

**„ELEKO”**  
**FRANCISZEK RADOMYSKI**

05-230 Kobyłka

ul. Nadarzyn 2a

☎ (22) 786 - 38 - 70

**Tytuł opracowania:      AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU**  
**ZESPOŁU SZKÓŁ NR 1 W STARGARDZIE**  
**Park 3 Maja 2**  
**73-110 Stargard**

**Zamawiający:      POWIAT STARGARDZKI**  
**ul. Skarbowska 1**  
**73 - 110 STARGARD**

**Termin zakończenia pracy:      wrzesień 2020 roku**

# 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku				
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy	1910
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Powiat Stargardzki		ul.	Park 3 Maja nr bud. 2
	ul.	Skarbowa nr 1	1.4 Adres budynku	kod 73-110 miejscowość Stargard
	kod	73-110 miejscowość Stargard	powiat	stargardzki
	tel.	- fax -	województwo	zachodniopomorskie
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>Bllosiska</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: Wrzesień 2020 r.				
6. Spis treści				
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1				
2. Karta audytu energetycznego budynku ..... 2				
3. Podstawa opracowania ..... 4				
3.1 Cel i zakres opracowania ..... 4				
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu ..... 4				
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) ..... 5				
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku ..... 6				
5. Ocena stanu technicznego budynku ..... 7				
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku ..... 7				
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania ..... 8				
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. .... 8				
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji ..... 8				
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego ..... 9				
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 9				
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło ..... 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 ..... 14				
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne ..... 18				
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku ..... 18				
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego ..... 19				
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 21				
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji ..... 24				
<b>ZAŁĄCZNIKI</b> ..... 26				
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła ..... 26				
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją ..... 27				
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji ..... 28				
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację ..... 29				
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego ..... 29				
Z-6 Projektowana strata ciepła ..... 30				
Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 ..... 31				
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 ..... 32				
Z-9 Sprawności systemu grzewczego ..... 33				
Z-10 Ciepła woda użytkowa ..... 34				
Z-11 Obliczenie efektywności energetycznej ..... 35				
Z-12 Obliczenie efektu ekologicznego ..... 36				
Z-13 Podsumowanie przedsięwzięcia ..... 36				

## 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 <sup>3</sup> ]	27 942	27 942
4.	Powierzchnia użytkowa budynku [m <sup>2</sup> ]	6 431	6 431
5.	Powierzchnia użytkowa lokali mieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	0	0
6.	Udział powierzchni użytkowej lokali mieszkalnych w całkowitej powierzchni użytkowej budynku [m <sup>2</sup> ]	-	-
7.	Liczba lokali mieszkalnych	-	-
8.	Liczba osób użytkujących budynek	1205	1 205
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralny	centralny
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,315	0,315
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	1,101	1,101
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,487	0,150
3	Strop nad piwnicą	1,110	1,110
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,232	0,232
5	Okna, drzwi balkonowe	2,600	0,900
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,120	1,300
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,95	0,95
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,91	0,91	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,60	
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 <sup>3</sup> /h]	17 797	17 797	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,74	0,74	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	541,27	415,07	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	127,20	127,20	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	4 259,66	3 150,20	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	6 066,16	3 355,87	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	356,65	356,65	
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 <sup>2</sup> rok)]	184,00	136,07	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	262,03	144,96	
10 <sup>2)</sup> .	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Koszty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku <sup>3)</sup>	[zł/GJ]	68,11	68,11	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc <sup>4)</sup>	[zł/(MW m-c)]	13 424,34	13 424,34	
3.	Koszt przygotowania 1 m <sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej <sup>3)</sup>	[zł/m <sup>3</sup> ]	19,55	19,55	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc <sup>4)</sup>	[zł/(MW m-c)]	13 424,34	13 424,34	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m <sup>2</sup> powierzchni użytkowej	[zł/(m <sup>2</sup> m-c)]	6,48	3,83	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu	[zł]	1 889 317,26	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	42,20
Planowane koszty całkowite	[zł]	1 889 317,26	Premia termomodernizacyjna	[zł]	302 290,76
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	204 927,67			

<b>9. Inne</b>
Wraz z realizacją przedsięwzięcia termomodernizacyjnego w budynku ZOSTANIE/NIE ZOSTANIE <sup>1)</sup> zainstalowana mikroinstalacja odnawialnego źródła energii o mocy maksymalnej .....kW
Z audytu energetycznego WYNIKA/NIE WYNIKA <sup>2)</sup> , że po zrealizowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego elementy budynku poddane temu przedsięwzięciu termomodernizacyjnemu będą spełniać stosowane od dnia 31 grudnia 2020 r. wymagania, o których mowa w art. 5a ust. 2 ustawy.
<sup>1)</sup> Dla budynku składającego się z części o różnych funkcjach użytkowych należy podać wszystkie dane oddzielnie dla każdej części budynku.
<sup>2)</sup> U <sub>OZE</sub> [%] 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.
<sup>3)</sup> Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii.
<sup>4)</sup> Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii.
<sup>5)</sup> Niepotrzebne skreślić.

