

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU

SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 11

ul. Dubois 26

95 – 100 Zgierz



Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz

pl. Jana Pawła II 16

95 – 100 Zgierz

Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
	Gmina Miasto Zgierz		1959
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	ul.	Dubois nr bud. 26	
	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 Belosouska			
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			8
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.			9
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji			9
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego			9
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			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			17
7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej			23
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne			25
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku			25
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego			27
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			29
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji			33
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych			37
ZAŁĄCZNIKI			38
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła			38
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją			39
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji			41
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację			43
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego			43
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła			43
Z-7 Projektowana strata ciepła			44
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
Z-18 Efekt energetyczny i ekologiczny części mieszkalnej			55

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	4	4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	12 352	12 352
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	2 918	2 918
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	33	33
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	2 885	2 885
7.	Liczba lokali mieszkalnych	1	1
8.	Liczba osób użytkujących budynek	542	542
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]	0,347	0,347
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,119	0,228
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,897	0,172
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,371	0,341
5	Okna, drzwi balkonowe	3,120	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,000	1,500
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,86	0,98
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 [-]	1,00	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,88	0,88	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,70	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	0,60	0,85	
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]	7 956	7 668	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,77	0,75	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	230,73	135,83	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	79,89	48,33	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 664,76	894,45	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 618,78	923,73	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	276,12	169,92	
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)]	158,48	85,15	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	249,30	87,94	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	50,90	50,90	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	16,13	9,92	
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)]	3,91	1,44	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	2 177 042,18	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	62,22
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	2 177 042,18	Premia termomodernizacyjna	[zł]	183 354,26
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	91 677,13			

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 11 w Zgierzu, ul. Dubois 26 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 ciepłe 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 (Zleceńdawcy) .

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

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1959
Adres budynku	ul. Dubois 26, 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, ul. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	3	
Rodzaj dachu	Dach kryty blachą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	12 352	0	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 918	0	
Współczynnik kształtu	0,347		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	2,3	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	542	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	10	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Strop pod poddaszem		977,91	0,897
Dach łącznika		20,09	1,520
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		1 322,78	1,119
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		524,41	0,450
Okna	S	28,90	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	149,38	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	35,14	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	166,32	1,500
	SE	0,00	1,500

Okna stare	S	12,59	3,120
	SW	0,00	3,120
	W	6,44	3,120
	NW	0,00	3,120
	N	13,45	3,120
	NE	0,00	3,120
	E	0,00	3,120
	SE	0,00	3,120
Drzwi wejściowe		4,05	3,000
Drzwi wejściowe		22,85	1,700
Podłoga na gruncie w piwnicy		977,91	0,371
Podłoga na gruncie łącznik		20,09	0,468

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Szkoły Podstawowej Nr 11, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Dubois 26. Obiekt, wybudowany w 1959 roku składa się z trzykondygnacyjnego budynku szkolnego oraz jednokondygnacyjnej sali gimnastycznej połączonej łącznikiem w poziomie parteru. Budynki zbudowane w technologii tradycyjnej, częściowo podpiwniczone. Ściany zewnętrzne murowane z cegły pełnej o grubości 51cm dwustronnie tynkowane, nieocieplone. Ściany ogrzewanej piwnicy wykonane z cegły pełnej grubości 62 cm, nieocieplone. Nad ostatnią kondygnacją budynku szkolnego i sali gimnastycznej znajduje się nieogrzewane poddasze nieużytkowe. Strop pod poddaszem typu Ackermana, nieocieplony. Konstrukcja dachu budynku szkolnego i sali gimnastycznej drewniana kryta blachą. Nad łącznikiem zastosowano dach konstrukcji drewnianej, nieocieplony, kryty blachą. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych.

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

- dla dachów, stropodachów - 0,18 W/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:

- strop poddasza, dach łącznika - 0,897; 1,520 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 0,450; 1,119 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,371; 0,468 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji 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 poniżej gruntu do poziomu jednego metra poniżej gruntu.

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

- okna -1,1 W/m²K
- drzwi -1,5 W/m²K

W budynku część starej stolarki okiennej 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. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej drewnianej stolarki okiennej.

W budynku część starej stolarki drzwiowej wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej drewnianej stolarki drzwiowej.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest kotłownia gazowa zlokalizowana w piwnicy budynku. Zainstalowane w 1995 r. kotły o mocy 2x 145 kW są w złym stanie technicznym i w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana.

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

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z kotłowni gazowej zlokalizowanej w piwnicy budynku. Zainstalowany kocioł gazowy jest w złym stanie technicznym. Instalacja c.w.u. została wykonana z rurociągów stalowych i jest w złym stanie technicznym. W związku z tym w opracowaniu przeanalizowano kompleksową modernizację instalacji c.w.u wraz z wymianą źródła ciepła.

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną w dobrym stanie technicznym, z wyjątkiem sali gimnastycznej. Ze względu na niedostateczną wymianę powietrza w sali gimnastycznej w opracowaniu przeanalizowano montaż instalacji mechanicznej nawiewno – wywiewnej z rekuperacją.

