

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU

SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 10

ul. Ozorkowska 68/70

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	1957
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		ul.	Ozorkowska nr bud. 68/70
	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku	kod 95-100 miejscowość Zgierz
	kod	95-100 miejscowość Zgierz		powiat zgierski
	tel.	- fax -		województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....				
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska 				
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje				
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)	
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE	
5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017				
6. Spis treści				
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1				
2. Karta audytu energetycznego budynku 2				
3. Podstawa opracowania. 4				
3.1 Cel i zakres opracowania. 4				
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu. 4				
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) 5				
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 6				
5. Ocena stanu technicznego budynku 7				
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku. 7				
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania 8				
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. 9				
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji. 9				
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. 9				
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego..... 9				
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło 10				
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. 10				
7.3 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. 18				
7.4 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku 18				
7.5 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 19				
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 22				
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 25				
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych..... 28				
ZAŁĄCZNIKI..... 29				
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła 29				
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją. 30				
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji..... 32				
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację..... 34				
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego 34				
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła 34				
Z-7 Projektowana strata ciepła 35				
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego 36				
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu 37				
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 38				
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009..... 39				
Z-12 Sprawności systemu grzewczego 40				
Z-13 Ciepła woda użytkowa 41				
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne 42				
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej..... 44				
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego 45				
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące..... 46				

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	2 307	2 307
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	535	535
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	535	535
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	257	257
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]	0,607	0,607
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,428	0,213
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,976	0,172
3	Strop nad piwnicą	1,089	1,089
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,473	0,473
5	Okna, drzwi balkonowe	1,500	1,500
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	1,700	1,700
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,91	0,95
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,80	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,88	0,88	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,60	
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]	1 403	1 403	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,86	0,86	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	62,42	34,26	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	45,44	32,08	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	449,72	229,57	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	802,21	260,88	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	146,23	110,17	
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	233,65	119,27	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	416,79	135,54	
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]	30,29	21,38	
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)]	6,92	2,62	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	523 596,52	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	65,19
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	523 596,52	Premia termomodernizacyjna	[zł]	56 590,70
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	28 295,35			

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 10 w Zgierzu, ul. Ozorkowskiej 68/70 i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termo modernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015, poz. 376).
6. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
7. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

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

3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .

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

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1957
Adres budynku	ul. Ozorkowska 68/70 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	2	
Rodzaj dachu	Dach kryty blachą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 307	177	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	535	81	
Współczynnik kształtu	0,607		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	2,2	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	257	-	
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		360,62	0,976
Dach nad częścią parterową		82,00	1,425
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (ocieplona)		125,22	0,213
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (nieocieplona)		204,63	1,428
Ściana wewnętrzna [SW-1] (poddasze)		62,40	1,296
Okna	S	7,61	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	64,75	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	0,00	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	46,29	1,500
	SE	0,00	1,500

Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Drzwi wejściowe		3,30	1,700
Strop nad piwnicą		115,20	1,089
Podłoga na gruncie		327,42	0,473

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Szkoły Podstawowej Nr 10, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Ozorkowskiej 68/70. Budynek zbudowany w technologii tradycyjnej w 1957 roku, jest częściowo podpiwniczony. Ściany zewnętrzne murowane z cegły pełnej o grubości 38 cm. W ramach prac termomodernizacyjnych część ścian ocieplono styropianem grubości 16 cm. Nad częścią budynku znajduje się poddasze, częściowo ogrzewane, użytkowe. Ściany pomiędzy częścią ogrzewaną a nieogrzewaną z cegły pełnej grubości 38 cm, nieocieplone. Strop pod poddaszem typu Kleina, nieocieplony. Konstrukcja dachu drewniana kryta blachą. Nad częścią parterową zastosowano stropodach, nieocieplony, kryty papą. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna niektórych 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 ścian wewnętrznych - 0,30 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 - 0,976; 1,425 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 0,213; 1,428 W/m²K,
- ściany wewnętrzne - 1,296 W/m²K,

- strop nad nieogrzewaną piwnicą - 1,089 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,473 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone (z wyjątkiem ściany poddanej termomodernizacji, która spełnia wymagania Warunków Technicznych). Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad piwnicą i podłogi na gruncie. Zgodnie z Warunkami Technicznymi podłoga na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej 2,0 m²K/W, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian zewnętrznych do 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 w ramach prac termomodernizacyjnych starą stolarkę okienną wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m²K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana.

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych starą stolarkę drzwiową 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.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest kotłownia gazowa zlokalizowana w piwnicy budynku. Zainstalowane w 1991 r. kotły o mocy 2x 54 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. Zainstalowane kotły gazowe są w złym stanie technicznym. Instalacja c.w.u. została wykonana z rurociągów stalowych i jest w dobrym stanie technicznym. W związku z tym w opracowaniu przeanalizowano jedynie wymianę źródła ciepła.

