000	2,663	0,375	59,62	0,007	146 569,80	8 176,49	17,926
0,09	2,250	2,913	0,343	54,51	0,007	147 498,60	8 409,19	17,540
0,10	2,500	3,163	0,316	50,20	0,006	148 543,50	8 605,11	17,262
0,11	2,750	3,413	0,293	46,52	0,006	149 704,50	8 772,33	17,066
0,12	3,000	3,663	0,273	43,35	0,005	150 981,60	8 916,72	16,932
0,13	3,250	3,913	0,256	40,58	0,005	152 374,80	9 042,67	16,851
0,14	3,500	4,163	0,240	38,14	0,005	153 884,10	9 153,49	16,812
0,15	3,750	4,413	0,227	35,98	0,005	155 509,50	9 251,75	16,809
0,16	4,000	4,663	0,214	34,05	0,004	157 251,00	9 339,48	16,837
0,17	4,250	4,913	0,204	32,32	0,004	159 108,60	9 418,29	16,894
0,18	4,500	5,163	0,194	30,75	0,004	161 082,30	9 489,46	16,975
0,19	4,750	5,413	0,185	29,33	0,004	163 172,10	9 554,05	17,079
0,20	5,000	5,663	0,177	28,04	0,004	165 378,00	9 612,95	17,204
0,21	5,250	5,913	0,169	26,85	0,003	167 700,00	9 666,86	17,348
0,22	5,500	6,163	0,162	25,76	0,003	170 138,10	9 716,40	17,510
0,23	5,750	6,413	0,156	24,76	0,003	172 692,30	9 762,08	17,690
0,24	6,000	6,663	0,150	23,83	0,003	175 362,60	9 804,33	17,886
0,25	6,250	6,913	0,145	22,97	0,003	178 149,00	9 843,53	18,098

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

### Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się częściową likwidację luxferów oraz ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	33,95	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	0,225	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 34	[m <sup>2</sup> ]	U <sub>0</sub> =	4,444	
Materiał: styropian			R <sub>śc</sub> =	1,188	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
λ =	0,040	[W/(m*K)]	U <sub>śc</sub> =	0,842	

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,438	0,410	4,45	0,001	14 620,00	383,67	38,105
0,06	1,500	2,688	0,372	4,03	0,001	14 679,50	402,48	36,473
0,07	1,750	2,938	0,340	3,69	0,000	14 750,90	418,08	35,282
0,08	2,000	3,188	0,314	3,40	0,000	14 834,20	431,24	34,399
0,09	2,250	3,438	0,291	3,15	0,000	14 929,40	442,49	33,740
0,10	2,500	3,688	0,271	2,94	0,000	15 036,50	452,21	33,251
0,11	2,750	3,938	0,254	2,75	0,000	15 155,50	460,69	32,897
0,12	3,000	4,188	0,239	2,59	0,000	15 286,40	468,16	32,652
0,13	3,250	4,438	0,225	2,44	0,000	15 429,20	474,80	32,497
0,14	3,500	4,688	0,213	2,31	0,000	15 583,90	480,72	32,418
0,15	3,750	4,938	0,202	2,20	0,000	15 750,50	486,04	32,406
0,16	4,000	5,188	0,193	2,09	0,000	15 929,00	490,85	32,452
0,17	4,250	5,438	0,184	1,99	0,000	16 119,40	495,22	32,550
0,18	4,500	5,688	0,176	1,91	0,000	16 321,70	499,21	32,695
0,19	4,750	5,938	0,168	1,83	0,000	16 535,90	502,86	32,884
0,20	5,000	6,188	0,162	1,75	0,000	16 762,00	506,21	33,113
0,21	5,250	6,438	0,155	1,68	0,000	17 000,00	509,30	33,379
0,22	5,500	6,688	0,150	1,62	0,000	17 249,90	512,17	33,680
0,23	5,750	6,938	0,144	1,56	0,000	17 511,70	514,82	34,015
0,24	6,000	7,188	0,139	1,51	0,000	17 785,40	517,29	34,382
0,25	6,250	7,438	0,134	1,46	0,000	18 071,00	519,60	34,779

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

### Usprawnienia dotyczące ścian poniżej gruntu

Rozpatruje się ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] na głębokość 1 m styroporem lub styropianem XPS o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 206,67 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,363 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 207 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropor

U<sub>0</sub> = 0,734 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

λ = 0,032 [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogr <sub>z</sub>	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,563	2,926	0,342	22,56	0,003	62 000,40	1 176,03	52,720
0,06	1,875	3,238	0,309	20,38	0,003	63 259,78	1 275,04	49,614
0,07	2,188	3,551	0,282	18,59	0,002	64 771,04	1 356,63	47,744
0,08	2,500	3,863	0,259	17,09	0,002	66 534,18	1 425,02	46,690
0,09	2,813	4,176	0,239	15,81	0,002	68 549,19	1 483,17	46,218
0,10	3,125	4,488	0,223	14,71	0,002	70 816,08	1 533,22	46,188
0,11	3,438	4,801	0,208	13,75	0,002	73 334,85	1 576,76	46,510
0,12	3,750	5,113	0,196	12,91	0,002	76 105,49	1 614,97	47,125
0,13	4,063	5,426	0,184	12,16	0,002	79 128,01	1 648,79	47,992
0,14	4,38	5,738	0,174	11,50	0,001	82 402,41	1 678,92	49,081
0,15	4,688	6,051	0,165	10,91	0,001	85 949,35	1 705,94	50,382
0,16	5,000	6,363	0,157	10,37	0,001	89 727,50	1 730,30	51,857
0,17	5,313	6,676	0,150	9,89	0,001	93 757,52	1 752,38	53,503
0,18	5,625	6,988	0,143	9,44	0,001	98 039,42	1 772,49	55,312
0,19	5,938	7,301	0,137	9,04	0,001	102 573,20	1 790,88	57,275
0,20	6,250	7,613	0,131	8,67	0,001	107 358,86	1 807,76	59,388
0,21	6,563	7,926	0,126	8,33	0,001	112 396,39	1 823,30	61,644
0,22	6,875	8,238	0,121	8,01	0,001	117 685,80	1 837,67	64,041
0,23	7,188	8,551	0,117	7,72	0,001	123 227,09	1 850,99	66,574
0,24	7,500	8,863	0,113	7,45	0,001	129 020,25	1 863,37	69,240
0,25	7,813	9,176	0,109	7,19	0,001	135 065,29	1 874,90	72,039

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 10 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące stropodachu wentylowanego nad budynkiem "C"

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu budynku poprzez wdmuchanie warstwy wełny mineralnej granulowanej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 369,05 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,877 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia= ok. 369 [m<sup>2</sup>]

Material: granulat U<sub>0</sub> = 0,533 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

$\lambda$  = 0,044 [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	$\Delta R$	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	$\Delta Kogrz$	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,136	3,013	0,332	39,12	0,005	49 821,75	1 077,09	46,256
0,06	1,364	3,240	0,309	36,37	0,005	50 157,25	1 201,86	41,733
0,07	1,591	3,468	0,288	33,99	0,004	50 559,85	1 310,27	38,587
0,08	1,818	3,695	0,271	31,90	0,004	51 029,55	1 405,35	36,311
0,09	2,045	3,922	0,255	30,05	0,004	51 566,35	1 489,41	34,622
0,10	2,273	4,150	0,241	28,40	0,004	52 170,25	1 564,26	33,351
0,11	2,500	4,377	0,228	26,93	0,003	52 841,25	1 631,34	32,391
0,12	2,727	4,604	0,217	25,60	0,003	53 579,35	1 691,79	31,670
0,13	2,955	4,831	0,207	24,40	0,003	54 384,55	1 746,56	31,138
0,14	3,182	5,059	0,198	23,30	0,003	55 256,85	1 796,41	30,760
0,15	3,409	5,286	0,189	22,30	0,003	56 196,25	1 841,97	30,509
0,16	3,636	5,513	0,181	21,38	0,003	57 202,75	1 883,77	30,366
0,17	3,864	5,740	0,174	20,53	0,003	58 276,35	1 922,26	30,317
0,18	4,091	5,968	0,168	19,75	0,002	59 417,05	1 957,82	30,349
0,19	4,318	6,195	0,161	19,03	0,002	60 624,85	1 990,78	30,453
0,20	4,545	6,422	0,156	18,35	0,002	61 899,75	2 021,40	30,622
0,21	4,773	6,650	0,150	17,72	0,002	63 241,75	2 049,92	30,851
0,22	5,000	6,877	0,145	17,14	0,002	64 650,85	2 076,57	31,134
0,23	5,227	7,104	0,141	16,59	0,002	66 127,05	2 101,50	31,467
0,24	5,455	7,331	0,136	16,08	0,002	67 670,35	2 124,89	31,846
0,25	5,682	7,559	0,132	15,59	0,002	69 280,75	2 146,88	32,270

