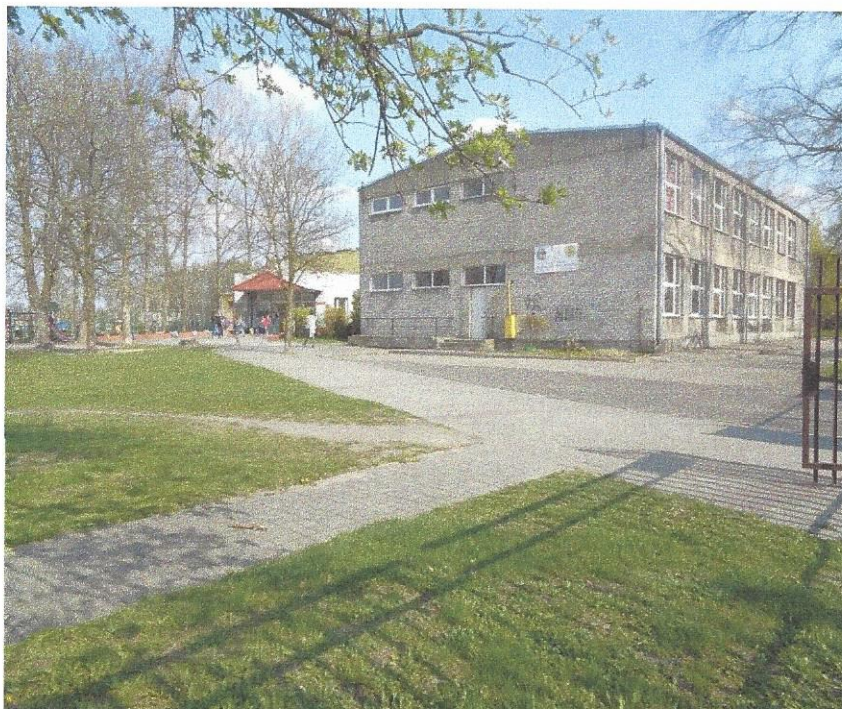


AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 5

ul. 1 Maja 63

95 – 100 Zgierz



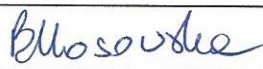
Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz

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	1963
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		ul.	1 Maja nr bud. 63
	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku	kod 95-100 miejscowość Zgierz
	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 (Zleceniodawcy) 5				
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 6				
5. Ocena stanu technicznego budynku 7				
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku. 7				
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania. 9				
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. 9				
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji. 9				
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. 9				
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 10				
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło 10				
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. 10				
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. 18				
7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej 22				
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. 24				
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. 24				
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 27				
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 30				
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 33				
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych 36				
ZAŁĄCZNIKI 37				
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła. 37				
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją 38				
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. 40				
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację 42				
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego 42				
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła. 42				
Z-7 Projektowana strata ciepła 43				
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego. 45				
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu. 46				
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 47				
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 48				
Z-12 Sprawności systemu grzewczego. 49				
Z-13 Ciepła woda użytkowa. 50				
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne. 51				
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej 53				
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego 54				
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące 54				

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Mieszana	Mieszana
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	10 253	10 253
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	2 656	2 656
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	2 656	2 656
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	531	531
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralna	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,502	0,502
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,213	0,220
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,973	0,179
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,442	0,442
5	Okna, drzwi balkonowe	1,500	1,500
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	6,120	1,700
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,95	0,95
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	0,95	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,91	0,91	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,80	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /h]	2 329	2 329	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,86	0,86	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	264,03	157,08	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	45,64	34,14	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 846,80	1 014,67	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 498,52	1 080,92	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	146,23	110,17	
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 ² rok)]	193,15	106,12	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	261,31	113,05	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	59,21	59,21	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	10 995,78	10 995,78	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	20,45	15,29	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej	[zł/(m ² m-c)]	5,73	2,66	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	1 606 246,49	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	54,96
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	1 606 246,49	Premia termomodernizacyjna	[zł]	200 353,18
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	100 176,59			

¹⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

²⁾ 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 5 w Zgierzu, ul. 1 Maja 63 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 budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1963
Adres budynku	ul. 1 Maja 63 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Mieszana		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	10 253	513	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 656	183	
Współczynnik kształtu	0,502		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,1	2,8	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	531	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	16	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany		1219,80	0,973
Stropodach pełny		109,76	0,320
Dach sala		199,50	0,279
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szkoła)		1 098,60	1,213
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (dobudowa)		99,38	0,832
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		221,00	0,782
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (sala gimnastyczna)		271,76	0,301
Okna	S	116,22	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	276,84	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	34,01	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	179,59	1,500
	SE	0,00	1,500

Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Luxfery		14,16	4,450
Drzwi wejściowe stare		7,75	6,120
Drzwi wejściowe nowe		9,15	1,700
Strop nad piwnicą		308,94	0,913
Podłoga na gruncie		926,13	0,442
Podłoga na gruncie w piwnicy		293,99	0,369

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Szkoły Podstawowej Nr 5, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. 1 Maja 63. Obiekt składa się z budynku głównego, sali gimnastycznej z zapleczem wybudowanych w 1963 roku oraz łącznika z wejściem głównym, dobudowanych w 1993 roku. Budynek główny zbudowany jest w technologii mieszanej o dwóch kondygnacjach nadziemnych, częściowo podpiwniczony. Ściany zewnętrzne murowane z cegły pełnej oraz cegły silikatowej (licówka), grubości 48 cm, nieocieplone. Stropy gęstożebrowe, ocieplone płytą pilśniową. Stropodach wentylowany, kryty papą, ocieplony płytą pilśniową. Sala gimnastyczna z zapleczem wykonana jest w technologii mieszanej o jednej kondygnacji nadziemnej, podpiwniczona. Ściany zewnętrzne murowane z cegły pełnej, ocieplone styropianem grubości 10 cm. Nad zapleczem zastosowano stropodach pełny, nieocieplony, kryty papą. Dach nad salą gimnastyczną ocieplony styropianem grubości 10 cm. Ściany zewnętrzne łącznika murowane warstwowo z pustaków ceramicznych, z pustką wypełnioną styropianem grubości 2 cm. Nad łącznikiem zastosowano stropodach pełny, ocieplony styropianem 10 cm, kryty papą. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry, z wyjątkiem stropodachu nad wejściem głównym, który na skutek nieprawidłowego odprowadzenia wody deszczowej jest w złym stanie technicznym. 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/m²K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,23 W/m²K,

- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m²K,

- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m²K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- stropodach, dach - 0,279; 0,320; 0,973 W/m²K,

- ściany zewnętrzne - 0,301; 0,832; 1,213 W/m²K,

- strop nad piwnicą - 0,913 W/m²K,

- podłoga na gruncie - 0,382; 0,442 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad piwnicą oraz podłogi na gruncie.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi podłoga na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej 2,0 m²K/W, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian zewnętrznych do głębokość jednego metra poniżej poziomu gruntu.