### **3. Podstawa opracowania.**

#### **3.1 Cel i zakres opracowania.**

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Zespołu Szkół Nr 1 w Stargardzie 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 z póź. zmianami),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termo modernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 29.04.2020 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. 2020, poz. 879).
5. 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).

6. 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).
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.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
3. Budynek znajduje się pod ochroną konserwatorską i wszelkie prace remontowe i budowlane można wykonać po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1910
Adres budynku	Park 3 Maja 2 73 – 110 Stargard	Właściciel	Powiat Stargardzki ul. Skarbowa 1, 73 – 110 Stargard
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	-	4	
Rodzaj dachu	Dach kryty blachodachówką		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	27 942	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	6 431	-	
Współczynnik kształtu	0,315		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	4,2	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	1 205	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	10	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
Strop poddasza		1 769,66	1,487
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (parter i Ip. od frontu)		520,86	1,101
Ściana zewnętrzna [SZ-2] ((parter i Ip. od dziedzińca)		1 450,83	1,101
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (II p. i IIIp. od dziedzińca)		1 604,22	1,330
Ściana zewnętrzna [SZ-4] (II p. i IIIp. od frontu)		506,02	1,330
Okna PCV		82,20	1,100
Okna PCV		294,92	1,500
Okna drewniane		751,88	2,600
Drzwi wejściowe stare		53,65	3,120
Podłoga na gruncie		1 769,66	0,232

## 5. Ocena stanu technicznego budynku

### 5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Zespołu Szkół Nr 1 zlokalizowany w Stargardzie, Park 3 Maja 2. Budynek wybudowany w 1910 roku jest niepodpiwniczony, wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany zewnętrzne budynku wykonane z cegły pełnej grubości 42cm i 54 cm, nieocieplone. Ostatnią kondygnację budynku stanowi poddasze użytkowe nieogrzewane. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. Nad budynkiem zastosowano dach konstrukcji drewnianej, kryty blachodachówką. 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 2021 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- dla dachów, stropodachów - 0,15 W/m<sup>2</sup>K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,20 W/m<sup>2</sup>K,
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m<sup>2</sup>K,
- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m<sup>2</sup>K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- strop poddasza - 1,487 W/m<sup>2</sup>K,
- ściany zewnętrzne - 1,101; 1,330 W/m<sup>2</sup>K,
- podłoga na gruncie - 0,232 W/m<sup>2</sup>K,

są więc wyższe od wymaganych (z wyjątkiem podłogi na gruncie) i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względu na brak zgody konserwatora zabytków ocieplenie ścian zewnętrznych nie będzie analizowane w dalszej części opracowania.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród przezroczystych powinna wynosić:

- okna - 0,9 W/m<sup>2</sup>K
- drzwi - 1,3 W/m<sup>2</sup>K

W budynku zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła 1,1 W/m<sup>2</sup>K, stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m<sup>2</sup>K oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m<sup>2</sup>K. W związku z tym że stolarka okienna



PCV jest w dobrym stanie technicznym, w opracowaniu zostanie przeanalizowana tylko wymiana stolarki drewnianej.

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową drewnianą o współczynniku przenikania ciepła  $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Ze względu na zły stan techniczny stolarki drzwiowej drewnianej (drzwi wypaczone, nieszczelne) w obliczeniach przyjęto współczynniki zwiększające równe 1,2 i przeanalizowano jej wymianę.

## **5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.**

Źródłem ciepła dla budynku jest węzeł cieplny zainstalowany w pomieszczeniu po byłej kotłowni, który jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym jego wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej  $90/70^\circ\text{C}$  z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników oraz instalacji jest zły, dlatego w ramach modernizacji systemu grzejnego przewidziano wymianę rurociągów wraz z montażem zaworów podpionowych oraz montaż nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z tego samego węzła cieplnego co ciepło na potrzeby instalacji c.o. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym, dlatego jej wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

## **5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.**

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną w dobrym stanie technicznym.

Modernizacja wentylacji grawitacyjnej mająca na celu obniżenie zużycia ciepła na podgrzewanie świeżego powietrza może być rozwiązana jedynie poprzez zastosowanie wentylacji wymuszonej oraz:

- poprzez zastosowanie recyrkulacji powietrza,
- poprzez zainstalowanie rekuperatorów.

