

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU
DOMU STUDENTA W CIECHANOWIE
ul. Gabriela Narutowicza 4a
06-400 Ciechanów**

**Zamawiający: Państwowa Akademia Nauk Stosowanych im. Ignacego Mościckiego
ul. Gabriela Narutowicza 9
06-400 Ciechanów**

Termin zakończenia pracy: styczeń 2024 roku

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
			lata 70
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Państwowa Akademia Nauk Stosowanych		ul. Narutowicza nr bud. 4a
	ul. Narutowicza nr 9	1.4 Adres budynku	kod 06-400 miejscowość Ciechanów
	kod 06-400 miejscowość Ciechanów		powiat ciechanowski
	tel. - fax -		województwo mazowieckie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: „ELEKO” Franciszek Radomyski ul. Nadarzyn 2a, 05-230 Kobyłka ; REGON 10492283			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE
5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Styczeń 2024			
6. Spis treści			
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku 1			
2. Karta audytu energetycznego budynku 2			
3. Podstawa opracowania 5			
3.1 Cel i zakres opracowania 5			
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu 5			
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) 7			
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 8			
5. Ocena stanu technicznego budynku 9			
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku 9			
5.2 Ocena stanu technicznego systemu grzewczego i instalacji c.o. 9			
5.3 Ocena stanu technicznego instalacji c.w.u. 10			
5.4 Ocena stanu technicznego wentylacji 10			
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego 10			
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 10			
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło 10			
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. 11			
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. 19			
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne 23			
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku 23			
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 25			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 28			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji 31			
ZAŁĄCZNIKI 33			
Z-1 Współczynnik przenikania ciepła przed modernizacją 33			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła po modernizacji 35			
Z-3 Współczynnik strat ciepła przez wentylację 37			
Z-4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego 37			
Z-5 Projektowana strata ciepła 38			
Z-6 Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 40			
Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 41			
Z-8 Sprawności systemu grzewczego 42			
Z-9 Ciepła woda użytkowa 43			
Z-10 Instalacja fotowoltaiczna 44			
Z-11 Obliczenie efektywności energetycznej i ekologicznej 47			
Z-12 Podsumowanie przedsięwzięcia 49			

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Mieszana	Mieszana
2.	Liczba kondygnacji	1; 2; 4	1; 2; 4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	11 132	11 132
4.	Powierzchnia użytkowa budynku [m ²]	3 225	3 225
5.	Powierzchnia użytkowa służąca celom mieszkalnym i wykonywaniu zadań publicznych przez organy administracji publicznej [m ²]	3 225	3 225
6.	Wskaźnik udziału powierzchni (poz.5)/ (poz. 4) [%]	0	0
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	150	150
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralna	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,485	0,485
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	0,398; 0,452; 1,035	0,182; 0,193; 0,187
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,165; 0,275	0,165; 0,135
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,178; 0,207	0,178; 0,207
5	Okna, drzwi balkonowe	2,400	0,900
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	1,400; 3,000	1,400; 1,300
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,99	0,99
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	1,00

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,99	0,99
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]	8 100	8 100
4.	Krotność wymian powietrza [1/h]	1,00	1,00
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	174,24	116,08
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej [kW]	72,78	72,78
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)[GJ/rok]	1 212,57	793,08
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	1 656,97	948,21
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej [GJ/rok]	347,67	347,67
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)]	104,44	68,31
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m ² ·rok)]	142,72	81,67
10. ¹⁾	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	-	-
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)			
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku ²⁾ [zł/GJ]	137,09	137,09
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc ³⁾ [zł/(MW m-c)]	18 807,46	18 807,46
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej ²⁾ [zł/m ³]	37,07	37,07

4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc ³⁾ [zł/(MW m-c)]	-	-
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej [zł/(m ² m-c)]	6,89	4,04
6.	Miesięczna opłata abonamentowa [zł/m-c]	-	-
7.	Inne [zł]	-	-
8.1 Wskaźniki dla optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
1.	EK- wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową [kWh/(m ² ·rok)]	172,66	111,62
2.	EP- wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną [kWh/(m ² ·rok)]	146,77	94,87
3.	Zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię [%]	35,36	
4.	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię [GJ/rok]	708,76	
5.	Średnioroczna oszczędność energii finalnej [toe/rok]	4,70	
6.	Uniknięta emisja CO ₂ [t CO ₂ /rok]	66,30	
7.	Roczne oszczędności kosztów energii [zł/rok]	110 276,47	
8.	Moc instalacji OZE w ramach termomodernizacji [kW] ⁴⁾	49,68	
8.2 Charakterystyka ekonomiczna przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
1.	Koszty całkowite przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, bez kosztów, o których mowa w wierszu 2 [zł]	netto	brutto
		3 391 518,70	4 171 568,00
2.	Koszty zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [zł]	netto	brutto
		383 707,32	471 960,00
3.	Udział kosztów (brutto) zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii w łącznych kosztach (brutto) przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [%] ⁴⁾	8,26	
4.	Czy inwestorowi przyznano grant OZE: TAK/NIE ⁵⁾		
5.	Premia termomodernizacyjna ⁶⁾ [zł]*)	1 084 607,68	
9. Grant termomodernizacyjny			
1. Maksymalna wartość wskaźnika EP określona zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane [kWh/(m ² ·rok)]		Nie dotyczy	
2. Przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku ODPOWIADAJĄ / NIE ODPOWIADAJĄ ⁷⁾ wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w przepisach wydanych na na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane			
3. Wysokość grantu termomodernizacyjnego [zł] ^{8)**)}		Nie dotyczy	
10. Premia MZG i grant MZG⁹⁾			
1. Przed realizacją przedsięwzięcia termomodernizacyjnego / W ramach przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ⁷⁾ w budynku jest spełniony warunek, o którym mowa w art. 11h ust. 1 ustawy: TAK/nie, jeżeli TAK, to: - pkt 1 / - pkt 2 / - pkt 3 ⁷⁾			
2. Wysokość premii MZG [zł]		Nie dotyczy	