Ze względów ekonomicznych (bardzo długie SPBT) w opracowaniu nie będzie analizowane dodatkowe ocieplenie ścian i dachu sali gimnastycznej.

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

- okna -1,4 W/m²K

- drzwi -1,5 W/m²K

W budynku starą stolarkę okienną wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m²K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana.

W budynku część stolarki drzwiowej wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K i są one w dobrym stanie technicznym. Natomiast pozostałe drzwi są w złym stanie technicznym (nieszczelne, nie domykają się). W związku z tym w opracowaniu przeanalizowana zostanie częściowa wymiana stolarki drzwiowej oraz zamurowanie jednych drzwi na elewacji południowej.

W sali gimnastycznej jako elementy doświetlające zastosowano lufery, które są w złym stanie technicznym i powodują duże straty ciepła, w związku z tym w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana na stolarkę okienną.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny z automatyką pogodową oraz automatyką ograniczającą pracę w porze nocnej, w dobrym stanie technicznym. Właścicielem węzła jest dostawca energii cieplnej. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej 90/70°C z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych, bez zaworów podpionowych. Przewody poziome izolowane (zły stan izolacji), pionowe nieizolowane. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi oraz rury grzejne fawieri. Stan techniczny grzejników jak i instalacji jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z miejskiej sieci ciepłowniczej, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii, będący w dobrym stanie technicznym. Instalacja c.w.u. jest w złym stanie technicznym dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana kompleksowa wymiana instalacji ciepłej wody użytkowej.

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną, w dobrym stanie technicznym.

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

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

- ocieplenie stropodachu wentylowanego,
- ocieplenie stropodachu pełnego,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę drzwi,
- wymianę luxferów,
- modernizacje instalacji c.w.u.
- wymianę instalacji c.o., grzejników oraz montaż zaworów regulacyjnych, 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 stropodachu pełnego. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]. Wymiana drzwi. Wymiana luxferów.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana i izolacja rurociągów. Montaż perlatorów przy punktach odbioru.
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana orurowania. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatacznymi 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,
- ΔO_{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 ΔO_{rU} dla n -tego źródła oblicza się wg wzoru:

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

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^3 przeliczonej na zł/GJ,

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,

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

q_{0u}, q_{1u} - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,

O_{0m}, O_{1m} - opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW*miesiąc),

dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),

dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW*miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - składnikowi miesięcznych

kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, zł/(MW*miesiąc),

Ab₀, Ab₁- miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła Q_{0u}, Q_{1u}, oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, W/(m²*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, m²,

Sd - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień*K/rok,

Liczbę stopniodni Sd oraz objaśnienie otrzymują brzmienie:

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

gdzie:

t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °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, °C,

Ld(m) - liczba dni ogrzewania w miesiącu m, podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,

L_g - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wzór (5) dotyczący wartości zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q_{0u}, q_{1u} przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oraz objaśnienie otrzymują brzmienie:

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

gdzie:

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

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

A - jak we wzorze (3),

U_c - jak we wzorze (3),

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

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-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

$$\text{Pow. obliczeniowa} = 1219,80 \quad [\text{m}^2] \qquad R_0 = 1,028 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

$$\text{Pow. ocieplenia} = \text{ok. } 1098 \quad [\text{m}^2]$$

$$\text{Materiał: granulいた} \qquad U_0 = 0,973 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\lambda = 0,044 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{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	1,136	2,164	0,462	180,01	0,023	164 700,00	15 074,74	10,926
0,06	1,364	2,391	0,418	162,91	0,020	166 456,80	16 370,46	10,168
0,07	1,591	2,619	0,382	148,77	0,019	168 213,60	17 441,26	9,645
0,08	1,818	2,846	0,351	136,89	0,017	169 970,40	18 341,04	9,267
0,09	2,045	3,073	0,325	126,76	0,016	171 727,20	19 107,74	8,987
0,10	2,273	3,300	0,303	118,03	0,015	173 484,00	19 768,84	8,776
0,11	2,500	3,528	0,283	110,43	0,014	175 240,80	20 344,76	8,614
0,12	2,727	3,755	0,266	103,75	0,013	176 997,60	20 850,97	8,489
0,13	2,955	3,982	0,251	97,82	0,012	178 754,40	21 299,39	8,392
0,14	3,182	4,210	0,238	92,54	0,012	180 511,20	21 699,40	8,319
0,15	3,409	4,437	0,225	87,80	0,011	182 268,00	22 058,42	8,263
0,16	3,636	4,664	0,214	83,52	0,010	184 024,80	22 382,46	8,222
0,17	3,864	4,891	0,204	79,64	0,010	185 781,60	22 676,38	8,193
0,18	4,091	5,119	0,195	76,11	0,010	187 538,40	22 944,21	8,174
0,19	4,318	5,346	0,187	72,87	0,009	189 295,20	23 189,26	8,163
0,20	4,545	5,573	0,179	69,90	0,009	191 052,00	23 414,32	8,160
0,21	4,773	5,800	0,172	67,16	0,008	192 808,80	23 621,75	8,162
0,22	5,000	6,028	0,166	64,63	0,008	194 565,60	23 813,53	8,170
0,23	5,227	6,255	0,160	62,28	0,008	196 322,40	23 991,38	8,183
0,24	5,455	6,482	0,154	60,10	0,008	198 079,20	24 156,76	8,200
0,25	5,682	6,710	0,149	58,06	0,007	199 836,00	24 310,93	8,220