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 17 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia stropodachów niewentylowanych nad budynkami

Rozpatruje się ocieplenie stropodachów styropianem lub wełną mineralną o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	2701,37	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	2,253	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 2 702	[m <sup>2</sup> ]	U <sub>0</sub> =	0,444	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
Materiał:	styropian		λ =	0,040	[W/(m*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	3,503	0,286	246,32	0,031	418 711,61	6 216,74	67,352
0,06	1,500	3,753	0,266	229,91	0,029	423 776,67	6 963,08	60,860
0,07	1,750	4,003	0,250	215,55	0,027	429 854,74	7 616,19	56,440
0,08	2,000	4,253	0,235	202,88	0,025	436 945,82	8 192,51	53,335
0,09	2,250	4,503	0,222	191,61	0,024	445 049,92	8 704,82	51,127
0,10	2,500	4,753	0,210	181,53	0,023	454 167,03	9 163,24	49,564
0,11	2,750	5,003	0,200	172,46	0,022	464 297,15	9 575,84	48,486
0,12	3,000	5,253	0,190	164,25	0,021	475 440,28	9 949,16	47,787
0,13	3,250	5,503	0,182	156,79	0,020	487 596,42	10 288,56	47,392
0,14	3,500	5,753	0,174	149,98	0,019	500 765,58	10 598,45	47,249
0,15	3,750	6,003	0,167	143,73	0,018	514 947,75	10 882,54	47,319
0,16	4,000	6,253	0,160	137,98	0,017	530 142,92	11 143,91	47,572
0,17	4,250	6,503	0,154	132,68	0,017	546 351,12	11 385,18	47,988
0,18	4,500	6,753	0,148	127,76	0,016	563 572,32	11 608,58	48,548
0,19	4,750	7,003	0,143	123,20	0,015	581 806,53	11 816,03	49,239
0,20	5,000	7,253	0,138	118,96	0,015	601 053,76	12 009,18	50,050
0,21	5,250	7,503	0,133	114,99	0,014	621 314,00	12 189,46	50,971
0,22	5,500	7,753	0,129	111,28	0,014	642 587,25	12 358,11	51,997
0,23	5,750	8,003	0,125	107,81	0,014	664 873,51	12 516,22	53,121
0,24	6,000	8,253	0,121	104,54	0,013	688 172,79	12 664,76	54,338
0,25	6,250	8,503	0,118	101,47	0,013	712 485,08	12 804,56	55,643

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące stropodachów nad "małą salą gimnastyczną" i szatniami

Rozpatruje się ocieplenie dachu styropapą o optymalnej grubości

$$\text{Pow. obliczeniowa} = 444,65 \quad [\text{m}^2] \quad R_0 = 2,148 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

$$\text{Pow. ocieplenia} = \text{ok. } 445 \quad [\text{m}^2]$$

$$\text{Materiał: styropapa} \quad U_0 = 0,466 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\lambda = 0,042 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogr}$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,190	3,338	0,300	42,54	0,005	80 036,35	1 072,47	74,628
0,06	1,429	3,576	0,280	39,71	0,005	80 565,69	1 201,28	67,066
0,07	1,667	3,814	0,262	37,23	0,005	81 200,90	1 314,01	61,796
0,08	1,905	4,052	0,247	35,04	0,004	81 941,98	1 413,50	57,971
0,09	2,143	4,290	0,233	33,10	0,004	82 788,92	1 501,94	55,121
0,10	2,381	4,529	0,221	31,36	0,004	83 741,74	1 581,08	52,965
0,11	2,619	4,767	0,210	29,79	0,004	84 800,42	1 652,32	51,322
0,12	2,857	5,005	0,200	28,37	0,004	85 964,97	1 716,78	50,074
0,13	3,095	5,243	0,191	27,09	0,003	87 235,39	1 775,38	49,136
0,14	3,333	5,481	0,182	25,91	0,003	88 611,67	1 828,89	48,451
0,15	3,571	5,719	0,175	24,83	0,003	90 093,83	1 877,95	47,975
0,16	3,810	5,957	0,168	23,84	0,003	92 571,14	1 923,08	48,137
0,17	4,048	6,195	0,161	22,92	0,003	95 154,33	1 964,75	48,431
0,18	4,286	6,433	0,155	22,07	0,003	97 843,38	2 003,33	48,840
0,19	4,524	6,671	0,150	21,29	0,003	100 638,30	2 039,16	49,353
0,20	4,762	6,910	0,145	20,55	0,003	103 539,09	2 072,52	49,958
0,21	5,000	7,148	0,140	19,87	0,002	106 545,74	2 103,65	50,648
0,22	5,238	7,386	0,135	19,23	0,002	109 658,27	2 132,78	51,416
0,23	5,476	7,624	0,131	18,63	0,002	112 876,66	2 160,09	52,256
0,24	5,714	7,862	0,127	18,06	0,002	116 200,92	2 185,75	53,163
0,25	5,952	8,100	0,123	17,53	0,002	119 631,05	2 209,89	54,134

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

### 7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, polegający na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji jest to taki wariant, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = (N_{Ok} + N_W) / \sum (\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}), \quad [\text{lata}] \quad (6)$$

gdzie:

- $N_{Ok}$  – planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,
- $N_W$  – planowane koszty robót związane z modernizacją wentylacji, zł,
- $\Delta O_{rOk}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- $\Delta O_{rW}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

Wartość łącznej rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}$  dla n-tego źródła oblicza się z wzoru:

$$\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- $Q_0, Q_1$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

$O_{0z}, O_{1z}$  - suma opłat jak we wzorze (2),

$y_0, y_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

$q_0, q_1$  - zapotrzebowanie na moc cieplną odpowiednio na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację lub na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,

$O_{0m}, O_{1m}$  - jak we wzorze (2),

$Ab_0, Ab_1$  - miesięczna opłata abonamentowa jak we wzorze (2).

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = 8,64 * 10^{-5} * S_d * A_{Ok} * U + Q_{inf}, \quad [GJ/rok] \quad (8)$$

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

$U$  - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $W/(m^2 * K)$ , przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

$A_{Ok}$  - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $m^2$ ,

$Q_{inf}$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12), GJ/rok.

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = (8,64 * S_d * A_{Ok} * U + 2,94 * c_r * c_w * V_{nom} * S_d) * 10^{-5}, \quad [GJ/rok] \quad (9)$$

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

$U$  - jak we wzorze (8),



- $A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),
- $V_{nom}$  - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,  $m^3/h$ ,
- $c_r$  - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
- $c_w$  - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną  $q_0$ ,  $q_1$  w przypadku, gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 1,65 * 10^{-8} * a * l * (t_{w0} - t_{z0})^{5/3}, \quad [MW] \quad (10)$$

gdzie:

- $t_{w0}$  - jak we wzorze (4),
- $t_{z0}$  - jak we wzorze (5),
- $A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),
- $U$  - jak we wzorze (8),
- $a$  - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia,  $m^3/(m*h*daPa^{2/3})$ ,
- $l$  - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną  $q_0$ ,  $q_1$  w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 3,4 * 10^{-7} * V_{obl} * (t_{w0} - t_{z0}), \quad [MW] \quad (11)$$

gdzie:

- $t_{w0}$  - jak we wzorze (4),
- $t_{z0}$  - jak we wzorze (5),
- $A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),

U - jak we wzorze (8),

$V_{obl}$  - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony przez współczynnik korekcyjny  $c_m$  zgodnie z tabelą 2,  $m^3/h$ ,

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi  $Q_{0inf}$ ,  $Q_{1inf}$ , oblicza się ze wzoru:

$$Q_{0inf}, Q_{1inf} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)]^{5/3} Ld(m), \quad [GJ/rok] \quad (12)$$

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

$t_{wo}$ ,  $t_e(m)$  - jak we wzorze (4),

$Ld(m)$  - jak we wzorze (4).

