

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNEGO

ul. Długa 18

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
				1912
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		1.4 Adres budynku	ul. Długa nr bud. 18
	pl. Jana Pawła II nr 16			
	kod 95-100 miejscowość Zgierz			kod 95-100 miejscowość Zgierz
	tcl. - 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>Blasowski</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 (Zlecniodawcy) 5				
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 6				
5. Ocena stanu technicznego budynku 7				
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku 7				
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania 8				
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. 8				
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji 8				
6. Usprawnienia 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 15				
7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej 19				
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne 21				
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku 22				
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego 23				
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 26				
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji 28				
10. Podsumowanie przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 30				
ZAŁĄCZNIKI 31				
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła 31				
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją 32				
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji 33				
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 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 36				
Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 37				
Z-10 Sprawności systemu grzewczego 38				
Z-11 Ciepła woda użytkowa 39				
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej 40				
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego 41				
Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące 41				

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	4	4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	2 978	2 978
4.	Powierzchnia netto budynku *) [m ²]	655,61	655,61
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	595,31	595,31
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	60,30	60,30
7.	Liczba lokali mieszkalnych	11	11
8.	Liczba osób użytkujących budynek	36	36
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]	0,377	0,377
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,151	1,151
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,448	0,174
3	Strop nad piwnicą	1,123	0,247
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]	1 939	1 939		
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,95	0,95		
6. Charakterystyka energetyczna budynku						
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	72,89	44,66		
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	25,45	27,15		
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	535,82	319,60		
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	956,82	443,46		
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	105,47	112,80		
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)]	227,02	135,41		
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	405,40	187,89		
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-		
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)						
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	38,57	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	17,64		
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)]	4,69	4,09		
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-		
7.	Inne	[zł]	-	-		
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego						
Planowana kwota kredytu ¹⁾		[zł]	579 114,16	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	47,64
Planowane koszty całkowite ²⁾		[zł]	579 114,16	Premia termomodernizacyjna	[zł]	30 985,64
Roczna oszczędność kosztów energii		[zł/rok]	15 492,82			

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 18 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 termomodernizacyjnego (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 Rejestrze 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	1912
Adres budynku	ul. Długa 18 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	3	
Rodzaj dachu	Dach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 978	440	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	575	259	
Powierzchnia całkowita	1 293,07		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,1	1,8	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	-	36	
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	323,27	1,448	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] frontowa	153,61	1,151	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] szczytowa i tylna	227,22	1,151	
Okna z PCV	38,79	1,700	
Okna drewniane	50,76	2,600	
Drzwi drewniane	5,90	3,120	
Strop nad piwnicą	323,27	1,123	

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 18. Budynek wybudowany w 1912 roku, jest podpiwniczony wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany zewnętrzne wykonane z cegły pełnej grubości 51 cm, nieocieplone. 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/m ² K, |
| - dla ścian zewnętrznych | - 0,23 W/m ² K, |
| - dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą | - 0,25 W/m ² K, |
| - dla podłogi na gruncie | - 0,30 W/m ² K. |

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| - strop poddasza | - 1,448 W/m ² K, |
| - ściany zewnętrzne | - 1,151 W/m ² K, |
| - strop nad piwnicą | - 1,123 W/m ² K |

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względu na zabytkowy charakter budynku oraz brak zgody konserwatora zabytków, nie ma możliwości wykonania ocieplenia ścian zewnętrznych.