3. Wysokość grantu MZG [Zł] ^{4)***)}	Nie dotyczy
4. Wysokość premii MZG łącznie z wartością grantu MZG [Zł]	Nie dotyczy
11. Inne	
1. W ramach przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ZOSTANIE /NIE ZOSTANIE ⁷⁾ wysokosprawna kogeneracja	
2. Budynek JEST / NIE JEST ⁷⁾ wpisany do rejestru zabytków lub znajduje się na obszarze wpisanym do rejestru zabytków	
3. Przedsięwzięcie STANOWI / NIE STANOWI ⁷⁾ przedsięwzięcia rewitalizacyjnego, o którym mowa w art 11g ust. 2 ustawy	
4. Z audytu energetycznego WYNIKA /NIE WYNIKA ⁷⁾ , że po zrealizowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego elementy budynku poddane temu przedsięwzięciu termomodernizacyjnemu będą spełniać wymagania, o których mowa w art. 5a ust. 2 ustawy i art. 11g ust. 1 pkt 4 ustawy ¹⁰⁾	
¹⁾ U _{OZE} [%] obliczany zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczoną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej. ²⁾ Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii. ³⁾ Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii. ⁴⁾ Jeśli dotyczy. ⁵⁾ Jeśli dotyczy, w przypadku gdy inwestorowi nie przyznano grantu OZE. ⁶⁾ Należy wpisać 0, jeśli inwestorowi została przyznana premia MZG. ⁷⁾ Niepotrzebne skreślić. ⁸⁾ Należy wpisać 0, jeśli inwestorowi nie przysługuje premia termomodernizacyjna. ⁹⁾ Dotyczy inwestora o którym mowa w art. 11g ust. 1 pkt 1 ustawy. ¹⁰⁾ Jeżeli z audytu energetycznego wynika, że nie jest możliwe spełnienie tego warunku, to w przypadku budynku, o którym mowa w art. 11g ust. 2 ustawy, audytor załącza do karty audytu energetycznego oświadczenie, które to potwierdza, wraz z uzasadnieniem. ^{*)} Wysokość premii termomodernizacyjnej wynosi: ¹⁾ 26% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 1 ustawy; ²⁾ 31% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 2a ustawy; ³⁾ 31% łącznych kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz zakupu, montażu, budowy lub modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 2b ustawy. ^{**)} 10% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego netto. ^{***)} 30% kosztów przedsięwzięcia netto.	

3. Podstawa opracowania.

3.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Domu Studenta w Ciechanowie 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 oraz centralnej ewidencji emisyjności budynków (Dz. U. z 2022 r., poz. 438, 1561, 1576, 1967 i 2456),
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).
3. Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15.12.2022 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. 2022, poz. 2816).
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, tj. Dz. U. 2022, poz. 1225).
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 z późniejszymi zmianami).
6. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. poz. 1912 z póź. zm.)
7. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
9. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.
10. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
11. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
12. Normy związane
13. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.

14. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
15. Inwentaryzacja techniczna budynku.
16. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
17. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
18. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

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

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	Lata 70
Adres budynku	ul. Gabriela Narutowicza 4a 06-400 Ciechanów	Właściciel	Państwowa Akademia Nauk Stosowanych Ul. Gabriela Narutowicza 9 06-400 Ciechanów
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Mieszana		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	0; 1	1; 4	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	11 132	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	3 225	-	
Współczynnik kształtu	0,485		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	2,5	2,5; 5,3	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	150	-	
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]	
Stropodach [STD-1]	1 481,00	0,275	
Stropodach [STD-2]	59,00	0,165	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 666,00	0,398	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	74,00	0,452	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	116,00	1,035	
Okna stare	498,42	2,400	
Drzwi nowe	11,24	1,400	
Drzwi stare	13,43	3,000	
Podłoga na gruncie [PG-1]	952,00	0,207	
Podłoga na gruncie [PG-2]	529,00	0,178	

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

Obiekt wybudowany w latach 70, składa się z części mieszkalnej (budynek wysoki) i części gastronomicznej (budynek niski), które połączone są łącznikiem. W 2009 roku budynek niski został rozbudowany o część socjalną Klubu Studenta. Budynek wysoki jest nie podpiwniczony, natomiast budynek niski jest częściowo podpiwniczony. Ściany zewnętrzne części starszej [SZ-1] wykonane są z bloczków gazobetonowych o grubości 38 cm, ocieplone styropianem o grubości 12 cm. Ze względu na to, iż materiał ociepleniowy jest w bardzo złym stanie technicznym (uszkodzenia, zawilgocenie, zagrzybienie) w obliczeniach przyjęto grubość 6 cm. Ściany zewnętrzne części dobudowanej [SZ-2] wykonane z gazobetonu o grubości 24 cm i ocieplone styropianem o grubości 12 cm. Ze względu na to, iż materiał ociepleniowy jest w bardzo złym stanie technicznym (uszkodzenia, zawilgocenie, zagrzybienie) w obliczeniach przyjęto grubość 6 cm. Ściany zewnętrzne piwnic [SG-1] wykonane z betonu o grubości 40 cm, nieocieplone. Nad częścią mieszkalną oraz częścią gastronomiczną zastosowano stropodach [STD-1] z płyt korytkowych opartych na płycie żelbetowej, ocieplony wełną mineralną o grubości 12 cm, kryty papą. Nad częścią dobudowaną zastosowano stropodach [STD-2], ocieplony keramzytem o zmiennej grubości oraz styropianem o grubości 15 cm, kryty papą.

Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi jedynie izolacyjność termiczna niektórych przegród zewnętrznych. Ze względów ekonomicznych – SPBT powyżej 100 lat, w dalszej części opracowania nie będzie analizowane dodatkowe ocieplenie stropodachu nad częścią dobudowaną.

W budynku zastosowano stolarkę okienną o współczynniku przenikania ciepła równym $2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w bardzo złym stanie technicznym (okna wypaczone, nieszczelne, nieprawidłowo osadzone).

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w złym stanie technicznym oraz stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w dobrym stanie technicznym.

5.2 Ocena stanu technicznego systemu grzewczego i instalacji c.o.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w piwnicy budynku zainstalowano węzeł cieplny, którego właścicielem jest dostawca ciepła. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna, z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. W obiekcie zainstalowano grzejniki płytowe z zaworami z głowicami termostatycznymi, które nie działają

prawidłowo. Zarówno instalacja jak i grzejniki są w złym stanie technicznym (występują przecieki w instalacji, niedogrzenie pomieszczeń), w związku z tym w dalszej części opracowania przeanalizowano kompleksową modernizację instalacji c.o.

5.3 Ocena stanu technicznego instalacji c.w.u.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z tego samego węzła cieplnego, co ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym.

5.4 Ocena stanu technicznego wentylacji

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną, która nie działa prawidłowo, oraz w kuchni i pomieszczeniach klubu studenckiego wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną, która jest w dobrym stanie technicznym.

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

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

- ocieplenie stropodachu,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian zewnętrznych poniżej gruntu,
- wymianę okien,
- częściową wymianę drzwi,
- modernizację instalacji c.o..

7.Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropodachu [STD-1]; Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] Wymiana okien Częściowa wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Modernizacja instalacji c.o..

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

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

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

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- ΔO_{rU} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania ulepszenia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne lata z n wykorzystywanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rU} dla n -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

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

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_{0z}, Q_{1z} - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,
- O_{0z}, O_{1z} - opłata związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,

dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,

dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo zł/m^3 przeliczonej na zł/GJ,

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

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

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

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

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, $\text{zł}/(\text{MW} \cdot \text{miesiąc})$,

dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na $\text{zł}/(\text{MW} \cdot \text{miesiąc})$,

dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej $\text{zł}/(\text{kW} \cdot \text{miesiąc})$, przeliczonemu na $\text{zł}/(\text{MW} \cdot \text{miesiąc})$,

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, $\text{zł}/(\text{MW} \cdot \text{miesiąc})$,

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

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

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

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, m²,
Sd - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień*K/rok.

