

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU**

**SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 3**

**im. Dąbrowszczaków**

**ul. Szczawińska 2**

**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		1966
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	ul.	Szczawińska nr bud. 2	
	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 			
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 (Zlecniodawcy) ..... 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. .... 8			
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..... 9			
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. .... 19			
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. .... 23			
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. .... 23			
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. .... 25			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 27			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. .... 31			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych..... 34			
ZAŁĄCZNIKI..... 35			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła. .... 35			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją. .... 36			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. .... 38			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację. .... 40			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. .... 40			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła. .... 40			
Z-7 Projektowana strata ciepła. .... 41			
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego. .... 43			
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu. .... 44			
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. .... 45			
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. .... 46			
Z-12 Sprawności systemu grzewczego. .... 47			
Z-13 Ciepła woda użytkowa. .... 48			
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne. .... 49			
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej..... 51			
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego ..... 52			
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące..... 53			

## 2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	4	4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]	11 000	11 000
4.	Powierzchnia netto budynku [m <sup>2</sup> ]	2 578	2 578
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	2 578	2 578
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	500	500
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]	0,458	0,458
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	0,829	0,212
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,568	0,172
3	Strop nad piwnicą	0,882	0,882
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,363	0,293
5	Okna, drzwi balkonowe	1,800	1,800
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	1,800	1,800
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,91	0,94
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 [-]	1,00	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	0,95

<b>4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej</b>					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,96	0,96	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	1,00	1,00	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	0,85	0,85	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
<b>5. Charakterystyka systemu wentylacji</b>					
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]	6 948	4 864	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,79	0,56	
<b>6. Charakterystyka energetyczna budynku</b>					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	219,31	149,54	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	29,18	17,96	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 508,33	750,37	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 690,56	861,74	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	95,20	95,20	
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)]	162,52	80,85	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	289,91	92,85	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
<b>7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)</b>					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	50,90	50,90	
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> ]	40,20	40,20	
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)]	4,54	1,53	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
<b>8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego</b>					
Planowana kwota kredytu <sup>1)</sup>	[zł]	2 119 784,83	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	65,65
Planowane koszty całkowite <sup>2)</sup>	[zł]	2 119 784,83	Premia termomodernizacyjna	[zł]	186 132,20
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	93 066,10			

<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 3 w Zgierzu, ul. Szczawińska 2 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 termo modernizacyjnego (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 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .**

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 budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1966
Adres budynku	ul. Szczawińska 2 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	
	1	3	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	11 000	513	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 578	183	
Współczynnik kształtu	0,458		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	2,8	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	500	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	12	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Stropodach wentylowany</b>		893,41	0,416
<b>Stropodach pełny</b>		130,50	0,568
<b>Dach sala</b>		203,92	0,148
<b>Dach szatnie</b>		34,38	0,514
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)</b>		1 693,92	0,829
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2] (51 cm)</b>		263,23	0,646
<b>Okna</b>	S	0,00	1,800
	SW	51,25	1,800
	W	0,00	1,800
	NW	259,31	1,800
	N	0,00	1,800
	NE	24,21	1,800
	E	0,00	1,800
	SE	196,60	1,800

Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Drzwi wejściowe</b>		17,81	1,800
<b>Drzwi wejściowe drewniane</b>		2,00	2,500
<b>Strop nad piwnicą</b>		229,15	0,882
<b>Podłoga na gruncie</b>		829,13	0,363
<b>Podłoga na gruncie sala</b>		203,92	0,382

## **5. Ocena stanu technicznego budynku**

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

W opracowaniu analizie poddano budynek Szkoły Podstawowej Nr 3, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Szczawińskiej 2. Budynek wybudowany w 1966 roku, podzielony jest na cztery segmenty: A, B, C, D. Segmenty połączone łącznikiem, tworzą zwartą bryłę. W latach 90 – tych obiekt rozbudowano o szatnię przy sali gimnastycznej i piętro nad łącznikiem. W segmentach A i B znajdują się sale lekcyjne, w segmencie C kuchnia i sale lekcyjne, natomiast w segmencie D – sala gimnastyczna z zapleczem. Segment C jest podpiwniczony. Obiekt wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany zewnętrzne wykonane z bloczków gazobetonowych grubości 38 cm i 51 cm, nieocieplone. Nad segmentami A, B, oraz zapleczem sali gimnastycznej zastosowano stropodach wentylowany, ocieplony płytami trzciniowymi, kryty papą. Nad salą gimnastyczną zastosowano dach, ocieplony styropapą grubości 20 cm. Nad dobudowanym piętrzem łącznika zastosowano stropodach pełny, ocieplony wełną mineralną grubości 5cm, natomiast nad dobudowaną szatnią dach konstrukcji drewnianej, ocieplony wełną mineralną grubości 5 cm, kryty papą. Ogólny stan techniczny budynku 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, dachy - 0,148; 0,416; 0,514; 0,568 W/m<sup>2</sup>K,



- ściany zewnętrzne	- 0,646; 0,829 W/m <sup>2</sup> K,
- strop nad piwnicą	- 0,882 W/m <sup>2</sup> K,
- podłoga na gruncie	- 0,363; 0,382 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 stropu nad piwnicą, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian 1 metr poniżej poziomu gruntu. Nie wpłynie to bezpośrednio na zmniejszenie zużycia energii, ale spowoduje podniesienie temperatury w piwnicy i mniejsze straty energii przez strop piwnicy. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie.

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 starą stolarkę okienną wymieniono na okna 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. Ze względu na niedostateczną wentylację pomieszczeń, spowodowaną zbyt dużą szczelnością okien, w opracowaniu przeanalizowano montaż higrosterowalnych nawiewników okiennych przy istniejącej stolarce 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 zamurowani pozostałej stolarki drzwiowej.

## 5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest kotłownia gazowa zlokalizowana w piwnicy budynku. Zainstalowane w 1991 r. kotły gazowe o mocy 4x76 kW są w złym stanie technicznym i w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana.

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 c.o.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych bezpośrednio przy punktach poboru. Przyjęte rozwiązania są prawidłowe, dlatego w dalszej części opracowania nie będzie analizowana modernizacja instalacji c.w.u.