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

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

- ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- ocieplenie dachu nad łącznikiem
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę okien,
- wymianę drzwi,
- modernizację wentylacji w sali gimnastycznej,
- wymianę źródła ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u.
- kompleksową modernizację instalacji c.w.u.
- kompleksową wymianę instalacji c.o., montaż nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi,
- montaż Systemu Zarządzania Energią,

7.Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Ponizej 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 stropu pod poddaszem. Ocieplenie dachu nad łącznikiem. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian poniżej gruntu[SG-1]. Wymiana okien drewnianych. Wymiana drzwi drewnianych. Montaż wentylacji mechanicznej z rekuperacją w sali gimnastycznej.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana i izolacja istniejących rurociągów. Montaż perlatorów przy punktach odbioru. Wymiana źródła ciepła.
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Wymiana istniejących kotłów gazowych. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

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

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

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- 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),

Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

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

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

gdzie:

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

Liczbę stopniodni Sd oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

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

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

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

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 stropu nad poddaszem

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem styropianem lub wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (deskowanie lub płyty OSB)

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 977,91 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 1,115 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 880 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał: styropian} & & U_0 &= 0,897 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

Izolacja	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	2,557	0,391	122,13	0,015	171 600,00	8 040,82	21,341
0,06	1,500	2,807	0,356	111,25	0,014	173 536,00	8 594,37	20,192
0,07	1,750	3,057	0,327	102,15	0,013	175 472,00	9 057,39	19,373
0,08	2,000	3,307	0,302	94,43	0,012	177 408,00	9 450,41	18,773
0,09	2,250	3,557	0,281	87,80	0,011	179 344,00	9 788,19	18,322
0,10	2,500	3,807	0,263	82,03	0,010	181 280,00	10 081,60	17,981
0,11	2,750	4,057	0,246	76,98	0,010	183 216,00	10 338,86	17,721
0,12	3,000	4,307	0,232	72,51	0,009	185 152,00	10 566,26	17,523
0,13	3,250	4,557	0,219	68,53	0,009	187 088,00	10 768,71	17,373
0,14	3,500	4,807	0,208	64,97	0,008	189 024,00	10 950,10	17,262
0,15	3,750	5,057	0,198	61,76	0,008	190 960,00	11 113,55	17,183
0,16	4,000	5,307	0,188	58,85	0,007	192 896,00	11 261,61	17,129
0,17	4,250	5,557	0,180	56,20	0,007	194 832,00	11 396,35	17,096
0,18	4,500	5,807	0,172	53,78	0,007	196 768,00	11 519,48	17,081
0,19	4,750	6,057	0,165	51,56	0,006	198 704,00	11 632,45	17,082
0,20	5,000	6,307	0,159	49,52	0,006	200 640,00	11 736,47	17,095
0,21	5,250	6,557	0,153	47,63	0,006	202 576,00	11 832,55	17,120
0,22	5,500	6,807	0,147	45,88	0,006	204 512,00	11 921,58	17,155
0,23	5,750	7,057	0,142	44,25	0,006	206 448,00	12 004,30	17,198
0,24	6,000	7,307	0,137	42,74	0,005	208 384,00	12 081,36	17,248
0,25	6,250	7,557	0,132	41,33	0,005	210 320,00	12 153,32	17,306

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

Usprawnienia dotyczące dachu nad łącznikiem

Rozpatruje się ocieplenie dachu płytami styropianowymi lub wełny mineralnej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	20,09	[m ²]	$R_0 = 0,658$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 20	[m ²]		
Materiał: styropian			$U_0 = 1,520$	[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_{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	1,908	0,524	3,36	0,000	4 119,27	325,23	12,666
0,06	1,500	2,158	0,463	2,97	0,000	4 145,39	345,06	12,014
0,07	1,750	2,408	0,415	2,67	0,000	4 171,51	360,77	11,563
0,08	2,000	2,658	0,376	2,41	0,000	4 197,64	373,53	11,238
0,09	2,250	2,908	0,344	2,21	0,000	4 223,76	384,10	10,997
0,10	2,500	3,158	0,317	2,03	0,000	4 249,88	392,99	10,814
0,11	2,750	3,408	0,293	1,88	0,000	4 276,00	400,58	10,675
0,12	3,000	3,658	0,273	1,75	0,000	4 302,13	407,13	10,567
0,13	3,250	3,908	0,256	1,64	0,000	4 328,25	412,84	10,484
0,14	3,500	4,158	0,241	1,54	0,000	4 354,37	417,86	10,421
0,15	3,750	4,408	0,227	1,46	0,000	4 380,49	422,32	10,372
0,16	4,000	4,658	0,215	1,38	0,000	4 406,61	426,30	10,337
0,17	4,250	4,908	0,204	1,31	0,000	4 432,74	429,87	10,312
0,18	4,500	5,158	0,194	1,24	0,000	4 458,86	433,09	10,295
0,19	4,750	5,408	0,185	1,19	0,000	4 484,98	436,02	10,286
0,20	5,000	5,658	0,177	1,13	0,000	4 511,10	438,69	10,283
0,21	5,250	5,908	0,169	1,09	0,000	4 537,23	441,13	10,285
0,22	5,500	6,158	0,162	1,04	0,000	4 563,35	443,38	10,292
0,23	5,750	6,408	0,156	1,00	0,000	4 589,47	445,45	10,303
0,24	6,000	6,658	0,150	0,96	0,000	4 615,59	447,36	10,317
0,25	6,250	6,908	0,145	0,93	0,000	4 641,71	449,13	10,335

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 ścian zewnętrznych budynku

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

Pow. obliczeniowa = 1 322,78 [m²] R₀ = 0,893 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 1 427 [m²]