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną, w dobrym stanie technicznym.

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

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

- ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- ocieplenie dachu nad częścią parterową,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian wewnętrznych na poddaszu, oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych,
- wymianę źródła ciepła na potrzeby c.o. i 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

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

7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropu pod poddaszem. Ocieplenie dachu nad parterem. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Ocieplenie ścian wewnętrznych [SW-1].
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Wymiana istniejących kotłów gazowych. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

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

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

gdzie:

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

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

gdzie:

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

- Q_{0z}, Q_{1z} - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,
- O_{0z}, O_{1z} - opłata związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:
- dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,
 - dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,
 - dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo zł/m^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), $\text{dzień} * \text{K}/\text{rok}$,

Liczbę stopniodni Sd oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

- t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, $^{\circ}\text{C}$,
- $t_c(m)$ - 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, $^{\circ}\text{C}$,
- $Ld(m)$ - 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, $^{\circ}\text{C}$

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 pod poddaszem

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem styropianem lub wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy wykonać szlichtę cementową

Pow. obliczeniowa =	360,62	[m ²]	R ₀ =	1,025	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 325	[m ²]			
Materiał: styropian			U ₀ =	0,976	[W/(m ² *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	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,305	0,434	49,98	0,005	66 300,00	3 177,82	20,863
0,06	1,500	2,555	0,391	45,09	0,004	67 015,00	3 426,75	19,556
0,07	1,750	2,805	0,357	41,07	0,004	67 730,00	3 631,30	18,652
0,08	2,000	3,055	0,327	37,71	0,004	68 445,00	3 802,37	18,001
0,09	2,250	3,305	0,303	34,85	0,003	69 160,00	3 947,55	17,520
0,10	2,500	3,555	0,281	32,40	0,003	69 875,00	4 072,31	17,159
0,11	2,750	3,805	0,263	30,27	0,003	70 590,00	4 180,68	16,885
0,12	3,000	4,055	0,247	28,41	0,003	71 305,00	4 275,68	16,677
0,13	3,250	4,305	0,232	26,76	0,003	72 020,00	4 359,65	16,520
0,14	3,500	4,555	0,220	25,29	0,002	72 735,00	4 434,39	16,402
0,15	3,750	4,805	0,208	23,97	0,002	73 450,00	4 501,36	16,317
0,16	4,000	5,055	0,198	22,79	0,002	74 165,00	4 561,71	16,258
0,17	4,250	5,305	0,189	21,71	0,002	74 880,00	4 616,37	16,221
0,18	4,500	5,555	0,180	20,73	0,002	75 595,00	4 666,10	16,201
0,19	4,750	5,805	0,172	19,84	0,002	76 310,00	4 711,55	16,196
0,20	5,000	6,055	0,165	19,02	0,002	77 025,00	4 753,25	16,205
0,21	5,250	6,305	0,159	18,27	0,002	77 740,00	4 791,65	16,224
0,22	5,500	6,555	0,153	17,57	0,002	78 455,00	4 827,11	16,253
0,23	5,750	6,805	0,147	16,93	0,002	79 170,00	4 859,97	16,290
0,24	6,000	7,055	0,142	16,33	0,002	79 885,00	4 890,49	16,335
0,25	6,250	7,305	0,137	15,77	0,002	80 600,00	4 918,93	16,386

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 19 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 19 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry

Usprawnienia dotyczące dachu

Rozpatruje się ocieplenie dachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	82,00	[m ²]	$R_0 = 0,702$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 82	[m ²]		
Materiał: styropapa			$U_0 = 1,425$	[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	1,952	0,512	13,42	0,002	17 220,00	1 216,75	14,152
0,06	1,500	2,202	0,454	11,89	0,001	17 334,80	1 294,30	13,393
0,07	1,750	2,452	0,408	10,68	0,001	17 449,60	1 356,04	12,868
0,08	2,000	2,702	0,370	9,69	0,001	17 564,40	1 406,35	12,489
0,09	2,250	2,952	0,339	8,87	0,001	17 679,20	1 448,14	12,208
0,10	2,500	3,202	0,312	8,18	0,001	17 794,00	1 483,40	11,995
0,11	2,750	3,452	0,290	7,59	0,001	17 908,80	1 513,55	11,832
0,12	3,000	3,702	0,270	7,07	0,001	18 023,60	1 539,63	11,706
0,13	3,250	3,952	0,253	6,63	0,001	18 138,40	1 562,41	11,609
0,14	3,500	4,202	0,238	6,23	0,001	18 253,20	1 582,48	11,535
0,15	3,750	4,452	0,225	5,88	0,001	18 368,00	1 600,30	11,478
0,16	4,000	4,702	0,213	5,57	0,001	18 482,80	1 616,22	11,436
0,17	4,250	4,952	0,202	5,29	0,001	18 597,60	1 630,53	11,406
0,18	4,500	5,202	0,192	5,03	0,001	18 712,40	1 643,47	11,386
0,19	4,750	5,452	0,183	4,80	0,001	18 827,20	1 655,22	11,374
0,20	5,000	5,702	0,175	4,59	0,001	18 942,00	1 665,94	11,370
0,21	5,250	5,952	0,168	4,40	0,001	19 097,80	1 675,76	11,397
0,22	5,500	6,202	0,161	4,22	0,001	19 212,60	1 684,79	11,404
0,23	5,750	6,452	0,155	4,06	0,001	19 327,40	1 693,12	11,415
0,24	6,000	6,702	0,149	3,91	0,000	19 442,20	1 700,82	11,431
0,25	6,250	6,952	0,144	3,77	0,000	19 557,00	1 707,98	11,450

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-2] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	204,63	[m ²]	$R_0 = 0,700$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 235	[m ²]		
Materiał: styropian			$U_0 = 1,428$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	1,950	0,513	33,51	0,004	71 675,00	3 045,42	23,535
0,06	1,500	2,200	0,455	29,70	0,004	71 910,00	3 239,24	22,200
0,07	1,750	2,450	0,408	26,67	0,003	72 192,00	3 393,50	21,274
0,08	2,000	2,700	0,370	24,20	0,003	72 521,00	3 519,20	20,607
0,09	2,250	2,950	0,339	22,15	0,003	72 897,00	3 623,59	20,117
0,10	2,500	3,200	0,312	20,42	0,003	73 320,00	3 711,68	19,754
0,11	2,750	3,450	0,290	18,94	0,002	73 790,00	3 786,99	19,485
0,12	3,000	3,700	0,270	17,66	0,002	74 307,00	3 852,13	19,290
0,13	3,250	3,950	0,253	16,54	0,002	74 871,00	3 909,03	19,153
0,14	3,500	4,200	0,238	15,56	0,002	75 482,00	3 959,15	19,065
0,15	3,750	4,450	0,225	14,69	0,002	76 140,00	4 003,64	19,018
0,16	4,000	4,700	0,213	13,90	0,002	76 845,00	4 043,40	19,005
0,17	4,250	4,950	0,202	13,20	0,002	77 597,00	4 079,14	19,023
0,18	4,500	5,200	0,192	12,57	0,002	78 396,00	4 111,44	19,068
0,19	4,750	5,450	0,183	11,99	0,002	79 242,00	4 140,78	19,137
0,20	5,000	5,700	0,175	11,47	0,001	80 135,00	4 167,55	19,228
0,21	5,250	5,950	0,168	10,98	0,001	81 075,00	4 192,07	19,340
0,22	5,500	6,200	0,161	10,54	0,001	82 062,00	4 214,61	19,471
0,23	5,750	6,450	0,155	10,13	0,001	83 096,00	4 235,40	19,619
0,24	6,000	6,700	0,149	9,75	0,001	84 177,00	4 254,64	19,785
0,25	6,250	6,950	0,144	9,40	0,001	85 305,00	4 272,50	19,966

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 16 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 16 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian wewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian wewnętrznych [SW-1] przy nieogrzewanym poddaszu wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	62,40	[m ²]	$R_0 = 0,772$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 63	[m ²]		
Materiał	Styropian		$U_0 = 1,296$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,022	0,495	9,86	0,001	10 920,00	812,52	13,440
0,06	1,500	2,272	0,440	8,77	0,001	11 013,60	867,72	12,693
0,07	1,750	2,522	0,397	7,90	0,001	11 125,92	911,98	12,200
0,08	2,000	2,772	0,361	7,19	0,001	11 256,96	948,26	11,871
0,09	2,250	3,022	0,331	6,59	0,001	11 406,72	978,54	11,657
0,10	2,500	3,272	0,306	6,09	0,001	11 575,20	1 004,18	11,527
0,11	2,750	3,522	0,284	5,66	0,001	11 793,60	1 026,19	11,493
0,12	3,000	3,772	0,265	5,28	0,001	11 999,52	1 045,28	11,480
0,13	3,250	4,022	0,249	4,96	0,000	12 224,16	1 062,00	11,511
0,14	3,500	4,272	0,234	4,67	0,000	12 467,52	1 076,76	11,579
0,15	3,750	4,522	0,221	4,41	0,000	12 760,80	1 089,88	11,708
0,16	4,000	4,772	0,210	4,18	0,000	13 041,60	1 101,64	11,838
0,17	4,250	5,022	0,199	3,97	0,000	13 341,12	1 112,22	11,995
0,18	4,500	5,272	0,190	3,78	0,000	13 659,36	1 121,80	12,176
0,19	4,750	5,522	0,181	3,61	0,000	13 996,32	1 130,51	12,381
0,20	5,000	5,772	0,173	3,45	0,000	14 352,00	1 138,46	12,606
0,21	5,250	6,022	0,166	3,31	0,000	14 726,40	1 145,76	12,853
0,22	5,500	6,272	0,159	3,18	0,000	15 119,52	1 152,47	13,119
0,23	5,750	6,522	0,153	3,06	0,000	15 531,36	1 158,67	13,404
0,24	6,000	6,772	0,148	2,94	0,000	15 961,92	1 164,41	13,708
0,25	6,250	7,022	0,142	2,84	0,000	16 411,20	1 169,75	14,030

