

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNEGO

ul. Długa 22

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 mieszkalny		1.2 Rok budowy
	Gmina Miasto Zgierz		1903
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	ul.	Długa nr bud. 22	ul. Długa nr bud. 22
	kod	95-100 miejscowość Zgierz	kod 95-100 miejscowość Zgierz
	tel.	- fax -	powiat zgierski
			województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska			<i>Blb sosko</i>
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE
5. Miejscowość Kobyłka		data wykonania opracowania:	Maj 2017
6. Spis treści			
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1			
2. Karta audytu energetycznego budynku 2			
3. Podstawa opracowania. 4			
3.1 Cel i zakres opracowania 4			
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu. 4			
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (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. 8			
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji. 8			
6. Uprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. 8			
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego..... 9			
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło 9			
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. 9			
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. 16			
7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej 20			
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. 22			
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. 22			
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 24			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 27			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 30			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych..... 32			
ZAŁĄCZNIKI..... 33			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła. 33			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją. 34			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. 35			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację. 36			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. 36			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła. 36			
Z-7 Projektowana strata ciepła. 37			
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 38			
Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009..... 39			
Z-10 Sprawności systemu grzewczego. 40			
Z-11 Ciepła woda użytkowa. 41			
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej..... 42			
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego 43			
Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące..... 44			

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Drewniana	Drewniana
2.	Liczba kondygnacji	2	2
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	1 260	1 260
4.	Powierzchnia netto budynku *) [m ²]	314,69	314,69
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	314,69	314,69
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	0	0
7.	Liczba lokali mieszkalnych	7	7
8.	Liczba osób użytkujących budynek	19	19
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	miejscowa	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	piece kaflowe	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,565	0,565
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	0,769	0,208
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,448	0,174
3	Strop nad piwnicą	1,123	1,123
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	-	-
5	Okna, drzwi balkonowe	2,600	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,120	1,500
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,80	0,91
2.	Sprawność przesyłu [-]	1,00	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,70	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	1,00

*) wg Planu Gospodarki Niskoemisyjnej

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,96	0,90	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,80	0,80	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /h]	1 107	1 107	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	1,31	1,31	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	33,04	17,39	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	15,70	16,75	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	270,40	147,61	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	482,86	204,81	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	50,52	54,03	
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)]	239,18	130,57	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	427,10	181,16	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	38,56	59,21	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	10 995,78	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	42,71	17,86	
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)]	4,94	3,83	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	710 673,41	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	51,47
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	710 673,41	Premia termomodernizacyjna	[zł]	18 601,38
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	9 300,69			

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 mieszkalnego przy ul. Długiej 22 w Zgierzu 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 (Zlecniodawcy) .

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
3. Budynek znajduje się w Gminnej Ewidencji Zabytków i wszelkie prace budowlane i instalacyjne można wykonać po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek mieszkalny	Rok budowy	1903
Adres budynku	ul. Długa 22 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Drewniana		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	-	2	
Rodzaj dachu	Dach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	1 260	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	314,69	-	
Powierzchnia całkowita	487,72		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	2,7	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	-	19	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	7	24	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m ²]	[W/m ² K]	
Strop poddasza	243,86	1,448	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	93,94	0,769	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	91,44	0,389	
Okna PCV	18,30	1,700	
Okna drewniane	14,23	2,600	
Drzwi wejściowe	6,36	3,120	
Podłoga na gruncie	243,86	0,421	

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek mieszkalny, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Długiej 22. Budynek wybudowany w 1903 roku, jest niepodpiwniczony wykonany w technologii drewnianej. Ściany zewnętrzne wykonane z drewna, częściowo ocieplone. Nad budynkiem znajduje się nieogrzewane poddasze użytkowe. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. W budynku zastosowano stropy drewniane. 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 - 1,448 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 0,389 ; 0,769 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,421 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. Ze względu na zabytkowy charakter budynku i wytyczne konserwatora zabytków, należy zdemontować istniejące ocieplenie części ścian zewnętrznych i przywrócić oryginalny wygląd obiektu.

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 zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m²K. Ze względu na wytyczne konserwatora zabytków dotyczące ponownej wymiany okien PCV na drewnianą stolarkę okienną

z zachowaniem pierwotnego podziału i form okien oraz kolorystyki, w opracowaniu przeanalizowana zostanie zarówno wymiana stolarki okiennej drewnianej jak i PCV.