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

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną. Ze względu na niedostateczną wentylację pomieszczeń, spowodowaną zbyt dużą szczelnością okien, w opracowaniu przeanalizowano montaż higrosterowalnych nawiewników okiennych przy istniejącej stolarce okiennej.

## **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 dachu nad łącznikiem,
- ocieplenie dachu nad szatniami,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- montaż nawiewników okiennych,
- częściową wymianę drzwi,
- wymianę źródła ciepła na potrzeby c.o.
- kompleksową wymianę instalacji c.o., 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 dachu nad łącznikiem. Ocieplenie dachu nad szatniami Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Montaż nawiewników okiennych. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Wymiana istniejących kotłów gazowych. 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:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{Ou} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \text{ [zł/rok]} \quad (2)$$

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 zł/m<sup>3</sup> 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  $Q_{0u}, Q_{1u}$ , oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- $U_c$  - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji,  $W/(m^2 \cdot K)$ , 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,  $m^2$ ,
- $S_d$  - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień $\cdot$ K/rok,

Liczbę stopniodni  $S_d$  oblicza się ze wzoru:

$$S_d = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)] L_d(m), \quad [\text{dzień} \cdot K/\text{rok}] \quad (4)$$

gdzie:

- $t_{wo}$  - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,  $^{\circ}C$ ,
- $t_e(m)$  - 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,  $^{\circ}C$ ,
- $L_d(m)$  - 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 ze wzoru:

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

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,  $^{\circ}C$
- $A$  - 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
$T_e(m)$	-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 stropodachu wentylowanego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu wentylowanego granulatem wełny mineralnej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 893,41 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 2,406 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 804 [m<sup>2</sup>]

Materiał: granulát

U<sub>0</sub> = 0,416 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

λ = 0,044 [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	1,136	3,542	0,282	80,55	0,010	80 400,00	1 936,36	41,521
0,06	1,364	3,770	0,265	75,69	0,009	83 455,20	2 183,54	38,220
0,07	1,591	3,997	0,250	71,39	0,009	86 510,40	2 402,60	36,007
0,08	1,818	4,224	0,237	67,55	0,008	89 565,60	2 598,09	34,474
0,09	2,045	4,451	0,225	64,10	0,008	92 620,80	2 773,62	33,393
0,10	2,273	4,679	0,214	60,99	0,008	95 676,00	2 932,10	32,631
0,11	2,500	4,906	0,204	58,16	0,007	98 731,20	3 075,89	32,098
0,12	2,727	5,133	0,195	55,58	0,007	101 786,40	3 206,95	31,739
0,13	2,955	5,360	0,187	53,23	0,007	104 841,60	3 326,90	31,513
0,14	3,182	5,588	0,179	51,06	0,006	107 896,80	3 437,09	31,392
0,15	3,409	5,815	0,172	49,07	0,006	110 952,00	3 538,67	31,354
0,16	3,636	6,042	0,166	47,22	0,006	114 007,20	3 632,60	31,384
0,17	3,864	6,270	0,160	45,51	0,006	117 062,40	3 719,73	31,471
0,18	4,091	6,497	0,154	43,92	0,006	120 117,60	3 800,76	31,604
0,19	4,318	6,724	0,149	42,43	0,005	123 172,80	3 876,31	31,776
0,20	4,545	6,951	0,144	41,05	0,005	126 228,00	3 946,92	31,981
0,21	4,773	7,179	0,139	39,75	0,005	129 283,20	4 013,06	32,216
0,22	5,000	7,406	0,135	38,53	0,005	132 338,40	4 075,14	32,475
0,23	5,227	7,633	0,131	37,38	0,005	135 393,60	4 133,52	32,755
0,24	5,455	7,860	0,127	36,30	0,005	138 448,80	4 188,53	33,054
0,25	5,682	8,088	0,124	35,28	0,004	141 504,00	4 240,45	33,370

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.

## Usprawnienia dotyczące dachu nad szatniami

Rozpatruje się ocieplenie dachu nad szatniami styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	34,38	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 = 1,946$	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 35	[m <sup>2</sup> ]		
Materiał: styropapa			$U_0 = 0,514$	[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 2015 r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogrz}$	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	3,196	0,313	3,44	0,000	6 841,06	112,35	60,891
0,06	1,500	3,446	0,290	3,19	0,000	7 016,39	125,04	56,114
0,07	1,750	3,696	0,271	2,97	0,000	7 191,71	136,01	52,877
0,08	2,000	3,946	0,253	2,78	0,000	7 367,03	145,59	50,602
0,09	2,250	4,196	0,238	2,62	0,000	7 542,36	154,03	48,967
0,10	2,500	4,446	0,225	2,47	0,000	7 717,68	161,52	47,782
0,11	2,750	4,696	0,213	2,34	0,000	7 893,01	168,21	46,923
0,12	3,000	4,946	0,202	2,22	0,000	8 068,33	174,23	46,310
0,13	3,250	5,196	0,192	2,11	0,000	8 243,65	179,66	45,884
0,14	3,500	5,446	0,184	2,02	0,000	8 418,98	184,60	45,607
0,15	3,750	5,696	0,176	1,93	0,000	8 594,30	189,10	45,447
0,16	4,000	5,946	0,168	1,85	0,000	8 769,62	193,23	45,384
0,17	4,250	6,196	0,161	1,77	0,000	8 944,95	197,02	45,401
0,18	4,500	6,446	0,155	1,70	0,000	9 120,27	200,52	45,483
0,19	4,750	6,696	0,149	1,64	0,000	9 295,59	203,76	45,621
0,20	5,000	6,946	0,144	1,58	0,000	9 470,92	206,76	45,806
0,21	5,250	7,196	0,139	1,53	0,000	9 646,24	209,56	46,032
0,22	5,500	7,446	0,134	1,47	0,000	9 821,57	212,16	46,292
0,23	5,750	7,696	0,130	1,43	0,000	9 996,89	214,60	46,583
0,24	6,000	7,946	0,126	1,38	0,000	10 172,21	216,89	46,901
0,25	6,250	8,196	0,122	1,34	0,000	10 347,54	219,03	47,242

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 16 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 16 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 dachu nad łącznikiem