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 20 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 20 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące stropodachu pełnego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu pełnego styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	109,76	[m ²]	$R_0 = 3,125$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok.110	[m ²]		
Materiał: styropapa			$U_0 = 0,320$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	4,375	0,229	8,01	0,001	19 208,81	242,75	79,132
0,06	1,500	4,625	0,216	7,58	0,001	19 757,63	275,55	71,703
0,07	1,750	4,875	0,205	7,19	0,001	20 306,45	304,99	66,581
0,08	2,000	5,125	0,195	6,84	0,001	20 855,27	331,55	62,902
0,09	2,250	5,375	0,186	6,52	0,001	21 404,10	355,65	60,183
0,10	2,500	5,625	0,178	6,23	0,001	21 952,92	377,60	58,138
0,11	2,750	5,875	0,170	5,97	0,001	22 501,74	397,69	56,581
0,12	3,000	6,125	0,163	5,72	0,001	23 050,57	416,13	55,392
0,13	3,250	6,375	0,157	5,50	0,001	23 599,39	433,13	54,485
0,14	3,500	6,625	0,151	5,29	0,001	24 148,21	448,85	53,800
0,15	3,750	6,875	0,145	5,10	0,001	24 697,04	463,42	53,293
0,16	4,000	7,125	0,140	4,92	0,001	25 245,86	476,97	53,390
0,17	4,250	7,375	0,136	4,75	0,001	25 794,68	489,60	53,582
0,18	4,500	7,625	0,131	4,60	0,001	26 343,50	501,41	53,853
0,19	4,750	7,875	0,127	4,45	0,001	26 892,32	512,46	54,190
0,20	5,000	8,125	0,123	4,31	0,001	27 441,14	522,83	54,585
0,21	5,250	8,375	0,119	4,19	0,001	27 990,00	532,59	55,028
0,22	5,500	8,625	0,116	4,06	0,001	28 538,86	541,78	55,513
0,23	5,750	8,875	0,113	3,95	0,000	29 087,72	550,45	56,034
0,24	6,000	9,125	0,110	3,84	0,000	29 636,58	558,64	56,587
0,25	6,250	9,375	0,107	3,74	0,000	30 185,44	566,40	57,169

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/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

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

$$\text{Pow. obliczeniowa} = 1\,098,60 \quad [\text{m}^2] \qquad R_0 = 0,824 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

$$\text{Pow. ocieplenia} = \text{ok. } 1\,250 \quad [\text{m}^2]$$

Materiał: styropian

$$U_0 = 1,213 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\lambda = 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	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	2,074	0,482	169,16	0,021	393 750,00	19 432,19	20,263
0,06	1,500	2,324	0,430	150,96	0,019	395 468,75	20 810,30	19,004
0,07	1,750	2,574	0,388	136,30	0,017	397 531,25	21 920,72	18,135
0,08	2,000	2,824	0,354	124,24	0,016	399 937,50	22 834,55	17,515
0,09	2,250	3,074	0,325	114,13	0,014	402 687,50	23 599,74	17,063
0,10	2,500	3,324	0,301	105,55	0,013	405 781,25	24 249,83	16,733
0,11	2,750	3,574	0,280	98,17	0,012	409 218,75	24 808,99	16,495
0,12	3,000	3,824	0,261	91,75	0,011	413 000,00	25 295,03	16,327
0,13	3,250	4,074	0,245	86,12	0,011	417 125,00	25 721,42	16,217
0,14	3,500	4,324	0,231	81,14	0,010	421 593,75	26 098,51	16,154
0,15	3,750	4,574	0,219	76,70	0,010	426 406,25	26 434,38	16,131
0,16	4,000	4,824	0,207	72,73	0,009	431 562,50	26 735,44	16,142
0,17	4,250	5,074	0,197	69,15	0,009	437 062,50	27 006,83	16,183
0,18	4,500	5,324	0,188	65,90	0,008	442 906,25	27 252,73	16,252
0,19	4,750	5,574	0,179	62,94	0,008	449 093,75	27 476,58	16,345
0,20	5,000	5,824	0,172	60,24	0,008	455 625,00	27 681,21	16,460
0,21	5,250	6,074	0,165	57,76	0,007	462 500,00	27 868,99	16,596
0,22	5,500	6,324	0,158	55,48	0,007	469 718,75	28 041,93	16,751
0,23	5,750	6,574	0,152	53,37	0,007	477 281,25	28 201,72	16,924
0,24	6,000	6,824	0,147	51,41	0,006	485 187,50	28 349,79	17,114
0,25	6,250	7,074	0,141	49,60	0,006	493 437,50	28 487,41	17,321

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi $0,23 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. W kosztach przedsięwzięcia uwzględniono zamurowanie drzwi drewnianych oraz ocieplenie nowopowstałej ściany. 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 =	99,38	[m ²]	$R_0 = 1,202$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 116	[m ²]		
Materiał: styropian			$U_0 = 0,832$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogr}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,452	0,408	12,94	0,002	33 408,00	976,12	34,225
0,06	1,500	2,702	0,370	11,75	0,001	33 611,00	1 066,84	31,505
0,07	1,750	2,952	0,339	10,75	0,001	33 854,60	1 142,19	29,640
0,08	2,000	3,202	0,312	9,91	0,001	34 138,80	1 205,77	28,313
0,09	2,250	3,452	0,290	9,19	0,001	34 463,60	1 260,15	27,349
0,10	2,500	3,702	0,270	8,57	0,001	34 829,00	1 307,18	26,644
0,11	2,750	3,952	0,253	8,03	0,001	35 235,00	1 348,26	26,134
0,12	3,000	4,202	0,238	7,55	0,001	35 681,60	1 384,45	25,773
0,13	3,250	4,452	0,225	7,13	0,001	36 168,80	1 416,57	25,533
0,14	3,500	4,702	0,213	6,75	0,001	36 696,60	1 445,28	25,391
0,15	3,750	4,952	0,202	6,41	0,001	37 265,00	1 471,09	25,331
0,16	4,000	5,202	0,192	6,10	0,001	37 874,00	1 494,42	25,344
0,17	4,250	5,452	0,183	5,82	0,001	38 523,60	1 515,61	25,418
0,18	4,500	5,702	0,175	5,57	0,001	39 213,80	1 534,95	25,547
0,19	4,750	5,952	0,168	5,33	0,001	39 944,60	1 552,65	25,727
0,20	5,000	6,202	0,161	5,12	0,001	40 716,00	1 568,93	25,951
0,21	5,250	6,452	0,155	4,92	0,001	41 528,00	1 583,95	26,218
0,22	5,500	6,702	0,149	4,74	0,001	42 380,60	1 597,85	26,523
0,23	5,750	6,952	0,144	4,57	0,001	43 273,80	1 610,75	26,866
0,24	6,000	7,202	0,139	4,41	0,001	44 207,60	1 622,75	27,242
0,25	6,250	7,452	0,134	4,26	0,001	45 182,00	1 633,95	27,652

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

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

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

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

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

gdzie:

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

$$\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

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 ściienne, 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, $m^3/(m \cdot h \cdot daPa^{2/3})$,
- l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

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

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

gdzie:

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

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

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

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

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

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

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około $4,5 \text{ m}^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	$W/m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	6,1	1,2	1,0	8,44	0,001	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	2,42	0,000	364,77	7 607,50	20,86
2	1,5	1,0	1,0	2,14	0,000	381,22	7 862,50	20,62
3	1,3	1,0	1,0	1,87	0,000	397,66	8 712,50	21,91

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien, zamontowanych w miejscu luksferów (o powierzchni około 14,16 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c _r	c _w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	4,5	1,3	1,0	45,72	0,003	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	25,57	0,001	1 212,80	16 284,00	13,43
2	1,1	1,0	1,0	24,66	0,001	1 267,60	16 992,00	13,40
3	0,9	1,0	1,0	23,76	0,001	1 322,39	19 824,00	14,99