W budynku zastosowano drewniana stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła $3,12 \text{ W/m}^2\text{K}$. Stan tej stolarki jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana jej wymiana.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku są piece kaflowe i piece węglowe zainstalowane w lokalach mieszkalnych. Ze względu na zły stan techniczny pieców oraz dużą emisję dwutlenku węgla do atmosfery w opracowaniu przeanalizowana zostanie wymiana źródeł ciepła, na instalację wodną, pompową z rozdzielaczem dolnym, z zaizolowanym orurowaniem, z grzejnikami płytowymi z zaworami z głowicami termostatycznym, zasilaną z sieci miejskiej.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych oraz kuchni węglowych. Ze względu na zły stan techniczny źródeł ciepła, w opracowaniu zostanie przeanalizowana modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej, polegająca na montażu nowego orurowania i podłączenia do sieci miejskiej.

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 ścian zewnętrznych,
- wymianę okien drewnianych,
- wymianę okien PCV,
- wymianę drzwi wejściowych,
- wymianę źródeł ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u.,
- montaż instalacji c.w.u.,
- montaż instalacji c.o., nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi,

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 ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Wymiana okien drewnianych. Wymiana okien PCV. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana źródeł ciepła. Montaż nowej instalacji c.w.u.
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana źródeł ciepła. Montaż instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi.

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} , oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 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), $\text{dzień} \cdot \text{K}/\text{rok}$,

Liczbę stopniodni Sd oblicza się ze 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 ze wzoru:

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

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
$T_c(m)$	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31

Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropu nad poddaszem

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

Pow. obliczeniowa = 243,86 [m²] R₀ = 0,691 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 244 [m²]

Materiał: Wełna mineralna U₀ = 1,448 [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	1,981	0,505	39,32	0,005	56 120,00	2 831,35	19,821
0,06	1,500	2,231	0,448	34,91	0,004	56 486,00	3 001,27	18,821
0,07	1,750	2,481	0,403	31,39	0,004	56 852,00	3 136,94	18,123
0,08	2,000	2,731	0,366	28,52	0,004	57 218,00	3 247,77	17,618
0,09	2,250	2,981	0,335	26,13	0,003	57 584,00	3 340,01	17,241
0,10	2,500	3,231	0,310	24,11	0,003	57 950,00	3 417,97	16,955
0,11	2,750	3,481	0,287	22,37	0,003	58 316,00	3 484,73	16,735
0,12	3,000	3,731	0,268	20,88	0,003	58 682,00	3 542,55	16,565
0,13	3,250	3,981	0,251	19,56	0,002	59 048,00	3 593,11	16,434
0,14	3,500	4,231	0,236	18,41	0,002	59 414,00	3 637,69	16,333
0,15	3,750	4,481	0,223	17,38	0,002	59 780,00	3 677,29	16,257
0,16	4,000	4,731	0,211	16,46	0,002	60 146,00	3 712,71	16,200
0,17	4,250	4,981	0,201	15,64	0,002	60 512,00	3 744,57	16,160
0,18	4,500	5,231	0,191	14,89	0,002	60 878,00	3 773,39	16,133
0,19	4,750	5,481	0,182	14,21	0,002	61 244,00	3 799,58	16,119
0,20	5,000	5,731	0,174	13,59	0,002	61 610,00	3 823,49	16,114
0,21	5,250	5,981	0,167	13,02	0,002	61 976,00	3 845,39	16,117
0,22	5,500	6,231	0,160	12,50	0,002	62 342,00	3 865,54	16,128
0,23	5,750	6,481	0,154	12,02	0,002	62 708,00	3 884,13	16,145
0,24	6,000	6,731	0,149	11,57	0,001	63 074,00	3 901,35	16,167
0,25	6,250	6,981	0,143	11,16	0,001	63 440,00	3 917,32	16,195

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 płytami pianki rezolowej o optymalnej grubości, technologią wskazaną przez ŁWKZ.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 93,94 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 1,301 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 94 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{ pianka rezolowa} & U_0 &= 0,769 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,020 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	$\Delta K_{\text{ogr}}z$	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	2,500	3,801	0,263	7,89	0,001	47 940,00	585,01	81,948
0,06	3,000	4,301	0,233	6,98	0,001	49 232,50	620,40	79,357
0,07	3,500	4,801	0,208	6,25	0,001	50 783,50	648,41	78,320
0,08	4,000	5,301	0,189	5,66	0,001	52 593,00	671,14	78,363
0,09	4,500	5,801	0,172	5,17	0,001	54 661,00	689,96	79,224
0,10	5,000	6,301	0,159	4,76	0,001	56 987,50	705,78	80,744
0,11	5,500	6,801	0,147	4,41	0,001	59 572,50	719,28	82,822
0,12	6,000	7,301	0,137	4,11	0,001	62 416,00	730,93	85,392
0,13	6,500	7,801	0,128	3,85	0,000	65 518,00	741,09	88,408
0,14	7,000	8,301	0,120	3,61	0,000	68 878,50	750,02	91,835
0,15	7,500	8,801	0,114	3,41	0,000	72 497,50	757,94	95,651
0,16	8,000	9,301	0,108	3,23	0,000	76 375,00	765,01	99,836
0,17	8,500	9,801	0,102	3,06	0,000	80 511,00	771,35	104,376
0,18	9,000	10,301	0,097	2,91	0,000	84 905,50	777,08	109,262
0,19	9,500	10,801	0,093	2,78	0,000	89 558,50	782,28	114,484
0,20	10,000	11,301	0,088	2,65	0,000	94 470,00	787,02	120,035
0,21	10,500	11,801	0,085	2,54	0,000	99 640,00	791,36	125,910
0,22	11,000	12,301	0,081	2,44	0,000	105 068,50	795,34	132,104
0,23	11,500	12,801	0,078	2,34	0,000	110 755,50	799,02	138,614
0,24	12,000	13,301	0,075	2,26	0,000	116 701,00	802,42	145,437
0,25	12,500	13,801	0,072	2,17	0,000	122 905,00	805,57	152,569