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

- | | |
|---------|-------------------------|
| - okna | -1,1 W/m ² K |
| - drzwi | -1,5 W/m ² K |

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 drewnianą stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. 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 oraz 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 rozdziałem 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 stropu nad piwnicą,
- 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 stropu nad piwnicą. 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:

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

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/m³ 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:

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

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 ,
- S_d - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień $\cdot \text{K}/\text{rok}$,

Liczbę stopniodni S_d oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

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

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

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

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
$L_d(m)$	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 = 323,27 [m²]

$R_0 = 0,691$ [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 323 [m²]

Materiał: wełna mineralna

$U_0 = 1,448$ [W/(m²*K)]

$\lambda = 0,040$ [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R_i	U	Q_i	q_i	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	1,981	0,505	52,12	0,007	54 910,00	3 753,66	14,628
0,06	1,500	2,231	0,448	46,28	0,006	55 265,30	3 978,92	13,890
0,07	1,750	2,481	0,403	41,62	0,005	55 620,60	4 158,78	13,374
0,08	2,000	2,731	0,366	37,81	0,005	55 975,90	4 305,71	13,000
0,09	2,250	2,981	0,335	34,64	0,004	56 331,20	4 428,00	12,722
0,10	2,500	3,231	0,310	31,96	0,004	56 686,50	4 531,36	12,510
0,11	2,750	3,481	0,287	29,66	0,004	57 041,80	4 619,87	12,347
0,12	3,000	3,731	0,268	27,67	0,003	57 397,10	4 696,52	12,221
0,13	3,250	3,981	0,251	25,93	0,003	57 752,40	4 763,54	12,124
0,14	3,500	4,231	0,236	24,40	0,003	58 107,70	4 822,65	12,049
0,15	3,750	4,481	0,223	23,04	0,003	58 463,00	4 875,15	11,992
0,16	4,000	4,731	0,211	21,82	0,003	58 818,30	4 922,11	11,950
0,17	4,250	4,981	0,201	20,73	0,003	59 173,60	4 964,35	11,920
0,18	4,500	5,231	0,191	19,74	0,002	59 528,90	5 002,56	11,900
0,19	4,750	5,481	0,182	18,84	0,002	59 884,20	5 037,28	11,888
0,20	5,000	5,731	0,174	18,02	0,002	60 239,50	5 068,97	11,884
0,21	5,250	5,981	0,167	17,26	0,002	60 594,80	5 098,01	11,886
0,22	5,500	6,231	0,160	16,57	0,002	60 950,10	5 124,72	11,893
0,23	5,750	6,481	0,154	15,93	0,002	61 305,40	5 149,37	11,905
0,24	6,000	6,731	0,149	15,34	0,002	61 660,70	5 172,19	11,922
0,25	6,250	6,981	0,143	14,79	0,002	62 016,00	5 193,38	11,941

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 stropu nad piwnicą

Rozpatruje się ocieplenie stropu nad piwnicą wełną mineralną o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 323,27 [m²] $R_0 = 0,891$ [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 323 [m²]

Materiał: wełna mineralna $U_0 = 1,123$ [W/(m²*K)]

$\lambda = 0,038$ [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	1,316	2,207	0,453	46,79	0,006	48 813,77	2 665,27	18,315
0,06	1,579	2,470	0,405	41,80	0,005	49 281,66	2 857,53	17,246
0,07	1,842	2,733	0,366	37,78	0,005	49 843,13	3 012,77	16,544
0,08	2,105	2,996	0,334	34,46	0,004	50 498,18	3 140,74	16,078
0,09	2,368	3,259	0,307	31,68	0,004	51 246,80	3 248,04	15,778
0,10	2,632	3,522	0,284	29,31	0,004	52 089,01	3 339,31	15,599
0,11	2,895	3,786	0,264	27,27	0,003	53 186,42	3 417,88	15,561
0,12	3,158	4,049	0,247	25,50	0,003	54 134,02	3 486,25	15,528
0,13	3,421	4,312	0,232	23,94	0,003	55 256,95	3 546,27	15,582
0,14	3,68	4,575	0,219	22,57	0,003	56 473,47	3 599,38	15,690
0,15	3,947	4,838	0,207	21,34	0,003	57 783,56	3 646,72	15,845
0,16	4,211	5,101	0,196	20,24	0,003	59 187,24	3 689,17	16,044
0,17	4,474	5,364	0,186	19,25	0,002	60 684,49	3 727,46	16,280
0,18	4,737	5,628	0,178	18,35	0,002	62 275,32	3 762,17	16,553
0,19	5,000	5,891	0,170	17,53	0,002	63 959,72	3 793,77	16,859
0,20	5,263	6,154	0,162	16,78	0,002	65 737,71	3 822,67	17,197
0,21	5,526	6,417	0,156	16,09	0,002	67 609,27	3 849,21	17,564
0,22	5,789	6,680	0,150	15,45	0,002	69 574,41	3 873,65	17,961
0,23	6,053	6,943	0,144	14,87	0,002	71 633,13	3 896,24	18,385
0,24	6,316	7,207	0,139	14,33	0,002	73 785,43	3 917,18	18,836
0,25	6,579	7,470	0,134	13,82	0,002	76 031,31	3 936,64	19,314