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie luksferów na okna jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,1 W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Optymalne usprawnienie termomodernizacyjne związane ze zmniejszeniem zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej jest to usprawnienie, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CW}}{\sum_n \Delta O_{rCW}}, \text{ [lata]} \quad (15)$$

gdzie:

- N_{CW} – planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji ciepłej wody, zł,
- ΔO_{rCW} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartości rocznej oszczędności kosztów energii $\Delta O_{rcw_}$ n-tego źródła oblicza się wg wzoru:

$$\Delta O_{rcw} = (x_0 * Q_{0cw} * O_{0z} / n_{0w} - x_1 * Q_{1cw} * O_{1z} / n_{1w}) + 12 * (y_0 * q_{0cw} * O_{0m} - y_1 * q_{1cw} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [z\text{ł}/\text{rok}] \quad (16)$$

gdzie:

x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

Q_{0cw}, Q_{1cw} - zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone przez audytora na podstawie analizy i prognozy zużycia ciepła - GJ/rok, obliczone zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw,

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 wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,

n_{0w}, n_{1w} - całkowita sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po termomodernizacji, obliczana zgodnie ze wzorem (16a),

q_{0cw}, q_{1cw} - zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone na podstawie analizy i prognozy zużycia lub obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych MW,

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

Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej n_{0w}, n_{1w} oblicza się ze wzoru:

$$n_{0w}, n_{1w} = \eta_{gw} * \eta_{dw} * \eta_{ew} * \eta_{sw}, \quad [-] \quad (16a)$$

gdzie:

η_{gw} - sprawność wytwarzania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,

η_{dw} - sprawność przesyłu ciepła w instalacji ciepłej wody, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,

η_{ew} - sprawność akumulacji ciepła w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,

η_{sw} - sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw.

Obliczenia zapotrzebowania na moc i ciepło dla podgrzania ciepłej wody użytkowej zamieszczono w załączniku Z-13.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu stan techniczny instalacji ciepłej wody użytkowej jest zły, w związku z tym proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 43 000 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 8 658,28 zł – 6 523,17 zł = 2 135,11 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 43 000,00 / 2 135,11 = 20,14 lat.

7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
2	Wymiana luxferów	16 992,00	13,40
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	426 406,25	16,13
4	Modernizacja instalacji c.w.u.	43 000,00	20,14
5	Wymiana drzwi	7 862,50	20,62
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	37 265,00	25,33
7	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	80 492,34	27,99
8	Ocieplenie stropodachu pełnego	24 697,04	53,29

7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

Tabela 7a. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
2	Wymiana luxferów	16 992,00	13,40
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	426 406,25	16,13
4	Modernizacja instalacji c.w.u.	43 000,00	20,14
5	Wymiana drzwi	7 862,50	20,62
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	37 265,00	25,33
7	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	80 492,34	27,99
8	Ocieplenie stropodachu pełnego	24 697,04	53,29
	Ogółem	827 767,13	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
2	Wymiana luxferów	16 992,00	13,40
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	426 406,25	16,13
4	Modernizacja instalacji c.w.u.	43 000,00	20,14
5	Wymiana drzwi	7 862,50	20,62
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	37 265,00	25,33
7	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	80 492,34	27,99
	Ogółem	803 070,09	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
2	Wymiana luxferów	16 992,00	13,40
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	426 406,25	16,13
4	Modernizacja instalacji c.w.u.	43 000,00	20,14
5	Wymiana drzwi	7 862,50	20,62
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	37 265,00	25,33
	Ogółem	722 577,75	

Tabela 7d. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
2	Wymiana luxferów	16 992,00	13,40
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	426 406,25	16,13
4	Modernizacja instalacji c.w.u.	43 000,00	20,14
5	Wymiana drzwi	7 862,50	20,62
	Ogółem	685 312,75	

Tabela 7e. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
2	Wymiana luxferów	16 992,00	13,40
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	426 406,25	16,13
4	Modernizacja instalacji c.w.u.	43 000,00	20,14
	Ogółem	677 450,25	

Tabela 7f. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
2	Wymiana luxferów	16 992,00	13,40
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	426 406,25	16,13
	Ogółem	634 450,25	

Tabela 7g. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
2	Wymiana luxferów	16 992,00	13,40
	Ogółem	208 047,00	

Tabela 7h. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VIII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	191 052,00	8,16
	Ogółem	191 052,00	

7.7 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,
 ΔO_{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 ΔO_{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,

- η_0, η_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 η_0, η_1 , oblicza się z zależności:

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

gdzie:

- η_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,
- η_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,
- η_r – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_e – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu zarówno instalacja c.o. jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,2640	0,2640
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	1 847	1 847
3	Ogólna sprawność CO	-	0,7022	0,8026
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	0,95	0,95
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	2 499	1 967
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	147 937,37	116 487,98
8	Roczna opłata stała	zł/rok	34 834,63	34 834,63
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	80,43	80,43
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,5500	0,7300
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	146,23	110,17
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	59,21	59,21
13	Koszt ciepła CO	zł	182 772,00	151 322,61
14	Koszt ciepła CWU	zł	8 658,28	6 523,17
15	Koszt ciepła	zł	191 430,28	157 845,78
16	Oszczędność kosztów	zł		33 584,50
17	Koszt modernizacji	zł		778 479,36
18	SPBT	lat		23,18

¹⁾ 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 ΔO_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 _{CO}	Q _{CO}	η	w	Q _{CO+W/η}	Opłata CO	q _{CWU}	Q _{CWU}	Opłata CWU	Q _{CO+CWU}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok			
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok									
0	0,2640	1 846,80	0,7022	0,95	2 498,52	182 772,00	0,023	146,23	8 658,28	2 645	191 430,28									
I+A	0,1571	1 014,67	0,8026	0,855	1 080,92	84 730,52	0,017	110,17	6 523,17	1 191	91 253,69	1 454	54,96	100 176,59	1 454	54,96	100 176,59			
II+A	0,1578	1 020,59	0,8026	0,855	1 087,22	85 202,17	0,017	110,17	6 523,17	1 197	91 725,34	1 447	54,73	99 704,94	1 447	54,73	99 704,94			
III+A	0,1628	1 058,48	0,8026	0,855	1 127,58	88 239,26	0,017	110,17	6 523,17	1 238	94 762,43	1 407	53,20	96 667,85	1 407	53,20	96 667,85			
IV+A	0,1653	1 077,84	0,8026	0,855	1 148,21	89 791,29	0,017	110,17	6 523,17	1 258	96 314,46	1 386	52,42	95 115,82	1 386	52,42	95 115,82			
V+A	0,1669	1 090,54	0,8026	0,855	1 161,74	90 809,09	0,023	146,23	8 658,28	1 308	99 467,37	1 337	50,54	91 962,91	1 337	50,54	91 962,91			
VI+A	0,1669	1 090,54	0,8026	0,855	1 161,74	90 809,09	0,023	146,23	8 658,28	1 308	99 467,37	1 337	50,54	91 962,91	1 337	50,54	91 962,91			
VII+A	0,2234	1 529,92	0,8026	0,855	1 629,80	125 978,98	0,023	146,23	8 658,28	1 776	134 637,26	869	32,85	56 793,02	869	32,85	56 793,02			
VIII+A	0,2253	1 544,15	0,8026	0,855	1 644,96	127 126,97	0,023	146,23	8 658,28	1 791	135 785,25	854	32,27	55 645,03	854	32,27	55 645,03			
A	0,2640	1 846,80	0,8026	0,855	1 967,37	151 322,61	0,023	146,23	8 658,28	2 114	159 980,89	531	20,08	31 449,39	531	20,08	31 449,39			