Rozpatruje się ocieplenie dachu nad łącznikiem styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	130,50	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 =$	1,761	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 131	[m <sup>2</sup> ]			
Materiał: styropapa			$U_0 =$	0,568	[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 2015 r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogrz}$	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	3,011	0,332	13,84	0,002	26 099,20	499,93	52,206
0,06	1,500	3,261	0,307	12,78	0,002	26 751,68	553,93	48,295
0,07	1,750	3,511	0,285	11,87	0,001	27 404,16	600,23	45,656
0,08	2,000	3,761	0,266	11,08	0,001	28 056,64	640,39	43,812
0,09	2,250	4,011	0,249	10,39	0,001	28 709,12	675,54	42,498
0,10	2,500	4,261	0,235	9,78	0,001	29 361,60	706,56	41,556
0,11	2,750	4,511	0,222	9,24	0,001	30 014,08	734,14	40,883
0,12	3,000	4,761	0,210	8,75	0,001	30 666,56	758,83	40,413
0,13	3,250	5,011	0,200	8,32	0,001	31 319,04	781,06	40,098
0,14	3,500	5,261	0,190	7,92	0,001	31 971,52	801,17	39,906
0,15	3,750	5,511	0,181	7,56	0,001	32 624,00	819,46	39,812
0,16	4,000	5,761	0,174	7,23	0,001	33 276,48	836,16	39,797
0,17	4,250	6,011	0,166	6,93	0,001	33 928,96	851,47	39,847
0,18	4,500	6,261	0,160	6,66	0,001	34 581,44	865,56	39,953
0,19	4,750	6,511	0,154	6,40	0,001	35 233,92	878,57	40,104
0,20	5,000	6,761	0,148	6,16	0,001	35 886,40	890,61	40,294
0,21	5,250	7,011	0,143	5,94	0,001	36 604,13	901,80	40,590
0,22	5,500	7,261	0,138	5,74	0,001	37 256,61	912,22	40,842
0,23	5,750	7,511	0,133	5,55	0,001	37 909,09	921,94	41,119
0,24	6,000	7,761	0,129	5,37	0,001	38 561,57	931,04	41,418
0,25	6,250	8,011	0,125	5,20	0,001	39 214,05	939,56	41,736

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 16 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 16cm 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-1] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezpoinową.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 1\,693,92 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 1,207 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 1\,798 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{styropian} & U_0 &= 0,829 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

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	1,250	2,457	0,407	220,22	0,028	517 824,00	11 611,63	44,595
0,06	1,500	2,707	0,369	199,88	0,025	522 094,25	12 646,91	41,282
0,07	1,750	2,957	0,338	182,98	0,023	527 218,55	13 507,11	39,033
0,08	2,000	3,207	0,312	168,71	0,021	533 196,90	14 233,19	37,462
0,09	2,250	3,457	0,289	156,51	0,020	540 029,30	14 854,23	36,355
0,10	2,500	3,707	0,270	145,95	0,018	547 715,75	15 391,50	35,586
0,11	2,750	3,957	0,253	136,73	0,017	556 256,25	15 860,87	35,071
0,12	3,000	4,207	0,238	128,60	0,016	565 650,80	16 274,46	34,757
0,13	3,250	4,457	0,224	121,39	0,015	575 899,40	16 641,64	34,606
0,14	3,500	4,707	0,212	114,94	0,014	587 002,05	16 969,81	34,591
0,15	3,750	4,957	0,202	109,14	0,014	598 958,75	17 264,88	34,692
0,16	4,000	5,207	0,192	103,90	0,013	611 769,50	17 531,62	34,895
0,17	4,250	5,457	0,183	99,14	0,012	625 434,30	17 773,91	35,188
0,18	4,500	5,707	0,175	94,80	0,012	639 953,15	17 994,97	35,563
0,19	4,750	5,957	0,168	90,82	0,011	655 326,05	18 197,48	36,012
0,20	5,000	6,207	0,161	87,16	0,011	671 553,00	18 383,67	36,530
0,21	5,250	6,457	0,155	83,79	0,010	688 634,00	18 555,44	37,112
0,22	5,500	6,707	0,149	80,66	0,010	706 569,05	18 714,41	37,755
0,23	5,750	6,957	0,144	77,77	0,010	725 358,15	18 861,95	38,456
0,24	6,000	7,207	0,139	75,07	0,009	745 001,30	18 999,26	39,212
0,25	6,250	7,457	0,134	72,55	0,009	765 498,50	19 127,36	40,021

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 ścian zewnętrznych wynosi  $0,23 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. W powierzchni i kosztach ocieplenia uwzględniono ocieplenie ścian do poziomu 1 m poniżej gruntu. 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 = 263,23 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,549 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 298 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropian

U<sub>0</sub> = 0,646 [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	2,799	0,357	30,03	0,004	82 844,00	1 233,58	67,157
0,06	1,500	3,049	0,328	27,57	0,003	83 589,00	1 358,91	61,512
0,07	1,750	3,299	0,303	25,48	0,003	84 483,00	1 465,24	57,658
0,08	2,000	3,549	0,282	23,68	0,003	85 526,00	1 556,59	54,944
0,09	2,250	3,799	0,263	22,12	0,003	86 718,00	1 635,92	53,009
0,10	2,500	4,049	0,247	20,76	0,003	88 059,00	1 705,45	51,634
0,11	2,750	4,299	0,233	19,55	0,002	89 549,00	1 766,89	50,682
0,12	3,000	4,549	0,220	18,48	0,002	91 188,00	1 821,58	50,060
0,13	3,250	4,799	0,208	17,51	0,002	92 976,00	1 870,57	49,705
0,14	3,500	5,049	0,198	16,65	0,002	94 913,00	1 914,71	49,571
0,15	3,750	5,299	0,189	15,86	0,002	96 999,00	1 954,68	49,624
0,16	4,000	5,549	0,180	15,15	0,002	99 234,00	1 991,05	49,840
0,17	4,250	5,799	0,172	14,49	0,002	101 618,00	2 024,29	50,199
0,18	4,500	6,049	0,165	13,89	0,002	104 151,00	2 054,77	50,687
0,19	4,750	6,299	0,159	13,34	0,002	106 833,00	2 082,84	51,292
0,20	5,000	6,549	0,153	12,83	0,002	109 664,00	2 108,77	52,004
0,21	5,250	6,799	0,147	12,36	0,002	112 644,00	2 132,78	52,815
0,22	5,500	7,049	0,142	11,92	0,001	115 773,00	2 155,10	53,721
0,23	5,750	7,299	0,137	11,51	0,001	119 051,00	2 175,88	54,714
0,24	6,000	7,549	0,132	11,13	0,001	122 478,00	2 195,29	55,791
0,25	6,250	7,799	0,128	10,78	0,001	126 054,00	2 213,46	56,949

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 ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. W powierzchni i kosztach ocieplenia uwzględniono ocieplenie ścian do poziomu 1 m poniżej gruntu oraz zamurowanie otworu po nieużytkowanych drzwiach wejściowych. 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.