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 2014 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad piwnicą wynosi 0,25 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 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

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

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

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

gdzie:

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

Wartość łącznej rocznej oszczędności kosztów energii $\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}$ dla n-tego źródła oblicza się z wzoru:

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

gdzie:

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

O_{0z}, O_{1z} - suma opłat jak we wzorze (2),

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

q_0, q_1 - zapotrzebowanie na moc cieplną odpowiednio na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację lub na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,

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

Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa jak we wzorze (2).

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

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji, $\text{W}/(\text{m}^2 * \text{K})$, 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:

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - jak we wzorze (8),

A_{Ok} - jak we wzorze (8),

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

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

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

gdzie:

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

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną q_0 , q_1 w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, 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 $50,76 m^2$) 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	305,32	0,006	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	240,39	0,003	2 504,32	53 298,00	21,28
2	1,1	1,0	1,0	237,15	0,003	2 629,35	55 836,00	21,24
3	0,9	1,0	1,0	233,90	0,003	2 754,39	65 988,00	23,96

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 $38,79 m^2$) 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	205,42	0,003	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	183,70	0,003	837,44	38 790,00	46,32
2	1,1	1,0	1,0	181,22	0,002	932,99	42 669,00	45,73
3	0,9	1,0	1,0	178,75	0,002	1 028,54	50 427,00	49,03

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 5,90 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	36,47	0,004	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	28,69	0,004	299,80	8 850,00	29,52
2	1,5	1,0	1,0	28,32	0,004	314,34	9 263,00	29,47
3	1,3	1,0	1,0	27,94	0,003	328,87	10 443,00	31,75

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 ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych MW,
 O_{0M}, O_{1M} – jak we wzorze (2),
 Ab_0, Ab_1 – jak we wzorze (2).

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

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

gdzie:

- η_{gw} - sprawność wytwarzania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_{dw} - sprawność przesyłu ciepła w instalacji ciepłej wody, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,
- η_{ew} - sprawność akumulacji ciepła w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,
- η_{sw} - sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw.

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

Jak wspomniano w części opisowej Audytu ciepła woda użytkowa 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: 75 000 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 18 348,62 zł - 7 600,40 zł = 10 748,22 zł (tabela rozdz. 8).

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 75 000,00 / 10 748,22 = 6,98 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.	75 000,00	6,98
2	Ocieplenie stropu poddasza	60 239,50	11,88
3	Ocieplenie stropu nad piwnicą	54 134,02	15,58
4	Wymiana okien drewnianych	55 836,00	21,24
5	Wymiana drzwi wejściowych	9 263,00	29,47
6	Wymiana okien PCV	42 669,00	45,73

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.	75 000,00	6,98
2	Ocieplenie stropu poddasza	60 239,50	11,88
3	Ocieplenie stropu nad piwnicą	54 134,02	15,58
4	Wymiana okien drewnianych	55 836,00	21,24
5	Wymiana drzwi wejściowych	9 263,00	29,47
6	Wymiana okien PCV	42 669,00	45,73
	Ogółem	297 141,52	