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾ [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾		Premia termomodernizacyjna			
					[zł]	[%]	[zł]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
1	2	3	4	5	[zł]	6	[zł]	7	8	9
1	I+A	1 606 246,49	100 176,59	54,96	0,00	0,00	321 249,30	256 999,44	200 353,18	
2	II+A	1 581 549,45	99 704,94	54,73	0,00	0,00	316 309,89	253 047,91	199 409,88	
3	III+A	1 501 057,11	96 667,85	53,20	0,00	0,00	300 211,42	240 169,14	193 335,70	
4	IV+A	1 463 792,11	95 115,82	52,42	0,00	0,00	292 758,42	234 206,74	190 231,64	
5	V+A	1 455 929,61	91 962,91	50,54	0,00	0,00	291 185,92	232 948,74	183 925,82	
6	VI+A	1 412 929,61	91 962,91	50,54	0,00	0,00	282 585,92	226 068,74	183 925,82	
7	VII+A	986 526,36	56 793,02	32,85	0,00	0,00	197 305,27	157 844,22	113 586,04	
8	VIII+A	969 531,36	55 645,03	32,27	0,00	0,00	193 906,27	155 125,02	111 290,06	
9	A	778 479,36	31 449,39	20,08	0,00	0,00	155 695,87	124 556,70	62 898,78	

1) Podana kwota jest wielkością szacunkową

2) 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 1 500 m² oraz należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,219 W/m²*K. Dodatkowo w kosztach przedsięwzięcia uwzględniono zamurowanie drzwi wejściowych na elewacji południowej oraz ocieplenie nowopowstałej ściany. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o powierzchni około 116 m² oraz należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,202 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
3. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około 221 m² należy wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^*\text{K}$. W pierwszej kolejności należy usunąć istniejącą opaskę betonową. Następnie, po odkopaniu ściany należy pokryć ją dwukrotnie pionową warstwą izolacji

przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz zamontować płyty ze styroporu lub styropianu XPS na głębokość 1m. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: odkopanie ściany, zasypanie i otworzenie nawierzchni oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia..

4. Ocieplenie stropodachu wentylowanego o powierzchni około 534 m² należy wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,044 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,179 W/m²*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 pełnego

Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 110 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 15 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,145 W/m²*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. Wymianę drzwi o powierzchni około 4,5 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

7. Wymianę luxferów o powierzchni około 14,16 m² na okna o współczynniku przenikania $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.

demontaż i utylizacja luxferów, montaż i obróbka okien drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

8. Modernizacje instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- montaż perlatorów przy punktach odbioru,
- regulację instalacji,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

9. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 101 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 101 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- montaż instalacji mieszania pompowego za węzłem cieplnym,
- regulację instalacji grzewczej,
- dostosowanie węzła cieplnego do pracy z Systemem Zarządzania Energią, (koszty leżące po stronie gestora sieci i są wyłączone poza projekt),
- dostosowanie instalacji c.o. do pracy z Systemem Zarządzania Energią,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

10. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia elektryczna, energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u, woda, z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwiać bieżącą kontrolę oraz zmianę parametrów pracy instalacji c.o. w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy, w sposób zapewniający optymalne zużycie energii z jednoczesnym zachowaniem komfortu cieplnego w okresie użytkowania budynku. W kosztach inwestycji uwzględniono inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia, w tym szkolenie w zakresie działania systemu.

System Zarządzania Energią powinien zapewnić:

- monitorowanie zużyć mediów: energii cieplnej, energii elektrycznej, wody

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

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	1 606 246,49 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	200 353,18 zł
3	Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	100 176,59 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	16,03 lat

Bllo sooshe

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Oplata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	4 646,22	5 714,85
Przesył	zł(MW*m-c)	4 293,44	5 280,93
Razem oplata stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Oplata zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem oplata zmienna	zł/GJ	48,14	59,21
Abonament	zł/(pkt.*m-c)	0,00	0,00

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,973
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Pustka powietrzna	70,0	0,7			
	Płyta pilśniowa	2,6	0,026	0,050	0,520	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop gęstożebrowy	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,0200	0,820	0,024	
	R				0,888	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,028	
Stropodach pełny	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,320
	Szlichta cementowa	4,0	0,040	1,000	0,040	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop gęstożebrowy	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				2,985	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				3,125	
Dach sala	Blacha	0,5	0,005	58,000	0,000	0,279
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Suprema	5,0	0,050	0,140	0,357	
	Płyty pilśniowe twarde	2,5	0,025	0,050	0,500	
	R				3,441	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				3,581	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,213
	Mur z cegły pełnej	36,0	0,360	0,770	0,468	
	Mur z cegły silikatowej	12,0	0,120	0,800	0,150	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,654	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,824	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,832
	Mur z pustaków ceram.	29,0	0,290	0,690	0,420	
	Styropian	2,0	0,020	0,045	0,444	
	Mur z pustaków ceram.	9,0	0,090	0,690	0,130	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,032	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,202	