Wzór (11) dotyczący wartości zapotrzebowania na moc cieplną  $q_0$ ,  $q_1$  w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, oraz objaśnienie otrzymują brzmienie

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

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 drzwi (o powierzchni około  $2,0 \text{ m}^2$ ) 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	2,5	1,1	1,0	5,39	0,001	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	4,54	0,001	43,58	3 500,00	80,32
2	1,6	1,0	1,0	4,47	0,001	46,83	3 700,00	79,01
3	1,5	1,0	1,0	4,41	0,001	50,08	3 900,00	77,88

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  $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Jednakże ze względu na bardzo długi okres zwrotu inwestycji, przedsięwzięcie to jest nieopłacalne ze względów ekonomicznych i nie będzie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących zastosowania nawiewników okiennych w ilości 120 szt. przedstawiono 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	1,7	1,0	1,0	1 106,62	0,043	-	-	-
1	1,7	0,7	1,0	861,18	0,043	12 491,93	78 000,00	6,24

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	Montaż nawiewników okiennych	78 000,00	6,24
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	110 952,00	31,35
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	587 002,05	34,59
4	Ocieplenie dachu nad łącznikiem	33 276,48	39,80
5	Ocieplenie dachu nad szatniami	8 769,62	45,38
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	94 913,00	49,57

#### 7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robocizną, 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	Montaż nawiewników okiennych	78 000,00	6,24
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	110 952,00	31,35
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	587 002,05	34,59
4	Ocieplenie dachu nad łącznikiem	33 276,48	39,80
5	Ocieplenie dachu nad szatniami	8 769,62	45,38
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	94 913,00	49,57
	Ogółem	912 913,15	



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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Montaż nawiewników okiennych	78 000,00	6,24
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	110 952,00	31,35
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	587 002,05	34,59
4	Ocieplenie dachu nad łącznikiem	33 276,48	39,80
5	Ocieplenie dachu nad szatniami	8 769,62	45,38
	Ogółem	818 000,15	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Montaż nawiewników okiennych	78 000,00	6,24
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	110 952,00	31,35
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	587 002,05	34,59
4	Ocieplenie dachu nad łącznikiem	33 276,48	39,80
	Ogółem	809 230,53	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Montaż nawiewników okiennych	78 000,00	6,24
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	110 952,00	31,35
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	587 002,05	34,59
	Ogółem	775 954,05	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Montaż nawiewników okiennych	78 000,00	6,24
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	110 952,00	31,35
	Ogółem	188 952,00	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Montaż nawiewników okiennych	78 000,00	6,24
	Ogółem	78 000,00	

### 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 zarówno kotły, instalacja c.o. jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na wymianie istniejących kotłów na kondensacyjny kocioł gazowy, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano 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 CO zał. 7	MW	0,2193	0,2193
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności zał. 11	GJ/rok	1 508	1 508
3	Ogólna sprawność CO wg. Zał. 12	-	0,5606	0,7445
4	Obniżenie nocne <sup>1)</sup>	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe <sup>1)</sup>	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	2 690,28	1 732,02
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	140 467,07	91 695,09
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		48 771,98
9	Koszt modernizacji	zł		1 206 871,68
10	SPBT	lat		24,75

<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</sub> *w/η	Opłata CO	q <sub>CWU</sub>	Q <sub>CWU</sub>	Opłata CWU	Q <sub>CO+CWU</sub>	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok				
0	0,2193	1 508,17	0,5606	1	2 690,28	140 467,07	0,014	95,20	16 561,94	2 785	157 029,01				
I+A	0,1495	750,37	0,7445	0,855	861,74	47 400,97	0,014	95,20	16 561,94	957	63 962,91	1 829	65,65	93 066,10	
II+A	0,1545	788,25	0,7445	0,855	905,24	49 614,97	0,014	95,20	16 561,94	1 000	66 176,91	1 785	64,08	90 852,10	
III+A	0,1550	791,96	0,7445	0,855	909,51	49 832,29	0,014	95,20	16 561,94	1 005	66 394,23	1 781	63,93	90 634,78	
IV+A	0,1570	807,78	0,7445	0,855	927,68	50 757,08	0,014	95,20	16 561,94	1 023	67 319,02	1 763	63,28	89 709,99	
V+A	0,2106	1 223,13	0,7445	0,855	1 404,67	75 034,15	0,014	95,20	16 561,94	1 500	91 596,09	1 286	46,15	65 432,92	
VI+A	0,2191	1 289,48	0,7445	0,855	1 480,87	78 912,46	0,014	95,20	16 561,94	1 576	95 474,40	1 209	43,42	61 554,61	
A	0,2193	1 508,17	0,7445	0,855	1 732,02	91 695,09	0,014	95,20	16 561,94	1 827	108 257,03	958	34,40	48 771,98	

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]	[%]	20% kredytu [zł]	16% kosztów całkowitych [zł]	2 lata oszczędności [zł]
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1	I+A	2 119 784,83	93 066,10	65,65	0,00	0,00	423 956,97	339 165,57	186 132,20
2	II+A	2 024 871,83	90 852,10	64,08	0,00	0,00	404 974,37	323 979,49	181 704,20
3	III+A	2 016 102,21	90 634,78	63,93	0,00	0,00	403 220,44	322 576,35	181 269,56
4	IV+A	1 982 825,73	89 709,99	63,28	0,00	0,00	396 565,15	317 252,12	179 419,98
5	V+A	1 395 823,68	65 432,92	46,15	0,00	0,00	279 164,74	223 331,79	130 865,84
6	VI+A	1 284 871,68	61 554,61	43,42	0,00	0,00	256 974,34	205 579,47	123 109,22
7	A	1 206 871,68	48 771,98	34,40	0,00	0,00	241 374,34	193 099,47	97 543,96