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 12 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian wewnętrznych oddzielających pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego wynosi 0,30 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 12 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 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu	18 942,00	11,37
2	Ocieplenie ścian wewnętrznych [SW-1]	11 999,52	11,48
3	Ocieplenie stropu pod poddaszem nieogrzewanym	76 310,00	16,20
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	76 845,00	19,01

7.4 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

Tabela 7a. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu	18 942,00	11,37
2	Ocieplenie ścian wewnętrznych [SW-1]	11 999,52	11,48
3	Ocieplenie stropu pod poddaszem nieogrzewanym	76 310,00	16,20
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	76 845,00	19,01
	Ogółem	184 096,52	

Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu	18 942,00	11,37
2	Ocieplenie ścian wewnętrznych [SW-1]	11 999,52	11,48
3	Ocieplenie stropu pod poddaszem nieogrzewanym	76 310,00	16,20
	Ogółem	107 251,52	

Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu	18 942,00	11,37
1	Ocieplenie ścian wewnętrznych [SW-1]	11 999,52	11,48
	Ogółem	30 941,52	

Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu	18 942,00	11,37
	Ogółem	18 942,00	

7.5 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:

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

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 na kondensacyjne kotły gazowe z priorytetem ciepłej wody użytkowej, 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	0,0624	0,0624
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	450	450
3	Ogólna sprawność CO	-	0,5606	0,7524
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	802	511
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	40 829,60	26 010,60
8	Roczna opłata stała	zł/rok	3 541,51	3 541,51
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	16,19	16,19
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,3200	0,4500
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	50,59	35,98
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	50,90	50,90
13	Koszt ciepła CO	zł	44 371,11	29 552,11
14	Koszt ciepła CWU	zł	2 574,85	1 831,25
15	Koszt ciepła	zł	46 945,96	31 383,36
16	Oszczędność kosztów	zł		15 562,60
17	Koszt modernizacji	zł		339 500,00
18	SPBT	lat		21,82

1) Uwzględnienie systemu zarządzania energią

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

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

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO						CWU				CO+CWU		Oszczędności		
	q _{CO}	Q _{CO}	η	w	Q _{CO} *w/η	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	0,0624	449,72	0,5606	1	802,21	44 371,11	0,019	50,59	2 574,85	853	46 945,96				
I+A	0,0343	229,57	0,7524	0,855	260,88	16 819,36	0,013	35,98	1 831,25	297	18 650,61	556	65,19	28 295,35	
II+A	0,0484	339,70	0,7524	0,855	386,02	23 188,54	0,013	35,98	1 831,25	422	25 019,79	431	50,52	21 926,17	
III+A	0,0566	403,72	0,7524	0,855	458,77	26 891,25	0,013	35,98	1 831,25	495	28 722,50	358	41,99	18 223,46	
IV+A	0,0583	417,55	0,7524	0,855	474,49	27 691,34	0,013	35,98	1 831,25	510	29 522,59	342	40,14	17 423,37	
A	0,0624	449,72	0,7524	0,855	511,05	29 552,11	0,013	35,98	1 831,25	547	31 383,36	306	35,85	15 562,60	

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]
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1	I+A	523 596,52	28 295,35	65,19	0,00	0,00	104 719,30	83 775,44	56 590,70
					523 596,52	100,00			
2	II+A	446 751,52	21 926,17	50,52	0,00	0,00	89 350,30	71 480,24	43 852,34
					446 751,52	100,00			
3	III+A	370 441,52	18 223,46	41,99	0,00	0,00	74 088,30	59 270,64	36 446,92
					370 441,52	100,00			
4	IV+A	358 442,00	17 423,37	40,14	0,00	0,00	71 688,40	57 350,72	34 846,74
					358 442,00	100,00			
5	A	339 500,00	15 562,60	35,85	0,00	0,00	67 900,00	54 320,00	31 125,20
					339 500,00	100,00			