Materiał: styropian U₀ = 1,119 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R 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	2,143	0,467	197,10	0,025	426 673,00	14 037,39	30,395
0,06	1,500	2,393	0,418	176,51	0,022	429 170,25	15 085,30	28,450
0,07	1,750	2,643	0,378	159,82	0,020	432 166,95	15 934,98	27,121
0,08	2,000	2,893	0,346	146,01	0,018	435 663,10	16 637,83	26,185
0,09	2,250	3,143	0,318	134,40	0,017	439 658,70	17 228,88	25,519
0,10	2,500	3,393	0,295	124,50	0,016	444 153,75	17 732,83	25,047
0,11	2,750	3,643	0,274	115,95	0,015	449 148,25	18 167,63	24,722
0,12	3,000	3,893	0,257	108,51	0,014	454 642,20	18 546,59	24,514
0,13	3,250	4,143	0,241	101,96	0,013	460 635,60	18 879,81	24,398
0,14	3,500	4,393	0,228	96,16	0,012	467 128,45	19 175,12	24,361
0,15	3,750	4,643	0,215	90,98	0,011	474 120,75	19 438,62	24,391
0,16	4,000	4,893	0,204	86,33	0,011	481 612,50	19 675,20	24,478
0,17	4,250	5,143	0,194	82,14	0,010	489 603,70	19 888,78	24,617
0,18	4,500	5,393	0,185	78,33	0,010	498 094,35	20 082,56	24,802
0,19	4,750	5,643	0,177	74,86	0,009	507 084,45	20 259,17	25,030
0,20	5,000	5,893	0,170	71,68	0,009	516 574,00	20 420,79	25,296
0,21	5,250	6,143	0,163	68,77	0,009	526 563,00	20 569,26	25,600
0,22	5,500	6,393	0,156	66,08	0,008	537 051,45	20 706,12	25,937
0,23	5,750	6,643	0,151	63,59	0,008	548 039,35	20 832,68	26,307
0,24	6,000	6,893	0,145	61,28	0,008	559 526,70	20 950,06	26,708
0,25	6,250	7,143	0,140	59,14	0,007	571 513,50	21 059,23	27,138

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian poniżej gruntu

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

grubości na głębokość 1m

Pow. obliczeniowa =	524,41	[m ²]	$R_0 = 2,220$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 172	[m ²]		
Materiał: styropor			$U_0 = 0,450$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,032	[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_{ogr}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,563	3,782	0,264	44,28	0,006	58 480,00	1 586,36	36,864
0,06	1,875	4,095	0,244	40,90	0,005	59 823,75	1 758,36	34,022
0,07	2,188	4,407	0,227	38,00	0,005	61 436,25	1 905,96	32,234
0,08	2,500	4,720	0,212	35,48	0,004	63 317,50	2 034,02	31,129
0,09	2,813	5,032	0,199	33,28	0,004	65 467,50	2 146,17	30,504
0,10	3,125	5,345	0,187	31,34	0,004	67 886,25	2 245,21	30,236
0,11	3,438	5,657	0,177	29,60	0,004	70 573,75	2 333,31	30,246
0,12	3,750	5,970	0,168	28,05	0,004	73 530,00	2 412,18	30,483
0,13	4,063	6,282	0,159	26,66	0,003	76 755,00	2 483,21	30,910
0,14	4,38	6,595	0,152	25,40	0,003	80 248,75	2 547,50	31,501
0,15	4,688	6,907	0,145	24,25	0,003	84 028,45	2 605,98	32,244
0,16	5,000	7,220	0,139	23,20	0,003	88 059,70	2 659,39	33,113
0,17	5,313	7,532	0,133	22,23	0,003	92 359,70	2 708,38	34,101
0,18	5,625	7,845	0,127	21,35	0,003	96 928,45	2 753,46	35,202
0,19	5,938	8,157	0,123	20,53	0,003	101 765,95	2 795,09	36,409
0,20	6,250	8,470	0,118	19,77	0,002	106 872,20	2 833,64	37,716
0,21	6,563	8,782	0,114	19,07	0,002	112 247,20	2 869,45	39,118
0,22	6,875	9,095	0,110	18,41	0,002	117 890,95	2 902,80	40,613
0,23	7,188	9,407	0,106	17,80	0,002	123 803,45	2 933,94	42,197
0,24	7,500	9,720	0,103	17,23	0,002	129 984,70	2 963,07	43,868
0,25	7,813	10,032	0,100	16,69	0,002	136 434,70	2 990,39	45,624

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Minimalny opór cieplny warstwy materiału izolacyjnego izolacji obwodowej podłogi na gruncie wynosi 2,0 m²K/W". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 10 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

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 ścienne, 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 ścienne, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - jak we wzorze (8),

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

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

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

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

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

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

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około 32,48 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	3,1	1,2	1,0	137,03	0,004	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	100,71	0,002	1 848,61	34 098,75	18,45
2	1,1	1,0	1,0	98,63	0,002	1 954,18	35 722,50	18,28
3	0,9	1,0	1,0	96,56	0,002	2 059,75	42 217,50	20,50

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

Jak wspomniano w części opisowej Audytu w analizowanym budynku zastosowano wentylację grawitacyjną. Ponieważ w pomieszczeniu o dużej powierzchni – sala gimnastyczna, występują problemy z obiegiem powietrza proponuje się zastosowanie w tym pomieszczeniu wentylacji wymuszonej. W tym celu przewidziano zainstalowanie centrali wentylacyjnej, wyposażonej w kompletną instalację nawiewno – wywiewną, zintergerowaną z Systemem Zarządzania Energią. W celu oszczędności energii przewidziano dodatkowo zainstalowanie wymiennika krzyżowego. Przyjęto, że w wyniku ogrzewania powietrza napływowego przez powietrze wypływowe nastąpi obniżenie zużycia ciepła o 67%. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej około 1000 m³/h. Dodatkowo przewidziano zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnych czujek stężenia CO₂, które po przekroczeniu założonego maksymalnego poziomu spowodują zwiększenie obrotów wentylatora i doprowadzenie do zmniejszenia stężenia CO₂ w pomieszczeniu. Przy powyższych założeniach oszczędność energii z powyższego rozwiązania wyniesie:

Strumień powietrza	V ₁	ρ*c _p	H _v	Sd	Q	ΔQ
	[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]	-	GJ	GJ
Obecnie	7 956	0,33	2 652	3 696,40	846,97	30,66
Docelowo	7 668	0,33	2 556	3 696,40	816,31	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

ΔQ	Oszczędność	Nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
30,66	1 601,92	69 700,00	43,51