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m^2K]
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,782
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,510	0,770	0,662	
	R				0,681	
	Opór zastępczy gruntu				0,598	
	R_T				1,279	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,301
	Mur z cegły pełnej	36,0	0,360	0,770	0,468	
	Mur z cegły silikatowej	12,0	0,120	0,800	0,150	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				3,154	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R				3,324	
Strop nad piwnicą	Klepka	2,5	0,025	0,220	0,114	0,913
	Ślepa podłoga	2,5	0,025		0,190	
	Płyty betonowe	5,0	0,05	1,00	0,050	
	Piasek	15,0	0,15	0,40	0,375	
	Płyta żelbetowa	1,5	0,015	1,70	0,009	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,82	0,018	
	R				0,756	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R_T				1,096	
Podłoga na gruncie	Płytki	1,0	0,010	1,050	0,010	0,442
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Płyta pilśniowa	1,3	0,013	0,050	0,260	
	Beton chudy	17,0	0,17	1,00	0,170	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Gruzobeton	20,0	0,2	1,00	0,200	
	R				0,783	
	Opór zastępczy gruntu				1,482	
	R_T				2,265	
Podłoga na gruncie w piwnicy	Płytki	2,5	0,025	0,220	0,114	0,369
	Gładź cementowa	2,5	0,025	1,00	0,025	
	Styropian	2,0	0,02	0,04	0,500	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	1,00	0,150	
	R				0,872	
	Opór zastępczy gruntu				1,839	
	R_T				2,711	
Okna nowe				U_0	Wsp.	U
				[W/m^2K]	-	[W/m^2K]
Luxfery				1,500	1,0	1,500
Drzwi wejściowe nowe				4,450	1,0	4,450
Drzwi wejściowe stare				1,700	1,0	1,700
				5,100	1,2	6,120

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m^2K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,179
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Pustka powietrzna	70,0	0,700		0,000	
	Płyta pilśniowa	2,6	0,026	0,050	0,520	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop gęstożebrowy	24,0	0,240		0,260	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,020	0,820	0,024	
	Wełna mineralna	20,0	0,200	0,044	4,545	
	R				5,433	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
	R_T				5,573	
	Stropodach pełny	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	
Szlichta cementowa		4,0	0,040	1,000	0,040	
Styropian		10,0	0,100	0,040	2,500	
Papa asfaltowa		1,5	0,015	0,180	0,083	
Strop gęstożebrowy		24,0	0,240		0,260	
Tynk cem.-wap.		1,5	0,015	1,000	0,018	
Styropapa		15,0	0,150	0,040	3,750	
R					6,735	
R_{si}					0,100	
R_{se}					0,040	
R_T					6,875	
Dach sala	Blacha	0,5	0,005	58,000	0,000	0,279
	Styropian	10,0	0,1	0,040	2,500	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Suprema	5,0	0,05	0,140	0,357	
	Płyty pilśniowe twarde	2,5	0,025	0,050	0,500	
	R				3,441	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
	R_T				3,581	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,220
	Mur z cegły pełnej	36,0	0,36	0,770	0,468	
	Mur z cegły silikatowej	12,0	0,12	1,000	0,120	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				4,374	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				4,544	

Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,202
	Mur z pustaków ceram.	29,0	0,29	0,690	0,420	
	Styropian	2,0	0,02	0,045	0,444	
	Mur z pustaków ceram.	9,0	0,09	0,690	0,130	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				4,782	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,952	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,227
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,51	0,770	0,662	
	Styropian XPS	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				3,806	
	Opór zastępczy gruntu				0,598	
	R _T				4,404	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,304
	Mur z cegły pełnej	36,0	0,36	0,770	0,468	
	Mur z cegły silikatowej	12,0	0,12	1,000	0,120	
	Styropian	10,0	0,1	0,040	2,500	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				3,124	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				3,294	
Strop nad piwnicą	Kleпка	2,5	0,025	0,220	0,114	0,913
	Ślepa podłoga	2,5	0,025		0,190	
	Płyty betonowe	5,0	0,05	1,000	0,050	
	Piasek	15,0	0,15	0,400	0,375	
	Płyta żelbetowa	1,5	0,015	1,700	0,009	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,756	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R _T				1,096	
Podłoga na gruncie	Płytki	1,0	0,010	1,050	0,010	0,442
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	1,3	0,013	0,050	0,260	
	Beton chudy	17,0	0,17	1,000	0,170	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Gruzobeton	20,0	0,2	1,000	0,200	
	R				0,783	
	Opór zastępczy gruntu				1,482	
	R _T				2,265	
Podłoga na gruncie w piwnicy	Płytki	2,5	0,03	0,220	0,114	0,369
	Gładź cementowa	2,5	0,03	1,000	0,025	
	Styropian	2,0	0,02	0,040	0,500	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	R				0,872	
	Opór zastępczy gruntu				1,839	
	R _T				2,711	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Okna po luksferach				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe nowe				1,7	1,000	1,700
Drzwi wejściowe wymienione				1,5	1,000	1,500

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	8 159		
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	2 656		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s]	1,49		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,45	0,45	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	1,94	1,94	
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0	1,0
	c_w	-	1,0	1,0
	c_m	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	1,94	1,94	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	6 986	6 986	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	2 328,79	2 328,79	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,86	0,86	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		8 159	0,5			4 079,7

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	2 656	4,7	12 483

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Stropodach wentylowany	1 219,80	0,973	1,0	1 187	40	47,48
Stropodach pełny	109,76	0,320	1,0	35		1,41
Dach sala	199,50	0,279	1,0	56		2,23
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 098,60	1,213	1,0	1 333		53,32
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	99,38	0,832	1,0	83		3,31
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	221,00	0,782	1,0	173		6,91
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	271,76	0,301	1,0	82		3,27
Okna	606,66	1,500	1,0	910		36,40
Luxfery	14,16	4,450	1,0	63		2,52
Drzwi wejściowe stare	7,75	6,120	1,0	47		1,90
Drzwi wejściowe nowe	9,15	1,700	1,0	16		0,62
Strop nad piwnicą	308,94	0,913	0,8	226		9,02
Podłoga na gruncie	926,13	0,442	1,0	409		16,36
Podłoga na gruncie w piwnicy	293,99	0,369	1,0	108		4,34
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	562,36	0,190	1,0	107		4,27
nadproża	324,56	0,600	1,0	195		7,79
podokien	324,56	0,570	1,0	185		7,40
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				5 214	208,54	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		4 080	0,34	1387	55,48	
OGÓŁEM						264,03

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Stropodach wentylowany	1219,80	0,179	1,0	219	40	8,75
Stropodach pełny	109,76	0,145	1,0	16		0,64
Dach sala	199,50	0,279	1,0	56		2,23
Dach szatnie	0,00	0,273	1,0	0		0,00
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1102,10	0,220	1,0	243		9,70
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	99,38	0,202	1,0	20		0,80
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	221,00	0,227	1,0	50		2,01
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	271,76	0,301	1,0	82		3,27
Okna nowe	606,66	1,500	1,0	910		36,40
Okna po luxferach	14,16	1,100	1,0	16		0,62
Drzwi wejściowe	4,25	1,500	1,0	6		0,26
Drzwi wejściowe nowe	9,15	1,700	1,0	16		0,62
Strop nad piwnicą	308,94	0,913	0,8	226		9,02
Podłoga na gruncie	926,13	0,442	1,0	409		16,36
Podłoga na gruncie w piwnicy	293,99	0,369	1,0	108		4,34
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	562,36	0,050	1,0	28		1,12
nadproża	324,56	0,200	1,0	65		2,60
podokien	324,56	0,220	1,0	71		2,86
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				2 540		101,60
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		4 080	0,34	1387	55,48	
OGÓŁEM						157,08