W obu rozwiązaniach zachodzi konieczność zamontowania kanałów nawiewnych i wywiewnych, oraz pomieszczeń dla zainstalowania nagrzewnic i wentylatorów. Ponieważ Inwestor nie wyraża zgody na taką inwestycję (brak miejsca, konieczność wykonania znacznych prac budowlano-montażowych) modernizacja instalacji nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

## 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 poddasza,
- wymianę stolarki okiennej,
- wymianę stolarki drzwiowej,
- wymianę instalacji centralnego ogrzewania wraz z montażem nowych grzejników oraz zaworów z głowicami termostatycznymi,
- montaż Systemu Zarządzania Energią.

## 7.Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

### 7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropu poddasza. Wymiana okien. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

### 7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

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

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

gdzie:

- $N_u$  - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- $\Delta O_{rU}$  - 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  $\Delta O_{rU}$  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 zdalacznego - 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  $\text{zł/m}^3$  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 zdalacznego - 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<sub>0</sub>, Ab<sub>1</sub>- miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

Wzór (3) dotyczy wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła Q<sub>0u</sub>, Q<sub>1u</sub>, oraz objaśnienie otrzymuje brzmienie:

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

gdzie:

- U<sub>c</sub> - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, W/(m<sup>2</sup>\*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<sup>2</sup>,
- S<sub>d</sub> - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień\*K/rok,

Wzór (4) dotyczący liczby stopniodni S<sub>d</sub> oraz objaśnienie otrzymują brzmienie:

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

gdzie:

- t<sub>wo</sub> - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °C,
- t<sub>e</sub>(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,
- L<sub>d</sub>(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.

Wzór (5) dotyczący wartości zapotrzebowania na moc ciepłą na pokrycie strat przez przenikanie  $q_{0u}$ ,  $q_{1u}$  przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oraz objaśnienie otrzymują brzmienie:

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

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 Szczecin Dąbie:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_c(m)$	-0,4	-2,0	2,5	7,7	12,7	12,3	8,3	3,5	-0,6
Ld(m)	31	28	31	30	20	10	31	30	31

Obliczeniowa temperatura zewnętrzna,  $T_{emin} = - 16,0^{\circ}C$

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

## Usprawnienia dotyczące stropu poddasza

Rozpatruje się ocieplenie stropu poddasza wełną mineralną o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 1 769,66 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 0,673 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. do ocieplenia = ok. 1 593 [m<sup>2</sup>]

Materiał: wełna mineralna U<sub>0</sub> = 1,487 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

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

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

Izolacja	$\Delta R$	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>t</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	$\Delta K_{ogr}$	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,07	1,750	2,423	0,413	244,84	0,026	350 460,00	54 419,13	6,440
0,08	2,000	2,673	0,374	221,94	0,024	352 053,00	56 375,39	6,245
0,09	2,250	2,923	0,342	202,95	0,022	353 646,00	57 996,97	6,098
0,10	2,500	3,173	0,315	186,96	0,020	355 239,00	59 362,98	5,984
0,11	2,750	3,423	0,292	173,30	0,019	356 832,00	60 529,42	5,895
0,12	3,000	3,673	0,272	161,50	0,017	358 425,00	61 537,06	5,825
0,13	3,250	3,923	0,255	151,21	0,016	360 018,00	62 416,26	5,768
0,14	3,500	4,173	0,240	142,15	0,015	361 611,00	63 190,09	5,723
0,15	3,750	4,423	0,226	134,12	0,014	363 204,00	63 876,44	5,686
0,16	4,000	4,673	0,214	126,94	0,014	364 797,00	64 489,35	5,657
0,17	4,250	4,923	0,203	120,49	0,013	366 390,00	65 040,00	5,633
0,18	4,500	5,173	0,193	114,67	0,012	367 983,00	65 537,42	5,615
0,19	4,750	5,423	0,184	109,38	0,012	369 576,00	65 988,97	5,601
0,20	5,000	5,673	0,176	104,56	0,011	371 169,00	66 400,72	5,590
0,21	5,250	5,923	0,169	100,15	0,011	372 762,00	66 777,71	5,582
0,22	5,500	6,173	0,162	96,09	0,010	374 355,00	67 124,17	5,577
0,23	5,750	6,423	0,156	92,35	0,010	375 948,00	67 443,65	5,574
0,24	6,000	6,673	0,150	88,89	0,010	377 541,00	67 739,19	5,573
0,25	6,250	6,923	0,144	85,68	0,009	379 134,00	68 013,38	5,574
0,26	6,500	7,173	0,139	82,69	0,009	380 727,00	68 268,46	5,577
0,27	6,750	7,423	0,135	79,91	0,009	382 320,00	68 506,36	5,581

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 24 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 24 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,

$\Delta O_{rOk}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

$\Delta O_{rW}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

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

$$\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

gdzie:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

$U$  - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $W/(m^2 * K)$ , przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

$A_{Ok}$  - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $m^2$ ,

$Q_{inf}$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12), GJ/rok.