Liczbę stopniodni Sd oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

- t_{wo} - jak we wzorze (4),
t_{zo} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C
A - jak we wzorze (3),
U_c - jak we wzorze (3),

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

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-0,5	-0,9	4,4	6,3	12,2	12,8	8,2	2,9	0,8
$L_d(m)$	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$									
Obliczeniowa temperatura wewnętrzna, $T_{wew} = 20,0^{\circ}C$									
Liczba stopniodni 3 857									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropodachu

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu wełną mineralną o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 1 481 [m²] R₀ = 3,641 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 1 481 [m²]

Materiał: wełna mineralna U₀ = 0,275 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wg Sekocenbud

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]
0,10	2,500	6,141	0,163	80,37	0,010	516 869,00	9 059,72	57,051
0,11	2,750	6,391	0,156	77,22	0,009	524 274,00	9 575,86	54,750
0,12	3,000	6,641	0,151	74,32	0,009	531 679,00	10 053,15	52,887
0,13	3,250	6,891	0,145	71,62	0,009	539 084,00	10 495,80	51,362
0,14	3,500	7,141	0,140	69,11	0,008	546 489,00	10 907,46	50,102
0,15	3,750	7,391	0,135	66,78	0,008	553 894,00	11 291,27	49,055
0,16	4,000	7,641	0,131	64,59	0,008	576 109,00	11 649,97	49,452
0,17	4,250	7,891	0,127	62,55	0,008	598 324,00	11 985,93	49,919
0,18	4,500	8,141	0,123	60,62	0,007	620 539,00	12 301,27	50,445
0,19	4,750	8,391	0,119	58,82	0,007	642 754,00	12 597,81	51,021
0,20	5,000	8,641	0,116	57,12	0,007	664 969,00	12 877,20	51,639
0,21	5,250	8,891	0,112	55,51	0,007	687 184,00	13 140,87	52,294
0,22	5,500	9,141	0,109	53,99	0,006	709 399,00	13 390,12	52,979
0,23	5,750	9,391	0,106	52,56	0,006	731 614,00	13 626,10	53,692
0,24	6,000	9,641	0,104	51,19	0,006	753 829,00	13 849,84	54,429
0,25	6,250	9,891	0,101	49,90	0,006	776 044,00	14 062,27	55,186
0,26	6,500	10,141	0,099	48,67	0,006	798 259,00	14 264,23	55,962
0,27	6,750	10,391	0,096	47,50	0,006	820 474,00	14 456,47	56,755
0,28	7,000	10,641	0,094	46,38	0,006	842 689,00	14 639,68	57,562
0,29	7,250	10,891	0,092	45,32	0,005	864 904,00	14 814,48	58,382
0,30	7,500	11,141	0,090	44,30	0,005	887 119,00	14 981,43	59,215

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropodachów wynosi 0,15 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

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

Pow. obliczeniowa =	1 666,00	[m ²]	R ₀ =	2,512	[(m ² *K)/W]	
Pow. ocieplenia =	ok. 1666,0	[m ²]	R ₁ =	1,012	[(m ² *K)/W]	
Materiał:	styropian		U ₀ =	0,398	[W/(m ² *K)]	
	λ =	0,038	[W/(m*K)]	U ₁ =	0,989	[W/(m ² *K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wg Sekocenbud.

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]
0,07	1,842	2,854	0,350	194,55	0,023	657 193,16	4 350,81	151,051
0,08	2,105	3,117	0,321	178,13	0,021	672 537,89	7 047,67	95,427
0,09	2,368	3,380	0,296	164,26	0,020	690 074,74	9 324,59	74,006
0,10	2,632	3,643	0,274	152,39	0,018	709 803,68	11 272,58	62,967
0,11	2,895	3,906	0,256	142,13	0,017	731 724,74	12 958,11	56,468
0,12	3,158	4,169	0,240	133,16	0,016	755 837,89	14 430,87	52,376
0,13	3,421	4,433	0,226	125,25	0,015	782 143,16	15 728,76	49,727
0,14	3,684	4,696	0,213	118,23	0,014	810 640,53	16 881,18	48,020
0,15	3,947	4,959	0,202	111,96	0,013	841 330,00	17 911,29	46,972
0,16	4,211	5,222	0,191	106,32	0,013	874 211,58	18 837,58	46,408
0,17	4,474	5,485	0,182	101,22	0,012	909 285,26	19 674,99	46,215
0,18	4,737	5,748	0,174	96,58	0,012	946 551,05	20 435,73	46,318
0,19	5,000	6,012	0,166	92,35	0,011	986 008,95	21 129,86	46,664
0,20	5,263	6,275	0,159	88,48	0,011	1 027 658,95	21 765,78	47,214
0,21	5,526	6,538	0,153	84,92	0,010	1 071 501,05	22 350,50	47,941
0,22	5,789	6,801	0,147	81,63	0,010	1 117 535,26	22 889,97	48,822
0,23	6,053	7,064	0,142	78,59	0,009	1 165 761,58	23 389,25	49,842
0,24	6,316	7,327	0,136	75,77	0,009	1 216 180,00	23 852,66	50,987
0,25	6,579	7,591	0,132	73,14	0,009	1 268 790,53	24 283,95	52,248

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 17 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	74,00	[m ²]	R ₀ =	2,512	[(m ² *K)/W]	
Pow. ocieplenia =	ok. 74,0	[m ²]	R ₁ =	0,711	[(m ² *K)/W]	
Materiał:	styropian		U ₀ =	0,452	[W/(m ² *K)]	
	λ =	0,038	[W/(m*K)]	U ₁ =	1,407	[W/(m ² *K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wg Sekocenbud.