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 ²]	[m ²]											
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	14,16	9,91	0,75	519	576	1 255	1 893	2 316	1 537	955	499	420	9 969
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	14,16	9,91		519	576	1 255	1 893	2 316	1 537	955	499	420	9 969
Okna nowe													
S	116,22	81,36	0,67	9 151	8 561	16 972	18 339	23 221	15 418	12 747	5 953	4 553	114 914
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	276,84	193,79	0,67	10 277	11 935	26 376	38 154	51 634	31 178	20 435	9 565	7 482	207 035
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	34,01	23,80	0,67	1 113	1 235	2 693	4 061	4 969	3 297	2 048	1 071	901	21 387
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	179,59	125,71	0,67	6 866	7 950	19 346	26 594	36 643	19 666	12 787	6 179	4 969	141 001
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	606,66	424,67		27 406	29 680	65 388	87 147	116 468	69 559	48 017	22 768	17 906	484 338
OGÓLEM	620,82	434,58		27 924	30 256	66 643	89 039	118 784	71 096	48 972	23 267	18 326	494 307

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 ²]	[m ²]											
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	116,22	81,36	0,67	9 151	8 561	16 972	18 339	23 221	15 418	12 747	5 953	4 553	114 914
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	276,84	193,79	0,67	10 277	11 935	26 376	38 154	51 634	31 178	20 435	9 565	7 482	207 035
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	48,17	33,72	0,67	1 576	1 749	3 814	5 751	7 038	4 670	2 901	1 517	1 277	30 293
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	179,59	125,71	0,67	6 866	7 950	19 346	26 594	36 643	19 666	12 787	6 179	4 969	141 001
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	620,82	434,58		27 869	30 195	66 509	88 837	118 537	70 932	48 870	23 214	18 281	493 243
OGÓLEM	620,82	434,58		27 869	30 195	66 509	88 837	118 537	70 932	48 870	23 214	18 281	493 243

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 _t , H _{ve}													
Stropodach wentylowany		[MJ]	66 758	60 298	53 089	38 148	3 333	3 640	42 598	49 838	61 354	379 056	
Stropodach pełny		[MJ]	1 976	1 784	1 571	1 129	99	108	1 261	1 475	1 816	11 218	
Dach sala		[MJ]	3 134	2 831	2 492	1 791	156	171	2 000	2 340	2 880	17 794	
Dach szatnie		[MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		[MJ]	74 980	67 724	59 627	42 846	3 743	4 089	47 844	55 976	68 910	425 737	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]		[MJ]	4 651	4 201	3 699	2 658	232	254	2 968	3 472	4 275	26 410	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		[MJ]	9 722	8 781	7 731	5 555	485	530	6 203	7 258	8 935	55 200	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]		[MJ]	4 598	4 153	3 657	2 628	230	251	2 934	3 433	4 226	26 110	
Okna		[MJ]	51 184	46 231	40 703	29 248	2 555	2 791	32 660	38 211	47 041	290 625	
Luxfery		[MJ]	3 544	3 201	2 818	2 025	177	193	2 262	2 646	3 257	20 124	
Drzwi wejściowe stare		[MJ]	2 668	2 410	2 122	1 524	133	145	1 702	1 992	2 452	15 148	
Drzwi wejściowe nowe		[MJ]	875	790	696	500	44	48	558	653	804	4 968	
Strop nad piwnicą		[MJ]	12 687	11 459	10 089	7 250	633	692	8 095	9 471	11 660	72 035	
Mostki limitowe		[MJ]	27 369	24 720	21 765	15 639	1 366	1 492	17 464	20 432	25 153	155 400	
Podłoga na gruncie		[MJ]	23 000	20 774	18 290	13 143	1 148	1 254	14 676	17 170	21 138	130 594	
Podłoga na gruncie w piwnicy		[MJ]	6 100	5 509	4 851	3 486	305	333	3 892	4 554	5 606	34 634	
Straty przez przegrody		[MJ]	293 244	264 866	233 199	167 568	14 640	15 991	187 118	218 920	269 506	1 665 051	
Wentylacja		[MJ]	130 986	118 310	104 165	74 849	6 539	7 143	83 581	97 787	120 382	743 743	
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	424 230	383 176	337 364	242 417	21 179	23 134	270 699	316 706	389 888	2 408 794	
Zyski słoneczne		[MJ]	27 924	30 256	66 643	89 039	118 784	71 096	48 972	23 267	18 326	494 307	
Zyski wewnętrzne		[MJ]	33 435	30 199	33 435	32 356	5 393	5 393	33 435	32 356	33 435	239 438	
Razem zyski		[MJ]	61 359	60 456	100 078	121 396	124 176	76 489	82 407	55 623	51 761	733 744	
Stosunek zysków do przenoszenia			0,1446	0,1578	0,2966	0,5008	5,8632	3,3064	0,3044	0,1756	0,1328	0,3046	
Typ budynku			ciężki (260 000)										
Powierzchnia ogrzewana		[m ²]	2 839										
Pojemność ciepła		[J/K]	738 223 990										
Stać czasowa		[h]	27										
Metoda obliczeniowa			miesięczna										
Referencyjny parametr liczbowy a _{H0}			I										
Stać czasowa odniesienia t _{H0}		[h]	15										
Parametr numeryczny a _H			2,81										
Parametr numeryczny a _H + 1			3,81										
η													
Zyski ciepła		[MJ]	0,9963	0,9953	0,9767	0,9231	0,1696	0,2951	0,9752	0,9938	0,9970	0,9970	561 991
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	61 131	60 173	97 747	112 063	21 057	22 569	80 364	55 279	51 607	561 991	
		[MJ]	363 099	323 003	239 617	130 354	122	565	190 336	261 428	338 280	1 846 803	