<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 1 761 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 14 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,212 W/m<sup>2</sup>\*K. Dodatkowo w kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wykonanie izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz ocieplenie ściany poniżej gruntu o powierzchni około 37 m<sup>2</sup> na głębokość jednego metra, styroporem lub styropianem XPS o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia  $\lambda \leq 0,032$  W/m\*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, roboty ziemne, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] (wraz ze ścianą powstałą po zamurowaniu otworu po nieużytkowanych drzwiach wejściowych) o powierzchni około 285 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 14 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,198 W/m<sup>2</sup>\*K. Dodatkowo w kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wykonanie izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz ocieplenie ściany poniżej gruntu o powierzchni około 13 m<sup>2</sup> na głębokość jednego metra, styroporem lub styropianem XPS o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia  $\lambda \leq 0,032$  W/m\*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, roboty ziemne, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia

### 3. Ocieplenie stropodachu wentylowanego

Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 804 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej o grubości minimum 15 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,044 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,172 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.

### 4. Ocieplenie stropodachu nad szatniami

Ocieplenie stropodachu nad szatniami o powierzchni około 35 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 16 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,168 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.

### 5. Ocieplenie stropodachu nad łącznikiem

Ocieplenie stropodachu nad łącznikiem o powierzchni około 131 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 16 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ . 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.

6. Montaż higrosterowalnych nawiewników okiennych przy oknach w ilości 120 sztuk. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

7. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania oraz źródła ciepła poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 140 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 140 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- montaż instalacji mieszania pompowego,
- regulację instalacji grzewczej,
- wymianę istniejących kotłów gazowych na kondensacyjny kocioł gazowy o mocy ok. 150 kW, wraz z adaptacją niezbędnych pomieszczeń kotłowni z uwzględnieniem wszelkich wymagań p.poż. i norm,

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.

8. 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, zużycie wody, 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 zużycia 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 umożliwić komunikację opartą na otwartych protokołach komunikacyjnych.

## **10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych**

<b>1</b>	<b>Całkowity koszt robót szacuje się na</b>	<b>2 119 784,83 zł</b>
<b>2</b>	<b>Przewidywana premia termomodernizacyjna</b>	<b>186 132,20 zł</b>
<b>3</b>	<b>Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji</b>	<b>93 066,10 zł</b>
<b>4</b>	<b>Czas zwrotu nakładów SPBT</b>	<b>22,78 lat</b>

*Bllosolste*

*mgr inż. Barbara Kosowska*

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania obecnie i docelowo		
Zużycie gazu	[m <sup>3</sup> ]	74 482
	[kWh]	835 685
Współczynnik konwersji	[kWh/m <sup>3</sup> ]	11,220
Taryfa		W-4
Ceny gazu		
- za paliwo gazowe	[zł/kWh]	0,10865
- za przesył -stała	[zł/m-c]	222,34
- za przesył - zmienna	[zł/kWh]	0,0246
- abonament	[zł/m-c]	17,60
Koszt gazu zmienny	[zł]	111 321,60
Ciepło w gazie	[GJ]	2690,28
Cena ciepła netto	[zł/GJ]	41,38
Cena ciepła brutto	[zł/GJ]	50,90
Opłata stała za gaz	[zł/rok]	2 879,28
Koszty stałe netto	[zł/rok]	2 879,28
Koszty stałe brutto	[zł/rok]	3 541,51

Cena jednostkowa energii elektrycznej na potrzeby ciepłej wody użytkowej obecnie i docelowo

Zużycie energii elektrycznej						
Rok	Moc przyłączeniowa	Zużycie	Jedn. cena brutto	Zużycie	Jedn. cena brutto	Wartość brutto
-	[kW]	[kWh]	[zł/kWh]	[GJ]	[zł/GJ]	[zł]
2013	30,0	44 025,0	0,58	158,490	161,00	25 516,28
2014	30,0	39 654,0	0,59	142,754	164,45	23 476,55
<b>Średnia</b>		<b>41 839,5</b>	<b>0,59</b>	<b>150,62</b>	<b>162,73</b>	<b>24 496,42</b>

## Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	$m^2K/W$	[ $W/m^2K$ ]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,416
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyty trzcinowe	5,0	0,050	0,070	0,714	
	Pustka powietrzna	50,0	0,5		0,160	
	Płyty trzcinowe	7,0	0,07	0,070	1,000	
	Strop DZ-3	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				2,266	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				2,406	
Stropodach pełny	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,568
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Gruz siporeksowy	10,0	0,100	0,380	0,263	
	Wetna mineralna	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Płyta betonowa	15,0	0,15	1,30	0,115	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				1,621	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,761	
	Dach sala	Styropapa	10,0	0,100	0,040	
Styropian		10,0	0,100	0,040	2,500	
Szlichta cementowa		2,5	0,025	1,000	0,025	
Płyty trzcinowe		10,0	0,100	0,070	1,429	
Papa asfaltowa		1,5	0,015	0,180	0,083	
Płyty korytkowe		10,0	0,1	1,00	0,100	
R					6,637	
Rsi					0,100	
Rse					0,040	
R <sub>T</sub>					6,777	
Dach szatnie		Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083
	Deska sosnowa	1,9	0,019	0,160	0,119	
	Wetna mineralna	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Płyty pilśniowe twarde	12,5	0,125	0,180	0,694	
	R				1,806	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,946	

Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,829
	Mur z gazobetonu	38,0	0,380	0,380	1,000	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,037	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,207	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (51 cm)	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,646
	Mur z gazobetonu	51,0	0,510	0,380	1,342	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,379	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,549	
Strop nad piwnicą	Płytki	1,0	0,01	1,05	0,010	0,882
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,00	0,020	
	Jastrych	3,0	0,03	0,52	0,058	
	Płyty trzcinowe	3,0	0,03	0,07	0,429	
	Strop DZ-3	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,82	0,018	
	R				0,794	
	R <sub>si</sub>				0,170	
	R <sub>se</sub>				0,170	
R <sub>T</sub>				1,134		
Podłoga na gruncie	Płytki	1,0	0,010	1,050	0,010	0,363
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Płyty trzcinowe	7,0	0,07	0,07	1,000	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	1,00	0,150	
	R				1,273	
	Opór zastępczy gruntu				1,482	
	R <sub>T</sub>				2,755	
Podłoga na gruncie sala	Klepka	2,5	0,025	0,220	0,114	0,382
	Ślepa podłoga	2,5	0,025		0,190	
	Żużel	10,0	0,1	0,20	0,500	
	Szlichta cementowa	4,0	0,04	1,00	0,040	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	1,00	0,150	
	R				1,077	
	Opór zastępczy gruntu				1,539	
	R <sub>T</sub>				2,616	
Okna nowe				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,700	1,0	1,700
Drzwi wejściowe nowe				1,700	1,0	1,700
Drzwi wejściowe stare				2,500	1,0	2,500