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około 22,85 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	3,0	1,2	1,0	102,41	0,011	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	79,50	0,010	1 165,88	41 134,50	35,28
2	1,6	1,0	1,0	78,77	0,010	1 203,03	42 277,13	35,14
3	1,5	1,0	1,0	78,04	0,010	1 240,17	43 191,23	34,83

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ i 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 ΔO_{rCW} n-tego źródła oblicza się wg wzoru:

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

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 ciepła woda użytkowa zasilana jest z kotła gazowego zainstalowanego w piwnicy budynku. Zarówno stan techniczny kotła jak i instalacji jest zły, w związku z tym proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u. wraz z wymianą istniejącego źródła ciepła na kondensacyjny kocioł gazowy, z priorytetem ciepłej wody. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 95 000 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo $14\,053,51\text{zł} - 8\,648,32\text{zł} = 5\,405,20\text{zł}$ (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

$$SPBT = 95\,000,00 / 5\,405,20 = 17,58 \text{ lat.}$$

7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	196 768,00	17,08
3	Modernizacja instalacji c.w.u	95 000,00	17,58
4	Wymiana okien	35 722,50	18,28
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	467 128,45	24,36
6	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	67 886,25	30,24
7	Wymiana drzwi	43 191,23	34,83
8	Modernizacja wentylacji	69 700,00	43,51

7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

Tabela 7a. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	196 768,00	17,08
3	Modernizacja instalacji c.w.u	95 000,00	17,58
4	Wymiana okien	35 722,50	18,28
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	467 128,45	24,36
6	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	67 886,25	30,24
7	Wymiana drzwi	43 191,23	34,83
8	Modernizacja wentylacji	69 700,00	43,51
	Ogółem	979 907,53	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28

2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	196 768,00	17,08
3	Modernizacja instalacji c.w.u	95 000,00	17,58
4	Wymiana okien	35 722,50	18,28
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	467 128,45	24,36
6	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	67 886,25	30,24
7	Wymiana drzwi	43 191,23	34,83
	Ogółem	910 207,53	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	196 768,00	17,08
3	Modernizacja instalacji c.w.u	95 000,00	17,58
4	Wymiana okien	35 722,50	18,28
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	467 128,45	24,36
6	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	67 886,25	30,24
	Ogółem	867 016,30	

Tabela 7d. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	196 768,00	17,08
3	Modernizacja instalacji c.w.u	95 000,00	17,58
4	Wymiana okien	35 722,50	18,28
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	467 128,45	24,36
	Ogółem	799 130,05	

Tabela 7e. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	196 768,00	17,08
3	Modernizacja instalacji c.w.u	95 000,00	17,58
4	Wymiana okien	35 722,50	18,28
	Ogółem	332 001,60	

Tabela 7f. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28

2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	196 768,00	17,08
3	Modernizacja instalacji c.w.u	95 000,00	17,58
	Ogółem	296 279,10	

Tabela 7g. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	196 768,00	17,08
	Ogółem	201 282,10	

Tabela 7h. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VIII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu w łączniku	4 511,10	10,28
	Ogółem	4 511,10	

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_{0CO} - 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 kotły, instalacja c.o. jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na wymianie kotłów gazowych, 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	0,2307	0,2307
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	1 615	1 615
3	Ogólna sprawność CO	-	0,6225	0,8749
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	0,95	0,95
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	0,90	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	2 218,61	1 578,56
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	116 460,26	83 884,53
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		32 575,73
9	Szacowany koszt modernizacji	zł		665 000,00
10	SPBT	lat		20,41

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

cieplej 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	Oplata CO	q _{cwu}	Q _{cwu}	Oplata CWU	Q _{co+cwu}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok		
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok					
0	0,2307	1 664,76	0,6357	1	2 618,78	136 827,98	0,040	276,12	14 053,51	2 895	150 881,49					
I+A	0,1358	894,45	0,8279	0,855	923,73	50 556,04	0,024	169,92	8 648,32	1 094	59 204,36	1 801	62,22	91 677,13		
II+A	0,1358	924,32	0,8279	0,855	954,58	52 126,19	0,024	169,92	8 648,32	1 125	60 774,51	1 770	61,16	90 106,98		
III+A	0,1372	934,99	0,8279	0,855	965,59	52 686,56	0,024	169,92	8 648,32	1 136	61 334,88	1 759	60,78	89 546,61		
IV+A	0,1446	992,23	0,8279	0,855	1 024,71	55 695,56	0,024	169,92	8 648,32	1 195	64 343,88	1 700	58,73	86 537,61		
V+A	0,2015	1 437,50	0,8279	0,855	1 484,55	79 099,76	0,024	169,92	8 648,32	1 654	87 748,08	1 240	42,85	63 133,41		
VI+A	0,2041	1 456,23	0,8279	0,855	1 503,90	80 084,60	0,024	169,92	8 648,32	1 674	88 732,92	1 221	42,18	62 148,57		
VII+A	0,2041	1 456,23	0,8279	0,855	1 503,90	80 084,60	0,024	276,12	14 053,51	1 780	94 138,11	1 115	38,51	56 743,38		
VIII+A	0,2297	1 656,29	0,8279	0,855	1 710,51	90 600,31	0,024	276,12	14 053,51	1 987	104 653,82	908	31,37	46 227,67		
A	0,2307	1 664,76	0,8279	0,855	1 719,25	91 045,14	0,024	276,12	14 053,51	1 995	105 098,65	900	31,07	45 782,84		