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 7cm. 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 7 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 płytami pianki rezolowej o optymalnej grubości, technologią wskazaną przez ŁWKZ.

Pow. obliczeniowa =	91,44	[m ²]	R ₀ =	1,301	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 91	[m ²]			
Materiał:	pianka rezolowa		U ₀ =	0,769	[W/(m ² *K)]
	λ =	0,020			[W/(m*K)]

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

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	2,500	3,801	0,263	7,68	0,001	46 410,00	569,42	81,504
0,06	3,000	4,301	0,233	6,79	0,001	47 661,25	603,87	78,927
0,07	3,500	4,801	0,208	6,08	0,001	49 162,75	631,14	77,895
0,08	4,000	5,301	0,189	5,51	0,001	50 914,50	653,26	77,939
0,09	4,500	5,801	0,172	5,03	0,001	52 916,50	671,57	78,795
0,10	5,000	6,301	0,159	4,63	0,001	55 168,75	686,98	80,306
0,11	5,500	6,801	0,147	4,29	0,001	57 671,25	700,12	82,373
0,12	6,000	7,301	0,137	4,00	0,001	60 424,00	711,46	84,930
0,13	6,500	7,801	0,128	3,74	0,000	63 427,00	721,35	87,929
0,14	7,000	8,301	0,120	3,52	0,000	66 680,25	730,04	91,338
0,15	7,500	8,801	0,114	3,32	0,000	70 229,25	737,75	95,194
0,16	8,000	9,301	0,108	3,14	0,000	73 983,00	744,63	99,356
0,17	8,500	9,801	0,102	2,98	0,000	77 987,00	750,80	103,871
0,18	9,000	10,301	0,097	2,83	0,000	82 241,25	756,38	108,730
0,19	9,500	10,801	0,093	2,70	0,000	86 745,75	761,44	113,923
0,20	10,000	11,301	0,088	2,58	0,000	91 500,50	766,05	119,444
0,21	10,500	11,801	0,085	2,47	0,000	96 505,50	770,28	125,287
0,22	11,000	12,301	0,081	2,37	0,000	101 760,75	774,16	131,447
0,23	11,500	12,801	0,078	2,28	0,000	107 266,25	777,73	137,922
0,24	12,000	13,301	0,075	2,20	0,000	113 022,00	781,04	144,707
0,25	12,500	13,801	0,072	2,12	0,000	119 028,00	784,11	151,801

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 7cm. 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 7 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.

Optimalny 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:

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

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_0, Q_1 - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,
- O_{0z}, O_{1z} - suma opłat jak we wzorze (2),

- y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc ciepłą przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- q_0, q_1 - zapotrzebowanie na moc ciepłą odpowiednio na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację lub na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,
- O_{0m}, O_{1m} - jak we wzorze (2),
- Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa jak we wzorze (2).

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

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

gdzie:

- S_d - jak we wzorze (4),
- U - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji, $W/(m^2 * K)$, przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
- A_{Ok} - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, m^2 ,
- Q_{inf} - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12), GJ/rok.

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

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

gdzie:

- S_d - jak we wzorze (4),
- U - jak we wzorze (8),
- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- V_{nom} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji

naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m³/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 ścienne, 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, m³/(m³*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 ścienne, okna lub drzwi, oblicza się wg 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 $14,23 m^2$) 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	2,6	1,2	1,0	52,27	0,002	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	39,62	0,001	487,83	17 787,50	36,46
2	1,1	1,0	1,0	38,71	0,001	522,88	18 499,00	35,38
3	0,9	1,0	1,0	37,80	0,001	557,93	21 345,00	38,26

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien drewnianych 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.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $18,30 m^2$) 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	1,7	1,1	1,0	57,63	0,001	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	50,95	0,001	257,33	21 960,00	85,34
2	1,1	1,0	1,0	49,78	0,001	302,41	23 790,00	78,67
3	0,9	1,0	1,0	48,61	0,001	347,48	27 450,00	79,00