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.	75 000,00	6,98
2	Ocieplenie stropu poddasza	60 239,50	11,88
3	Ocieplenie stropu nad piwnicą	54 134,02	15,58
4	Wymiana okien drewnianych	55 836,00	21,24
5	Wymiana drzwi wejściowych	9 263,00	29,47
	Ogółem	254 472,52	

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.	75 000,00	6,98
2	Ocieplenie stropu poddasza	60 239,50	11,88
3	Ocieplenie stropu nad piwnicą	54 134,02	15,58
4	Wymiana okien drewnianych	55 836,00	21,24
	Ogółem	245 209,52	

,

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.	75 000,00	6,98
2	Ocieplenie stropu poddasza	60 239,50	11,88
3	Ocieplenie stropu nad piwnicą	54 134,02	15,58
	Ogółem	189 373,52	

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.	75 000,00	6,98
2	Ocieplenie stropu poddasza	60 239,50	11,88
	Ogółem	135 239,50	

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.	75 000,00	6,98
	Ogółem	75 000,00	

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	0,0729	0,0729
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności.	GJ/rok	536	536
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 uwzg. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	956,82	743,47
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	36 900,00	53 639,97
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		-16 739,97
9	Szacunkowy koszt modernizacji	zł		281 972,64

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:

- 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_t 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		
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok
0	0,0729	535,82	0,5600	1	956,82	36 900,00	0,007	105,47	18 348,62	1 062	55 248,62		
I+A	0,0447	319,60	0,7207	1	443,46	32 155,40	0,007	112,80	7 600,40	556	39 755,80	506	47,64
II+A	0,0460	326,92	0,7207	1	453,61	32 924,60	0,007	112,80	7 600,40	566	40 525,00	496	46,68
III+A	0,0460	324,51	0,7207	1	450,27	32 726,84	0,007	112,80	7 600,40	563	40 327,24	499	46,99
IV+A	0,0490	348,33	0,7207	1	483,32	35 085,59	0,007	112,80	7 600,40	596	42 685,99	466	43,88
V+A	0,0581	419,33	0,7207	1	581,83	42 113,53	0,007	112,80	7 600,40	695	49 713,93	368	34,61
VI+A	0,0729	535,82	0,7207	1	743,47	53 639,21	0,007	112,80	7 600,40	856	61 239,61	206	19,39
A	0,0729	535,82	0,7207	1	743,47	53 639,97	0,007	105,47	18 348,62	849	71 988,59	213	20,08
													-16 739,97

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾		Roczna oszczędność kosztów energii		Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾			Premia termomodernizacyjna		
		[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł]		[%]	[zł]	[zł]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
1	2	3	4	5	6			7	8	9		
1	I+A	579 114,16	15 492,82	47,64	0,00	0,00	579 114,16	100,00	115 822,83	92 658,27	30 985,64	
2	II+A	536 445,16	14 723,62	46,68	0,00	0,00	536 445,16	100,00	107 289,03	85 831,23	29 447,24	
3	III+A	527 182,16	14 921,38	46,99	0,00	0,00	527 182,16	100,00	105 436,43	84 349,15	29 842,76	
4	IV+A	471 346,16	12 562,63	43,88	0,00	0,00	471 346,16	100,00	94 269,23	75 415,39	25 125,26	
5	V+A	417 212,14	5 534,69	34,61	0,00	0,00	417 212,14	100,00	83 442,43	66 753,94	11 069,38	
6	VI+A	356 972,64	-5 990,99	19,39	0,00	0,00	356 972,64	100,00	71 394,53	57 115,62	-11 981,98	
7	A	281 972,64	-16 739,97	20,08	0,00	0,00	281 972,64	100,00	56 394,53	45 115,62	-33 479,94	

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 6 (VI+A) i Nr 7 (A), również mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Natomiast warianty Nr 6 (VI+A) i Nr 7 (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 stropu pod poddaszem

Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 323 m² należy wykonać poprzez rozłożenie wełny mineralnej o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ 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 niezbędne roboty towarzyszące, np. wymiana obróbek blacharskich na gzymsach oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

2. Ocieplenie stropu nad piwnicą

Ocieplenie stropu nad piwnicą o powierzchni około 323 m² proponuje się wykonać poprzez przymocowanie do stropu od strony piwnicy wełny mineralnej o grubości minimum 12 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda \leq 0,038 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$. Następnie należy wykonać otynkowanie stropu. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,247 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.

3. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 50,76 m² oraz okien z PCV o powierzchni około 38,79 m² na okna o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1$ W/m²K zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi.

W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Wymianę drzwi wejściowych o powierzchni około 5,90 m² na drzwi o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5$ W/m²K zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

5. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:

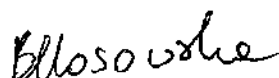
- montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
- montaż perlatorów przy punktach odbioru,
- regulację instalacji,
- montaż indywidualnych liczników ciepłej wody,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

6. 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 adaptacją pomieszczenia w piwnicy budynku 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	579 114,16 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	30 985,64 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	15 492,82 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	37,38 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	956,82
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	25,93
Zużycie paliwa roczne	Mg	36,9
Cena paliwa	zł/Mg	1 000
Koszt paliwa	zł	36 900,00
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	38,57
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_l	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	15,0			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] i [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,151
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,510	0,770	0,662	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,699	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				0,869	
Strop nad piwnicą	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,123
	Pustka powietrzna	15,0			0,220	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,551	
	R_{si}				0,170	
	R_{se}				0,170	
	R_T				0,891	
Okna PCV				U_0	Wsp.	U
				[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	0,040	0,160	0,156	
	R				5,531	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,100	
	R _T				5,731	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,151
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,51	0,770	0,662	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,699	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R _T				0,869	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,151
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,51	0,770	0,662	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,699	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R _T				0,869	
Strop nad piwnicą	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,247
	Pustka powietrzna	15,0			0,220	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Wełna mineralna	12,0	0,12	0,038	3,158	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				3,709	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	R _T				4,049	
Okna nowe				U _o	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe nowe				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	11	70	770
Łazienki	11	50	550
WC	0	30	0
Razem			1 320
Klatki schodowe	1	212	212
Ogółem			1 532
Strumień powietrza wentylacyjnego		[m ³ /sek]	0,426
Infiltracja		[m ³ /sek]	0,113
Ogółem		[m ³ /sek]	0,539
Współczynnik strat ciepła przez wentylację		[W/K]	646
Kubatura wentylowana		[m ³]	2 032
Krotność wymiany powietrza			0,95

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		2 032	0,5			1 016,2

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	656	7,1	4 655

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A [m ²]	U [W/m ² K]	b ₀ -	H _t [W/K]	ΔΘ [°C]	Φ [kW]
Strop poddasza	323,27	1,448	0,90	421	40	16,85
Ściana zewnętrzna [SZ-1] frontowa	153,61	1,151	1,00	177		7,07
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	227,22	1,151	1,00	261		10,46
Okna PCV	38,79	1,700	1,00	66		2,64
Okna drewniane	50,76	2,600	1,00	132		5,28
Drzwi wejściowe	5,90	3,120	1,00	18		0,74
Strop nad piwnicą	323,27	1,123	0,80	290		11,61
Mostki liniowe	l [m]	ψ [W/mK]	□			
ościeża	179,32	0,190	1,0	34		1,36
nadproża	65,55	0,600	1,0	39		1,57
podokien	65,55	0,570	1,0	37		1,49
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				1 477		59,07
Wentylacja		V ₁ [m ³ /h]	ρ*c _p [J/m ³ /K]	H _v [W/K]		
		1 016	0,34	346		13,82
						72,89
OGÓŁEM						