### 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	0,172		
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030			
	Płyty trzciniowe	5,0	0,050	0,070	0,714			
	Pustka powietrzna	50,0	0,500		0,160			
	Płyty trzciniowe	7,0	0,070	0,070	1,000			
	Strop DZ-3	24,0	0,240	0,000	0,260			
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018			
	Wełna mineralna	15,0	0,150	0,044	3,409			
	$R$				5,675			
	$R_{si}$				0,100			
	$R_{se}$				0,040			
	$R_T$				5,815			
	<b>Stropodach pełny</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180		0,083	0,174
Szlichta cementowa		3,0	0,030	1,000	0,030			
Gruz siporeksowy		10,0	0,100	0,380	0,263			
Wełna mineralna		5,0	0,050	0,045	1,111			
Płyta betonowa		15,0	0,150		0,115			
Tynk cem.-wap.		1,5	0,015	1,000	0,018			
Styropapa		16,0	0,160	0,040	4,000			
$R$					5,621			
$R_{si}$					0,100			
$R_{se}$					0,040			
$R_T$					5,761			
<b>Dach sala</b>		Styropapa	10,0	0,1	0,040	2,500	0,148	
		Styropian	10,0	0,1	0,040	2,500		
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025			
	Płyty trzciniowe	10,0	0,1	0,070	1,429			
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083			
	Płyty korytkowe	10,0	0,1	1,000	0,100			
	$R$				6,637			
	$R_{si}$				0,100			
	$R_{se}$				0,040			
	$R_T$				6,777			
<b>Dach szatnie</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,163		
	Deska sosnowa	1,9	0,019	0,160	0,119			
	Wełna mineralna	5,0	0,05	0,045	1,111			
	Płyty pilśniowe twarde	12,5	0,125	0,180	0,694			
	Styropapa	16,0	0,160	0,040	4,000			
	$R$				6,008			
	$R_{si}$				0,100			
	$R_{se}$				0,040			
	$R_T$				6,148			

Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,212
	Mur z gazobetonu	38,0	0,38	0,380	1,000	
	Styropian	14,0	0,14	0,040	3,500	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				4,537	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				4,707	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (51 cm)	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,198
	Mur z gazobetonu	51,0	0,51	0,380	1,342	
	Styropian	14,0	0,14	0,040	3,500	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				4,891	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				5,061	
Strop nad piwnicą	Płytki	1,0	0,010	1,050	0,010	0,882
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,000	0,020	
	Jastrych	3,0	0,03	0,520	0,058	
	Płyty trzcinowe	3,0	0,03	0,070	0,429	
	Strop DZ-3	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,794	
	R <sub>si</sub>				0,170	
	R <sub>se</sub>				0,170	
	R <sub>T</sub>				1,134	
Podłoga na gruncie	Płytki	1,0	0,010	1,050	0,010	0,293
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Płyty trzcinowe	7,0	0,07	0,070	1,000	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	R				1,273	
	Opór zastępczy gruntu				2,140	
	R <sub>T</sub>				3,413	
Podłoga na gruncie sala	Kleпка	2,5	0,03	0,220	0,114	0,300
	Ślepa podłoga	2,5	0,03		0,190	
	Żużel	10,0	0,10	0,200	0,500	
	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				1,077	
	Opór zastępczy gruntu				2,254	
	R <sub>T</sub>				3,331	
Okna nowe				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,7	1,000	1,700
Drzwi wejściowe				1,7	1,000	1,700
Drzwi wejściowe stare				2,5	1,000	2,500



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

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana $V_{ve}$	[m <sup>3</sup> ]	8 754		
Powierzchnia ogrzewana $A_f$	[m <sup>2</sup> ]	2 578		
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]	1,44		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m <sup>3</sup> /s]	0,49	0,49	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m <sup>3</sup> /s]	1,93	1,93	
Współczynniki korekcyjne	$c_r$	-	1,0	0,7
	$c_w$	-	1,0	1,0
	$c_m$	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /s]	1,93	1,35	
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /h]	6 948	4 864	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	2 316,00	1 621,20	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,79	0,56	