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien PCV jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1$ W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi wejściowych (o powierzchni około 6,36 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	3,1	1,2	1,0	24,44	0,003	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	18,53	0,002	227,59	10 819,82	47,54
2	1,5	1,0	1,0	18,13	0,002	243,27	11 265,34	46,31
3	1,3	1,0	1,0	17,72	0,002	258,95	12 538,26	48,42

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5$ W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

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 ciepła 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_{cw} - 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 pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych i kuchni węglowych. Stan źródeł ciepła jest zły, w związku z tym proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u., polegającą na montażu nowego orurowania, zasilanego z sieci miejskiej. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 72 900,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 8 788,96 zł - 3 685,55 zł = 5 103,41 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 72 900,00 / 5 103,41 = 14,28 lat.

7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	14,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	61 610,00	16,11
3	Wymiana okien drewnianych	18 499,00	35,38
4	Wymiana drzwi wejściowych	11 265,34	46,31
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	49 162,75	77,90
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	50 783,50	78,32
7	Wymiana okien PCV	23 790,00	78,67

7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robociznę, materiały,

sprzęt itd.). Grubości warstw dociepleń przyjęto na podstawie powyższej analizy. Powierzchnie wymiany ciepła obliczono na podstawie projektu technicznego budynku.

Tabela 7a. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	14,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	61 610,00	16,11
3	Wymiana okien drewnianych	18 499,00	35,38
4	Wymiana drzwi wejściowych	11 265,34	46,31
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	49 162,75	77,90
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	50 783,50	78,32
7	Wymiana okien PCV	23 790,00	78,67
	Ogółem	288 010,59	

Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	14,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	61 610,00	16,11
3	Wymiana okien drewnianych	18 499,00	35,38
4	Wymiana drzwi wejściowych	11 265,34	46,31
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	49 162,75	77,90
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	50 783,50	78,32
	Ogółem	264 220,59	

Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	14,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	61 610,00	16,11
3	Wymiana okien drewnianych	18 499,00	35,38
4	Wymiana drzwi wejściowych	11 265,34	46,31
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	49 162,75	77,90
	Ogółem	213 437,09	

Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	14,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	61 610,00	16,11
3	Wymiana okien drewnianych	18 499,00	35,38
4	Wymiana drzwi wejściowych	11 265,34	46,31
	Ogółem	164 274,34	

Tabela 7e. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	14,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	61 610,00	16,11
3	Wymiana okien drewnianych	18 499,00	35,38
	Ogółem	153 009,00	

Tabela 7f. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	14,28
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	61 610,00	16,11
	Ogółem	134 510,00	

Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	14,28
	Ogółem	72 900,00	

7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje

wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień. Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

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

gdzie:

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

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rCO} dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

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

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Q_{OCO} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- η_0, η_1 - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- w_{t0}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- w_{d0}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,
- O_{0z}, O_{1z} - jak we wzorze (2),
- y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- q_{0m}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu

grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,

Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu grzewczego η_0, η_1 , oblicza się z zależności:

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

gdzie:

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

Jak wspomniano w części opisowej Audytu źródłem ciepła w analizowanym budynku są piece kaflowe i piece węglowe zainstalowane w mieszkaniach. Stan pieców jest zły w związku z tym w opracowaniu proponuje się kompleksową modernizację systemu grzewczego, polegającą na podłączeniu instalacji do sieci miejskiej, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istn.	Wariant I
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,0330	0,0330
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności.	GJ/rok	270	270
3	Ogólna sprawność	-	0,5600	0,7207
4	Obniżenie nocne	-	1,00	1,00
5	Obniżenie tygodniowe	-	1,00	1,00
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzgl. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	482,86	375,19
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	18 620,00	26 575,04
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		-7 955,04
9	Szacunkowy koszt modernizacji	zł		422 662,82

Wartość ujemna w pkt. 8 oznacza, że koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięcia będą wyższe niż obecnie, jednakże ze względu na obecną dużą emisję CO₂ i pyłów do atmosfery, przedsięwzięcie to będzie uwzględnione w dalszej analizie

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:

- 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,
- kwotę rocznych oszczędności ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia,
- zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej,
- kwotę środków własnych i kwotę kredytu,
- obliczenie wysokości premii termomodernizacyjnej wg art. 5 ust. 1 i 2 ustawy,