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A [m ²]	U [W/m ² K]	b ₀ -	H _t [W/K]	ΔΘ [°C]	Φ [kW]
Strop poddasza	323,27	0,174	0,90	51	40	2,03
Ściana zewnętrzna [SZ-1] frontowa	153,61	1,151	1,00	177		7,07
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	227,22	1,151	1,00	261		10,46
Okna PCV	38,79	1,100	1,00	43		1,71
Okna wymienione	50,76	1,100	1,00	56		2,23
Drzwi wejściowe	5,90	1,500	1,00	9		0,35
Strop nad piwnicą	323,27	0,247	0,80	64		2,56
Mostki liniowe	l [m]	ψ [W/mK]	□			
ościeża	179,32	0,190	1,0	34		1,36
nadproża	65,55	0,600	1,0	39		1,57
podokien	65,55	0,570	1,0	37		1,49
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				771		30,84
Wentylacja		V ₁ [m ³ /h]	ρ*c _p [J/m ³ /K]	H _v [W/K]		
		1 016	0,34	346		13,82
						44,66
OGÓŁEM						

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_t, H_{tr}										
Strop poddasza	[MJ]	23 689	21 397	18 839	13 537	1 183	1 292	15 116	17 685	21 772	134 509
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	9 943	8 981	7 907	5 682	496	542	6 345	7 423	9 138	56 458
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	14 708	13 285	11 696	8 405	734	802	9 385	10 980	13 517	83 512
Okna wymienione	[MJ]	3 709	3 350	2 950	2 119	185	202	2 367	2 769	3 409	21 060
Okna wymienione	[MJ]	7 423	6 705	5 903	4 242	371	405	4 737	5 542	6 822	42 149
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 035	935	823	592	52	56	661	773	952	5 879
Strop nad piwnicą	[MJ]	16 329	14 749	12 986	9 331	815	890	10 420	12 191	15 008	92 719
Mostki liniowe	[MJ]	6 230	5 627	4 954	3 560	311	340	3 975	4 651	5 726	35 375
Straty przez przegrody	[MJ]	83 067	75 029	66 058	47 467	4 147	4 530	53 005	62 014	76 343	471 660
Wentylacja	[MJ]	36 349	32 831	28 906	20 771	1 815	1 982	23 194	27 136	33 406	206 390
Cadkowie przenoszenie ciepła	[MJ]	119 416	107 860	94 964	68 238	5 962	6 512	76 199	89 150	109 749	678 050
Zyski słoneczne	[MJ]	5 020	5 032	10 463	13 164	16 539	10 796	7 827	3 826	3 053	75 719
Zyski wewnętrzne	[MJ]	12 467	11 261	12 467	12 065	2 011	2 011	12 467	12 065	12 467	89 283
Razem zyski	[MJ]	17 488	16 293	22 931	25 229	18 550	12 807	20 294	15 891	15 520	165 003
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1464	0,1511	0,2415	0,3697	3,1115	1,9667	0,2663	0,1783	0,1414	0,2433
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	656									
Pojemność ciepła	[J/K]	170 458 600									
Stać czasowa	[h]	22									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stać czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		2,49									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,49									
η		0,9928	0,9923	0,9777	0,9452	0,3082	0,4571	0,9724	0,9887	0,9934	
Zyski ciepła	[MJ]	17 362	16 167	22 420	23 847	5 716	5 854	19 734	15 711	15 417	142 229
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	102 055	91 693	72 545	44 391	245	658	56 465	73 438	94 332	535 822