#### 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		8 754	0,5			4 376,9

#### Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	2 578	4,7	12 117

## Z-7 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_t$	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Phi$ [kW]
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]		
Stropodach wentylowany	893,41	0,416	1,0	371	40	14,85
Stropodach pełny	130,50	0,568	1,0	74		2,96
Dach sala	203,92	0,148	1,0	30		1,20
Dach szatnie	34,38	0,514	1,0	18		0,71
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 693,92	0,829	1,0	1 404		56,16
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	265,15	0,646	1,0	171		6,85
Okna	531,37	1,700	1,0	903		36,13
Drzwi wejściowe nowe	17,81	1,700	1,0	30		1,21
Drzwi wejściowe drewniane	2,00	2,500	1,0	5		0,20
Strop nad piwnicą	229,15	0,882	0,80	162		6,47
Podłoga na gruncie	829,13	0,363	1,0	301		12,04
Podłoga na gruncie sala	203,92	0,382	1,0	78		3,12
Mostki liniowe	l	$\psi$	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	483,56	0,190	1,0	92		3,68
nadproża	303,26	0,600	1,0	182		7,28
podokien	303,26	0,570	1,0	173		6,91
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				3 994		159,77
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		4 377	0,34	1488	59,53	
<b>OGÓLEM</b>					<b>219,29</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]	[°C]	[kW]	
Stropodach wentylowany	893,41	0,172	1,0	154	40	6,15	
Stropodach pełny	130,50	0,174	1,0	23		0,91	
Dach sala	203,92	0,148	1,0	30		1,20	
Dach szatnie	34,38	0,163	1,0	6		0,22	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1693,92	0,212	1,0	360		14,40	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	267,15	0,198	1,0	53		2,11	
Okna nowe	531,37	1,700	1,0	903		36,13	
Drzwi wejściowe	17,81	1,700	1,0	30		1,21	
Strop nad piwnicą	229,15	0,882	0,80	162		6,47	
Podłoga na gruncie	829,13	0,363	1,0	301		12,04	
Podłoga na gruncie sala	203,92	0,382	1,0	78		3,12	
Mostki liniowe	l	$\psi$	$\square$				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	483,56	0,050	1,0	24		0,97	
nadproża	303,26	0,200	1,0	61		2,43	
podokien	303,26	0,220	1,0	67		2,67	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				2 250		90,01	
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$			
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]			
		4 377	0,34	1488		59,53	
<b>OGÓŁEM</b>					<b>149,54</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> ]											
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	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	51,25	35,87	0,67	3 304	3 176	6 228	7 637	10 168	6 489	4 995	2 334	1 794	46 124
W	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	259,31	181,51	0,67	8 484	9 441	20 943	32 573	42 152	25 953	15 751	8 165	6 873	170 334
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	24,21	16,95	0,67	792	881	2 011	3 127	4 185	2 401	1 469	762	642	16 271
E	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	196,60	137,62	0,67	12 984	12 509	26 902	31 459	41 858	24 207	18 454	8 913	7 061	184 346
Razem	531,37	371,96		25 564	26 007	56 084	74 796	98 362	59 050	40 668	20 174	16 370	417 075
OGÓLEM	531,37	371,96		25 564	26 007	56 084	74 796	98 362	59 050	40 668	20 174	16 370	417 075

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> ]											
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	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	51,25	35,87	0,67	3 304	3 176	6 228	7 637	10 168	6 489	4 995	2 334	1 794	46 124
W	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	259,31	181,51	0,67	8 484	9 441	20 943	32 573	42 152	25 953	15 751	8 165	6 873	170 334
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	24,21	16,95	0,67	792	881	2 011	3 127	4 185	2 401	1 469	762	642	16 271
E	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	196,60	137,62	0,67	12 984	12 509	26 902	31 459	41 858	24 207	18 454	8 913	7 061	184 346
Razem	531,37	371,96		25 564	26 007	56 084	74 796	98 362	59 050	40 668	20 174	16 370	417 075
OGÓLEM	531,37	371,96		25 564	26 007	56 084	74 796	98 362	59 050	40 668	20 174	16 370	417 075

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. 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
Straty												
H <sub>tr</sub> , H <sub>vs</sub>												
Stropodach wentylowany		[MJ]	20 887	18 865	16 610	11 935	1 043	1 139	13 328	15 593	19 196	118 594
Stropodach pełny		[MJ]	4 167	3 764	3 314	2 381	208	227	2 659	3 111	3 830	23 663
Dach sala		[MJ]	1 692	1 529	1 346	967	84	92	1 080	1 264	1 555	9 610
Dach szatnie		[MJ]	994	898	790	568	50	54	634	742	913	5 643
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)		[MJ]	78 964	71 322	62 795	45 122	3 942	4 306	50 387	58 950	72 572	448 361
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (51 cm)		[MJ]	9 630	8 698	7 658	5 503	481	525	6 145	7 189	8 850	54 678
Okna		[MJ]	50 809	45 892	40 405	29 033	2 537	2 771	32 421	37 931	46 695	288 493
Okna stare		[MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drzwi wejściowe nowe		[MJ]	1 703	1 538	1 354	973	85	93	1 086	1 271	1 565	9 667
Drzwi wejściowe drewniane		[MJ]	281	254	224	161	14	15	179	210	258	1 597
Strop nad piwnicą		[MJ]	9 092	8 212	7 230	5 196	454	496	5 802	6 788	8 356	51 626
Mostki liniowe		[MJ]	25 125	22 693	19 980	14 357	1 254	1 370	16 032	18 757	23 091	142 659
Podłoga na gruncie		[MJ]	16 928	15 290	13 462	9 673	845	923	10 802	12 638	15 558	96 121
Podłoga na gruncie sala		[MJ]	4 385	3 960	3 487	2 505	219	239	2 798	3 273	4 030	24 896
Straty przez przegrody		[MJ]	224 657	202 916	178 655	128 375	11 216	12 251	143 352	167 716	206 470	1 275 607
Wentylacja		[MJ]	130 267	117 660	103 593	74 438	6 503	7 104	83 123	97 250	119 721	739 659
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	354 923	320 576	282 249	202 813	17 719	19 354	226 475	264 966	326 191	2 015 267
Zyski słoneczne		[MJ]	25 564	26 007	56 084	74 796	98 362	59 050	40 668	20 174	16 370	417 075
Zyski wewnętrzne		[MJ]	32 453	29 312	32 453	31 406	5 234	5 234	32 453	31 406	32 453	232 406
Razem zyski		[MJ]	58 017	55 319	88 537	106 202	103 597	64 284	73 121	51 581	48 823	649 481
Stosunek zysków do przenoszenia			0,1635	0,1726	0,3137	0,5236	5,8467	3,3214	0,3229	0,1947	0,1497	0,3223
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m <sup>2</sup> ]	2 761									
Pojemność ciepła		[J/K]	717 943 990									
Stała czasowa		[h]	32									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub>			1									
Stała czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>		[h]	15									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub>			3,11									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1			4,11									
η												
Zyski ciepła		[MJ]	0,9970	0,9965	0,9811	0,9314	0,1704	0,2960	0,9796	0,9950	0,9977	
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	57 842	55 124	86 866	98 912	17 658	19 027	71 630	51 323	48 709	507 093
		[MJ]	297 081	265 452	195 382	103 901	61	327	154 845	213 643	277 482	1 508 174