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około  $685,08 \text{ m}^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	$c_r$	$c_w$	Q	q	$\Delta O$	N	SPBT
	$W/m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,1	1,1	1,0	1 844,87	0,095	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	1 341,01	0,045	22 915,53	774 135,55	33,78
2	1,1	1,0	1,0	1 297,25	0,039	24 905,66	808 389,33	32,46
3	0,9	1,0	1,0	1 253,49	0,034	26 895,79	945 404,48	35,15

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około 13,60 m<sup>2</sup>) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c <sub>r</sub>	c <sub>w</sub>	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	6,7	1,2	1,0	29,19	0,004	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	7,38	0,001	991,78	25 231,52	25,44
2	1,6	1,0	1,0	6,95	0,001	1 011,54	25 571,57	25,28
3	1,5	1,0	1,0	6,52	0,001	1 031,30	25 843,61	25,06

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,5 W/m<sup>2</sup>K i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

W sali gimnastycznej jedną ze ścian wykonano z luksferów. Przegroda ta ma bardzo złe właściwości izolacyjności cieplnej, dlatego przewidziano jej likwidację, część zostanie zamurowana, natomiast w pozostałej części (w celu odpowiedniego doświetlenia) przewidziano zamontowanie okien. Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu tych okien (o powierzchni około 20,90 m<sup>2</sup>) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c <sub>r</sub>	c <sub>m</sub>	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	4,44	1,0	1,0	29,70	0,004	-	-	-
1	1,10	1,0	1,0	7,35	0,001	1 016,49	33 480,00	32,94

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że likwidowaną ścianę z luksferów należy zastąpić stolarką o współczynniku przenikania ciepła U=1,1 W/m<sup>2</sup>K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

#### 7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
5	Zamurowanie części ściany z luksferów i jej ocieplenie [SZ-4]	15 750,50	32,41
6	Wymiana starych okien	808 389,33	32,46
7	Wymiana części ściany z luksferów na okna	33 480,00	32,94
8	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 262,25	37,31
9	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	70 816,08	46,19
10	Ocieplenie dachów	500 765,58	47,25
11	Ocieplenie dachów nad szatniami i małą salą gimnastyczną	90 093,83	47,97

#### 7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robociznę, materiały, sprzęt itd.). Grubości warstw dociepleń przyjęto na podstawie powyższej analizy. Powierzchnie wymiany ciepła obliczono na podstawie projektu technicznego budynku.

**Tabela 7a. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu I**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
5	Zamurowanie części ściany z luksferów i jej ocieplenie [SZ-4]	15 750,50	32,41
6	Wymiana starych okien	808 389,33	32,46
7	Wymiana części ściany z luksferów na okna	33 480,00	32,94
8	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 262,25	37,31
9	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	70 816,08	46,19
10	Ocieplenie dachów	500 765,58	47,25
11	Ocieplenie dachów nad szatniami i małą salą gimnastyczną	90 093,83	47,97
	Ogółem	2 536 152,03	

**Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
5	Zamurowanie części ściany z luksferów i jej ocieplenie [SZ-4]	15 750,50	32,41
6	Wymiana starych okien	808 389,33	32,46
7	Wymiana części ściany z luksferów na okna	33 480,00	32,94
8	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 262,25	37,31
9	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	70 816,08	46,19
10	Ocieplenie dachów	500 765,58	47,25
	Ogółem	2 446 058,20	

**Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
5	Zamurowanie części ściany z luksferów i jej ocieplenie [SZ-4]	15 750,50	32,41
6	Wymiana starych okien	808 389,33	32,46
7	Wymiana części ściany z luksferów na okna	33 480,00	32,94
8	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 262,25	37,31
9	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	70 816,08	46,19
	Ogółem	1 945 292,63	

**Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
5	Zamurowanie części ściany z luksferów i jej ocieplenie [SZ-4]	15 750,50	32,41
6	Wymiana starych okien	808 389,33	32,46
7	Wymiana części ściany z luksferów na okna	33 480,00	32,94
8	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 262,25	37,31
	Ogółem	1 874 476,54	

**Tabela 7e. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu V**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
5	Zamurowanie części ściany z luksferów i jej ocieplenie [SZ-4]	15 750,50	32,41
6	Wymiana starych okien	808 389,33	32,46
7	Wymiana części ściany z luksferów na okna	33 480,00	32,94
	Ogółem	1 582 214,29	

**Tabela 7f. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VI**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
5	Zamurowanie części ściany z luksferów i jej ocieplenie [SZ-4]	15 750,50	32,41
6	Wymiana starych okien	808 389,33	32,46
	Ogółem	1 548 734,29	

**Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VII**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
5	Zamurowanie części ściany z luksferów i jej ocieplenie [SZ-4]	15 750,50	32,41
	Ogółem	740 344,96	

**Tabela 7h. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VIII**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
4	Ocieplenie stropodachu nad budynkiem "C"	58 276,35	30,32
	Ogółem	724 594,46	

**Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IX**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	484 965,00	29,47
	Ogółem	666 318,11	

**Tabela 7h. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu X**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
2	Wymiana drzwi zewnętrznych	25 843,61	25,06
	Ogółem	181 353,11	

**Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu XI**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	155 509,50	16,81
	Ogółem	155 509,50	

### 7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień. Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CO}}{\sum_n \Delta O_{rCO}}, [\text{lata}] \quad (17)$$

gdzie:

- $N_{CO}$  – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- $\Delta O_{rCO}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rCO}$  dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

$$\Delta O_{rCO} = (x_0 * w_{t0} * w_{d0} * Q_{OCO} * O_{0z} / \eta_0 - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{OCO} * O_{1z} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (18)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- $Q_{OCO}$  – sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych



z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,

- $\eta_0, \eta_1$  - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- $W_{t0}, W_{t1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- $W_{d0}, W_{d1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,
- $O_{0z}, O_{1z}$  - jak we wzorze (2),
- $y_0, y_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- $q_{0m}, q_{1m}$  - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,
- $Ab_0, Ab_1$  - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu grzewczego  $\eta_0, \eta_1$ , oblicza się z zależności:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e, \quad (19)$$

gdzie:

- $\eta_w$  – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych, wodnych, niskotemperaturowych, gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_p$  – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_r$  – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_e$  – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia

dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu źródłem ciepła dla analizowanego budynku są kotły węglowe, zainstalowane w kotłowni zlokalizowanej w piwnicy budynku zaplecza „B”. Kotły na skutek nieprawidłowej eksploatacji są w złym stanie technicznym. Należy tutaj zaznaczyć, że źródła ciepła na paliwa stałe są bardzo uciążliwe dla środowiska, ponieważ emitują znacznie większą ilość zanieczyszczeń zarówno pyłowych jak i gazowych niż kotłownie w których zastosowano paliwa płynne lub gazowe. Ze względu na brak sieci ciepłowniczej w okolicy obiektu, nie będzie analizowany wariant podłączenia do sieci ciepłej.

W tabeli poniżej przedstawiono analizę wyboru nowego źródła ciepła.

Stan istniejący – zainstalowany kocioł węglowy w średnim stanie technicznym.

Wariant 1 – kondensacyjny kocioł gazowy.

Wariant 2 – kondensacyjny kocioł olejowy.

Wariant 3 – pompa ciepła.

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	gaz ziemny	olej opałowy	pompa ciepła
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,58	0,58	0,58	0,58
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	4 021,69	4 021,69	4 021,69	4 021,69
3	Sprawność instalacji c.o.	-	0,62	0,62	0,62	0,62
4	Obniżenie nocne	-	0,95	0,95	0,95	0,95
5	Obniżenie tygodniowe	-	0,90	0,90	0,90	0,90
1	Roczne zapotrzebowanie na ciepło inst. c.o. z uwzględnieniem sprawności instalacji i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	5 582,05	5 582,05	5 582,05	5 582,05
2	Sprawność źródła ciepła	-	0,65	0,98	0,98	3,30
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności źródła ciepła	GJ/rok	8587,77	5695,97	5 695,97	1 691,53
5	Cena ciepła	zł/GJ	45,48	53,55	97,95	192,29
6	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	390 595,68	333 127,42	557 920,20	325 257,25
7	Oszczędność kosztów*	zł/rok		57 468,26	-167 324,52	65 338,43
8	Koszt modernizacji	zł		415 051,20	738 791,14	820 000,00
9	SPBT	lat		7,22	-4,42	12,55

\* Wartość ujemna oznacza, że koszty eksploatacyjne po modernizacji będą wyższe niż przed modernizacją

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym wariantem jest wariant 1 polegający na wymianie istniejącej kotłowni węglowej na kotłownię, w której zainstalowane będą kondensacyjne kotły opalane wysokometanowym gazem ziemnym. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu zarówno instalacja jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji centralnego ogrzewania, polegającą na montażu kotłowni wyposażonej w kotły kondensacyjne opalane gazem ziemnym wysokometanowym, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami w pomieszczeniach nieogrzewanych, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano podłączenie do nowych kotłów instalacji ciepłej wody użytkowej na potrzeby kuchni oraz montaż Systemu Zarządzania Energią. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan docelowy
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,5825	0,5825
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzględniania sprawności wg normy PN EN ISO 13790:2009	GJ/rok	4 022	4 022
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,4004	0,7762
4	Obniżenie nocne <sup>1)</sup>	-	0,95	0,95
5	Obniżenie tygodniowe <sup>1)</sup>	-	0,90	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	8 587,78	4 429,98
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	390 595,68	265 335,65
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		125 260,03
9	Koszt modernizacji	zł		2 120 421,05
10	SPBT	lat		16,93

<sup>1)</sup> Uwzględnienie systemu zarządzania energią

## **8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego**

W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w § 6 pkt 4 rozporządzenia, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizacji systemu wentylacji i instalacji ciepłej wody użytkowej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, oblicza się kolejno:

- a) planowane koszty całkowite  $N$ , w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii,
- b) kwotę rocznych oszczędności  $\Delta O_r$  przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia,
- c) zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej,
- d) kwotę środków własnych i kwotę kredytu,
- e) obliczenie wysokości premii termomodernizacyjnej wg art. 5 ust. 1 i 2 ustawy,

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO										CWU				CO+CWU			Oszczędności		
	q <sub>CO</sub>	Q <sub>CO</sub>	η	w	Q <sub>CO*w/η</sub>	Oplata CO	q <sub>CWU</sub>	Q <sub>CWU</sub>	Oplata CWU	KOSZT	Q <sub>CO+CWU</sub>	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok				
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok				
0	0,5825	4 021,69	0,4004	0,855	8 587,77	390 595,68	0,171	221,41	10 069,73	400 665,41	8 809	400 665,41								
I+A	0,3506	2 090,78	0,7762	0,855	2 303,04	151 442,78	0,171	221,41	10 069,73	161 512,51	2 524	161 512,51	6 285	71,34	239 152,90					
II+A	0,3557	2 172,41	0,7762	0,855	2 392,95	156 257,28	0,171	221,41	10 069,73	166 327,01	2 614	166 327,01	6 195	70,32	234 338,40					
III+A	0,3849	2 398,67	0,7762	0,855	2 642,18	169 603,05	0,171	221,41	10 069,73	179 672,78	2 864	179 672,78	5 946	67,49	220 992,63					
IV+A	0,3891	2 431,44	0,7762	0,855	2 678,28	171 536,13	0,171	221,41	10 069,73	181 605,86	2 900	181 605,86	5 909	67,08	219 059,55					
V+A	0,4107	2 599,00	0,7762	0,855	2 862,86	181 420,02	0,171	221,41	10 069,73	191 489,75	3 084	191 489,75	5 725	64,99	209 175,66					
VI+A	0,4147	2 629,53	0,7762	0,855	2 896,48	183 220,31	0,171	221,41	10 069,73	193 290,04	3 118	193 290,04	5 691	64,61	207 375,37					
VII+A	0,4701	3 026,45	0,7762	0,855	3 333,69	206 632,03	0,171	221,41	10 069,73	216 701,76	3 555	216 701,76	5 254	59,64	183 963,65					
VIII+A	0,4754	3 075,59	0,7762	0,855	3 387,82	209 530,59	0,171	221,41	10 069,73	219 600,32	3 609	219 600,32	5 200	59,03	181 065,09					
IX+A	0,4807	3 116,82	0,7762	0,855	3 433,24	211 962,74	0,171	221,41	10 069,73	222 032,47	3 655	222 032,47	5 155	58,51	178 632,94					
X+A	0,5542	3 690,19	0,7762	0,855	4 064,82	245 782,59	0,171	221,41	10 069,73	255 852,32	4 286	255 852,32	4 523	51,34	144 813,09					
XI+A	0,5570	3 809,58	0,7762	0,855	4 196,33	252 824,69	0,171	221,41	10 069,73	262 894,42	4 418	262 894,42	4 391	49,85	137 770,99					
A	0,5825	4 021,69	0,7762	0,855	4 429,97	265 335,65	0,171	221,41	10 069,73	275 405,38	4 651	275 405,38	4 158	47,20	125 260,03					

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite <sup>1)</sup> [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu <sup>2)</sup>		Premia termomodernizacyjna		
					[zł]	[zł]	20% kredytu [zł]	16% kosztów całkowitych [zł]	2 lata oszczędności [zł]
		3	4	5	6	7	8	9	
1	I+A	4 656 573,08	239 152,90	71,34	0,00 4 656 573,08	931 314,62	745 051,69	478 305,80	
2	II+A	4 566 479,25	234 338,40	70,32	0,00 4 566 479,25	913 295,85	730 636,68	468 676,80	
3	III+A	4 065 713,67	220 992,63	67,49	0,00 4 065 713,67	813 142,73	650 514,19	441 985,26	
4	IV+A	3 994 897,59	219 059,55	67,08	0,00 3 994 897,59	798 979,52	639 183,61	438 119,10	
5	V+A	3 702 635,34	209 175,66	64,99	0,00 3 702 635,34	740 527,07	592 421,65	418 351,32	
6	VI+A	3 669 155,34	207 375,37	64,61	0,00 3 669 155,34	733 831,07	587 064,85	414 750,74	
7	VII+A	2 860 766,01	183 963,65	59,64	0,00 2 860 766,01	572 153,20	457 722,56	367 927,30	
8	VIII+A	2 845 015,51	181 065,09	59,03	0,00 2 845 015,51	569 003,10	455 202,48	362 130,18	
9	IX+A	2 786 739,16	178 632,94	58,51	0,00 2 786 739,16	557 347,83	445 878,27	357 265,88	
10	X+A	2 301 774,16	144 813,09	51,34	0,00 2 301 774,16	460 354,83	368 283,87	289 626,18	
11	XI+A	2 275 930,55	137 770,99	49,85	0,00 2 275 930,55	455 186,11	364 148,89	275 541,98	
12	A	2 120 421,05	125 260,03	47,20	0,00 2 120 421,05	424 084,21	339 267,37	250 520,06	

<sup>1)</sup> Podana kwota jest wielkością szacunkową

<sup>2)</sup> W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

## **9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.**

Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Również pozostałe warianty mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni około 933 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,040$  W/m\*K, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,200 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o powierzchni około 1 560 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,040$  W/m\*K, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,210 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
3. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3] o powierzchni około 516 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,040$  W/m\*K, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,227 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę

parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Zamurowanie bloczkami gazobetonowymi luxferów w sali gimnastycznej o powierzchni około 34 m<sup>2</sup>, a następnie ocieplenie ściany płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,202 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja luxferów, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
5. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około 207 m<sup>2</sup> należy wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia  $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^*\text{K}$ . W pierwszej kolejności należy usunąć istniejącą opaskę betonową. Następnie, po odkopaniu ściany należy pokryć ją dwukrotnie pionową warstwą izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz zamontować płyty ze styroporu lub styropianu XPS na głębokość 1m. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: odkopanie ściany, zasypianie i otworzenie nawierzchni oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
6. Ocieplenie stropodachu wentylowanego  
Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 369 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej o grubości minimum 15 cm i współczynniku przewodzenia  $\lambda = 0,044 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,174 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
7. Ocieplenie stropodachu nad szatniami i małą salą gimnastyczną  
Ocieplenie stropodachu nad szatniami i małą salą gimnastyczną o powierzchni około 445 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum



15 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,042 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż  $0,175 \text{ W/m}^2*\text{K}$ . Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

#### 8. Ocieplenie stropodachów niewentylowanych

Ocieplenie stropodachów niewentylowanych pokrytych blachą o powierzchni około  $2\,702 \text{ m}^2$  proponuje się wykonać płytami ze styropianu o grubości minimum 14 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Najpierw należy zdemontować istniejące pokrycie z blachy, oraz łąty i kontrłąty, następnie należy przykleić do pokrycia z papy płyty styropianowe. Zamontować nowe łąty i kontr łąty oraz wykonać nowe pokrycie z blachy. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż  $0,174 \text{ W/m}^2*\text{K}$ . Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

9. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około  $685,08 \text{ m}^2$  na okna z nawiewnikami higrosterowanymi o współczynnika przenikania  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  zgodnie z Aprobata Techniczna i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

10. Wymianę drzwi wejściowych o powierzchni około  $13,60 \text{ m}^2$  na drzwi o współczynnika przenikania  $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  zgodnie z Aprobata Techniczna i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

11. Wymianę luxferów w sali gimnastycznej o powierzchni około 20,9 m<sup>2</sup> na okna z nawiewnikami higrosterowanymi o współczynniku przenikania  $U=1,1$  W/m<sup>2</sup>K zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja luxferów, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

12. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania oraz źródła ciepła poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 260 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 260 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- montaż instalacji zmieszania pompowego,
- regulację instalacji grzewczej,
- wymianę istniejących kotłów węglowych na kondensacyjne kotły gazowe o łącznej mocy ok. 350 kW, wraz z adaptacją niezbędnych pomieszczeń kotłowni z uwzględnieniem wszelkich wymagań p.poż. i norm oraz podłączeniem instalacji ciepłej wody użytkowej na potrzeby kuchni, Urządzenia do ogrzewania powinny charakteryzować się obowiązującym od końca 2020 r. minimalnym poziomem efektywności energetycznej i normami emisji zanieczyszczeń, które zostały określone w środkach wykonawczych do dyrektywy 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiającej ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią.
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

13. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia elektryczna, energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u, woda, z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwiać bieżącą kontrolę oraz zmianę parametrów pracy instalacji c.o. w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy, w sposób zapewniający optymalne zużycie energii z jednoczesnym

zachowaniem komfortu cieplnego w okresie użytkowania budynku. W kosztach inwestycji uwzględniono inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia, w tym szkolenie w zakresie działania systemu.