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

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

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

$U$  - jak we wzorze (8),

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



- $V_{nom}$  - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,  $m^3/h$ ,
- $c_r$  - 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 ścienne, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

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

Wzór (11) dotyczący wartości zapotrzebowania na moc cieplną  $q_0$ ,  $q_1$  w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ścienne, okna lub drzwi, oraz objaśnienie otrzymują brzmienie

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

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 751,88  $m^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	$c_r$	$c_w$	Q	q	$\Delta O$	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	2,6	1,1	1,0	2 582,29	0,080	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	2 079,50	0,044	34 717,55	713 465,76	20,55
2	1,1	1,0	1,0	2 029,10	0,039	38 223,00	751 059,76	19,65
3	0,9	1,0	1,0	1 978,69	0,034	41 728,45	788 653,76	18,90

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<sup>2</sup>K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około 53,65  $m^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c <sub>r</sub>	c <sub>w</sub>	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,1	1,2	1,0	206,11	0,019	-	-	-
1	1,5	1,0	1,0	151,98	0,016	3 728,87	83 157,50	22,30
2	1,4	1,0	1,0	150,18	0,016	3 853,94	85 840,00	22,27
3	1,3	1,0	1,0	148,38	0,016	3 979,00	88 522,50	22,25

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  $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

#### 7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	5,57
2	Wymiana okien	788 653,76	18,90
3	Wymiana drzwi	88 522,50	22,25

#### 7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

Tabela 7a. Koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	5,57
2	Wymiana okien	788 653,76	18,90
3	Wymiana drzwi	88 522,50	22,25
	Ogółem	1 254 717,26	

**Tabela 7b. Koszty modernizacji budynku wg wariantu II**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	5,57
2	Wymiana okien	788 653,76	18,90
	Ogółem	1 166 194,76	

**Tabela 7c. Koszty modernizacji budynku wg wariantu III**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	5,57
	Ogółem	377 541,00	

#### 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,

$\Delta O_{rCO}$  – 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  $\Delta O_{rCO}$  dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

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

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- $Q_{0CO}$  - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- $\eta_0, \eta_1$  - 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  $\eta_0, \eta_1$ , oblicza się z zależności:

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

gdzie:

- $\eta_w$  – 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,
- $\eta_p$  – 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,
- $\eta_r$  – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_e$  – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu zarówno instalacja jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na montażu nowego orurowania wraz z zaworami podpionowymi, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan docelowy
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,5413	0,5413
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzgl. sprawności wg normy PN EN ISO 13790:2009	GJ/rok	4 260	4 260
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,7022	0,8026
4	Obniżenie nocne <sup>1)</sup>	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe <sup>1)</sup>	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. z uwzgl. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	6 066,16	4 537,76
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	500 365,30	396 265,98
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		104 099,32
9	Koszt modernizacji	zł		634 600,00
10	SPBT	lat		6,10

<sup>1)</sup> Uwzględnienie Systemu Zarządzania Energią

## **8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego**

W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w § 6 pkt 4 rozporządzenia, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizacji systemu wentylacji i instalacji

cieplej wody użytkowej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, oblicza się kolejno:

- a) planowane koszty całkowite  $N$ , w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii,
- b) kwotę rocznych oszczędności  $\Delta O_r$  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 <sub>CO</sub>	Q <sub>CO</sub>	η	w	Q <sub>CO+w/η</sub>	Oplata CO	q <sub>CWU</sub>	Q <sub>CWU</sub>	Oplata CWU	Q <sub>CO+CWU</sub>	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok
0	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
I+A	0,5413	4 259,66	0,7022	1	6 066,16	500 365,30	0,077	356,65	36 705,27	6 423	537 070,57	2 710	42,20	204 927,67
II+A	0,4151	3 150,20	0,8026	0,855	3 355,87	295 437,63	0,077	356,65	36 705,27	3 713	332 142,90	2 676	41,67	202 051,10
III+A	0,4186	3 182,11	0,8026	0,855	3 389,86	298 314,20	0,077	356,65	36 705,27	3 747	335 019,47	2 275	35,43	167 337,91
A	0,4646	3 558,38	0,8026	0,855	3 790,69	333 027,39	0,077	356,65	36 705,27	4 147	369 732,66	1 528	23,80	104 099,32
	0,5413	4 259,66	0,8026	0,855	4 537,76	396 265,98	0,077	356,65	36 705,27	4 894	432 971,25			

Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite		Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej)	Minimalna kwota kredytu**)		Premia termomodernizacyjna
		[zł]	[zł/rok]			[zł]	[%]	
1	2	3	4	5	6	7		
1	I+A	1 889 317,26	204 927,67	42,20	944 658,63	302 290,76		
2	II+A	1 800 794,76	202 051,10	41,67	900 397,38	288 127,16		
3	III+A	1 012 141,00	167 337,91	35,43	506 070,50	161 942,56		
4	A	634 600,00	104 099,32	23,80	317 300,00	101 536,00		
					50,00			

\* Minimalna kwota kredytu obliczona jako 50% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, zgodnie z art. 3 ust. 2 ustawy.



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

Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Również pozostałe warianty mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

### 1. Ocieplenie stropu poddasza.

Ocieplenie stropu poddasza o powierzchni około 1 593 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać poprzez rozłożenie na stropie wełny mineralnej o grubości minimum 24cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż  $0,150 \text{ W/m}^2*\text{K}$ . Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe, np. ułożenie ciągów komunikacyjnych z płyt OSB, etc.

### 2. Wymianę okien o powierzchni około 751,88 m<sup>2</sup> na okna o współczynniku przenikania $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, wytycznymi konserwatorskimi oraz zaleceniami producenta. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np. demontaż starych futryn i okien, montaż i obróbkę nowych okien etc.

### 3. Wymianę drzwi o powierzchni około 53,65 m<sup>2</sup> na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, wytycznymi konserwatorskimi oraz zaleceniami producenta. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np. demontaż starych futryn i drzwi, montaż i obróbkę nowych drzwi etc.

### 4. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę rurociągów,
- wymianę grzejników żeliwnych na grzejniki płytowe (około 196 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 196 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,

- regulację instalacji grzewczej,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe.

5. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u., z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwić bieżącą kontrolę oraz zmianę parametrów pracy instalacji c.o. w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy, w sposób zapewniający optymalne zużycie energii z jednoczesnym zachowaniem komfortu cieplnego w okresie użytkowania budynku.

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej  
Opłaty za zużycie ciepła wg PEC w Stargardzie

Założenia:

- opłaty dla potrzeb centralnego ogrzewania bez zmian przed i po modernizacji
- opłaty dla potrzeb ciepłej wody użytkowej przed i po modernizacji

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Opłata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	7 105,92	8 740,28
Przesył	zł(MW*m-c)	3 808,18	4 684,06
Razem opłata stała	zł(MW*m-c)	10 914,10	13 424,34
Opłata zmienna za ciepło	zł/GJ	34,12	41,97
Przesył	zł/GJ	21,25	26,14
Razem opłata zmienna	zł/GJ	55,37	68,11
Abonament	zł/(pkt.*m-c)	0,00	0,00

## Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0	0,156	1,487
	Pustka powietrzna	20,0	0,200		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,16	0,156	
	R				0,473	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,100	
	R <sub>T</sub>				0,673	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] i [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,101
	Mur z cegły pełnej	54,0	0,540	0,770	0,701	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,738	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				0,908	
Ściana zewnętrzna [SZ-3] i [SZ-4]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,330
	Mur z cegły pełnej	42,0	0,420	0,770	0,545	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,582	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				0,752	
Podłoga na gruncie	Lastrico	1,5	0,015	0,720	0,021	0,232
	Podkład z betonu	4,0	0,040	1,050	0,038	
	Żwiroboton	12,0	0,120	1,300	0,092	
	Piasek	55,0	0,550	0,400	1,375	
	R				1,526	
	R <sub>si</sub>				0,170	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,736	
	U <sub>konstr.</sub>				0,576	
U <sub>equiv</sub>				0,232		
Okna PCV				U <sub>o</sub>	Wsp.	U
				{W/m <sup>2</sup> K}	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,500	1,0	1,500
Okna PCV				1,100	1,0	1,100
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	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Strop poddasza</b>	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,150
	Pustka powietrzna	20,0	0,200		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Wetna mineralna	24,0	0,240	0,040	6,000	
	$R$				6,473	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,100	
	$R_T$				6,673	
<b>Sciana zewnętrzna [SZ-1] i [SZ-2]</b>	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,101
	Mur z cegły pełnej	54,0	0,54	0,770	0,701	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				0,738	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
<b>Sciana zewnętrzna [SZ-3] i [SZ-4]</b>	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,330
	Mur z cegły pełnej	42,0	0,42	0,770	0,545	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				0,582	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
<b>Podłoga na gruncie</b>	$R_T$				0,908	0,232
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Mur z cegły pełnej	42,0	0,42	0,770	0,545	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				0,582	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				0,752	
	Lastrico	1,5	0,02	0,720	0,021	
	Podkład z betonu	4,0	0,04	1,050	0,038	
Żwiroboton	12,0	0,12	1,300	0,092		
Piasek	55,0	0,55	0,400	1,375		
$R$				1,526		
$R_{si}$				0,170		
$R_{se}$				0,040		
$R_T$				1,736		
Ukonstr.				0,576		
$U_{equiv}$				0,232		
<b>Okna PCV</b>				$U_0$	Wsp.	$U$
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Okna PCV</b>				1,5	1,000	1,500
<b>Okna wymienione</b>				1,1	1,000	1,100
<b>Drzwi wejściowe</b>				0,9	1,000	0,900
				1,3	1,000	1,300

#### Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza	
		obecnie	docelowo
Kubatura wentylowana $V_{ve}$	[m <sup>3</sup> ]	24 162	
Powierzchnia ogrzewana $A_f$	[m <sup>2</sup> ]	6 431	
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup> ]	0,56*10 <sup>-3</sup>	
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /s]	3,60	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m <sup>3</sup> /s]	1,34	1,34
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m <sup>3</sup> /s]	4,94	4,94
Współczynniki korekcyjne	$c_r$	-	1,0
	$c_w$	-	1,0
	$c_m$	-	1,0
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /s]	4,94	4,94
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /h]	17 797	17 797
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	5 932,28	5 932,28
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,74	0,74

#### Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m <sup>3</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	-	-	[m <sup>3</sup> /h]
Strumień higieniczny		24 162	0,5			12 081

## Z-6 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_t$	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Phi$ [kW]	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]			
Strop poddasza	1 769,66	1,487	0,90	2 368	36	85,26	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	520,86	1,101	1,0	574		20,65	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	1 450,83	1,101	1,0	1 598		57,53	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	1 604,22	1,330	1,0	2 133		76,79	
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	506,02	1,330	1,0	673		24,22	
Drzwi wejściowe stare	53,65	3,120	1,0	167		6,03	
Okna PCV	82,20	1,100	1,0	90		3,26	
Okna PCV	294,92	1,500	1,0	442		15,93	
Okna drewniane	751,88	2,600	1,0	1 955		70,38	
Podłoga na gruncie	1769,66	0,232	1,0	411		14,78	
Mostki liniowe	l	$\psi$	$\square$				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	1730,18	0,200	1,0	346		12,46	
nadproża	435,30	0,200	1,0	87		3,13	
podokien	414,56	0,200	1,0	83		2,98	
Ogółem				10 928		0,00	
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$			
		[m <sup>3</sup> h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]			
		12 081	0,34	4107			147,87
OGÓŁEM							541,27

### Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_t$	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Phi$ [kW]	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]			
Strop poddasza	1769,66	0,150	0,90	239	36	8,59	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	520,86	1,101	1,0	574		20,65	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	1450,83	1,101	1,0	1 598		57,53	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	1604,22	1,330	1,0	2 133		76,79	
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	506,02	1,330	1,0	673		24,22	
Drzwi wejściowe wymienione	53,65	1,300	1,0	70		2,51	
Okna PCV	82,20	1,100	1,0	90		3,26	
Okna PCV	294,92	1,500	1,0	442		15,93	
Okna wymienione	751,88	0,900	1,0	677		24,36	
Podłoga na gruncie	1769,66	0,232	1,0	411		14,78	
Mostki liniowe	l	$\psi$	$\square$				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	1730,18	0,200	1,0	346		12,46	
nadproża	435,30	0,200	1,0	87		3,13	
podokien	414,56	0,200	1,0	83		2,98	
Ogółem				7 422		267,20	
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$			
		[m <sup>3</sup> h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]			
		12 081	0,34	4107			147,87
OGÓŁEM							415,07