**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. miesięczą	[°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]	8 642	7 805	6 872	4 938	431	471	5 514	6 451	7 942	49 067
Stropodach pełny	[MJ]	1 274	1 151	1 013	728	64	69	813	951	1 171	7 234
Dach sala	[MJ]	1 692	1 529	1 346	967	84	92	1 080	1 264	1 555	9 610
Dach szatnie	[MJ]	315	284	250	180	16	17	201	235	289	1 786
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	[MJ]	20 243	18 284	16 098	11 568	1 011	1 104	12 917	15 113	18 605	114 942
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (51 cm)	[MJ]	2 969	2 682	2 361	1 697	148	162	1 895	2 217	2 729	16 858
Okna	[MJ]	50 809	45 892	40 405	29 033	2 537	2 771	32 421	37 931	46 695	288 493
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	1 703	1 538	1 354	973	85	93	1 086	1 271	1 565	9 667
Mostki liniowe	[MJ]	8 524	7 699	6 779	4 871	426	465	5 439	6 364	7 834	48 399
Strop nad piwnicą	[MJ]	9 092	8 212	7 230	5 196	454	496	5 802	6 788	8 356	51 626
Podłoga na gruncie	[MJ]	16 928	15 290	13 462	9 673	845	923	10 802	12 638	15 558	96 121
Podłoga na gruncie sala	[MJ]	4 385	3 960	3 487	2 505	219	239	2 798	3 273	4 030	24 896
Straty przez przegrody	[MJ]	126 575	114 326	100 658	72 329	6 319	6 902	80 767	94 494	116 329	718 699
Wentylacja	[MJ]	91 187	82 362	72 515	52 107	4 552	4 973	58 186	68 075	83 805	517 762
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	217 762	196 688	173 173	124 436	10 871	11 875	138 953	162 569	200 134	1 236 461
Zyski słoneczne	[MJ]	25 564	26 007	56 084	74 796	98 362	59 050	40 668	20 174	16 370	417 075
Zyski wewnętrzne	[MJ]	32 453	29 312	32 453	31 406	5 234	5 234	32 453	31 406	32 453	232 406
Razem zyski	[MJ]	58 017	55 319	88 537	106 202	103 597	64 284	73 121	51 581	48 823	649 481
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2664	0,2813	0,5113	0,8535	9,5293	5,4135	0,5262	0,3173	0,2440	0,5253
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	2 761									
Pojemność ciepłota	[J/K]	717 943 990									
Stala czasowa	[h]	52									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub>		1									
Stala czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>	[h]	15									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub>		4,43									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1		5,43									
η		0,9979	0,9974	0,9744	0,8743	0,1049	0,1846	0,9716	0,9958	0,9985	
Zyski ciepła	[MJ]	57 896	55 176	86 269	92 849	10 871	11 869	71 047	51 363	48 752	486 093
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	159 866	141 513	86 904	31 586	0	5	67 906	111 206	151 382	750 368

## Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,91	kotły 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	$\eta_0$	0,561	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	1,0	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	1,0	obniżenie nocne

### Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,94	kondensacyjny kocioł gazowy
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,90	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,79	
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	
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19
Gęstość wody	$\text{kg/dm}^3$	1
Powierzchnia pomieszczeń $A_f$	$\text{m}^2$	2 578
Liczba użytkowników	osoba	500
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	0,80
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doba	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	$\text{kWh/rok}$	21 684,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	78,1
Sprawność wytwarzania	-	0,960
Sprawność przesyłu	-	1,000
Sprawność akumulacji	-	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000
Sprawność całkowita	-	0,820
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{kWh/rok}$	26 444,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	95,2
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	$\text{m}^3/\text{h}$	0,222
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,046
Zużycie ciepła na ogrzanie $1 \text{ m}^3$ wody	$\text{GJ/m}^3$	0,231
Max. moc c.w.u.	$\text{kW}$	29,18
Średnia moc c.w.u.	$\text{kW}$	14,3
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	10,3

## Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 277 sztuk opraw o mocy 75 W oraz żarowe w ilości 77 sztuk opraw o mocy 40 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	75	277	20 775
	40	77	3 080
po modernizacji	45	277	12 465
	25	77	1 925

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]
2 578	23 855	9,3	5,6	1 600

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	14,81	8,93
Zużycie energii do oświetlenia $E_L$	[kWh/rok]	38 168,00	23 024,00
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,59	0,59
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	22 519,12	13 584,16
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	15 144,00	
	[%]	39,68	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	8 934,96	
Nakłady inwestycyjne <sup>1)</sup>	[zł]	210 431,69	
SPBT	[lata]	23,55	

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, montaż nawiewników, wymiana instalacji c.o. i źródła ciepła, montaż Systemu Zarządzania Energią, wymiana oświetlenia wewnętrznego).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- gaz ziemny – 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	2 690,28	747 300,00	747,30
zużycie po modernizacji	750,37	208 436,11	208,44
oszczędność	1 939,91	538 863,89	538,86
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	150,62	41 839,50	41,84
zużycie po modernizacji	96,10	26 695,50	26,70
oszczędność	54,52	15 144,00	15,14
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	2 840,90	789 139,50	789,14
zużycie po modernizacji	846,47	235 131,61	235,14
<b>oszczędność</b>	<b>1 994,43</b>	<b>554 007,89</b>	<b>554,00</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>70,20</b>		
<b>Energia pierwotna</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	2 959,31	822 030,00	822,03
zużycie po modernizacji	825,41	229 279,72	229,28
oszczędność	2 133,90	592 750,28	592,75
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	451,87	125 518,50	125,52
zużycie po modernizacji	288,31	80 086,50	80,09
oszczędność	163,56	45 432,00	45,43
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	3 411,17	947 548,50	947,55
zużycie po modernizacji	1 113,72	309 366,22	309,37
<b>oszczędność</b>	<b>2 297,46</b>	<b>638 182,28</b>	<b>638,18</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>67,35</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 ciepła		WE	emisja CO <sub>2</sub>	Roczne zużycie ciepła		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	
gaz ziemny	2 690,28	-	55,82	150,17	750,37	-	55,82	41,89		
energia elektryczna	-	41,84	0,832	34,81	-	26,70	0,832	22,21		
				<b>184,98</b>				<b>64,10</b>	<b>120,88</b>	<b>65,35</b>

## **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 orynowania,
- wykonanie opaski fundamentowej wraz z izolacją termiczną i przeciwwilgociową
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- prace przy kominach,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- na dachu uporządkowanie instalacji poprzez ułożenie przewodów w korytkach elektrycznych,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszenia, drabiny, kraty, itp.) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji, wraz ze wzmocnieniem ścian zewnętrznych np. kotwami, tam gdzie jest to niezbędne,
- wymiana klapy oraz drabiny na dach,
- 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 termo modernizacyjnych oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.