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]
0,07	1,842	2,553	0,392	9,66	0,001	27 325,47	215,25	126,947
0,08	2,105	2,816	0,355	8,76	0,001	27 761,68	363,49	76,376
0,09	2,368	3,079	0,325	8,01	0,001	28 260,21	486,38	58,103
0,10	2,632	3,342	0,299	7,38	0,001	28 821,05	589,93	48,855
0,11	2,895	3,605	0,277	6,84	0,001	29 444,21	678,35	43,405
0,12	3,158	3,868	0,259	6,37	0,001	30 129,68	754,75	39,920
0,13	3,421	4,132	0,242	5,97	0,001	30 877,47	821,42	37,591
0,14	3,684	4,395	0,228	5,61	0,001	31 687,58	880,10	36,005
0,15	3,947	4,658	0,215	5,29	0,001	32 560,00	932,15	34,930
0,16	4,211	4,921	0,203	5,01	0,001	33 494,74	978,63	34,226
0,17	4,474	5,184	0,193	4,76	0,001	34 491,79	1 020,39	33,802
0,18	4,737	5,447	0,184	4,53	0,001	36 291,16	1 058,12	34,298
0,19	5,000	5,711	0,175	4,32	0,001	38 152,84	1 092,37	34,927
0,20	5,263	5,974	0,167	4,13	0,000	40 076,84	1 123,61	35,668
0,21	5,526	6,237	0,160	3,95	0,000	42 063,16	1 152,20	36,507
0,22	5,789	6,500	0,154	3,79	0,000	44 111,79	1 178,49	37,431
0,23	6,053	6,763	0,148	3,65	0,000	46 222,74	1 202,72	38,432
0,24	6,316	7,026	0,142	3,51	0,000	48 396,00	1 225,15	39,502
0,25	6,579	7,289	0,137	3,38	0,000	50 631,58	1 245,95	40,637

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 17 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17 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 poniżej gruntu

Rozpatruje się ocieplenie ścian piwnicznych [SG-1] budynku styropianem XPS metodą bezspoinową.

$$\text{Pow. obliczeniowa} = 116,00 \quad [\text{m}^2] \qquad R_0 = 0,966 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

$$\text{Pow. ocieplenia} = \text{ok. } 116,0 \quad [\text{m}^2]$$

$$\text{Materiał: styropian XPS} \qquad U_0 = 1,035 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\lambda = 0,032 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wg Sekocenbud.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	$\Delta K_{\text{ogr}}z$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ}/\text{a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,07	2,188	3,153	0,317	5,97	0,000	77 857,75	2 729,96	28,520
0,08	2,500	3,466	0,289	5,43	0,000	78 314,50	2 812,76	27,843
0,09	2,813	3,778	0,265	4,98	0,000	78 836,50	2 881,86	27,356
0,10	3,125	4,091	0,244	4,60	0,000	79 423,75	2 940,40	27,011
0,11	3,438	4,403	0,227	4,28	0,000	80 076,25	2 990,64	26,776
0,12	3,750	4,716	0,212	3,99	0,000	80 794,00	3 034,22	26,628
0,13	4,063	5,028	0,199	3,75	0,000	81 577,00	3 072,38	26,552
0,14	4,375	5,341	0,187	3,53	0,000	82 425,25	3 106,07	26,537
0,15	4,688	5,653	0,177	3,33	0,000	83 338,75	3 136,04	26,574
0,16	5,000	5,966	0,168	3,16	0,000	84 317,50	3 162,87	26,659
0,17	5,313	6,278	0,159	3,00	0,000	85 361,50	3 187,03	26,784
0,18	5,625	6,591	0,152	2,86	0,000	86 470,75	3 208,90	26,947
0,19	5,938	6,903	0,145	2,73	0,000	87 645,25	3 228,79	27,145
0,20	6,250	7,216	0,139	2,61	0,000	88 885,00	3 246,96	27,375
0,21	6,563	7,528	0,133	2,50	0,000	90 190,00	3 263,61	27,635
0,22	6,875	7,841	0,128	2,40	0,000	91 560,25	3 278,94	27,924
0,23	7,188	8,153	0,123	2,31	0,000	92 995,75	3 293,10	28,240
0,24	7,500	8,466	0,118	2,22	0,000	94 496,50	3 306,21	28,582
0,25	7,813	8,778	0,114	2,15	0,000	96 062,50	3 318,39	28,949

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

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 ze 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 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:

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

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:

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

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_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
- c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
- t_{z0} - jak we wzorze (5),
- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- U - jak we wzorze (8),
- V_{obl} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości

powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony przez współczynnik korekcyjny c_m zgodnie z tabelą 2, m^3/h ,

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez szczelności 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 498,42 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	2,4	1,1	1,0	1 361,39	0,055	-	-	-
1	0,7	1,0	1,0	991,50	0,021	51 346,11	1 672 199,10	32,57
2	0,8	1,0	1,0	1 008,11	0,023	49 031,54	1 572 515,10	32,07
3	0,9	1,0	1,0	1 024,72	0,025	46 716,98	1 472 831,10	31,53

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,9$ W/ m^2K , wyposażonych w nawiewniki higrosterowalne i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dodatkowo w kosztach inwestycji uwzględniono montaż łazienkowych wentylatorów wyciągowych, usprawniających wywiewanie zużytego powietrza przez kanały wentylacji grawitacyjnej. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około 13,43 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	3,0	1,0	1,0	37,00	0,004	-	-	-
1	1,1	1,0	1,0	28,50	0,003	1 184,78	59 754,60	50,44
2	1,2	1,0	1,0	28,95	0,003	1 122,43	56 397,60	50,25
3	1,3	1,0	1,0	29,40	0,004	1 060,07	53 040,60	50,04

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	82 425,25	26,54
2	Wymiana okien	1 472 831,10	31,53
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	34 491,79	33,80
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	909 285,26	46,22
5	Ocieplenie stropodachu [STD-1]	553 894,00	49,06
6	Wymiana drzwi	53 040,60	50,04

7.5 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	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	82 425,25	26,54
2	Wymiana okien	1 472 831,10	31,53
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	34 491,79	33,80
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	909 285,26	46,22
5	Ocieplenie stropodachu [STD-1]	553 894,00	49,06
6	Wymiana drzwi	53 040,60	50,04
	Ogółem	3 105 968,00	

Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	82 425,25	26,54
2	Wymiana okien	1 472 831,10	31,53
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	34 491,79	33,80
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	909 285,26	46,22
5	Ocieplenie stropodachu [STD-1]	553 894,00	49,06
	Ogółem	3 052 927,40	

Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	82 425,25	26,54
2	Wymiana okien	1 472 831,10	31,53
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	34 491,79	33,80
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	909 285,26	46,22
	Ogółem	2 499 033,40	

Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	82 425,25	26,54
2	Wymiana okien	1 472 831,10	31,53
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	34 491,79	33,80
	Ogółem	1 589 748,14	

Tabela 7e. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	82 425,25	26,54
2	Wymiana okien	1 472 831,10	31,53
	Ogółem	1 555 256,35	

Tabela 7f. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	82 425,25	26,54
	Ogółem	82 425,25	

7.6 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 instalacja c.o., grzejniki i zawory z głowicami termostatycznymi są w złym stanie technicznym i nie działają prawidłowo. W obiekcie zdarzają się przecieki instalacji, występują niedogrzańca pomieszczeń i nie ma możliwości regulacji temperatury w pomieszczeniach. W związku z tym poniżej przeanalizowano kompleksową modernizację instalacji c.o. polegającą na wymianie istniejących rurociągów i grzejników oraz montażu nowych zaworów regulacyjnych.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,1742	0,1742
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	1 213	1 213
3	Ogólna sprawność CO	-	0,7318	0,8364
4	Obniżenie nocne	-	1,00	1,00
5	Obniżenie tygodniowe	-	1,00	1,00
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzgl. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	1 656,97	1 449,75
7	Koszt ciepła	zł	266 469,13	238 061,34
8	Oszczędność kosztów	zł		28 407,79
9	Koszt modernizacji	zł		1 065 600,00
10	SPBT	lat		37,51