Z-7 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
Srednia temp. miesięca	[°C]	-0,4	-2,0	2,5	7,7	12,7	12,3	8,3	3,5	-2,1	
Różnica temperatur	[°C]	20,4	22,0	17,5	12,3	7,3	7,7	11,7	16,5	22,1	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	20	10	31	30	31	242
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	1,728	0,864	2,678	2,592	2,678	20,909
Straty	$H_{tr}, H_{ve}$										
Strop poddasza	[MJ]	129 403	126 048	111 008	75 506	29 875	15 756	74 217	101 288	140 187	803 287
Sciana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	31 347	30 534	26 891	18 291	7 237	3 817	17 979	24 536	33 959	194 591
Sciana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	87 315	85 051	74 903	50 948	20 158	10 631	50 078	68 345	94 592	542 021
Sciana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	116 555	113 532	99 986	68 009	26 909	14 192	66 848	91 231	126 268	723 528
Sciana zewnętrzna [SZ-4]	[MJ]	36 764	35 811	31 538	21 452	8 488	4 476	21 086	28 777	39 828	228 220
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	9 146	8 909	7 846	5 337	2 111	1 114	5 245	7 159	9 908	56 775
Okna PCV	[MJ]	4 940	4 812	4 238	2 883	1 141	602	2 834	3 867	5 352	30 669
Okna PCV	[MJ]	24 171	23 545	20 735	14 104	5 580	2 943	13 863	18 920	26 186	150 047
Okna drewniane	[MJ]	106 814	104 044	91 630	62 325	24 660	13 005	61 261	83 607	115 715	663 060
Mostki liniowe	[MJ]	28 194	27 463	24 186	16 451	6 509	3 433	16 170	22 069	30 544	175 020
Podłoga na grzanie	[MJ]	22 433	21 851	19 244	13 089	5 179	2 731	12 866	17 559	24 302	139 254
Straty przez przegrody	[MJ]	597 084	581 600	512 204	348 393	137 847	72 700	342 445	467 357	646 841	3 706 472
Wentylacja	[MJ]	324 136	315 730	278 058	189 131	74 832	39 466	185 902	253 712	351 148	2 012 115
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	921 220	897 330	790 262	537 524	212 679	112 166	528 347	721 069	997 989	5 718 587
Zyski słoneczne	[MJ]	47 552	62 695	107 353	157 730	206 375	126 855	84 954	46 129	40 391	880 034
Zyski wewnętrzne	[MJ]	98 179	88 677	98 179	95 012	63 341	31 671	98 179	95 012	98 179	766 426
Razem zyski	[MJ]	145 730	151 373	205 532	252 741	269 716	158 526	183 132	141 140	138 570	1 646 460
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1582	0,1687	0,2601	0,4702	1,2682	1,4133	0,3466	0,1957	0,1388	0,2879
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	6 431									
Pojemność cieplna	[J/K]	1 672 013 200									
Stała czasowa	[h]	28									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny $a_H$		2,84									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,84									
$\eta$		0,9955	0,9947	0,9837	0,9340	0,6464	0,6020	0,9671	0,9921	0,9968	
Zyski ciepła	[MJ]	145 073	150 564	202 178	236 072	174 349	95 432	177 103	140 027	138 128	1 458 927
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	776 147	746 767	588 084	301 452	38 330	16 734	351 243	581 042	859 860	4 259 660



**Z-8 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. miesiąca	[°C]	-0,4	-2,0	2,5	7,7	12,7	12,3	8,3	3,5	-2,1		
Różnica temperatur	[°C]	20,4	22,0	17,5	12,3	7,3	7,7	11,7	16,5	22,1		
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	20	10	31	30	31	242	
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	1,728	0,864	2,678	2,592	2,678	20,909	
Przegroda	Htr Hve											
Strop poddasza	[MJ]	13 042	12 704	11 188	7 610	3 011	1 588	7 480	10 209	14 129	80 961	
Sciana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	31 347	30 534	26 891	18 291	7 237	3 817	17 979	24 536	33 959	194 591	
Sciana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	87 315	85 051	74 903	50 948	20 158	10 631	50 078	68 345	94 592	542 021	
Sciana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	116 555	113 532	99 986	68 009	26 909	14 192	66 848	91 231	126 268	723 528	
Sciana zewnętrzna [SZ-4]	[MJ]	36 764	35 811	31 538	21 452	8 488	4 476	21 086	28 777	39 828	228 220	
Drzwi wejściowe wymienione	[MJ]	3 811	3 712	3 269	2 224	880	464	2 186	2 983	4 128	23 656	
Okna PCV	[MJ]	4 940	4 812	4 238	2 883	1 141	602	2 834	3 867	5 352	30 669	
Okna PCV	[MJ]	24 171	23 545	20 735	14 104	5 580	2 943	13 863	18 920	26 186	150 047	
Okna wymienione	[MJ]	36 974	36 015	31 718	21 574	8 536	4 502	21 206	28 941	40 055	229 521	
Mostki linitowe	[MJ]	28 194	27 463	24 186	16 451	6 509	3 433	16 170	22 069	30 544	175 020	
Podłoga na gruncie	[MJ]	22 433	21 851	19 244	13 089	5 179	2 731	12 866	17 559	24 302	139 254	
Straty przez przeogrody	[MJ]	405 548	395 031	347 896	236 634	93 627	49 379	232 594	317 435	439 343	2 517 487	
Wentylacja	[MJ]	324 136	315 730	278 058	189 131	74 832	39 466	185 902	253 712	351 148	2 012 115	
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	729 684	710 761	625 954	425 764	168 460	88 845	418 495	571 147	790 491	4 529 602	
Zyski słoneczne	[MJ]	43 896	57 950	98 852	145 265	189 902	116 757	78 325	42 536	37 147	810 630	
Zyski wewnętrzne	[MJ]	98 179	88 677	98 179	95 012	63 341	31 671	98 179	95 012	98 179	766 426	
Razem zyski	[MJ]	142 074	146 627	197 031	240 277	253 243	148 427	176 504	137 548	135 326	1 577 056	
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1947	0,2063	0,3148	0,5643	1,5033	1,6706	0,4218	0,2408	0,1712	0,3482	
Typ budynku		ciężki (260 000)										
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	6 431										
Pojemność cieplna	[J/K]	1 672 013 200										
Stać czasowa	[h]	35										
Metoda obliczeniowa		miesięczna										
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub>		1										
Stać czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>	[h]	15										
Parametr numeryczny a <sub>H</sub>		3,32										
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1		4,32										
η												
Zyski ciepła	[MJ]	0,9965	0,9958	0,9851	0,9287	0,5957	0,5495	0,9662	0,9932	0,9976		
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	141 572	146 008	194 097	223 149	150 852	81 555	170 545	136 619	135 005	1 379 403	
	[MJ]	588 112	564 753	431 857	202 615	17 607	7 290	247 950	434 528	655 486	3 150 200	