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-2] o powierzchni około 235 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,040$ W/m*K, warstwą o grubości minimum 16 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,213 W/m²*K. Dodatkowo w kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wykonanie izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz ocieplenie ściany poniżej gruntu o powierzchni około 76 m² na głębokość jednego metra, styroporem lub styropianem XPS o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda \leq 0,032$ W/m*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, roboty ziemne, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie ścian wewnętrznych oddzielających pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego na poddaszu o powierzchni około 63 m² należy wykonać płytami ze styropianu lub wełny mineralnej warstwą o grubości 12 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,040$ W/m*K. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,265 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.: niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

3. Ocieplenie stropu pod poddaszem nieogrzewanym o powierzchni około 325 m² proponuje się wykonać poprzez rozłożenie płyt styropianowych grubości 19 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać szlichtę cementową. 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.: niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia..

4. Ocieplenie dachu nad częścią parterową

Ocieplenie dachu nad częścią parterową o powierzchni około 82 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia styropapy o grubości 20 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,175 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia

5. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania oraz źródła ciepła poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 55 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 55 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. 150 kW, wraz z adaptacją niezbędnych pomieszczeń kotłowni z uwzględnieniem wszelkich wymagań p.poż. i norm

Urządzenia do ogrzewania powinny charakteryzować się obowiązującym od końca 2020 r. minimalnym poziomem efektywności energetycznej i normami emisji zanieczyszczeń, które zostały określone w środkach wykonawczych do dyrektywy 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r.

ustanawiającej ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią.

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

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

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

System Zarządzania Energią powinien zapewnić:

- monitorowanie zużyć mediów: energii cieplnej, energii elektrycznej, wody,
- optymalizację parametrów pracy instalacji c.o. w celu zminimalizowania strat ciepła,
- oszczędne gospodarowanie czynnikami energetycznymi przy zachowaniu normatywnych parametrów pracy instalacji i obiektu,
- pomiar referencyjnych temperatur, temperatury zewnętrznej, temperatur zasilania i powrotu w pomieszczeniu źródła.
- rejestrację wyników pomiarów (minimum co 15 min), archiwizację danych, podgląd mierzonych wartości w czasie rzeczywistym, tworzenie raportów, graficzne odzwierciedlenie pomiarów oraz tworzenie wykresów do ich analizy,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych (za pośrednictwem Internetu),
- możliwość porównywania obiektu do innych obiektów objętych pomiarem w celu uzyskania oceny energochłonności obiektu,
- automatyczne tworzenie raportów o zużyciu w otwartych, publicznych formatach plików (np. PDF, XLS), w zadeklarowanych przez użytkownika profilach,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych za pośrednictwem Internetu,

- wizualizację danych aktualnych i historycznych oraz analizy porównawczej pomiędzy innymi obiektami objętymi pomiarem na ogólnodostępnym panelu zamontowanym w obiekcie,
- rejestrację użytkowników i parametryzację poziomów dostępowych w zależności od typu użytkownika,
- zastosowanie w systemie urządzeń pomiarowych co najmniej II klasy dokładności oraz umożliwić komunikację opartą na otwartych protokołach komunikacyjnych.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	523 596,52 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	56 590,70 zł
3	Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	28 295,35 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	18,50 lat

Bllosouste

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]	23 610
	[kWh]	264 906
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]	222,3400
- za przesył - zmienna	[zł/kWh]	0,0246
- abonament	[zł/m-c]	17,60
Koszt gazu zmienny	[zł]	35 288,17
Ciepło w gazie	[GJ]	852,80
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	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,976
	Pustka powietrzna	10,0	0,100		0,220	
	Strop Kleina	12,0	0,120		0,430	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,825	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
	R _T				1,025	
Dach	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	1,425
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Strop Kleina	12,0	0,120		0,430	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,562	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,702	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,213
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Styropian	16,0	0,160	0,040	4,000	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				4,530	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,700	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,428
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,530	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,700	

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Ściana wewnętrzna [SW-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,296
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	R				0,512	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,130	
	R				0,772	
Strop nad piwnicą	Latrico	3,0	0,030	1,000	0,030	1,089
	Chudy beton	10,0	0,100	1,00	0,100	
	Strop Kleina	12,0	0,120		0,430	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,82	0,018	
	R				0,578	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R _T				0,918	
Podłoga na gruncie	Kleпка dębowa	1,0	0,010	0,160	0,063	0,473
	Pustka powietrzna	12,0	0,120		0,220	
	Beton	10,0	0,100	1,00	0,100	
	Piasek	10,0	0,100	0,40	0,250	
	R				0,633	
	Opór zastępczy gruntu				1,482	
	R _T				2,115	
Okna nowe				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Drzwi wejściowe				1,700	1,0	1,700