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

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

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO						CWU			CO+CWU		Oszczędności		
	q _{co}	Q _{co}	η	w	Q _{co} *w/η	Opłata CO	q _{cwu}	Q _{cwu}	Opłata CWU	Q _{co+cwu}	KOSZT			
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
0	0,1742	1 212,57	0,7318	1	1 656,97	266 469,13	0,027	347,67	53 647,21	2 004,64	320 116,34			
I+A	0,1161	793,08	0,8364	1	948,21	156 192,66	0,027	347,67	53 647,21	1 295,88	209 839,87	709	35,36	110 276,47
II+A	0,1170	800,05	0,8364	1	956,54	157 536,87	0,027	347,67	53 647,21	1 304,21	211 184,08	700	34,94	108 932,26
III+A	0,1253	863,14	0,8364	1	1 031,97	169 740,61	0,027	347,67	53 647,21	1 379,64	223 387,82	625	31,18	96 728,52
IV+A	0,1396	973,47	0,8364	1	1 163,88	191 070,48	0,027	347,67	53 647,21	1 511,55	244 717,69	493	24,60	75 398,65
V+A	0,1404	979,37	0,8364	1	1 170,93	192 210,32	0,027	347,67	53 647,21	1 518,60	245 857,53	486	24,25	74 258,81
VI+A	0,1703	1 182,26	0,8364	1	1 413,51	232 214,83	0,027	347,67	53 647,21	1 761,18	285 862,04	243	12,14	34 254,30
A	0,1742	1 212,57	0,8364	1	1 449,75	238 061,34	0,027	347,67	53 647,21	1 797,42	291 708,55	207	10,34	28 407,79

Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Koszty całkowite [zł]	Roczne oszczędności kosztów energii [zł]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej) [%]	Premia termomodernizacyjna [zł]
1	2	3	4	5	6
1	I+A	4 171 568,00	110 276,47	35,36	1 084 607,68
2	II+A	4 118 527,40	108 932,26	34,94	1 070 817,12
3	III+A	3 564 633,40	96 728,52	31,18	926 804,68
4	IV+A	2 655 348,14	75 398,65	24,60	690 390,52
5	V+A	2 620 856,35	74 258,81	24,25	681 422,65
6	VI+A	1 148 025,25	34 254,30	12,14	298 486,57
7	A	1 065 600,00	28 407,79	10,34	277 056,00

9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.

Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 1 481 m² poprzez przyklejenie do istniejącego poszycia warstwy wełny mineralnej lub styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ i o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,135 W/m²·K. Następnie należy wykonać pokrycie z blachy ocynkowanej. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: obróbki blacharskie i dekarские, podniesienie murków ogniowych, etc.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni około 1 666 m² poprzez przyklejenie płyt z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ i o grubości minimum 17 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,182 W/m²·K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W pierwszej kolejności należy usunąć istniejące ocieplenie ze styropianu. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.
3. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o powierzchni około 74 m² poprzez przyklejenie płyt z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ i o grubości minimum 17 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,193 W/m²·K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W pierwszej kolejności należy usunąć istniejące ocieplenie ze styropianu. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.
4. Ocieplenie ścian zewnętrznych piwnicznych [SG-1] o powierzchni około 116 m² poprzez przyklejenie płyt ze styropianu XPS o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ i o grubości minimum 14 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,187 W/m²·K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W pierwszej

kolejności należy odkopać ścianę. Następnie wykonać izolację przeciwwilgociową, przymocować płyty styropianowe, zakopać wykop oraz wykonać w części powyżej gruntu tynk cienkowarstwowy. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: wykonanie opaski wokół budynku, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.

5. Wymianę okien o powierzchni około 498,92 m² (193 szt.) na okna o współczynniku przenikania $U=0,9$ W/m²K z nawiewnikami higrosterowalnymi, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dodatkowo należy zamontować wentylatory wyciągowe w kratkach wentylacyjnych w łazienkach. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: wymianę parapetów wewnętrznych, prace wykończeniowe, etc.
6. Wymianę drzwi o powierzchni około 13,43 m² (4 szt.) na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,3$ W/m²K, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
7. Modernizację instalacji c.o. poprzez:
 - montaż nowej, niskoparametrowej instalacji c.o.,
 - montaż nowych grzejników płytowych (około 222 szt.),
 - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 222 szt.),
 - regulację i równoważenie hydrauliczne instalacji c.o. z zastosowaniem automatycznych zaworów podpionowych,
 - montaż automatycznych odpowietrzników,
 - prace instalacyjne i odtworzeniowe.

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

.

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Współczynnik przenikania ciepła przed modernizacją

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach [STD -1]	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,275
	Strop żelbetowy	24,0	0,240		0,180	
	Gładź cementowa	3,5	0,035	1,000	0,035	
	Pustka powietrzna	30,0	0,300		0,160	
	Płytki korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Wełna mineralna	12,0	0,120	0,040	3,000	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	R				3,501	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				3,641	
Stropodach [STD -2]	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,165
	Strop żelbetowy	14,0	0,140	1,700	0,082	
	Keramzyt	40,0	0,400	0,200	2,000	
	Wełna mineralna	15,0	0,150	0,040	3,750	
	Gładź cementowa	5,0	0,050	1,000	0,050	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	R				5,928	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				6,068	
	Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	
Mur z gazobetonu		38,0	0,380	0,465	0,817	
Styropian		6,0	0,060	0,040	1,500	
Tynk cem.-wapienny		0,5	0,005	0,820	0,006	
R					2,342	
R _{si}					0,130	
R _{se}					0,040	
R _T					2,512	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,452
	Mur z gazobetonu	24,0	0,240	0,465	0,516	
	Styropian	6,0	0,060	0,040	1,500	
	Tynk cem.-wapienny	0,5	0,005	0,820	0,006	
	R				2,041	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				2,211	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,035
	Mur z betonu	40,0	0,400	1,300	0,308	
	R				0,326	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	R _T				0,966	