System Zarządzania Energią powinien zapewnić:

- monitorowanie zużyć mediów: energii cieplnej, energii elektrycznej, wody,
- optymalizację parametrów pracy instalacji c.o. w celu zminimalizowania strat ciepła,
- oszczędne gospodarowanie czynnikami energetycznymi przy zachowaniu normatywnych parametrów pracy instalacji i obiektu,
- pomiar referencyjnych temperatur, temperatury zewnętrznej, temperatur zasilania i powrotu w pomieszczeniu źródła.
- rejestrację wyników pomiarów (minimum co 15 min), archiwizację danych, podgląd mierzonych wartości w czasie rzeczywistym, tworzenie raportów, graficzne odzwierciedlenie pomiarów oraz tworzenie wykresów do ich analizy,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych (za pośrednictwem Internetu),
- możliwość porównywania obiektu do innych obiektów objętych pomiarem w celu uzyskania oceny energochłonności obiektu,
- automatyczne tworzenie raportów o zużyciu w otwartych, publicznych formatach plików (np. PDF, XLS), w zadeklarowanych przez użytkownika profilach,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych za pośrednictwem Internetu,
- wizualizację danych aktualnych i historycznych oraz analizy porównawczej pomiędzy innymi obiektami objętymi pomiarem na ogólnodostępnym panelu zamontowanym w obiekcie,
- rejestrację użytkowników i parametryzację poziomów dostępowych w zależności od typu użytkownika,
- zastosowanie w systemie urządzeń pomiarowych co najmniej II klasy dokładności oraz umożliwiać komunikację opartą na otwartych protokołach komunikacyjnych.

## **10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych**

<b>1</b>	<b>Całkowity koszt robót szacuje się na</b>	<b>4 656 573,08 zł</b>
<b>2</b>	<b>Przewidywana premia termomodernizacyjna</b>	<b>478 305,80 zł</b>
<b>3</b>	<b>Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji</b>	<b>239 152,90 zł</b>
<b>4</b>	<b>Czas zwrotu nakładów SPBT</b>	<b>19,47 lat</b>

  
mgr inż. Barbara Kosowska

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Obecne ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania		
Paliwo	węgiel	
Zapotrzebowanie ciepła	GJ	8 587,77
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	21,72
Zużycie paliwa roczne	Mg	395,39
Cena paliwa	zł/Mg	912
Koszt paliwa	zł	360 595,68
Koszty pozostałe	zł	30 000,00
Koszty ogółem	zł	390 595,68
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	45,48

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb ciepłej wody użytkowej		
Taryfa	C11	
Cena jednostkowa z uwzględnieniem wszystkich składników stałych i zmiennych	zł/kWh	0,6263
	zł/GJ	173,97

Docelowe ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania		
Moc zamówiona	kWh/h	400,00
Wartość opałowa gazu	GJ/m <sup>3</sup>	0,0361
Zapotrzebowanie ciepła	GJ	4 429,97
Zużycie gazu	[m <sup>3</sup> ]	122 646
	[kWh]	1 376 087
Współczynnik konwersji	[kWh/m <sup>3</sup> ]	11,220
Taryfa		W-5
Ceny gazu		
- za paliwo gazowe	[zł/kWh]	0,12268
- za przesył -stała	[zł/(kWh/h) za h]	0,00611
- za przesył - zmienna	[zł/kWh]	0,01747
- abonament	[zł/m-c]	121,00
Koszt gazu zmienny	[zł]	192 858,60
Ciepło w gazie	[GJ]	4429,97
Cena ciepła netto	[zł/GJ]	43,53
Cena ciepła brutto	[zł/GJ]	53,55
Opłata stała za gaz	[zł/rok]	22 861,44
Koszty stałe brutto	[zł/rok]	28 119,57
Cena ciepła	[zł/MW/(m-c)]	5 858,24
Koszt ciepła	[zł/rok]	265 335,65
Zapotrzebowanie ciepła	GJ	4 429,97
Średnia cena ciepła brutto	[zł/GJ]	59,90

**Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.**

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Stropodach wentylowany</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,533
	Żelbet	6,0	0,06	1,700	0,035	
	Pustka powietrzna	100,0				
	Szlichta cementowa	2,0	0,020	1,000	0,020	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Wełna mineralna	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Szlichta cementowa	2,0	0,020	1,000	0,020	
	Gruz PGS	16,0	0,160	0,380	0,421	
	Żelbet	6,0	0,06	1,700	0,035	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				1,737	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
R <sub>T</sub>				1,877		
<b>Stropodach niewentylowany</b>	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	0,444
	Pustka powietrzna	5,0			0,110	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Deska sosnowa	3,2	0,032	0,160	0,200	
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Wełna mineralna	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Szlichta cementowa	2,0	0,020	1,000	0,020	
	Gruz PGS	16,0	0,160	0,380	0,421	
	Żelbet	6,0	0,06	1,700	0,035	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				2,113	
	R <sub>si</sub>				0,100	
R <sub>se</sub>				0,040		
R <sub>T</sub>				2,253		
<b>Stropodach niewentylowany sala</b>	Blacha	0,05	0,001	59,000	0,000	0,202
	Poliuretan	12,0	0,120	0,025	4,800	
	Blacha	0,05	0,001	59,000	0,000	
	R				4,800	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				4,940	
<b>Stropodach niewentylowany szatnie</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,466
	Deska sosnowa	1,9	0,019	0,160	0,119	
	Wełna mineralna	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Płyty pilśniowe twarde	12,5	0,125	0,180	0,694	
	R				2,008	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
R <sub>T</sub>				2,148		

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,807
	Mur z cegły kratówki	38,0	0,380	0,560	0,679	
	Wełna mineralna	1,0	0,010	0,045	0,222	
	Licówka z silikatu	12,0	0,120	0,800	0,150	
	R				1,069	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,239	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,993
	Mur z cegły kratówki	25,0	0,250	0,560	0,446	
	Wełna mineralna	1,0	0,010	0,045	0,222	
	Licówka z silikatu	12,0	0,120	0,800	0,150	
	R				0,837	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,007	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,508
	Mur z cegły silikatowej	38,0	0,380	0,800	0,475	
	R				0,493	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				0,663	
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	Ściana z luksferów	8,0	0,080		0,055	4,444
	R				0,055	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				0,225	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,734
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Mur z cegły pełnej	12,0	0,120	0,770	0,156	
	R				0,723	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	R <sub>T</sub>				1,363	
Strop nad piwnicą	PCV	2,0	0,02	0,220	0,091	0,984
	Gładź cementowa	3,5	0,035	1,000	0,035	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,000	0,020	
	Gruz PGS	16,0	0,160	0,380	0,421	
	Żelbet	6,0	0,06	1,700	0,035	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,676	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	R <sub>T</sub>				1,016	

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Podłoga na gruncie</b>	PCV	1,0	0,010	0,200	0,050	0,424
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,000	0,020	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Gruz PGS	10,0	0,100	0,380	0,263	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Chudy beton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	Piasek	10,0	0,1	0,550	0,182	
	R				0,834	
	Opór zastępczy gruntu				1,525	
	R <sub>T</sub>				2,359	
<b>Podłoga na gruncie bud. "C"</b>	PCV	1,0	0,010	0,200	0,050	0,333
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,000	0,020	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Gruz PGS	10,0	0,100	0,380	0,263	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Chudy beton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	Piasek	10,0	0,1	0,550	0,182	
	R				0,834	
	Opór zastępczy gruntu				2,173	
	R <sub>T</sub>				3,007	
<b>Podłoga na gruncie sala</b>	Klepka	2,5	0,025	0,220	0,114	0,411
	Ślepa podłoga	2,5	0,025		0,190	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Gruz PGS	10,0	0,100	0,380	0,263	
	Szlichta cementowa	4,0	0,04	1,000	0,040	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	R				0,896	
	Opór zastępczy gruntu				1,539	
	R <sub>T</sub>				2,435	
<b>Okna nowe</b>				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,500	1,0	1,500
<b>Okna stare</b>				2,600	1,2	3,120
<b>Drzwi wejściowe nowe</b>				1,700	1,0	1,700
<b>Drzwi wejściowe stare</b>				5,600	1,2	6,720

### Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Stropodach wentylowany</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,174
	Żelbet	6,0	0,060	1,700	0,035	
	Pustka powietrzna	100,0	1,000		0,000	
	Szlichta cementowa	2,0	0,020	1,000	0,020	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Wełna mineralna	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Szlichta cementowa	2,0	0,020	1,000	0,020	
	Gruz PGS	16,0	0,160	0,380	0,421	
	Żelbet	6,0	0,060	1,700	0,035	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Granrock	17,0	0,170	0,044	3,864	
	R				5,600	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				5,740	
<b>Stropodach niewentylowany</b>	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	0,174
	Styropian	14,0	0,140	0,040	3,500	
	Pustka powietrzna	5,0	0,050	0,000	0,110	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Deska sosnowa	3,2	0,032	0,160	0,200	
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Wełna mineralna	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Szlichta cementowa	2,0	0,020	1,000	0,020	
	Gruz PGS	16,0	0,160	0,380	0,421	
	Żelbet	6,0	0,060	1,700	0,035	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				5,613	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
R <sub>T</sub>				5,753		
<b>Stropodach niewentylowany sala</b>	Blacha	0,1	0,0005	59,000	0,000	0,202
	Poliuretan	12,0	0,12	0,025	4,800	
	Blacha	0,1	0,0005	59,000	0,000	
	R				4,800	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				4,940	
<b>Stropodach niewentylowany szatnie</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,175
	Deska sosnowa	1,9	0,019	0,160	0,119	
	Wełna mineralna	5,0	0,05	0,045	1,111	
	Płyty pilś. twarde	12,5	0,125	0,180	0,694	
	Styropapa	15,0	0,150	0,042	3,571	
	R				5,579	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
R <sub>T</sub>				5,719		



Przeграда	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	$m^2K/W$	[ $W/m^2K$ ]
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,200
	Mur z cegły kratówki	38,0	0,38	0,560	0,679	
	Wełna mineralna	1,0	0,01	0,045	0,222	
	Licówka z silikatu	12,0	0,12	0,800	0,150	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,819	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	$R_T$				4,989	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,210
	Mur z cegły kratówki	25,0	0,25	0,560	0,446	
	Wełna mineralna	1,0	0,01	0,045	0,222	
	Licówka z silikatu	12,0	0,12	0,800	0,150	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,587	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	$R_T$				4,757	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,227
	Mur z cegły silikatowej	38,0	0,38	0,800	0,475	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,243	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	$R_T$				4,413	
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,202
	Mur z gazobetonu	38,0	0,38	0,380	1,000	
	Styropian	15,0	15,0	0,040	3,750	
	R				4,768	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	$R_T$				4,938	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,734
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Mur z cegły pełnej	12,0	0,12	0,770	0,156	
	R				0,723	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	$R_T$				1,363	
Strop nad piwnicą	PCV	2,0	0,020	0,220	0,091	0,984
	Gładź cementowa	3,5	0,035	1,000	0,035	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,000	0,020	
	Gruz PGS	16,0	0,16	0,380	0,421	
	Żelbet	6,0	0,06	1,700	0,035	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,676	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	$R_T$				1,016	

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_i$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	$m^2K/W$	[ $W/m^2K$ ]
<b>Podłoga na gruncie</b>	PCV	1,0	0,010	0,200	0,050	0,424
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,000	0,020	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Gruz PGS	10,0	0,1	0,380	0,263	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Chudy beton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	Piasek	10,0	0,1	0,550	0,182	
	R				0,834	
	Opór zastępczy gruntu				1,525	
	RT				2,359	
<b>Podłoga na gruncie bud. "C"</b>	PCV	1,0	0,010	0,200	0,050	0,333
	Gładź cementowa	2,0	0,020	1,000	0,020	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Gruz PGS	10,0	0,100	0,380	0,263	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Chudy beton	15,0	0,150	1,000	0,150	
	Piasek	10,0	0,100	0,550	0,182	
	R				0,834	
	Opór zastępczy gruntu				2,173	
	RT				3,007	
<b>Podłoga na gruncie sala</b>	Klepka	2,5	0,03	0,220	0,114	0,411
	Ślepa podłoga	2,5	0,03		0,190	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Gruz PGS	10,0	0,10	0,380	0,263	
	Szlichta cementowa	4,0	0,04	1,000	0,040	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	R				0,896	
	Opór zastępczy gruntu				1,539	
	RT				2,435	
<b>Okna nowe</b>				$U_0$	Wsp.	$U$
				[ $W/m^2K$ ]	-	[ $W/m^2K$ ]
				1,5	1,000	1,500
<b>Okna wymienione</b>				1,1	1,000	1,100
<b>Drzwi wejściowe nowe</b>				1,7	1,000	1,700
<b>Drzwi wejściowe wymienione</b>				1,5	1,000	1,500

#### Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana $V_{ve}$	[m <sup>3</sup> ]	20 255		
Powierzchnia ogrzewana $A_f$	[m <sup>2</sup> ]	5 630		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup> ]	0,56*10 <sup>-3</sup>		
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /s]	3,15		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m <sup>3</sup> /s]	1,13	1,13	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m <sup>3</sup> /s]	4,28	4,28	
Współczynniki korekcyjne	$c_r$	-	1,1	1,0
	$c_w$	-	1,0	1,0
	$c_m$	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /s]	4,71	4,28	
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /h]	16 941	15 401	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	5 647,07	5 133,70	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,84	0,76	

#### Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m <sup>3</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	-	-	[m <sup>3</sup> /h]
Strumień higieniczny		20 255	0,5			10 127,6

#### Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	5 630	4,7	26 461

## Z-7 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_t$	$\Delta\Theta$	$\Phi$	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]	
Stropodach wentylowany	369,05	0,533	1,00	197	40	7,87	
Stropodach niewentylowany	2 701,37	0,444	1,00	1 199		47,97	
Stropodach niewentylowany sala	697,41	0,202	1,00	141		5,65	
Stropodach niewentylowany szatnie	444,65	0,466	1,00	207		8,28	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	888,93	0,807	1,00	717		28,70	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	1 447,01	0,993	1,00	1 437		57,48	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	497,22	1,508	1,00	750		29,98	
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	54,87	4,444	1,00	244		9,75	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	206,67	0,734	1,00	152		6,06	
Okna nowe	729,42	1,500	1,00	1 094		43,77	
Okna stare	685,08	3,120	1,00	2 137		85,50	
Drzwi wejściowe nowe	22,15	1,700	1,00	38		1,51	
Drzwi wejściowe stare	13,60	6,720	1,00	91		3,66	
Strop nad piwnicą	441,60	0,984	0,78	339		13,57	
Podłoga na gruncie	2 368,87	0,424	1,00	1 004		40,17	
Podłoga na gruncie bud. "C"	369,05	0,333	1,00	123		4,91	
Podłoga na gruncie sala	375,61	0,411	1,00	154		6,17	
Mostki liniowe	l	$\psi$	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	781,19	0,190	1,0	148		5,94	
nadproża	806,70	0,600	1,0	484		19,36	
podokien	780,45	0,570	1,0	445		17,79	
balkony	26,25	0,650	1,0	17		0,68	
Ogółem				11 119	444,76		
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$			
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]			
		10 128	0,34	3 443		137,74	
<b>OGÓŁEM</b>						<b>582,50</b>	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_{tr}$	$\Delta\Theta$	$\Phi$
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]		
Stropodach wentylowany	369,05	0,174	1,00	64	40	2,57
Stropodach niewentylowany	2 701,37	0,174	1,00	470		18,78
Stropodach niewentylowany sala	697,41	0,202	1,00	141		5,65
Stropodach niewentylowany szatnie	444,65	0,175	1,00	78		3,11
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	888,93	0,200	1,00	178		7,13
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	1 447,01	0,210	1,00	304		12,17
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	497,22	0,227	1,00	113		4,51
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	54,87	0,202	1,00	11		0,44
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	206,67	0,223	1,00	46		1,88
Okna nowe	729,42	1,500	1,00	1 094		43,77
Okna wymienione	685,08	1,100	1,00	754		30,14
Drzwi wejściowe nowe	22,15	1,700	1,00	38		1,51
Drzwi wejściowe wymienione	13,60	1,500	1,00	20		0,82
Strop nad piwnicą	441,60	0,984	0,78	339		13,57
Podłoga na gruncie	2 368,87	0,424	1,00	1 004		40,17
Podłoga na gruncie bud. "C"	369,05	0,333	1,00	123		4,91
Podłoga na gruncie sala	375,61	0,411	1,00	154		6,17
Mostki liniowe	l	$\psi$	$\square$			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	781,19	0,050	1,0	39		1,56
nadproża	806,70	0,200	1,0	161		6,45
podokien	780,45	0,220	1,0	172		6,87
balkony	26,25	0,650	1,0	17		0,68
Ogółem				5 320		212,82
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		10 128	0,34	3 443	137,74	
<b>OGÓŁEM</b>						<b>350,55</b>

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	-	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Okna stare													
S	104,07	72,85	0,75	9 172	8 581	17 012	18 381	23 275	15 454	12 777	5 966	4 563	115 182
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	32,41	22,69	0,75	1 347	1 564	3 457	5 000	6 767	4 086	2 678	1 254	981	27 132
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	539,49	377,64	0,75	19 759	21 934	47 821	72 109	88 238	58 551	36 368	19 016	16 006	379 804
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	9,11	6,38	0,75	390	451	1 098	1 510	2 080	1 116	726	351	282	8 005
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	685,08	479,55		30 668	32 530	69 388	97 001	120 360	79 208	52 549	26 587	21 832	530 122
Okna nowe													
S	711,47	498,03	0,67	56 016	52 403	103 895	112 260	142 146	94 383	78 030	36 438	27 870	703 442
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	13,15	9,21	0,67	488	567	1 253	1 812	2 453	1 481	971	454	355	9 834
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	4,80	3,36	0,67	157	174	380	573	701	465	289	151	127	3 019
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	729,42	510,59		56 661	53 144	105 528	114 645	145 300	96 329	79 290	37 044	28 353	716 295
OGÓLEM	1 414,49	990,15		87 330	85 674	174 916	211 646	265 660	175 537	131 839	63 631	50 185	1 246 417