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	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,172
	Pustka powietrzna	10,0	0,100		0,220	
	Strop Kleina	12,0	0,120		0,430	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	19,0	0,190	0,040	4,750	
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	R				5,605	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
	R _T				5,805	
Dach	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,175
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Strop Kleina	12,0	0,120		0,430	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	1,000	0,018	
	Styropapa	20,0	0,200	0,040	5,000	
	R				5,562	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				5,702	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,213
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Styropian	16,0	0,16	0,040	4,000	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				4,530	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,700	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,213
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Styropian	16,0	0,16	0,040	4,000	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				4,530	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,700	

Przegroda	Wyszczególnienie	d_i	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m ² K]
Ściana wewnętrzna [SW-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,265
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Styropian	12,0	0,12	0,040	3,000	
	R				3,512	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,130	
	R _T				3,772	
Strop nad piwnicą	Latrigo	3,0	0,030	1,000	0,030	1,089
	Chudy beton	10,0	0,1	1,000	0,100	
	Strop Kleina	12,0	0,12		0,430	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,578	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	R _T				0,918	
Podłoga na gruncie	Klepka dębowa	1,0	0,010	0,160	0,063	0,361
	Pustka powietrzna	12,0	0,12		0,220	
	Beton	10,0	0,1	1,000	0,100	
	Piasek	10,0	0,1	0,400	0,250	
	R				0,633	
	Opór zastępczy gruntu				2,140	
	RT				2,773	
Okna nowe				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe				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]	1 625	
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	535	
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³	
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s]	0,30	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,09	0,09
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	0,39	0,39
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0
	c_w	-	1,0
	c_m	-	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	0,39	0,39
Strumień powietrza	[m ³ /h]	1 403	1 403
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	467,61	467,61
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,86	0,86

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		1 625	0,5			812,4

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	535	4,7	2 513

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Strop pod poddaszem	360,62	0,976	0,75	264	40	10,56
Dach	82,00	1,425	1,0	117		4,67
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	125,22	0,213	1,0	27		1,07
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	204,63	1,428	1,0	292		11,69
Ściana wewnętrzna [SW-1]	62,40	1,296	0,75	61		2,43
Okna	118,65	1,500	1,0	178		7,12
Drzwi wejściowe	3,30	1,700	1,0	6		0,22
Strop nad piwnicą	115,20	1,089	0,7	84		3,36
Podłoga na gruncie	327,42	0,473	1,0	155		6,19
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	141,38	0,190	1,0	27		1,07
nadproża	63,72	0,600	1,0	38		1,53
podokien	63,72	0,570	1,0	36		1,45
balkony	0,00	0,650	1,0	0	0,00	
Ogółem				1 284	51,37	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		812	0,34	276	11,05	
OGÓŁEM					62,42	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Strop pod poddaszem	360,62	0,172	0,96	60	40	2,39
Dach	82,00	0,175	1,0	14		0,58
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	125,22	0,213	1,0	27		1,07
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	204,63	0,213	1,0	44		1,74
Ściana wewnętrzna [SW-1]	62,40	0,265	0,96	17		0,66
Okna nowe	118,65	1,500	1,0	178		7,12
Drzwi wejściowe	3,30	1,700	1,0	6		0,22
Strop nad piwnicą	115,20	1,089	0,7	84		3,36
Podłoga na gruncie	327,42	0,361	1,0	118		4,72
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	141,38	0,050	1,0	7		0,28
nadproża	63,72	0,200	1,0	13		0,51
podokien	63,72	0,220	1,0	14		0,56
balkony	0,00	0,650	1,0	0	0,00	
Ogółem				580	23,21	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		812	0,34	276	11,05	
OGÓŁEM					34,26	

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]	[m ²]											
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	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	7,61	5,32	0,67	599	560	1 111	1 200	1 519	1 009	834	389	298	7 519
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	64,75	45,33	0,67	2 404	2 791	6 169	8 924	12 077	7 292	4 780	2 237	1 750	48 424
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	46,29	32,40	0,67	1 770	2 049	4 987	6 855	9 445	5 069	3 296	1 593	1 281	36 343
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	118,65	83,05		4 772	5 401	12 266	16 978	23 041	13 370	8 910	4 219	3 329	92 287
OGÓLEM	118,65	83,05		4 772	5 401	12 266	16 978	23 041	13 370	8 910	4 219	3 329	92 287