## Z-9 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,77	regulacja centralna, brak regulacji miejscowej
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,70	
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			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	wymienione przewody poziome i pionowe
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,80	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	0,95	obniżenie nocne

## Z-10 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19
Gęstość wody	$\text{kg/dm}^3$	1
Powierzchnia pomieszczeń $A_f$	$\text{m}^2$	6 431
Liczba użytkowników	osoba	1205
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	0,80
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	$\text{kWh/rok}$	54 092,4
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	194,7
Sprawność wytwarzania	-	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,600
Sprawność akumulacji	-	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000
Sprawność całkowita	-	0,546
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{kWh/rok}$	99 070,3
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	356,7
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	$\text{m}^3/\text{h}$	0,803
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	0,484
Zużycie ciepła na ogrzanie $1 \text{ m}^3$ wody	$\text{GJ/m}^3$	0,345
Max. moc c.w.u.	$\text{kW}$	37,28
Średnia moc c.w.u.	$\text{kW}$	77,1
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	15,4

### Z-11 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana stolarki okiennej i drzwiowej, modernizacja instalacji c.o., montaż Systemu Zarządzania Energią).

W obliczeniach przyjęto współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla miejskiej sieci ciepłowniczej równy 0,91 na podstawie informacji umieszczonej na stronie internetowej Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o w Stargardzie.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
<b>Energia końcowa</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	6 422,81	1 784 113,89	1 784,11
zużycie po modernizacji	3 712,52	1 031 255,56	1 031,26
<b>oszczędność</b>	<b>2 710,29</b>	<b>752 858,33</b>	<b>752,85</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>42,20</b>		
<b>Energia pierwotna</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	5 844,76	1 623 543,64	1 623,54
zużycie po modernizacji	3 378,39	938 442,56	938,44
<b>oszczędność</b>	<b>2 466,36</b>	<b>685 101,08</b>	<b>685,10</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>42,20</b>		
<b>EP(h+w)</b>	<b>145,93 kWh/m<sup>2</sup>rok</b>		

### Z-12 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie informacji umieszczonej na stronie internetowej Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o w Stargardzie. Ze względu na to, iż budynek zasilany jest w ciepło z miejskiej sieci ciepłowniczej, zużycie energii końcowej zostało pomnożone przez współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej równy 0,91 na podstawie informacji umieszczonej na stronie internetowej Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o w Stargardzie.

	Efekt ekologiczny									
	zużycie energii		WE	emisja CO <sub>2</sub>	zużycie energii		WE	emisja CO <sub>2</sub>	emisja CO <sub>2</sub>	
	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	obecnie				docelowo				redukcja	
sieć miejska	5 844,76	-	74,10	433,10	3 378,39	-	74,10	250,34		
				<b>433,10</b>				<b>250,34</b>	<b>182,76</b>	<b>42,20</b>

### Z-13 Podsumowanie przedsięwzięcia

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Nakład [zł]
1	2	3
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00
2	Wymiana okien	788 653,76
3	Wymiana drzwi	88 522,50
4	Wymiana instalacji c.o.	607 600,00
5	Montaż Systemu Zarządzania Energią	27 000,00
	Ogółem	1 889 317,26

Planowy koszt całkowity przedsięwzięcia – 1 889 317,26 zł

Roczna oszczędność kosztu energii – 204 927,67 zł

SPBT dla całego przedsięwzięcia – 9,22 lat