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
Srednia temp. miesięca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Strop poddasza	[MJ]	2 856	2 579	2 271	1 632	143	156	1 822	2 132	2 624	16 214
Ściana zewnętrzna [SZ-1] frontowa	[MJ]	9 943	8 981	7 907	5 682	496	542	6 345	7 423	9 138	56 458
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	14 708	13 285	11 696	8 405	734	802	9 385	10 980	13 517	83 512
Okna PCV	[MJ]	2 400	2 168	1 909	1 371	120	131	1 531	1 792	2 206	13 627
Okna drewniane	[MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okna wymienione	[MJ]	3 141	2 837	2 498	1 795	157	171	2 004	2 345	2 886	17 832
Mostki liniowe	[MJ]	6 230	5 627	4 954	3 560	311	340	3 975	4 651	5 726	35 375
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 035	935	823	592	52	56	661	773	952	5 879
Strop nad piwnicą	[MJ]	3 593	3 245	2 857	2 053	179	196	2 293	2 682	3 302	20 400
Straty przez przegrody	[MJ]	43 905	39 657	34 915	25 089	2 192	2 394	28 016	32 777	40 351	249 296
Wentylacja	[MJ]	36 349	32 831	28 906	20 771	1 815	1 982	23 194	27 136	33 406	206 390
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	80 254	72 488	63 821	45 860	4 007	4 376	51 210	59 913	73 758	455 687
Zyski słoneczne	[MJ]	4 767	4 765	9 889	12 377	15 551	10 160	7 400	3 611	2 877	71 398
Zyski wewnętrzne	[MJ]	12 467	11 261	12 467	12 065	2 011	2 011	12 467	12 065	12 467	89 283
Razem zyski	[MJ]	17 235	16 026	22 357	24 442	17 562	12 171	19 867	15 676	15 345	160 682
Stosunek zysków do przenieszenia		0,2148	0,2211	0,3503	0,5330	4,3834	2,7811	0,3880	0,2617	0,2080	0,3526
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	656									
Pojemność cieplna	[J/K]	170 458 600									
Stala czasowa	[h]	33									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stala czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		3,23									
Parametr numeryczny a _H + 1		4,23									
η		0,9945	0,9940	0,9777	0,9341	0,2266	0,3510	0,9706	0,9902	0,9950	
Zyski ciepła	[MJ]	17 140	15 930	21 859	22 832	3 980	4 272	19 284	15 523	15 268	136 088
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	63 114	56 557	41 962	23 028	26	105	31 926	44 390	58 490	319 599

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	0,560	
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	656	656
Liczba użytkowników	osoba	36	36
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	22 559,8	22 559,8
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	81,2	81,2
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	29 298,4	31 333,0
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	105,5	112,8
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,096	0,096
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	3,888	3,888
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,246	0,262
Max. moc c.w.u.	kW	25,45	27,15
Średnia moc c.w.u.	kW	6,5	7,0
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 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:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
ciepło			
zużycie przed modernizacją	956,82	265 783,33	265,78
zużycie po modernizacji	556,26	154 516,67	154,52
oszczędność	400,56	111 266,67	111,27
energia elektryczna (c.w.u.)			0,00
zużycie przed modernizacją	105,47	29 297,22	29,30
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	105,47	29 297,22	29,30
ogółem			
zużycie przed modernizacją	1 062,29	295 080,56	295,08
zużycie po modernizacji	556,26	154 516,67	154,52
oszczędność	506,03	140 563,89	140,56
oszczędność %	47,64		
Energia pierwotna			
ciepło			
zużycie przed modernizacją	1 052,50	292 361,67	292,36
zużycie po modernizacji	723,14	200 871,67	200,87
oszczędność	329,36	91 490,00	91,49
energia elektryczna (c.w.u.)			
zużycie przed modernizacją	316,41	87 891,67	87,89
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	316,41	87 891,67	87,89
ogółem			
zużycie przed modernizacją	1 368,91	380 253,34	380,25
zużycie po modernizacji	723,14	200 871,67	200,87
oszczędność	645,77	179 381,67	179,38
oszczędność %	47,17		

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)

	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	956,82	-	94,73	90,64	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	29,30	0,832	24,38	-	-	-	-		
sieć miejska	-	-	-	-	556,26	-	94,96	52,82		
				115,02				52,82	62,19	54,07

Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- wymianę parapetów zewnętrznych,
 - 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.