Podłoga na gruncie [PG-1]	Płytki PCV	1,5	0,015	1,300	0,012	0,207
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	Beton	10,0	0,100	1,050	0,095	
	Piasek	10,0	0,100	0,400	0,250	
	Grunt	30,0	0,300	1,740	0,172	
	R				3,087	
	Opór zastępczy gruntu				1,739	
	R _T				4,826	
Podłoga na gruncie [PG-2]	Płytki PCV	1,5	0,015	1,300	0,012	0,178
	Gładź cementowa	6,0	0,060	1,000	0,060	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	Beton	10,0	0,100	1,300	0,077	
	Piasek	30,0	0,300	0,400	0,750	
	Grunt	30,0	0,300	1,740	0,172	
	R				3,599	
	R _{si}				0,000	
	Opór zastępczy gruntu				2,004	
	R _T				5,603	
	Okna				U ₀	
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				2,000	1,2	2,400
Drzwi wejściowe nowe				1,400	1,0	1,400
Drzwi wejściowe stare				2,500	1,2	3,000

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła po modernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach [STD -1]	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,135
	Strop żelbetowy	24,0	0,240		0,180	
	Gładź cementowa	3,5	0,035	1,000	0,035	
	Pustka powietrzna	30,0	0,300		0,160	
	Płytki korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Wełna mineralna	12,0	0,120	0,040	3,000	
	Wełna mineralna	15,0	0,150	0,040	3,750	
	R				7,251	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				7,391	
Stropodach [STD -2]	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,165
	Strop żelbetowy	14,0	0,140	1,700	0,082	
	Keramzyt	40,0	0,400	0,200	2,000	
	Wełna mineralna	15,0	0,150	0,040	3,750	
	Gładź cementowa	5,0	0,050	1,000	0,050	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	R				5,928	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				6,068	
	Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	
Mur z gazobetonu		38,0	0,380	0,465	0,817	
Styropian		17,0	0,170	0,038	4,474	
Tynk cem.-wapienny		0,5	0,005	0,820	0,006	
R					5,315	
R _{si}					0,130	
R _{se}					0,040	
R _T					5,485	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,193
	Mur z gazobetonu	24,0	0,240	0,465	0,516	
	Styropian	17,0	0,170	0,038	4,474	
	Tynk cem.-wapienny	0,5	0,005	0,820	0,006	
	R				5,014	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				5,184	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,187
	Mur z betonu	40,0	0,400	1,300	0,308	
	Styropor	14,0	0,140	0,032	4,375	
	R				4,701	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	R _T				5,341	

Podłoga na gruncie [PG-1]	Płytki PCV	1,5	0,015	1,300	0,012	0,207
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	Beton	10,0	0,100	1,050	0,095	
	Piasek	10,0	0,100	0,400	0,250	
	Grunt	30,0	0,300	1,740	0,172	
	R				3,087	
	Opór zastępczy gruntu				1,739	
	R _T				4,826	
Podłoga na gruncie [PG-2]	Płytki PCV	1,5	0,015	1,300	0,012	0,178
	Gładź cementowa	6,0	0,060	1,000	0,060	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	Beton	10,0	0,100	1,300	0,077	
	Piasek	30,0	0,300	0,400	0,750	
	Grunt	30,0	0,300	1,740	0,172	
	R				3,599	
	Opór zastępczy gruntu				2,004	
	R _T				5,603	
Okna wymienione				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				0,900	1,000	0,900
Drzwi wejściowe nowe				1,400	1,000	1,400
Drzwi wejściowe wymienione				1,300	1,000	1,300

Z-3 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	8 063		
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	3 225		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza	[m ³ /s]	1,81	1,81	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,45	0,45	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	2,25	2,25	
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0	1,0
	c_w	-	1,0	1,0
	c_m	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	2,25	2,25	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	8 100	8 100	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	2 700	2 700	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	1,00	1,00	

Z-4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		8 063	0,5			4 031,3
Strumień wentylacyjny						4 031,3

Z-5 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła przed modernizacją

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Stropodach [STD -1]	1 481,00	0,275	1,0	407	40	16,27
Stropodach [STD -2]	59,00	0,165	1,0	10		0,39
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 666,00	0,398	1,0	663		26,53
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	74,00	0,452	1,0	33		1,34
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	116,00	1,035	1,0	120		4,80
Okna stare	498,42	2,400	1,0	1 196		47,85
Drzwi nowe	11,24	1,400	1,0	16		0,63
Drzwi stare	13,43	3,000	1,0	40		1,61
Podłoga na gruncie [PG-1]	952,00	0,207	1,0	197		7,89
Podłoga na gruncie [PG-2]	529,00	0,178	0,6	57		2,27
Mostki liniowe	l	ψ				
	[m]	[W/mK]				
	1229,80	0,200	1,0	246		9,84
Ogółem				2 985		119,42
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		4 031	0,34	1371	54,83	
OGÓŁEM						174,24

Projektowana strata ciepła po modernizacji

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Stropodach [STD -1]	1481,00	0,135	1,0	200	40	8,02
Stropodach [STD -2]	59,00	0,165	1,0	10		0,39
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1666,00	0,182	1,0	304		12,15
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	74,00	0,193	1,0	14		0,57
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	116,00	0,187	1,0	22		0,87
Okna wymienione	498,42	0,900	1,0	449		17,94
Drzwi nowe	11,24	1,400	1,0	16		0,63
Drzwi wymienione	13,43	1,300	1,0	17		0,70
Podłoga na gruncie [PG-1]	952,00	0,207	1,0	197		7,89
Podłoga na gruncie [PG-2]	529,00	0,178	0,6	57		2,27
Mostki liniowe	l	ψ				
	[m]	[W/mK]				
	1229,80	0,200	1,0	246		9,84
Ogółem				1 531		61,26
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		4 031	0,34	1371	54,83	
OGÓŁEM						116,08

Z-6 Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-0,5	-0,9	4,4	6,3	12,2	12,8	8,2	2,9	0,8	
Różnica temperatur	[°C]	20,5	20,9	15,6	13,7	7,8	7,2	11,8	17,1	19,2	
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	$H_{tr} H_{ve}$										
Stropodach [STD -1]	[MJ]	22 333	20 566	16 995	14 444	1 371	1 265	12 855	18 028	20 917	128 775
Stropodach [STD -2]	[MJ]	534	492	406	345	33	30	307	431	500	3 078
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	36 421	33 538	27 716	23 555	2 235	2 063	20 964	29 401	34 112	210 005
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	1 838	1 693	1 399	1 189	113	104	1 058	1 484	1 722	10 598
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	6 594	6 072	5 018	4 264	405	374	3 795	5 323	6 175	38 018
Okna stare	[MJ]	65 680	60 481	49 981	42 477	4 031	3 721	37 806	53 019	61 515	378 710
Drzwi nowe	[MJ]	864	795	657	559	53	49	497	697	809	4 980
Drzwi stare	[MJ]	2 212	2 037	1 683	1 431	136	125	1 273	1 786	2 072	12 754
Podłoga na gruncie [PG-1]	[MJ]	10 831	9 974	8 242	7 005	665	614	6 235	8 743	10 144	62 454
Podłoga na gruncie [PG-2]	[MJ]	3 111	2 864	2 367	2 012	191	176	1 790	2 511	2 913	17 936
Mostki liniowe	[MJ]	13 505	12 436	10 277	8 734	829	765	7 774	10 902	12 649	77 870
Straty przez przegrody	[MJ]	163 922	150 948	124 741	106 014	10 060	9 286	94 355	132 324	153 527	945 178
Wentylacja	[MJ]	148 249	136 515	112 814	95 878	9 098	8 398	85 334	119 673	138 848	854 808
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	312 172	287 463	237 555	201 892	19 158	17 684	179 689	251 997	292 375	1 799 986
Zyski słoneczne	[MJ]	30 552	33 389	60 208	77 313	101 479	69 033	44 216	21 786	18 478	456 454
Zyski wewnętrzne	[MJ]	40 598	36 669	40 598	39 288	6 548	6 548	40 598	39 288	40 598	290 733
Razem zyski	[MJ]	71 150	70 058	100 806	116 602	108 027	75 581	84 814	61 074	59 076	747 187
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2279	0,2437	0,4243	0,5775	5,6388	4,2740	0,4720	0,2424	0,2021	0,4151
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	3 225									
Pojemność cieplna	[J/K]	838 500 000									
Stała czasowa	[h]	41									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		3,73									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		4,73									
η		0,9969	0,9961	0,9761	0,9411	0,1771	0,2332	0,9670	0,9962	0,9980	
Zyski ciepła	[MJ]	70 929	69 785	98 394	109 738	19 133	17 624	82 014	60 840	58 955	587 412
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	241 243	217 679	139 161	92 154	25	60	97 675	191 157	233 421	1 212 574

Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem	
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-0,5	-0,9	4,4	6,3	12,2	12,8	8,2	2,9	0,8		
Różnica temperatur	[°C]	20,5	20,9	15,6	13,7	7,8	7,2	11,8	17,1	19,2		
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222	
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181	
Przegroda	Htr Hve											
Stropodach [STD -1]	200,38	[MJ]	11 002	10 131	8 372	7 115	675	623	6 333	8 881	10 304	63 438
Stropodach [STD -2]	9,72	[MJ]	534	492	406	345	33	30	307	431	500	3 078
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	303,72	[MJ]	16 677	15 357	12 690	10 785	1 023	945	9 599	13 462	15 619	96 157
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	14,27	[MJ]	784	722	596	507	48	44	451	633	734	4 519
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	21,72	[MJ]	1 193	1 098	907	771	73	68	686	963	1 117	6 876
Okna wymienione	448,57	[MJ]	24 630	22 680	18 743	15 929	1 512	1 395	14 177	19 882	23 068	142 016
Drzwi nowe	15,73	[MJ]	864	795	657	559	53	49	497	697	809	4 980
Drzwi wymienione	17,46	[MJ]	958	883	729	620	59	54	552	774	898	5 527
Podłoga na gruncie [PG-1]	197,27	[MJ]	10 831	9 974	8 242	7 005	665	614	6 235	8 743	10 144	62 454
Podłoga na gruncie [PG-2]	56,65	[MJ]	3 111	2 864	2 367	2 012	191	176	1 790	2 511	2 913	17 936
Mostki liniowe	245,96	[MJ]	13 505	12 436	10 277	8 734	829	765	7 774	10 902	12 649	77 870
Straty przez przegrody	1 531,45	[MJ]	84 088	77 432	63 989	54 382	5 160	4 763	48 402	67 879	78 755	484 851
Wentylacja	2 700,00	[MJ]	148 249	136 515	112 814	95 878	9 098	8 398	85 334	119 673	138 848	854 808
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	232 337	213 948	176 803	150 261	14 258	13 162	133 736	187 551	217 604	1 339 658
Zyski słoneczne		[MJ]	27 293	29 828	53 786	69 067	90 655	61 669	39 500	19 462	16 507	407 766
Zyski wewnętrzne		[MJ]	40 598	36 669	40 598	39 288	6 548	6 548	40 598	39 288	40 598	290 733
Razem zyski		[MJ]	67 891	66 497	94 383	108 355	97 203	68 218	80 098	58 750	57 105	698 498
Stosunek zysków do przenoszenia			0,2922	0,3108	0,5338	0,7211	6,8173	5,1831	0,5989	0,3132	0,2624	0,5214
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]		3 225									
Pojemność cieplna	[J/K]		838 500 000									
Stała czasowa	[h]		55									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}			1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]		15									
Parametr numeryczny a _H			4,67									
Parametr numeryczny a _H + 1			5,67									
η			0,9977	0,9971	0,9744	0,9282	0,1467	0,1929	0,9613	0,9970	0,9986	
Zyski ciepła	[MJ]		67 737	66 301	91 967	100 571	14 257	13 157	76 995	58 571	57 023	546 579
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]		164 600	147 647	84 835	49 690	2	5	56 740	128 980	160 580	793 079

Z-8 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego przed modernizacją

1	Rodzaj systemu zasilania			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,99	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	regulacja centralna, brak regulacji miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,73	
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 po modernizacji

1	Rodzaj systemu zasilania			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,99	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	przewody w dobrym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,84	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Z-9 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19
Gęstość wody	kg/dm^3	1
Powierzchnia pomieszczeń A_f	m^2	3 225
Liczba użytkowników	osoba	150
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	3,75
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doba	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	76 294,3
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	274,7
Sprawność wytwarzania	-	0,990
Sprawność przesyłu	-	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000
Sprawność całkowita	-	0,790
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	96 575,0
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	347,7
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,400
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,744
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,239
Max. moc c.w.u.	kW	72,78
Średnia moc c.w.u.	kW	26,5
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	29,9

Z-10 Instalacja fotowoltaiczna.

W ramach projektu proponuje się montaż instalacji fotowoltaicznych o mocy 49,68 kW. Celem systemu będzie pozyskanie energii elektrycznej z energii słonecznej przy użyciu technologii krzemowej monokrystalicznej lub polikrystalicznej. Szacuje się, że rocznie zostanie pozyskane łącznie minimum 46 867 kWh energii elektrycznej. Instalacja fotowoltaiczna wyposażona będzie w inwertery zamieniające prąd stały na prąd zmienny, które podłączone zostaną w taki sposób, aby dostarczać energię do wewnętrznej instalacji elektrycznej budynku. Proponuje się, aby moduły zamontować na dachu obiektu – orientacja południowa. Instalacja zostanie wpięta do rozdzielni prądu. Zamontowana instalacja będzie produkować energię elektryczną na potrzeby własne obiektu. W przypadku braku produkcji, nastąpi doprowadzenie energii z sieci elektroenergetycznej. Zainstalowany system musi mieć możliwość zliczania wyprodukowanej energii elektrycznej. W ramach projektu proponuje się montaż paneli o mocy 460W każdy w ilości 108 sztuki. Dodatkowo proponuje się zainstalować magazyn energii, pozwalający na magazynowanie energii w okresie braku poboru.