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]	[%]	20% kredytu [zł]	16% kosztów całkowitych [zł]	2 lata oszczędności [zł]
		3	4	5	6		7	8	9
1	I+A	2 177 042,18	91 677,13	62,22	0,00	0,00	435 408,44	348 326,75	183 354,26
2	II+A	2 107 342,18	90 106,98	61,16	0,00	0,00	421 468,44	337 174,75	180 213,96
3	III+A	2 064 150,95	89 546,61	60,78	0,00	0,00	412 830,19	330 264,15	179 093,22
4	IV+A	1 996 264,70	86 537,61	58,73	0,00	0,00	399 252,94	319 402,35	173 075,22
5	V+A	1 529 136,25	63 133,41	42,85	0,00	0,00	305 827,25	244 661,80	126 266,82
6	VI+A	1 493 413,75	62 148,57	42,18	0,00	0,00	298 682,75	238 946,20	124 297,14
7	VII+A	1 398 416,75	56 743,38	38,51	0,00	0,00	279 683,35	223 746,68	113 486,76
8	VIII+A	1 201 645,75	46 227,67	31,37	0,00	0,00	240 329,15	192 263,32	92 455,34
9	A	1 197 134,65	45 782,84	31,07	0,00	0,00	239 426,93	191 541,54	91 565,68

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 1 427 m² 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 14 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,228 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.
2. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około 172 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 otwarcie nawierzchni oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia..
3. Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 880 m² należy wykonać poprzez rozłożenie płyt styropianowych grubości 18 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (deskowanie lub płyty OSB). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,172 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.: prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Ocieplenie dachu nad łącznikiem o powierzchni około 20,09 m² należy wykonać płytami styropianowymi grubości 18 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Najpierw należy zdemontować istniejące pokrycie z blachy, następnie ułożyć płyty styropianowe i wykonać nowe pokrycie. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,172 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.: demontaż i montaż instalacji odgromowej, obróbki blacharskie, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
5. Wymianę okien o powierzchni około 32,48 m² na okna o współczynniku przenikania $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ z nawiewnikami higrosterowanymi, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
6. Wymianę drzwi o powierzchni około 22,85 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną zgodnie z Aprobata Techniczną oraz 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. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:
 - montaż centrali wentylacyjnej o wydajności około 1000 m³, wyposażonej w kompletne instalacje nawiewno – wywiewne wraz z integracją z Systemem Zarządzania Energią,
 - montaż wymiennika krzyżowego, w celu odzysku ciepła,
 - zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnej czujek CO₂, które po przekroczeniu założonego stężenia spowodują zwiększenie obrotów wentylatora i doprowadzenie do zmniejszenia stężenia CO₂ w pomieszczeniu,,

- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

8. Modernizację 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 oraz źródła ciepła poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 150 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 150 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- montaż instalacji zmieszania pompowego,
- regulację instalacji grzewczej,
- wymianę istniejących kotłów gazowych na kondensacyjny kocioł gazowy z priorytetem ciepłej wody użytkowej o mocy ok. 200 kW, wraz z dostosowaniem pomieszczenia kotłowni do przepisów ppoż,

Urządzenia do ogrzewania powinny charakteryzować się obowiązującym od końca 2020 r. minimalnym poziomem efektywności energetycznej i normami emisji zanieczyszczeń, które zostały określone w środkach wykonawczych do dyrektywy 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiającej ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią.

- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

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

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	2 177 042,18 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	183 354,26 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	91 677,13 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	23,75 lat



mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej obecnie i docelowo		
Zużycie gazu	[m ³]	80 147
	[kWh]	899 246
Współczynnik konwersji	[kWh/m ³]	11,220
Taryfa		W-4
Ceny gazu		
- za paliwo gazowe	[zł/kWh]	0,10865
- za przesył -stała	[zł/m-c]	222,34
- za przesył - zmienna	[zł/kWh]	0,0246
- abonament	[zł/m-c]	17,60
Koszt gazu zmienny	[zł]	119 788,61
Ciepło w gazie	[GJ]	2 894,90
Cena ciepła netto	[zł/GJ]	41,38
Cena ciepła brutto	[zł/GJ]	50,90
Opłata stała za gaz	[zł/rok]	2 879,28
Koszty stałe netto	[zł/rok]	2 879,28
Koszty stałe brutto	[zł/rok]	3 541,51

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]
Strop pod poddaszem	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	0,897
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Pustka powietrzna	350,0				
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Trociny z piaskiem	6,0	0,060	0,090	0,667	
	Strop Ackermana	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,975	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
R _T				1,115		
Dach łącznika	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	1,520
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop Ackermana	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,518	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,658	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	1,119
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,510	0,770	0,662	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				0,723	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,893	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	0,450
	Mur z cegły pełnej	62,0	0,620	0,770	0,805	
	R				0,842	
	Opór zastępczy gruntu				1,378	
	R _T				2,220	
Podłoga na gruncie w piwnicy	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,371
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Beton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Piasek	10,0	0,1	0,40	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	R				0,522	
	Opór zastępczy gruntu				2,173	
	R _T				2,695	

Podłoga na gruncie łącznik	Klepka	2,5	0,025	0,220	0,114	0,468
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Beton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Piasek	10,0	0,1	0,40	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	R				0,611	
	Opór zastępczy gruntu				1,525	
R_T				2,136		
Okna nowe				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Okna stare				2,600	1,2	3,120
Drzwi wejściowe nowe				1,700	1,0	1,700
Drzwi wejściowe				2,500	1,2	3,000