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]		[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okna nowe													
S	815,54	570,88	0,67	64 210	60 068	119 093	128 680	162 939	108 189	89 444	41 768	31 947	806 338
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	45,56	31,89	0,67	1 691	1 964	4 341	6 279	8 498	5 131	3 363	1 574	1 231	34 072
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	544,29	381,00	0,67	17 809	19 769	43 100	64 991	79 527	52 771	32 778	17 139	14 426	342 310
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	9,11	6,38	0,67	348	403	981	1 349	1 858	997	649	313	252	7 151
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	1 414,49	990,15		84 058	82 204	167 514	201 299	252 822	167 088	126 234	60 795	47 856	1 189 871
OGÓLEM	1 414,49	990,15		84 058	82 204	167 514	201 299	252 822	167 088	126 234	60 795	47 856	1 189 871

## Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesięca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	$H_{tr}, H_{\text{H}_2\text{O}}$										
Stropodach wentylowany	[MJ]	11 060	9 990	8 795	6 320	552	603	7 057	8 257	10 164	62 798
Stropodach niewentylowany	[MJ]	1 199,27	60 927	53 643	38 546	3 368	3 678	43 043	50 358	61 994	383 011
Stropodach niewentylowany szatnie	[MJ]	141,18	7 172	6 315	4 537	396	433	5 067	5 928	7 298	45 087
Stropodach niewentylowany szatnie	[MJ]	207,04	11 645	9 261	6 654	581	635	7 431	8 694	10 703	66 122
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	717,41	40 352	36 447	23 058	2 014	2 200	25 748	30 124	37 085	229 119
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	1 437,03	73 006	64 277	46 187	4 035	4 408	51 576	60 342	74 285	458 943
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	749,62	38 083	33 530	24 093	2 105	2 299	26 904	31 477	38 750	239 406
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	[MJ]	243,87	12 389	10 908	7 838	685	748	8 753	10 240	12 606	77 883
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	151,61	7 702	6 781	4 873	426	465	5 441	6 366	7 837	48 418
Okna nowe	[MJ]	1 094,13	55 585	48 939	35 166	3 072	3 356	39 269	45 943	56 559	349 430
Okna stare	[MJ]	120 223	108 589	95 606	68 699	6 002	6 556	76 714	89 752	110 491	682 631
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	37,65	1 913	1 684	1 210	106	115	1 351	1 581	1 946	12 024
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	91,40	4 644	4 088	2 938	257	280	3 281	3 838	4 725	29 192
Strop nad piwnicą	[MJ]	339,21	19 080	15 173	10 903	953	1 040	12 175	14 244	17 535	108 335
Podłoga na gruncie	[MJ]	1 004,24	56 485	44 919	32 277	2 820	3 080	36 043	42 168	51 912	320 723
Podłoga na gruncie bud. "C"	[MJ]	122,74	6 235	5 490	3 945	345	376	4 405	5 154	6 345	39 198
Podłoga na gruncie sala	[MJ]	154,28	7 838	6 901	4 959	433	473	5 537	6 478	7 975	49 271
Mostki liniowe	[MJ]	1 094,37	61 554	55 597	35 174	3 073	3 357	39 277	45 953	56 571	349 507
Straty przez przegrody	[MJ]	625 410	564 886	497 350	357 377	31 222	34 105	399 071	466 896	574 781	3 551 098
Wentylacja	[MJ]	317 628	286 889	252 590	181 501	15 857	17 321	202 677	237 123	291 915	1 803 500
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	943 037	851 776	749 939	538 879	47 079	51 425	601 748	704 019	866 696	5 354 599
Zyski słoneczne	[MJ]	87 330	85 674	174 916	211 646	265 660	175 537	131 839	63 631	50 185	1 246 417
Zyski wewnętrzne	[MJ]	70 873	64 014	70 873	68 587	11 431	11 431	70 873	68 587	70 873	507 543
Razem zyski	[MJ]	158 203	149 689	245 789	280 233	277 092	186 968	202 712	132 218	121 058	1 753 961
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1678	0,1757	0,3277	0,5200	5,8856	3,6357	0,3369	0,1878	0,1397	0,3276
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	5 261									
Pojemność cieplna	[J/K]	1 367 977 572									
Ślala czasowa	[h]	23									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Ślala czasowa odniesienia $t_{H,0}$		15									
Parametr numeryczny $a_H$		2,51									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,51									
$\eta$		0,9906	0,9895	0,9583	0,8967	0,1683	0,2672	0,9559	0,9878	0,9939	
Zyski ciepła	[MJ]	156 712	148 118	235 547	251 274	46 622	49 951	193 767	130 602	120 314	1 332 907
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	786 326	703 658	514 392	287 605	457	1 474	407 981	573 417	746 382	4 021 692



Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie		Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca		[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur		[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu			31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.		[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda		Htr Hve										
Stropodach wentylowany		[MJ]	3 616	3 266	2 876	2 066	181	197	2 307	2 700	3 323	20 532
Stropodach niewentylowany		[MJ]	26 413	23 857	21 005	15 093	1 319	1 440	16 854	19 719	24 275	149 975
Stropodach niewentylowany sala		[MJ]	7 941	7 172	6 315	4 537	396	433	5 067	5 928	7 298	45 087
Stropodach niewentylowany szatnie		[MJ]	4 373	3 950	3 478	2 499	218	238	2 790	3 265	4 019	24 830
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		[MJ]	10 022	9 052	7 970	5 727	500	547	6 395	7 482	9 210	56 904
Ściana zewnętrzna [SZ-2]		[MJ]	17 110	15 454	13 606	9 777	854	933	10 918	12 773	15 724	97 148
Ściana zewnętrzna [SZ-3]		[MJ]	6 337	5 724	5 039	3 621	316	346	4 044	4 731	5 824	35 981
Ściana zewnętrzna [SZ-4]		[MJ]	625	564	497	357	31	34	399	467	574	3 549
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		[MJ]	2 590	2 339	2 060	1 480	129	141	1 653	1 934	2 380	14 706
Okna nowe		[MJ]	61 541	55 585	48 939	35 166	3 072	3 356	39 269	45 943	56 559	349 430
Okna stare		[MJ]	42 386	38 284	33 707	24 221	2 116	2 311	27 047	31 643	38 955	240 671
Drzwi wejściowe nowe		[MJ]	2 118	1 913	1 684	1 210	106	115	1 351	1 581	1 946	12 024
Drzwi wejściowe stare		[MJ]	1 148	1 037	913	656	57	63	732	857	1 055	6 516
Strop nad piwnicą		[MJ]	19 080	17 233	15 173	10 903	953	1 040	12 175	14 244	17 535	108 335
Podłoga na gruncie		[MJ]	56 485	51 019	44 919	32 277	2 820	3 080	36 043	42 168	51 912	320 723
Podłoga na gruncie bud. "C"		[MJ]	6 903	6 235	5 490	3 945	345	376	4 405	5 154	6 345	39 198
Podłoga na gruncie sala		[MJ]	8 678	7 838	6 901	4 959	433	473	5 537	6 478	7 975	49 271
Mostki liniowe		[MJ]	21 889	19 771	17 407	12 508	1 093	1 194	13 967	16 341	20 117	124 286
Straty przez przegrody		[MJ]	299 253	270 293	229 627	171 002	14 940	16 319	190 952	223 405	275 028	1 699 167
Wentylacja		[MJ]	288 752	260 809	229 627	165 001	14 415	15 746	184 252	215 566	265 377	1 639 546
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	593 942	588 005	531 101	467 604	336 003	29 355	32 065	375 203	438 972	540 405
Zyski słoneczne		[MJ]	84 058	82 204	167 514	201 299	252 822	167 088	126 234	60 795	47 856	1 189 871
Zyski wewnętrzne		[MJ]	70 873	64 014	70 873	68 587	11 431	11 431	70 873	68 587	70 873	507 543
Razem zyski		[MJ]	154 931	146 219	238 388	269 886	264 253	178 519	197 107	129 382	118 729	1 697 414
Stosunek zysków do przenoszenia			0,2635	0,2753	0,5098	0,8032	9,0020	5,5675	0,5253	0,2947	0,2197	0,5084
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m <sup>2</sup> ]	5 261									
Pojemność ciepła		[J/K]	1 367 977 572									
Stała czasowa		[h]	36									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub>			1									
Stała czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>			15									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub>			3,42									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1			4,42									
η			0,9923	0,9912	0,9486	0,8502	0,1110	0,1792	0,9444	0,9892	0,9956	
Zyski ciepła		[MJ]	153 741	144 934	226 123	229 470	29 341	31 991	186 142	127 982	118 211	1 247 935
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	434 264	386 168	241 481	106 533	14	74	189 062	310 989	422 193	2 090 778

## Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia węglowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,65	kocioł węglowy w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,80	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,77	brak regulacji centralnej i miejscowej
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,400	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	0,95	obniżenie nocne

### Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,98	kocioł gazowy kondensacyjny
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,90	przewody poziome i pionowe izolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,776	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	0,95	obniżenie nocne

### Z-13 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19
Gęstość wody	$\text{kg/dm}^3$	1
Powierzchnia $A_f$	$\text{m}^2$	5 630,0
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	0,80
	$\text{dm}^3/(\text{os.}\cdot\text{d})$	8
Liczba użytkowników	osób	450
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10
Współczynnik korekcyjny temperatury	-	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doba	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	$\text{kWh/rok}$	47 356,3
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	170,5
Sprawność wytwarzania	-	0,960
Sprawność przesyłu	-	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000
Sprawność całkowita	-	0,770
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{kWh/rok}$	61 501,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	221,4
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	$\text{GJ/h}$	0,250
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	1,133
Zużycie ciepła na ogrzanie $1 \text{ m}^3$ wody	$\text{GJ/m}^3$	0,135
Max. moc c.w.u.	$\text{kW}$	10,61
Średnia moc c.w.u.	$\text{kW}$	9,4
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	10,9

## Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 558 sztuk opraw o mocy 72 W, żarowe w ilości 21 sztuk opraw o mocy 60 W oraz reflektory na sali gimnastycznej w ilości 16 szt. o mocy 400 W.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przeanalizowano zgodnie z "Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 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 ich charakterystyki energetycznej".

Roczne zapotrzebowanie na energię do oświetlenia ocenianego budynku wyliczono według wzoru:

$$E_L = LENI \cdot A_f \quad [\text{kWh/rok}]$$

gdzie:

$LENI$  - roczne jednostkowe zużycie energii do oświetlenia [kWh/rok],

$A_f$  - powierzchnia użytkowa pomieszczeń, w których modernizowane jest oświetlenie [m<sup>2</sup>].

Roczne jednostkowe zużycie energii do oświetlenia  $LENI$  obliczono na podstawie wzoru:

$$LENI = P_N / 1000 \cdot t \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{rok})]$$

gdzie:

$P_N$  - jednostkowa moc opraw oświetlenia podstawowego w analizowanych pomieszczeniach [W/m],

$t$  - czas użytkowania oświetlenia [h/rok].

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabelach poniżej:

Rodzaj opraw oświetleniowych	Jednostkowa moc opraw oświetleniowych W	Ilość szt	Moc opraw oświetleniowych W
przed modernizacją	72	558	40 176
	60	21	1 260
	400	16	6 400
po modernizacji	45	558	25 110
	25	21	525
	200	16	3 200

Powierzchnia użytkowa $A_f$	Moc zainstalowanych opraw oświetleniowych $P_{rzecz}$	Moc jednostkowa $P_N$		Czas użytkowania oświetlenia $t$
		przed modernizacją	po modernizacji	
[m <sup>2</sup> ]	[W]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[h/rok]
5 630	47 836	8,5	5,1	1 400

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	11,90	7,17
Zużycie energii do oświetlenia $E_L$	[kWh/rok]	66 970,40	40 369,00
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,78	0,78
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	52 236,91	31 487,82
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	26 601,40	
	[%]	39,72	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	20 749,09	
Nakłady inwestycyjne <sup>1)</sup>	[zł]	500 721,04	
SPBT	[lata]	24,13	

1) W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia

## Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, drzwi i luxferów, wymiana instalacji c.o. i źródła ciepła, montaż Systemu Zarządzania Energią, wymiana oświetlenia wewnętrznego).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- węgiel kamienny – 1,1.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
<b>Energia końcowa:</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	8 587,77	2 385 491,67	2 385,49
zużycie po modernizacji	2 303,04	639 733,33	639,73
oszczędność	6 284,73	1 745 758,33	1 745,76
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	232,20	64 500,00	64,50
zużycie po modernizacji	136,43	37 898,60	37,90
oszczędność	95,77	26 601,40	26,60
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	8 819,97	2 449 991,67	2 449,99
zużycie po modernizacji	2 439,47	677 631,93	677,63
oszczędność	<b>6 380,50</b>	<b>1 772 359,73</b>	<b>1 772,36</b>
oszczędność %	<b>72,34</b>		
<b>Energia pierwotna</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	9 446,55	2 624 040,83	2 624,04
zużycie po modernizacji	2 533,34	703 706,67	703,71
oszczędność	6 913,20	1 920 334,16	1 920,33
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	696,60	193 500,00	193,50
zużycie po modernizacji	409,30	113 695,80	113,70
oszczędność	287,30	79 804,20	79,80
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	10 143,15	2 817 540,83	2 817,54
zużycie po modernizacji	2 942,65	817 402,47	817,41
oszczędność	<b>7 200,50</b>	<b>2 000 138,36</b>	<b>2 000,13</b>
oszczędność %	<b>70,99</b>		

## Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2016 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE)

	Roczna redukcja emisji CO <sub>2</sub>									
	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO <sub>2</sub>	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO <sub>2</sub>	emisja CO <sub>2</sub>	
	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
węgiel kamienny	8 587,77	-	94,73	813,52	-	-	94,73	-		
gaz ziemny		-			2 303,04	-	56,10	129,20		
energia elektryczna	-	64,50	0,832	53,66	-	37,90	0,832	31,53		
				<b>867,18</b>				<b>160,73</b>	<b>706,45</b>	<b>81,46</b>

	Roczna redukcja emisji CO <sub>2</sub> wynikająca ze zmiany źródła ciepła							
	Roczne zużycie energii	WE	emisja CO <sub>2</sub>	Roczne zużycie energii	WE	emisja CO <sub>2</sub>	emisja CO <sub>2</sub>	
	GJ	kg/ GJ	Mg	GJ	kg/ GJ	Mg	Mg	%
	przed modernizacją			po modernizacji			redukcja	
węgiel kamienny	8 587,77	94,73	813,52	-	-	-		
gaz ziemny	0,00	0,00	0,00	5 695,97	56,10	319,54		
			<b>813,52</b>			<b>319,54</b>	493,98	60,72

## **Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące**

W ramach przedsięwzięcia należy przeprowadzić niezbędne roboty towarzyszące, stanowiące element prac remontowych i modernizacyjnych, w tym m.in.:

- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orynnowania,
- wykonanie opaski fundamentowej wraz z izolacją termiczną w obrębie naświetli do 1 m, izolacją przeciwwilgociową po obkopaniu naświetli po obwodzie oraz dostosowaniem naświetli do wykonanych prac termomodernizacyjnych wraz z wykonaniem odwodnienia i odtworzeniem obarierowania,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- wymiana instalacji odgromowej,
- prace przy kominach,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszenia, drabiny, kraty, itp) w tym naprawa tynków wraz z gzymsami i malowanie elewacji,
- rozbiórkę wiatrołapu, wraz z wykonaniem schodów wejściowych i wymianą drzwi wejściowych,
- demontaż i utylizację starych futryn, luxferów, okien i drzwi,
- obróbkę nowych okien i drzwi,
- wykonanie rozdzielni elektrycznej odrębnej od ciągów wod.-kan.,
- w jadalni i świetlicy, po wymianie opraw oświetleniowych wykonanie zabudowy podwieszanych sufitów, wraz z dokonaniem niezbędnych prac podziałowych pomieszczenia,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termomodernizacyjnych oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.



## **Z-18 Efekt energetyczny i ekologiczny części budynku z nieuregulowanym stanem prawnym działki**

Poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej, redukcję emisji CO<sub>2</sub> oraz koszty przedsięwzięcia dla części budynku, dla której nie jest uregulowany stan prawny działki (sala gimnastyczna) i które są kosztami niekwalifikowanymi.

Powierzchnia użytkowa tej części budynku wynosi 649 m<sup>2</sup>, powierzchnia użytkowa całego budynku wynosi 5 630 m<sup>2</sup>. Powierzchnia tej części budynku stanowi 11,53%.

Oszczędność energii końcowej: 735,51 GJ; 204 309,32 kWh; 204,31 MWh.

Oszczędność energii pierwotnej: 830,04 GJ; 230 566,57 kWh; 230,57 MWh.

Redukcja emisji CO<sub>2</sub>: 81,44 Mg CO<sub>2</sub>

Niekwalifikowane koszty całego przedsięwzięcia = 7 107 061,96 zł \* 11,53% = 819 268,78 zł.