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	7,61	5,32	0,67	599	560	1 111	1 200	1 519	1 009	834	389	298	7 519
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	64,75	45,33	0,67	2 404	2 791	6 169	8 924	12 077	7 292	4 780	2 237	1 750	48 424
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	46,29	32,40	0,67	1 770	2 049	4 987	6 855	9 445	5 069	3 296	1 593	1 281	36 343
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	118,65	83,05		4 772	5 401	12 266	16 978	23 041	13 370	8 910	4 219	3 329	92 287
OGÓLEM	118,65	83,05		4 772	5 401	12 266	16 978	23 041	13 370	8 910	4 219	3 329	92 287

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

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	H_{tr}, H_{ve}										
Strop pod poddaszem	[MJ]	14 848	13 411	11 808	8 485	741	810	9 475	11 085	13 646	84 310
Dach	[MJ]	6 574	5 937	5 228	3 756	328	358	4 195	4 907	6 041	37 325
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	1 499	1 354	1 192	856	75	82	956	1 119	1 377	8 509
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	16 440	14 849	13 074	9 394	821	897	10 490	12 273	15 109	93 348
Ściana wewnętrzna [SW-1]	[MJ]	3 411	3 081	2 712	1 949	170	186	2 176	2 546	3 135	19 366
Okna	[MJ]	10 010	9 041	7 960	5 720	500	546	6 387	7 473	9 200	56 838
Drzwi wejściowe	[MJ]	316	285	251	180	16	17	201	236	290	1 792
Strop nad piwnicą	[MJ]	4 728	4 270	3 760	2 701	236	258	3 017	3 529	4 345	26 843
Mostki liniowe	[MJ]	5 704	5 152	4 536	3 260	285	311	3 640	4 258	5 242	32 389
Podłoga na gruncie	[MJ]	8 710	7 867	6 926	4 977	435	475	5 558	6 502	8 005	49 453
Straty przez przegrody	[MJ]	72 239	65 248	57 447	41 279	3 606	3 939	46 095	53 929	66 391	410 173
Wentylacja	[MJ]	26 301	23 756	20 916	15 029	1 313	1 434	16 783	19 635	24 172	149 340
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	98 540	89 004	78 363	56 309	4 919	5 374	62 878	73 564	90 563	559 513
Zyski słoneczne	[MJ]	4 772	5 401	12 266	16 978	23 041	13 370	8 910	4 219	3 329	92 287
Zyski wewnętrzne	[MJ]	6 730	6 079	6 730	6 513	1 086	1 086	6 730	6 513	6 730	48 199
Razem zyski	[MJ]	11 502	11 480	18 997	23 492	24 127	14 456	15 640	10 733	10 059	140 485
Stosunek zysków do przenieszenia		0,1167	0,1290	0,2424	0,4172	4,9044	2,6902	0,2487	0,1459	0,1111	0,2511
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	615									
Pojemność ciepła	[J/K]	159 975 400									
Stała czasowa	[h]	25									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		2,69									
Parametr numeryczny a_{H+1}		3,69									
η		0,9973	0,9965	0,9832	0,9423	0,2016	0,3550	0,9821	0,9952	0,9976	
Zyski ciepła	[MJ]	11 471	11 439	18 677	22 135	4 865	5 132	15 360	10 681	10 035	109 797
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	87 069	77 564	59 685	34 173	54	242	47 517	62 883	80 528	449 716

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
Srednia temp. miesiaca	[°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 miesiacu		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]	3 355	3 030	2 668	1 917	167	183	2 141	2 504	3 083	19 048
Dach	[MJ]	809	731	643	462	40	44	516	604	743	4 593
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	1 499	1 354	1 192	856	75	82	956	1 119	1 377	8 509
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	2 449	2 212	1 947	1 399	122	134	1 563	1 828	2 251	13 904
Ściana wewnętrzna [SW-1]	[MJ]	931	840	740	532	46	51	594	695	855	5 284
Okna	[MJ]	10 010	9 041	7 960	5 720	500	546	6 387	7 473	9 200	56 838
Drzwi wejściowe	[MJ]	316	285	251	180	16	17	201	236	290	1 792
Mostki liniowe	[MJ]	1 903	1 719	1 513	1 087	95	104	1 214	1 421	1 749	10 805
Strop nad piwnicą	[MJ]	4 728	4 270	3 760	2 701	236	258	3 017	3 529	4 345	26 843
Podłoga na gruncie	[MJ]	6 643	6 000	5 282	3 796	332	362	4 239	4 959	6 105	37 717
Straty przez przegrody	[MJ]	32 640	29 482	25 957	18 652	1 630	1 780	20 828	24 367	29 998	185 332
Wentylacja	[MJ]	26 301	23 756	20 916	15 029	1 313	1 434	16 783	19 635	24 172	149 340
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	58 942	53 238	46 873	33 681	2 943	3 214	37 610	44 003	54 170	334 673
Zyski słoneczne	[MJ]	4 772	5 401	12 266	16 978	23 041	13 370	8 910	4 219	3 329	92 287
Zyski wewnętrzne	[MJ]	6 730	6 079	6 730	6 513	1 086	1 086	6 730	6 513	6 730	48 199
Razem zyski	[MJ]	11 502	11 480	18 997	23 492	24 127	14 456	15 640	10 733	10 059	140 485
Stosunek zysków do przeniesienia		0,1951	0,2156	0,4053	0,6975	8,1993	4,4975	0,4158	0,2439	0,1857	0,4198
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	615									
Pojemność cieplna	[J/K]	159 975 400									
Stała czasowa	[h]	42									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		3,83									
Parametr numeryczny a _H + 1		4,83									
η		0,9985	0,9978	0,9810	0,9076	0,1219	0,2218	0,9794	0,9966	0,9987	
Zyski ciepła	[MJ]	11 485	11 454	18 636	21 320	2 942	3 206	15 317	10 696	10 046	105 103
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	47 457	41 783	28 237	12 361	1	8	22 293	33 306	44 124	229 570