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Strop pod poddaszem	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	0,172
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Pustka powietrzna	350,0	3,500		0,000	
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Trociny z piaskiem	6,0	0,060	0,090	0,667	
	Strop Ackermana	24,0	0,240		0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	18,0	0,180	0,040	4,500	
	Płyta OSB	2,5	0,025	0,130	0,192	
	R				5,667	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
	R_T				5,807	
	Dach łącznika	Blacha	0,5	0,005	59,000	
Deska sosnowa		2,5	0,025	0,160	0,156	
Papa asfaltowa		1,5	0,015	0,180	0,083	
Strop Ackermana		24,0	0,240		0,260	
Tynk cem.-wap.		1,5	0,015	1,000	0,018	
Styropian		20,0	0,200	0,040	5,000	
R					5,518	
R_{si}					0,100	
R_{se}					0,040	
R_T					5,658	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,51	0,770	0,662	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Styropian	14,0	0,14	0,040	3,500	
	R				4,223	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				4,393	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,03	0,820	0,037	0,157
	Mur z cegły pełnej	62,0	0,62	0,770	0,805	
	Styropor	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				3,967	
	Opór zastępczy gruntu				2,418	
	R_T				6,385	

Podłoga na gruncie w piwnicy	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,341
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Beton	10,0	0,1	1,300	0,077	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Piasek	10,0	0,1	0,400	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,740	0,057	
	R				0,522	
	Opór zastępczy gruntu				2,413	
	R _T				2,935	
Podłoga na gruncie łącznik	Klepka	2,5	0,03	0,220	0,114	0,447
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Beton	10,0	0,10	1,300	0,077	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	0,083	
	Piasek	10,0	0,10	0,400	0,250	
	Grunt	10,0	0,10	1,740	0,057	
	R				0,611	
	Opór zastępczy gruntu				1,627	
	R _T				2,238	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Okna wymienione				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe wymienione				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe nowe				1,7	1,000	1,700

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza	
		obecnie	docelowo
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	10 290	
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	2 757	
Powierzchnia ogrzewana A_f sali gimnastycznej	[m ²]	161	
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³	0,56*10 ⁻³ 0,42*10 ⁻³
Średni strumień powietrza wentylacji naturalnej	[m ³ /s]	1,63	1,54
Średni strumień powietrza wentylacji mechanicznej	[m ³ /s]	-	0,05
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,57	0,57
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	2,21	2,17
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0
	c_w	-	1,0
	c_m	-	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	2,21	2,17
Skuteczność odzysku ciepła	-	-	0,67
Strumień powietrza	[m ³ /s]	2,21	2,13
Strumień powietrza	[m ³ /h]	7 956	7 668
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	2 652	2 556
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,77	0,75

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		10 290	0,5			5 145,0

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	2 757	4,7	12 958

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przełoga	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Strop pod poddaszem	977,91	0,897	0,9	789	40	31,57
Dach łącznika	20,09	1,520	1,0	31		1,22
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 322,78	1,119	1,0	1 481		59,23
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	524,41	0,450	1,0	236		9,45
Okna	379,74	1,500	1,0	570		22,78
Okna stare	32,48	3,120	1,0	101		4,05
Drzwi wejściowe	4,05	1,700	1,0	7		0,28
Drzwi wejściowe	22,85	3,000	1,0	69		2,74
Podłoga na gruncie w piwnicy	977,91	0,371	1,0	363		14,52
Podłoga na gruncie łącznik	20,09	0,468	1,0	9		0,38
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	602,70	0,190	1,0	115		4,58
nadproża	212,75	0,600	1,0	128		5,11
podokien	212,75	0,570	1,0	121		4,85
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				4 019		160,76
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		5 145	0,34	1749		69,97
OGÓLEM					230,73	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przełoga	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Strop pod poddaszem	977,91	0,172	0,9	152	40	6,06
Dach łącznika	20,09	0,177	1,0	4		0,14
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1322,78	0,228	1,0	301		12,04
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	524,41	0,157	1,0	82		3,29
Okna nowe	379,74	1,500	1,0	570		22,78
Okna wymienione	32,48	1,100	1,0	36		1,43
Drzwi wejściowe	4,05	1,700	1,0	7		0,28
Drzwi wejściowe	22,85	1,500	1,0	34		1,37
Podłoga na gruncie w piwnicy	977,91	0,341	1,0	333		13,33
Podłoga na gruncie łącznik	20,09	0,447	1,0	9		0,36
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	602,70	0,050	1,0	30		1,21
nadproża	212,75	0,200	1,0	43		1,70
podokien	212,75	0,220	1,0	47		1,87
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				1 647		65,86
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		5 145	0,34	1749		69,97
OGÓLEM					135,83	

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]											
Okna stare												
S	12,59	0,75	1 110	1 038	2 058	2 224	2 816	1 870	1 546	722	552	13 934
SW	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	6,44	0,75	268	311	687	994	1 345	812	532	249	195	5 391
NW	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	13,45	0,75	492	547	1 192	1 797	2 199	1 459	906	474	399	9 465
NE	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	32,48		1 870	1 895	3 937	5 014	6 359	4 141	2 984	1 445	1 146	28 791
Okna nowe												
S	28,90	0,67	2 275	2 128	4 220	4 560	5 774	3 834	3 169	1 480	1 132	28 572
SW	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	149,38	0,67	5 545	6 440	14 232	20 587	27 861	16 823	11 026	5 161	4 037	111 714
NW	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	35,14	0,67	1 150	1 276	2 782	4 196	5 134	3 407	2 116	1 106	931	22 099
NE	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	166,32	0,67	6 358	7 363	17 917	24 629	33 936	18 213	11 843	5 722	4 602	130 582
SE	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	379,74		15 328	17 207	39 151	53 971	72 705	42 276	28 154	13 470	10 703	292 966
OGÓLEM	412,21		17 198	19 103	43 088	58 985	79 064	46 417	31 138	14 915	11 849	321 757

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	41,49	29,04	0,67	3 266	3 056	6 058	6 546	8 289	5 504	4 550	2 125	1 625	41 020
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	155,82	109,07	0,67	5 784	6 717	14 846	21 475	29 062	17 548	11 502	5 384	4 211	116 530
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	48,58	34,01	0,67	1 590	1 765	3 847	5 801	7 099	4 710	2 926	1 530	1 288	30 555
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	166,32	116,42	0,67	6 358	7 363	17 917	24 629	33 936	18 213	11 843	5 722	4 602	130 582
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	412,21	288,55		16 999	18 900	42 668	58 451	78 386	45 975	30 820	14 761	11 726	318 686
OGÓLEM	412,21	288,55		16 999	18 900	42 668	58 451	78 386	45 975	30 820	14 761	11 726	318 686