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO						CWU			CO+CWU			Oszczędności		
	q _{co}	Q _{co}	η	w	Q _{co*w/η}	Opłata CO	q _{cwu}	Q _{cwu}	Opłata CWU	Q _{co+cwu}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok				
0	0,0330	270,40	0,5600	1	482,86	18 620,00	0,003	50,52	8 788,96	533	27 408,96				
I+A	0,0174	147,61	0,7207	1	204,81	14 422,72	0,004	54,03	3 685,55	259	18 108,27	275	51,47	9 300,69	
II+A	0,0178	151,05	0,7207	1	209,59	14 762,82	0,004	54,03	3 685,55	264	18 448,37	270	50,58	8 960,59	
III+A	0,0199	167,32	0,7207	1	232,16	16 377,08	0,004	54,03	3 685,55	286	20 062,63	247	46,34	7 346,33	
IV+A	0,0206	172,51	0,7207	1	239,36	16 890,72	0,004	54,03	3 685,55	293	20 576,27	240	44,99	6 832,69	
V+A	0,0210	175,74	0,7207	1	243,85	17 210,99	0,004	54,03	3 685,55	298	20 896,54	236	44,15	6 512,42	
VI+A	0,0219	182,44	0,7207	1	253,14	17 873,71	0,004	54,03	3 685,55	307	21 559,26	226	42,41	5 849,70	
VII+A	0,0330	270,40	0,7207	1	375,19	26 575,04	0,004	54,03	3 685,55	429	30 260,59	104	19,53	-2 851,63	
A	0,0330	270,40	0,7207	1	375,19	26 575,04	0,004	50,52	8 788,96	426	35 364,00	108	20,19	-7 955,04	

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾		Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana szacowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾		Premia termomodernizacyjna			
		[zł]	[zł]			[zł]	[%]	[zł]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
						[zł]	[%]		[zł]	[zł]	[zł]
1	2			4	5			6	7	8	9
1	I+A	710 673,41		9 300,69	51,47	0,00	0,00	710 673,41	142 134,68	113 707,75	18 601,38
2	II+A	686 883,41		8 960,59	50,58	0,00	0,00	686 883,41	137 376,68	109 901,35	17 921,18
3	III+A	636 099,91		7 346,33	46,34	0,00	0,00	636 099,91	127 219,98	101 775,99	14 692,66
4	IV+A	586 937,16		6 832,69	44,99	0,00	0,00	586 937,16	117 387,43	93 909,95	13 665,38
5	V+A	575 671,82		6 512,42	44,15	0,00	0,00	575 671,82	115 134,36	92 107,49	13 024,84
6	VI+A	557 172,82		5 849,70	42,41	0,00	0,00	557 172,82	111 434,56	89 147,65	11 699,40
7	VII+A	495 562,82		-2 851,63	19,53	495 562,82	100,00	495 562,82	99 112,56	79 290,05	-5 703,26
8	A	422 662,82		-7 955,04	20,19	422 662,82	100,00	422 662,82	84 532,56	67 626,05	-15 910,08

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. Pozostałe warianty, z wyjątkiem wariantów Nr 7 (VII+A) i Nr 8 (A), również mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Natomiast warianty Nr 7 (VII+A) oraz Nr 8 (A) nie powinny być realizowane, ponieważ koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięć będą wyższe niż obecnie. Wszelkie prace remontowe i instalacyjne należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. 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 netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 94 m² proponuje się wykonać płytami z pianki rezolowej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,020$ W/m*K, warstwą o grubości minimum 7 cm, technologią wskazaną przez ŁWKZ. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,208 W/m²*K. Dodatkowo należy wymienić deskę szalunkową oraz wykonać wentylowaną szczelinę powietrzną pomiędzy warstwą izolacji termicznej (ułożonej do środka), a zewnętrzną ścianą drewnianą, zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np.: ocieplenie ścian fundamentowych, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁKWZ.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 91 m² proponuje się wykonać płytami z pianki rezolowej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,020$ W/m*K, warstwą o grubości minimum 7 cm. Przed przystąpieniem do prac ociepleniowych należy zdemontować istniejące docieplenie. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,208 W/m²*K. Dodatkowo należy wymienić deskę szalunkową oraz wykonać wentylowaną szczelinę powietrzną pomiędzy warstwą izolacji termicznej (ułożonej do środka) a zewnętrzną ścianą drewnianą, zgodnie z wytycznymi

konserwatorskimi. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np.: demontaż i utylizację istniejącego ocieplenia, ocieplenie ścian fundamentowych, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁKWZ.