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

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Stropodach wentylowany	[MJ]	12 311	11 119	9 790	7 035	615	671	7 855	9 190	11 314	69 900
Stropodach pełny	[MJ]	898	811	714	513	45	49	573	670	825	5 099
Dach sala	[MJ]	3 134	2 831	2 492	1 791	156	171	2 000	2 340	2 880	17 794
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	13 642	12 321	10 848	7 795	681	744	8 705	10 184	12 537	77 457
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	20,07	1 129	898	645	56	62	720	843	1 037	6 409
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	50,19	2 823	2 245	1 613	141	154	1 801	2 107	2 594	16 028
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	81,75	4 598	3 657	2 628	230	251	2 934	3 433	4 226	26 110
Okna	[MJ]	910,00	51 184	40 703	29 248	2 555	2 791	32 660	38 211	47 041	290 625
Okna po lukserach	[MJ]	15,58	876	697	501	44	48	559	654	805	4 974
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	6,38	359	285	205	18	20	229	268	330	2 036
Mostki liniowe	[MJ]	164,43	9 249	7 355	5 285	462	504	5 902	6 905	8 500	52 515
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	15,56	875	696	500	44	48	558	653	804	4 968
Strop nad piwnicą	[MJ]	225,55	11 459	10 089	7 250	633	692	8 095	9 471	11 660	72 035
Podłoga na gruncie	[MJ]	408,91	20 774	18 290	13 143	1 148	1 254	14 676	17 170	21 138	130 594
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	108,45	6 100	4 851	3 486	305	333	3 892	4 554	5 606	34 634
Straty przez przegrody	[MJ]	2539,94	142 863	129 037	81 636	7 132	7 791	91 160	106 653	131 297	811 178
Wentylacja	[MJ]	2 328,79	130 986	104 165	74 849	6 539	7 143	83 581	97 787	120 382	743 743
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	273 848	247 347	217 775	156 485	13 671	14 933	174 741	204 440	251 680	1 554 921
Zyski słoneczne	[MJ]	27 869	30 195	66 509	88 837	118 537	70 932	48 870	23 214	18 281	493 243
Zyski wewnętrzne	[MJ]	33 435	30 199	33 435	32 356	5 393	5 393	33 435	32 356	33 435	239 438
Razem zyski	[MJ]	61 304	60 394	99 944	121 194	123 929	76 325	82 305	55 570	51 716	732 681
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2239	0,2442	0,4589	0,7745	9,0649	5,1110	0,4710	0,2718	0,2055	0,4712
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	2 839									
Pojemność cieplna	[J/K]	738 223 990									
Stała czasowa	[h]	42									
Metoda obliczeniowa		miesieczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H0}		1									
Stała czasowa odniesienia t _{H0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		3,81									
Parametr numeryczny a _H + 1		4,81									
η		0,9974	0,9965	0,9714	0,8795	0,1103	0,1953	0,9691	0,9949	0,9981	
Zyski ciepła	[MJ]	61 145	60 181	97 090	106 592	13 669	14 909	79 760	55 286	51 617	540 249
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	212 704	187 166	120 684	49 893	3	24	94 981	149 154	200 063	1 014 672

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	regulacja centralna, brak regulacji miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,702	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	przewody poziome i pionowe izolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,80	
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	Obecne	Docelowe
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm^3	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A_f	m^2	2 656	2656
Liczba użytkowników	osoba	531	531
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	22 340,7	22 340,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	80,4	80,4
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,600	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,550	0,730
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	40 619,5	30 603,8
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	146,2	110,2
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,236	0,236
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,016	2,016
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,345	0,258
Max. moc c.w.u.	kW	45,64	34,14
Średnia moc c.w.u.	kW	22,6	16,9
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	15,3	11,5

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 236 sztuk opraw o mocy 80 W oraz 19 szt. o mocy 58 W oraz żarowe w ilości 30 sztuk opraw o mocy 75 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 [m²].

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	Płóść szt	Moc opraw oświetleniowych W
przed modernizacją	80	236	18 880
	75	30	2 250
	58	19	1 102
po modernizacji	45	236	10 620
	25	30	750
	25	19	475

Powierzchnia użytkowa A_f	Moc zainstalowanych opraw oświetleniowych P_{rzecz}	Moc jednostkowa P_N		Czas użytkowania oświetlenia t
		przed modernizacją	po modernizacji	
[m ²]	[W]	[W/m ²]	[W/m ²]	[h/rok]
2 656	22 232	8,4	4,5	2 000

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	kWh/m ² rok	16,74	8,92
Zużycie energii do oświetlenia	kWh/rok	44 464,00	23 690,00
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	0,51	0,51
Koszt energii elektrycznej	zł/rok	22 676,64	12 081,90
Oszczędność energii elektrycznej	zł/kWh	20 774,00	
	%	46,72	
Oszczędność kosztów	zł/rok	10 594,74	
Szacowane nakłady inwestycyjne ¹⁾	zł	257 948,57	
SPBT	lata	24,35	

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

Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej

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

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- ciepło sieciowe z ciepłowni węglowej – 1,3.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa:			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	2 644,75	734 652,78	734,65
zużycie po modernizacji	1 191,09	330 858,33	330,86
oszczędność	1 453,66	403 794,44	403,79
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	203,56	56 545,00	56,55
zużycie po modernizacji	128,78	35 771,00	35,77
oszczędność	74,79	20 774,00	20,77
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	2 848,31	791 197,78	791,20
zużycie po modernizacji	1 319,87	366 629,33	366,63
oszczędność	1 528,45	424 568,44	424,57
oszczędność %	53,66		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	3 438,18	955 048,61	955,05
zużycie po modernizacji	1 548,42	430 115,83	430,12
oszczędność	1 889,76	524 932,78	524,93
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	610,69	169 635,00	169,64
zużycie po modernizacji	386,33	107 313,00	107,31
oszczędność	224,36	62 322,00	62,32
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	4 048,86	1 124 683,61	1 124,69
zużycie po modernizacji	1 934,74	537 428,83	537,43
oszczędność	2 114,12	587 254,78	587,26
oszczędność %	52,22		

Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) 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 ₂									
	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	emisja CO ₂	
	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
sieć miejska	2 644,75	-	94,96	251,15	1 191,09	-	94,96	113,11		
energia elektryczna	-	56,55	0,832	47,05	-	35,77	0,832	29,76		
				298,20				142,87	155,33	52,09

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 i montaż parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orynnowania,
- wykonanie opaski fundamentowej wraz z izolacją termiczną w obrębie naświetli do 1 m, izolacją przeciwwilgociową po obkopaniu naświetli po obwodzie oraz dostosowaniem naświetli do wykonanych prac termomodernizacyjnych wraz z wykonaniem odwodnienia i odtworzeniem obarierowania,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- wymianę instalacji odgromowej,
- prace remontowe kominów i ogniomurów wraz ze wszystkimi elementami znajdującymi się na dachu,
- wymianę przeciekających wylazów dachowych,
- prace remontowe pokrycia dachowego wejść do budynku (ganków i wiatrolapów),

- przebudowę wejścia głównego zgodnie z Oceną Techniczną,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszenia, drabiny, kraty, itp.) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji oraz wzmocnienie ścian zewnętrznych np. kotwami, tam gdzie to niezbędne,
- demontaż i utylizację starych futryn, luksferów i drzwi,
- usunięcie zawilgoceń występujących wewnątrz budynku wraz z pracami odtworzeniowymi,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- niezbędne prace modernizacyjne w obrębie instalacji elektrycznej, wynikłe przy wymianie oświetlenia wewnętrznego,
- 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.