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. miesięczą	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	H_{tr}, H_{se}										
Strop pod poddaszem	[MJ]	44 399	40 103	35 308	25 371	2 217	2 421	28 331	33 146	40 805	252 101
Dach łącznika	[MJ]	1 718	1 552	1 366	982	86	94	1 096	1 282	1 579	9 753
Ściana zewnętrzna [SZ-I]	[MJ]	83 287	75 227	66 233	47 593	4 158	4 542	53 145	62 177	76 545	472 906
Ściana poniżej gruntu [SG-I]	[MJ]	13 288	12 002	10 567	7 593	663	725	8 479	9 920	12 212	75 448
Okna	[MJ]	32 038	28 938	25 478	18 308	1 599	1 747	20 443	23 918	29 445	181 914
Okna stare	[MJ]	5 699	5 147	4 532	3 257	285	311	3 637	4 255	5 238	32 359
Drzwi wejściowe	[MJ]	387	350	308	221	19	21	247	289	356	2 199
Drzwi wejściowe	[MJ]	3 856	3 483	3 067	2 203	193	210	2 461	2 879	3 544	21 895
Mostki liniowe	[MJ]	20 442	18 463	16 256	11 681	1 021	1 115	13 044	15 261	18 787	116 068
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	20 413	18 438	16 233	11 665	1 019	1 113	13 025	15 239	18 761	115 906
Podłoga na gruncie łącznik	[MJ]	529	478	421	302	26	29	338	395	486	3 004
Straty przez przegrody	[MJ]	226 056	204 180	179 768	129 175	11 285	12 327	144 245	168 761	207 756	1 283 554
Wentylacja	[MJ]	149 165	134 730	118 622	85 237	7 447	8 134	95 182	111 359	137 090	846 966
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	375 221	338 910	298 390	214 412	18 732	20 461	239 427	280 119	344 846	2 130 520
Zyski słoneczne	[MJ]	17 198	19 103	43 088	58 985	79 064	46 417	31 138	14 915	11 849	321 757
Zyski wewnętrzne	[MJ]	34 706	31 348	34 706	33 587	5 598	5 598	34 706	33 587	34 706	248 543
Razem zyski	[MJ]	51 904	50 450	77 794	92 572	84 662	52 015	65 845	48 502	46 555	570 300
Stosunek zysków do przeniesienia		0,1383	0,1489	0,2607	0,4317	4,5196	2,5421	0,2750	0,1731	0,1350	0,2677
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	2 918									
Pojemność cieplna	[J/K]	758 654 000									
Staća czasowa	[h]	32									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Staća czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		3,11									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		4,11									
η		0,9982	0,9977	0,9886	0,9568	0,2197	0,3799	0,9868	0,9964	0,9983	
Zyski ciepła	[MJ]	51 808	50 335	76 907	88 572	18 597	19 762	64 975	48 329	46 475	465 760
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	323 413	288 575	221 483	125 840	135	700	174 452	231 790	298 372	1 664 761

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. miesięca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7		
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3		
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222	
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181	
Przegroda	Htr Hve											
Strop pod poddaszem	[MJ]	8 524	7 699	6 779	4 871	426	465	5 439	6 364	7 834	48 402	
Dach łącznika	[MJ]	200	180	159	114	10	11	127	149	184	1 134	
Ściana zewnętrzna [SZ-I]	[MJ]	16 935	15 296	13 467	9 677	845	923	10 806	12 643	15 564	96 158	
Ściana poniżej gruntu [SG-I]	[MJ]	4 620	4 173	3 674	2 640	231	252	2 948	3 449	4 246	26 231	
Okna	[MJ]	32 038	28 938	25 478	18 308	1 599	1 747	20 443	23 918	29 445	181 914	
Okna stare	[MJ]	2 009	1 815	1 598	1 148	100	110	1 282	1 500	1 847	11 409	
Drzwi wejściowe	[MJ]	387	350	308	221	19	21	247	289	356	2 199	
Mostki linitowe	[MJ]	6 721	6 070	5 345	3 841	336	366	4 289	5 017	6 177	38 161	
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 928	1 741	1 533	1 102	96	105	1 230	1 439	1 772	10 948	
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	18 744	16 930	14 906	10 711	936	1 022	11 960	13 993	17 226	106 427	
Podłoga na gruncie łącznik	[MJ]	505	456	402	289	25	28	322	377	464	2 867	
Straty przez przegrody	[MJ]	92 611	83 649	73 648	52 921	4 623	5 050	59 095	69 138	85 114	525 849	
Wentylacja	[MJ]	143 766	129 853	114 328	82 152	7 177	7 840	91 736	107 327	132 128	816 307	
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	236 377	213 502	187 976	135 073	11 801	12 890	150 831	176 466	217 242	1 342 156	
Zyski słoneczne	[MJ]	16 999	18 900	42 668	58 451	78 386	45 975	30 820	14 761	11 726	318 686	
Zyski wewnętrzne	[MJ]	34 706	31 348	34 706	33 587	5 598	5 598	34 706	33 587	34 706	248 543	
Razem zyski	[MJ]	51 705	50 248	77 375	92 037	83 983	51 573	65 527	48 348	46 433	567 229	
Stosunek zysków do przeniesienia		0,2187	0,2354	0,4116	0,6814	7,1168	4,0010	0,4344	0,2740	0,2137	0,4226	
Typ budynku		ciężki (260 000)										
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	2 918										
Pojemność cieplna	[J/K]	758 654 000										
Stała czasowa	[h]	50										
Metoda obliczeniowa		miesięczna										
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1										
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15										
Parametr numeryczny a _H		4,34										
Parametr numeryczny a _H + 1		5,34										
η		0,9989	0,9986	0,9874	0,9309	0,1405	0,2495	0,9847	0,9974	0,9990		
Zyski ciepła	[MJ]	51 650	50 176	76 402	85 676	11 799	12 867	64 523	48 221	46 388	447 702	
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	184 727	163 325	111 574	49 396	2	23	86 308	128 245	170 854	894 454	