3. Ocieplenie stropu pod poddaszem

Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 244 m² należy wykonać poprzez rozłożenie wełny mineralnej o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,174 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono roboty towarzyszące, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 14,23 m² oraz okien PCV o powierzchni około 18,30 m² na okna o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

5. Wymianę drzwi wejściowych o powierzchni około 6,36 m² na drzwi o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

6. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:

- montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
- montaż perlatorów przy punktach odbioru,
- regulację instalacji,
- montaż indywidualnych liczników ciepłej wody,


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

7. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- demontaż pieców kaflowych i pieców węglowych,
- demontaż instalacji w lokalach mieszkalnych, w których zainstalowano piece węglowe,
- montaż węzła cieplnego na potrzeby instalacji c.o. i c.w.u. (leżący po stronie gestora sieci) wraz z budową nowego pomieszczenia poza budynkiem, przeznaczonego na węzeł cieplny,
- montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
- montaż grzejników płytowych,
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- regulację instalacji grzewczej,
- montaż indywidualnych liczników ciepła na potrzeby instalacji c.o.,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	710 673,41	zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	18 601,38	zł
3	Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	9 300,69	zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	76,41	lat



mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u obecnie

Zapotrzebowanie ciepła	GJ	482,86
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	25,93
Zużycie paliwa roczne	Mg	18,6
Cena paliwa	zł/Mg	1 000
Koszt paliwa	zł	18 620,00
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	38,56
Cena jednostkowa energii elektrycznej z uwzględnieniem wszystkich składników stałych i zmiennych	zł/kWh	0,6263
	zł/GJ	173,97

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u docelowo

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

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,448
	Pustka powietrzna	30,0			0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,491	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,100	
	R_T				0,691	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,769
	Trociny	16,0	0,160	0,200	0,800	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,131	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				1,301	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,389
	Styropian	5,0	0,050	0,040	1,250	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Trociny	16,0	0,160	0,200	0,800	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				2,399	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				2,569	
Podłoga na gruncie	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,421
	Pustka powietrzna	15,0			0,220	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Piasek	10,0	0,1	0,40	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	R				0,923	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	R_T				2,377	
	Okna PCV				U_0	
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,700	1,0	1,700
Okna drewniane				2,600	1,0	2,600
Drzwi wejściowe				2,600	1,2	3,120

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_i	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,174
	Pustka powietrzna	15,0	0,150		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Wełna mineralna	20,0	0,200	0,040	5,000	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	R				5,531	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
	R _T				5,731	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] i [SZ-2]	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,208
	Trociny	16,0	0,16	0,200	0,800	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Płyty z pianki rezolowej	7,0	0,070	0,020	3,500	
	R				4,631	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,801	
	Podłoga na gruncie	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	
Pustka powietrzna		15,0	0,15		0,220	
Deska sosnowa		2,5	0,025	0,160	0,156	
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					0,923	
Opór zastępczy gruntu					1,454	
R _T					2,377	
Okna nowe					U_0	Wsp.
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
Drzwi wejściowe nowe				1,1	1,000	1,100
				1,5	1,000	1,500

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Pomieszczenie	Ilość pomieszczeń	Strumień powietrza na pomieszczenie	Całkowity strumień powietrza
		[m ³ /h]	[m ³ /h]
Strumień powietrza wentylacyjnego			
Kuchnie	7	70	490
Łazienki	7	50	350
Razem			840
Klatki schodowe	1	97	97
Ogółem			937
Strumień powietrza wentylacyjnego		[m ³ /sek]	0,260
Infiltracja		[m ³ /sek]	0,047
Ogółem		[m ³ /sek]	0,307
Współczynnik strat ciepła przez wentylację		[W/K]	369
Kubatura wentylowana		[m ³]	848
Krotność wymiany powietrza			1,31

Współczynniki korekcyjne			
	c_r	1,0	1,0
	c_w	1,0	1,0
	c_m	1,0	1,0

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		848	0,5			424,0

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	314	7,1	2 230

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przeграда	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Strop poddasza	243,86	1,448	0,90	318	40	12,71
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	93,94	0,769	1,00	72		2,89
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	91,44	0,389	1,00	36		1,42
Okna PCV	18,30	1,700	1,00	31		1,24
Okna drewniane	14,23	2,600	1,00	37		1,48
Drzwi wejściowe	6,36	3,120	1,00	20		0,79
Podłoga na gruncie	243,86	0,421	1,00	103		4,10
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	99,82	0,190	1,0	19		0,76
nadproża	40,09	0,600	1,0	24		0,96
podokien	40,09	0,570	1,0	23		0,91
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				682		27,28
Wentylacja		V_1	ρ^*c_p	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		424	0,34	144	5,77	
OGÓLEM					33,04	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przeграда	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Strop poddasza	243,86	0,174	0,90	38	40	1,53
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	93,94	0,208	1,00	20		0,78
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	91,44	0,208	1,00	19		0,76
Okna wymienione	18,30	1,100	1,00	20		0,81
Okna wymienione	14,23	1,100	1,00	16		0,63
Drzwi wejściowe	6,36	1,500	1,00	10		0,38
Podłoga na gruncie	243,86	0,421	1,00	103		4,10
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	99,82	0,190	1,0	19		0,76
nadproża	40,09	0,600	1,0	24		0,96
podokien	40,09	0,570	1,0	23		0,91
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				291		11,63
Wentylacja		V_1	ρ^*c_p	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		424	0,34	144	5,77	
OGÓLEM					17,39	