Zakres prac obejmuje:

- Wykonanie projektu technicznego wraz z uzgodnieniem z Rzecznikiem ds. ppoż.;
- Montaż konstrukcji dla instalacji modułów fotowoltaicznych;
- Montaż modułów fotowoltaicznych;
- Wykonanie przejść przez przegrody (strop, dach, ściany) dla kabli;
- Położenie okablowania solarnego pomiędzy modułami a falownikiem;
- Zabezpieczenie wykonanych przejść przez przegrody;
- Montaż falowników;
- Montaż magazynów energii;
- Przygotowanie wszystkich dokumentów formalnych niezbędnych do podłączenia instalacji i przeprowadzenie ewentualnych uzgodnień z operatorem;
- Przeszkolenie użytkowników w zakresie podstawowej obsługi i bieżącej eksploatacji.

Parametry paneli fotowoltaicznych:

Lp.	Opis wymagań	Parametry wymagane
1	Typ modułu	Monokrystaliczny lub Polikrystaliczny
2	Moc modułu	Min.: 460Wp (standardowe warunki testu: napromieniowanie 1000 W/m ² , temperatura ogniw 25 °C i współczynnik masy powietrza AM 1,5)
3	Sprawność modułu	Min.: 17,4 % (standardowe warunki testu: napromieniowanie 1000 W/m ² , temperatura ogniw 25 °C i współczynnik masy powietrza AM 1,5)
4	Tolerancja mocy	-0/+5 % (standardowe warunki testu: napromieniowanie 1000 W/m ² , temperatura ogniw 25 °C i współczynnik masy powietrza AM 1,5)
6	Współczynnik temperaturowy mocy	Nie gorszy niż -0,35%/K
7	Rama modułu	Aluminium anodowane
8	Przykrycie modułu	Konstrukcja szkło/szkło
9	Gwarancja wydajności mocy producenta	10 lat: min. 92% mocy znamionowej 25 lat: min. 83% mocy znamionowej
10	Wytrzymałość mechaniczna na obciążenie od śniegu	Min.: 5400 Pa
11	Wytrzymałość mechaniczna na parcie i ssanie wiatru	Min.: 2400 Pa

Parametry falowników:

Inwertery powinny spełniać poniższe parametry:

Opis	Zakres
Max. Sprawność, Max. Sprawność ważona (EURO)	≥ 98%
Klasa ochrony	IP65
Zakres temperatury otoczenia	-25 ÷ 60 °C
Złącza Mpp	2
Bezobsługowy okres gwarancji	Min. 5 lat
Minimalne napięcie stałego obciążenia Mpp	Nie większe niż 420V
Dostęp do Internetu przez Wi_fi lub Ethernet	

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

Ocena proponowanego przedsięwzięcia:

Wyszczególnienie		Jednostka	
Moc instalacji		[kWp]	49,68
Energia		[kWhe/rok]	46 867
	cena	[zł/kWh]	1,12
	koszty	[zł]	52 491,04
Oszczędność	energii	[kWhe/rok]	46 867
	kosztu	[zł]	52 491,04
Koszt inwestycji		[zł]	471 960,00
SPBT		[lata]	8,99

Z-11 Obliczenie efektywności energetycznej i ekologicznej

W tabeli poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla przedsięwzięć termomodernizacyjnych (**bez montażu instalacji PV**).

W obliczeniach przyjęto następujący współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej, udostępniony przez dostawcę ciepła:

- sieć miejska – $w_p = 0,85$

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh	kWh/m2rok	toe
Energia finalna/końcowa:					
zużycie przed modernizacją	2 004,64	556 844,44	556,84	172,66	13,3
zużycie po modernizacji	1 295,88	359 966,67	359,97	111,62	8,6
oszczędność	708,76	196 877,78	196,88	61,05	4,7
oszczędność %	35,36				
Energia pierwotna:					
zużycie przed modernizacją	1 703,94	473 317,78	473,32	146,77	11,31
zużycie po modernizacji	1 101,50	305 971,67	305,97	94,87	7,31
oszczędność	602,45	167 346,11	167,35	51,89	4,0
oszczędność %	35,36				

W tabeli poniżej przedstawiono redukcję emisji CO₂ dla przedsięwzięć termomodernizacyjnych (**bez montażu instalacji PV**). Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych udostępnionych przez KOBIZE.

	Roczna redukcja emisji CO₂									
	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie energii		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	2 004,64	-	93,54	187,51	1 295,88	-	93,54	121,22	66,30	35,36

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii cieplnej, elektrycznej, końcowej i pierwotnej oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana stolarki okiennej i drzwiowej, modernizacja instalacji c.o., montaż instalacji fotowoltaicznej).

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh	toe
Energia cieplna				
zużycie przed modernizacją	2 004,64	556 844,40	556,84	13,3
zużycie po modernizacji	1 295,88	359 966,70	359,97	8,6
oszczędność	708,76	196 877,70	196,87	4,7
oszczędność %	35,35			
Energia elektryczna z paneli PV				
zużycie przed modernizacją	0,00	0,00	0,00	0
zużycie po modernizacji	-168,72	-46 867,00	-46,87	-1,12
oszczędność	168,72	46 867,00	46,87	1,12
oszczędność %	100,00			
Energia finalna/końcowa:				
zużycie przed modernizacją	2 004,64	556 844,40	556,84	13,3
zużycie po modernizacji	1 127,16	313 099,70	313,10	7,48
oszczędność	877,48	243 744,70	243,74	5,82
oszczędność %	43,77			
Energia pierwotna:				
zużycie przed modernizacją	1 703,94	473 317,70	473,32	11,31
zużycie po modernizacji	679,70	188 804,20	188,80	4,51
oszczędność	1 024,25	284 513,50	284,52	6,80
oszczędność %	60,11			

	Roczna redukcja emisji CO₂									
	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie energii		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	2 004,64	-	93,54	187,51	1 295,88	-	93,54	121,22		
energia elektryczna	-	0,00	0,708	0,00	-	-46,87	0,708	-33,18		
				187,51				88,03	99,48	53,05

Z-12 Podsumowanie przedsięwzięcia

W poniższej tabeli przedstawiono szacunkowe nakłady całego przedsięwzięcia. Podane ceny są cenami brutto.

Lp.	Wyszczególnienie	Nakład [zł]
1	2	3
1	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	82 425,25
2	Wymiana okien	1 472 831,10
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	34 491,79
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	909 285,26
5	Ocieplenie stropodachu [STD-1]	553 894,00
6	Wymiana drzwi	53 040,60
7	Wymiana instalacji c.o.	1 065 600,00
8	Montaż instalacji PV	471 960,00
	Ogółem	4 643 528,00

Planowy koszt całkowity przedsięwzięcia – 4 643 528,00 (w tym VAT 23%)

Roczna oszczędność kosztu energii – 162 767,51 zł

SPBT dla całego przedsięwzięcia – 28,53 lat.