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,86	kotły gazowe w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	brak regulacji centralnej i miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,636	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,98	kondensacyjny kocioł gazowy
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,83	
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	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm ³	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A _f	m ²	2 917,9	2917,9
Liczba użytkowników	osoba	542	542
Zużycie jednostkowe	dm ³ /(m ² doła)	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doła	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	24 543,7	24 543,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	88,4	88,4
Sprawność wytwarzania	-	0,880	0,880
Sprawność przesyłu	-	0,600	0,700
Sprawność akumulacji	-	0,600	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,320	0,520
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	76 699,1	47 199,4
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	276,1	169,9
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m ³ /h	0,241	0,241
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,006	2,006
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody	GJ/m ³	0,595	0,360
Max. moc c.w.u.	kW	79,89	48,33
Średnia moc c.w.u.	kW	39,8	24,1
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m ² *rok)	26,3	16,2

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 265 sztuk opraw o mocy 72 W, żarowe w ilości 35 sztuk opraw o mocy 60 W oraz halogenowe w ilości 32 szt. o mocy 35 W.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przeanalizowano zgodnie z "Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej".

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

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

gdzie:

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

A_f - powierzchnia użytkowa pomieszczeń, w których modernizowane jest oświetlenie [m^2].

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

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

gdzie:

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

t - czas użytkowania oświetlenia [h/rok].

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabelach poniżej:

Rodzaj opraw oświetleniowych	Jednostkowa moc opraw oświetleniowych W	Ilość szt	Moc opraw oświetleniowych W
przed modernizacją	72	265	19 080
	60	35	2 100
	35	32	1 120
po modernizacji	45	265	11 925
	25	35	875
	25	32	800

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]
2 918	22 300	7,6	4,7	2 000

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m ² rok]	15,28	9,32
Zużycie energii do oświetlenia E_L	[kWh/rok]	44 600,00	27 200,00
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,60	0,60
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	26 760,00	16 320,00
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	17 400,00	
	[%]	39,01	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	10 440,00	
Szacunkowe nakłady inwestycyjne ¹⁾	[zł]	297 566,57	
SPBT	[lata]	28,50	

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

Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej

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

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- gaz ziemny – 1,1.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa:			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	2 894,90	804 138,89	804,14
zużycie po modernizacji	1 093,65	303 791,67	303,79
oszczędność	1 801,25	500 347,22	500,35
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	209,80	58 276,50	58,28
zużycie po modernizacji	147,16	40 876,50	40,88
oszczędność	62,64	17 400,00	17,40
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	3 104,70	862 415,39	862,42
zużycie po modernizacji	1 240,81	344 668,17	344,67
oszczędność	1 863,89	517 747,22	517,75
oszczędność %	60,03		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	3 184,39	884 552,78	884,55
zużycie po modernizacji	1 203,02	334 170,83	334,17
oszczędność	1 981,38	550 381,95	550,38
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	629,39	174 829,50	174,83
zużycie po modernizacji	441,47	122 629,50	122,63
oszczędność	187,92	52 200,00	52,20
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	3 813,78	1 059 382,28	1 059,38
zużycie po modernizacji	1 644,48	456 800,33	456,80
oszczędność	2 169,30	602 581,95	602,58
oszczędność %	56,88		

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	
gaz ziemny	2 894,90	-	56,10	162,40	1 093,65	-	56,10	61,35		
energia elektryczna	-	58,28	0,832	48,49	-	40,88	0,832	34,01		
				210,89				95,37	115,53	54,78

Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orywnowania,
- wykonanie opaski fundamentowej wraz z izolacją termiczną w obrębie naświetli do 1 m, izolacją przeciwwilgociową po obkopaniu naświetli po obwodzie oraz dostosowaniem naświetli do wykonanych prac termomodernizacyjnych wraz z wykonaniem odwodnienia i odtworzeniem obarierowania,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- wymiana instalacji odgromowej,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszania, drabiny, kraty) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji, wraz ze wzmocnieniem ścian np. kotwami spiralnymi, tam gdzie to niezbędne,
- wykonanie osuszenia i odgrzybienia ścian piwnicznych,

- przeróbka ogrodzenia stalowego, stykającego się z narożem budynku,
- ocieplenie zadaszenia wejść do budynku wraz z obróbkami blacharskimi i odwodnieniem,
- demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
- obróbkę nowych okien i drzwi,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.

Z-18 Efekt energetyczny i ekologiczny części mieszkalnej

Poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej, redukcję emisji CO₂ oraz koszty przedsięwzięcia dla części mieszkalnej, które są kosztami niekwalifikowanymi.

Powierzchnia użytkowa mieszkania służbowego wynosi 33 m², powierzchnia użytkowa całego budynku wynosi 2 885 m². Powierzchnia mieszkalna stanowi 1,14%.

Oszczędność energii końcowej: 21,32 GJ; 5 922,24 kWh; 5,92 MWh.

Oszczędność energii pierwotnej: 24,81 GJ; 6 892,62 kWh; 6,89 MWh.

Redukcja emisji CO₂: 1,32 Mg CO₂

Niekwalifikowane koszty całego przedsięwzięcia = 2 773 013,40 zł * 1,14% = 31 719,04 zł.