Z-8 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 poddasza	[MJ]	17 870	16 141	14 211	10 212	892	974	11 403	13 341	16 424	101 468
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	4 062	3 669	3 230	2 321	203	222	2 592	3 032	3 733	23 064
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	2 002	1 808	1 592	1 144	100	109	1 277	1 495	1 840	11 367
Okna PCV	[MJ]	1 750	1 580	1 392	1 000	87	95	1 117	1 306	1 608	9 936
Okna drewniane	[MJ]	2 081	1 880	1 655	1 189	104	113	1 328	1 554	1 913	11 816
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 117	1 009	888	638	56	61	713	834	1 026	6 342
Podłoga na gruncie	[MJ]	5 770	5 211	4 588	3 297	288	315	3 682	4 307	5 303	32 760
Mostki liniowe	[MJ]	3 705	3 346	2 946	2 117	185	202	2 364	2 766	3 405	21 037
Straty przez przegrody	[MJ]	38 357	34 645	30 503	21 918	1 915	2 092	24 475	28 635	35 251	217 790
Wentylacja	[MJ]	20 752	18 744	16 503	11 858	1 036	1 132	13 242	15 492	19 072	117 830
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	59 108	53 388	47 005	33 776	2 951	3 223	37 717	44 127	54 323	335 619
Zyski słoneczne	[MJ]	2 001	2 048	4 331	5 569	7 098	4 529	3 221	1 569	1 252	31 619
Zyski wewnętrzne	[MJ]	5 972	5 394	5 972	5 779	963	963	5 972	5 779	5 972	42 767
Razem zyski	[MJ]	7 973	7 442	10 303	11 349	8 062	5 492	9 193	7 349	7 224	74 386
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1349	0,1394	0,2192	0,3360	2,7319	1,7038	0,2437	0,1665	0,1330	0,2216
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	314									
Pojemność cieplna	[J/K]	81 650 400									
Stała czasowa	[h]	22									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		2,44									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,44									
η		0,9935	0,9929	0,9806	0,9524	0,3454	0,5082	0,9756	0,9895	0,9937	
Zyski ciepła	[MJ]	7 921	7 390	10 103	10 809	2 784	2 791	8 969	7 271	7 178	65 216
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	51 188	45 998	36 902	22 967	167	432	28 748	36 856	47 145	270 403

Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Strop poddasza	[MJ]	2 154	1 946	1 713	1 231	108	117	1 375	1 608	1 980	12 231
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	1 101	994	875	629	55	60	702	822	1 012	6 249
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	1 071	968	852	612	53	58	684	800	985	6 083
Okna wymienione	[MJ]	1 132	1 023	900	647	57	62	722	845	1 041	6 429
Okna wymienione	[MJ]	880	795	700	503	44	48	562	657	809	4 999
Mostki liniowe	[MJ]	3 705	3 346	2 946	2 117	185	202	2 364	2 766	3 405	21 037
Drzwi wejściowe	[MJ]	537	485	427	307	27	29	343	401	494	3 049
Podłoga na gruncie	[MJ]	5 770	5 211	4 588	3 297	288	315	3 682	4 307	5 303	32 760
Straty przez przegrody	[MJ]	16 350	14 768	13 002	9 343	816	892	10 433	12 206	15 027	92 838
Wentylacja	[MJ]	20 752	18 744	16 503	11 858	1 036	1 132	13 242	15 492	19 072	117 830
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	37 102	33 512	29 505	21 201	1 852	2 023	23 675	27 698	34 099	210 667
Zyski słoneczne	[MJ]	1 978	2 024	4 276	5 499	7 004	4 475	3 183	1 551	1 238	31 228
Zyski wewnętrzne	[MJ]	5 972	5 394	5 972	5 779	963	963	5 972	5 779	5 972	42 767
Razem zyski	[MJ]	7 950	7 418	10 248	11 278	7 967	5 438	9 155	7 331	7 210	73 995
Stosunek zysków do przeniesienia		0,2143	0,2214	0,3473	0,5320	4,3013	2,6878	0,3867	0,2647	0,2114	0,3512
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	314									
Pojemność cieplna	[J/K]	81 650 400									
Stać czasowa	[h]	34									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stać czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		3,29									
Parametr numeryczny a _H + 1		4,29									
η		0,9951	0,9946	0,9797	0,9372	0,2310	0,3629	0,9727	0,9907	0,9953	
Zyski ciepła	[MJ]	7 911	7 378	10 040	10 570	1 841	1 974	8 905	7 263	7 175	63 056
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	29 191	26 134	19 465	10 631	12	50	14 770	20 436	26 923	147 611