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,91	kotły gazowe w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,80	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	0,561	
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	0,95	kondensacyjny kocioł gazowy
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	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	0,75	
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	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm^3	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A_f	m^2	535	535
Liczba użytkowników	osoba	257	257
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	4 497,2	4 497,2
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	16,2	16,2
Sprawność wytwarzania	-	0,880	0,880
Sprawność przesyłu	-	0,600	0,600
Sprawność akumulacji	-	0,600	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,320	0,450
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	14 053,7	9 993,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	50,6	36,0
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,114	0,114
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,407	2,407
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,595	0,420
Max. moc c.w.u.	kW	45,44	32,08
Średnia moc c.w.u.	kW	18,9	13,3
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	26,3	18,7

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 62 sztuk opraw o mocy 72 W, oraz żarowe w ilości 22 sztuk opraw o mocy 40 W.

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

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

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

gdzie:

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

A_f - powierzchnia użytkowa pomieszczeń, w których modernizowane jest oświetlenie [m²].

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

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

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	62	4 464
	40	22	880
po modernizacji	45	62	2 790
	25	22	550

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]
535	5 344	10,0	6,2	1 800

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m ² rok]	17,99	11,24
Zużycie energii do oświetlenia E_L	[kWh/rok]	9 619,20	6 012,00
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,91	0,91
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	8 753,47	5 470,92
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	3 607,20	
	[%]	37,5	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	3 282,55	
Nakłady inwestycyjne ¹⁾	[zł]	88 561,69	
SPBT	[lata]	26,98	

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

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- gaz ziemny – 1,1.

- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa:			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	802,21	222 836,11	222,84
zużycie po modernizacji	229,57	63 769,44	63,77
oszczędność	572,64	159 066,67	159,07
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	77,10	21 417,50	21,42
zużycie po modernizacji	64,12	17 810,30	17,81
oszczędność	12,99	3 607,20	3,61
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	879,31	244 253,61	244,26
zużycie po modernizacji	293,69	81 579,74	81,58
oszczędność	585,63	162 673,87	162,68
oszczędność %	66,60		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	882,43	245 119,72	245,12
zużycie po modernizacji	252,53	70 146,39	70,15
oszczędność	629,90	174 973,33	174,97
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	231,31	64 252,50	64,25
zużycie po modernizacji	192,35	53 430,90	53,43
oszczędność	38,96	10 821,60	10,82
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 113,74	309 372,22	309,37
zużycie po modernizacji	444,88	123 577,29	123,58
oszczędność	668,86	185 794,93	185,79
oszczędność %	60,06		

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	802,21	-	55,82	44,78	229,57	-	55,82	12,81		
energia elektryczna	-	21,42	0,832	17,82	-	17,81	0,832	14,82		
				62,60				27,63	34,97	55,86

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, przy wykorzystaniu istniejącej kostki z opaski, 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,
- regulacja lub wymiana, w zależności od stanu, 16 sztuk okien w salach dydaktycznych (sala nr 3,4, 5,6,7, szatnie),
- regulacja lub wymiana drzwi zewnętrznych,
- prace odtworzeniowe przy centrali wentylacyjnej przy sali gimnastycznej,
- wymianę 12 sztuk okien w sali gimnastycznej,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszenia, drabiny, kraty) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji, wraz ze wzmocnieniem ścian np. kotwami spiralnymi, tam gdzie to niezbędne,
- malowanie elewacji nieocieplanych,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termomodernizacyjnych oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.