Z-10 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,80	piece kaflowe w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	η_d	1,00	źródło ciepła w pomieszczeniu
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,70	ogrzewanie piecowe
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,56	
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			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,91	węzeł cieplny
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	0,72	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Z-11 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	314,0	314,04
Liczba użytkowników	osoba	20	20
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	2,00	2,00
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,9	0,9
Czas pracy instalacji cwu	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	10 806,2	10 806,2
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	38,9	38,9
Sprawność wytwarzania	-	0,960	0,900
Sprawność przesyłu	-	0,800	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,770	0,720
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	14 034,1	15 008,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	50,5	54,0
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,051	0,051
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	4,544	4,544
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,246	0,262
Max. moc c.w.u.	kW	15,70	16,75
Średnia moc c.w.u.	kW	3,5	3,7
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	44,7	47,8

Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana drzwi, wymiana instalacji c.w.u., wymiana instalacji c.o., wymiana źródeł ciepła dla potrzeb c.w.u. i c.o.). W związku z tym, że na dzień sporządzenia audytu nie ma ostatecznych wytycznych konserwatorskich dotyczących ocieplenia ścian zewnętrznych, w tabeli nr 1 przedstawiono efekt energetyczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć, natomiast w tabeli nr 2 efekt energetyczny, w którym nie uwzględniono ocieplenia ścian zewnętrznych.

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

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

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Tabela nr 1. Efekt energetyczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	482,86	134 127,78	134,13
zużycie po modernizacji	258,84	71 900,00	71,90
oszczędność	224,02	62 227,78	62,23
<i>energia elektryczna (c.w.u)</i>			
zużycie przed modernizacją	50,52	14 033,33	14,03
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	50,52	14 033,33	14,03
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	533,38	148 161,11	148,16
zużycie po modernizacji	258,84	71 900,00	71,90
oszczędność	274,54	76 261,11	76,26
oszczędność %	51,47		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	531,15	147 540,56	147,54
zużycie po modernizacji	336,49	93 470,00	93,47
oszczędność	194,65	54 070,56	54,07
<i>energia elektryczna (c.w.u)</i>			
zużycie przed modernizacją	151,56	42 100,00	42,10
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	151,56	42 100,00	42,10
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	682,71	189 640,56	189,64
zużycie po modernizacji	336,49	93 470,00	93,47
oszczędność	346,21	96 170,56	96,17
oszczędność %	50,71		

Tabela nr 2. Efekt energetyczny nieuwzględniający ocieplenia ścian zewnętrznych.

Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	482,86	134 127,78	134,13
zużycie po modernizacji	288,93	80 258,33	80,26
oszczędność	193,93	53 869,44	53,87
<i>energia elektryczna (c.w.u)</i>			
zużycie przed modernizacją	50,52	14 033,33	14,03
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	50,52	14 033,33	14,03
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	533,38	148 161,11	148,16
zużycie po modernizacji	288,93	80 258,33	80,26
oszczędność	244,45	67 902,78	67,90
oszczędność %		45,83	
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	531,15	147 540,56	147,54
zużycie po modernizacji	375,61	104 335,83	104,34
oszczędność	155,54	43 204,73	43,20
<i>energia elektryczna (c.w.u)</i>			
zużycie przed modernizacją	151,56	42 100,00	42,10
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	151,56	42 100,00	42,10
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	682,71	189 640,56	189,64
zużycie po modernizacji	375,61	104 335,83	104,34
oszczędność	307,10	85 304,73	85,30
oszczędność %		44,98	

Z-13 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). W związku z tym, że na dzień sporządzenia audytu nie ma ostatecznych wytycznych konserwatorskich dotyczących ocieplenia ścian zewnętrznych, w tabeli nr 1 przedstawiono efekt ekologiczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć, natomiast w tabeli nr 2 efekt ekologiczny, w którym nie uwzględniono ocieplenia ścian zewnętrznych.

Tabela nr 1. Efekt ekologiczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć.

	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	
węgiel kamienny	482,86	-	94,73	45,74	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	14,03	0,832	11,67	-	-	-	-		
sieć miejska	-	-	-	-	258,84	-	94,96	24,58		
				57,41				24,58	32,83	57,19

Tabela nr 2. Efekt ekologiczny nieuwzględniający ocieplenia ścian zewnętrznych.

	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	
węgiel kamienny	482,86	-	94,73	45,74	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	14,03	0,832	11,67	-	-	-	-		
sieć miejska	-	-	-	-	288,93	-	94,96	27,44		
				57,41				27,44	29,98	52,21

Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- demontaż i utylizację istniejącego ocieplenia,
- ocieplenie ścian fundamentowych,
- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę elementów konstrukcyjnych dachu,
- wymianę oszalowania wraz z niezbędnymi pracami konserwatorskimi i malarskimi,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- wymianę poszycia dachowego,
- przebudowę kominów,
- wymianę rur spustowych i orynnowania,

- obróbki blacharskie,
 - demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
 - obróbkę nowych okien i drzwi,
 - 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.