

**Tytuł opracowania:    AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU**  
**ZESPOŁU SZKÓŁ BUDOWLANO - TECHNICZNYCH**  
**W STARGARDZIE**  
**ul. Ceglana 11**  
**73-110 Stargard**

**Zamawiający:    POWIAT STARGARDZKI**  
**ul. Skarbowa 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
	Powiat Stargardzki		1972
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	ul.	Skarbowa nr 1	1.4 Adres budynku
	kod	73-110 miejscowość Stargard	ul. Ceglana nr bud. 11
	tel.	- fax -	kod 73-110 miejscowość Stargard
			powiat stargardzki
			województwo zachodniopomorskie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: ..... "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobylka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska			<i>Błosoła</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 Kobylka 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 Wytoczne, 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.....			8
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....			9
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło.....			9
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.....			9
7.3 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej.....			15
7.3 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.....			16
7.4 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.....			17
7.5 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.....			17
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....			20
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.....			22
ZAŁĄCZNIKI.....			24
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.....			24
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.....			25
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.....			26
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....			27
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.....			27
Z-6 Projektowana strata ciepła.....			28
Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....			29
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....			30
Z-9 Sprawności systemu grzewczego.....			31
Z-10 Ciepła woda użytkowa.....			32
Z-11 Instalacja fotowoltaiczna.....			33
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej.....			34
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego.....			35
Z-14 Podsumowanie przedsięwzięcia.....			35

## 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> ]	11 604,80	11 604,80
4.	Powierzchnia użytkowa budynku [m <sup>2</sup> ]	2 436,71	2 436,71
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	665	665
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralna	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdzielaczem dolnym	pompowy z rozdzielaczem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,364	0,364
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	1,220	0,189
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,268	0,147
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,431	0,431
5	Okna, drzwi balkonowe	1,300	1,300
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	1,800	1,800
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	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,91	0,91	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	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 <sup>3</sup> /h]	6 792	6 792	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,72	0,72	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	209,91	130,01	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	28,35	21,26	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 438,03	784,09	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 047,78	835,28	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	135,14	101,35	
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)]	163,93	89,38	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	233,44	95,22	
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> ]	19,36	14,52	
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)]	5,93	2,66	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu	[zł]	963 628,00	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	57,09
Planowane koszty całkowite	[zł]	963 628,00	Premia termomodernizacyjna	[zł]	154 180,48
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	98 898,69			

#### 9. Inne

Wraz z realizacją przedsięwzięcia termomodernizacyjnego w budynku ZOSTANIE/NIE ZOSTANIE<sup>5)</sup> zainstalowana mikroinstalacja odnawialnego źródła energii o mocy maksymalnej 9.kW

Z audytu energetycznego WYNIKA/NIE WYNIKA<sup>3)</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>  $U_{OZE}$  [%] 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.

<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 Budowlano - Technicznych w Stargardzie przy ul. Ceglanej 11 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 późn. 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 termomodernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra 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.

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1972
Adres budynku	Ceglana 11 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	
	1	3	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	11 604,80	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 436,71	-	
Współczynnik kształtu	0,364		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	3,2	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	665	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	10	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	
Stropodach	1 102,00	1,268	
Ściany zewnętrzne szkoły	893,00	1,220	
Ściany zewnętrzne sali gimnastycznej	492,00	0,301	
Ściany zewnętrzne poniżej gruntu	104,00	0,589	
Okna	619,36	1,300	
Drzwi wejściowe	18,67	1,800	
Podłoga na gruncie sala	438,00	0,357	
Podłoga na gruncie	664,00	0,431	

## 5. Ocena stanu technicznego budynku

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

W opracowaniu analizie poddano budynek Zespołu Szkół Budowlano - Technicznych zlokalizowany w Stargardzie, przy ul. Ceglanej 11. Budynek wybudowany w 1972 roku jest częściowo podpiwniczony, wykonany w technologii tradycyjnej i złożony z budynku dydaktycznego i sali gimnastycznej. Ściany zewnętrzne budynku dydaktycznego wykonane z cegły silikatowej grubości 46cm, nieocieplone. Ściany zewnętrzne sali gimnastycznej wykonane z cegły silikatowej grubości 46cm, ocieplone wełną mineralną o grubości 10 cm.. Nad całym obiektem zastosowano stropodach płaski, z płyt żelbetowych, nieocieplony, kryty papą. 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:

- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| - stropodach         | - 1,268W/m <sup>2</sup> K,         |
| - ściany zewnętrzne  | - 0,301; 1,220 W/m <sup>2</sup> K, |
| - podłoga na gruncie | - 0,357; 0,431W/m <sup>2</sup> K,  |

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów ekonomicznych ocieplenie ścian zewnętrznych sali gimnastycznej oraz podłogi na gruncie 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 o współczynniku przenikania ciepła 1,3 W/m<sup>2</sup>K, w dobrym stanie technicznym i jej wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła 1,8 W/m<sup>2</sup>K w dobrym stanie technicznym i jej wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.



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

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w piwnicy budynku zainstalowano węzeł cieplny, 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°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 oraz rury grzejne Favier. Stan techniczny grzejników, Favierów 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 złym stanie technicznym i w dalszej części opracowania przeanalizowano jej wymianę.

## **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 stropodachu,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,

- wymianę instalacji ciepłej wody użytkowej,
- 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 stropodachu. Ocieplenie ścian zewnętrznych.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana i izolacja rurociągów. Montaż perlatorów przy punktach odbioru.
3	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 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  $\text{zł/m}^3$  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 zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW\*miesiąc),

dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW\*miesiąc),

dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW\*miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW\*miesiąc),

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych,

odniesionych do mocy źródła, zł/(MW\*miesiąc),

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

Wzór (3) dotyczy wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła  $Q_{0u}, Q_{1u}$ , oraz objaśnienie otrzymuje brzmienie:

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

gdzie:

$U_c$  - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji,  $\text{W}/(\text{m}^2 * \text{K})$ , przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

$A$  - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji,  $\text{m}^2$ ,

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

Wzór (4) dotyczący liczby stopniodni  $Sd$  oraz objaśnienie otrzymują brzmienie:

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

gdzie:

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

$t_e(m)$  - średnia wieloletnia temperatura miesiąca  $m$ , przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku,  $^{\circ}\text{C}$ ,

$Ld(m)$  - 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.

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

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

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 Szczecin Dąbie:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-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 stropodachu

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	1 102,00	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 = 0,789$	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. do ocieplenia =	ok. 1 102	[m <sup>2</sup> ]		
Materiał:	styropapa		$U_0 = 1,268$	[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	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogrz}$	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]
0,09	2,250	3,039	0,329	112,92	0,015	231 420,00	27 609,39	8,382
0,10	2,500	3,289	0,304	104,33	0,013	232 632,20	28 344,98	8,207
0,11	2,750	3,539	0,283	96,96	0,012	233 844,40	28 976,63	8,070
0,12	3,000	3,789	0,264	90,56	0,012	235 056,60	29 524,92	7,961
0,13	3,250	4,039	0,248	84,96	0,011	236 268,80	30 005,33	7,874
0,14	3,500	4,289	0,233	80,00	0,010	237 481,00	30 429,72	7,804
0,15	3,750	4,539	0,220	75,60	0,010	238 693,20	30 807,36	7,748
0,16	4,000	4,789	0,209	71,65	0,009	239 905,40	31 145,57	7,703
0,17	4,250	5,039	0,198	68,09	0,009	241 117,60	31 450,22	7,667
0,18	4,500	5,289	0,189	64,88	0,008	242 329,80	31 726,07	7,638
0,19	4,750	5,539	0,181	61,95	0,008	243 542,00	31 977,01	7,616
0,20	5,000	5,789	0,173	59,27	0,008	244 754,20	32 206,28	7,600
0,21	5,250	6,039	0,166	56,82	0,007	245 966,40	32 416,56	7,588
0,22	5,500	6,289	0,159	54,56	0,007	247 178,60	32 610,12	7,580
0,23	5,750	6,539	0,153	52,47	0,007	248 390,80	32 788,88	7,575
0,24	6,000	6,789	0,147	50,54	0,006	249 603,00	32 954,48	7,574
0,25	6,250	7,039	0,142	48,75	0,006	250 815,20	33 108,31	7,576
0,26	6,500	7,289	0,137	47,07	0,006	252 027,40	33 251,59	7,579
0,27	6,750	7,539	0,133	45,51	0,006	253 239,60	33 385,37	7,585
0,28	7,000	7,789	0,128	44,05	0,006	254 451,80	33 510,55	7,593
0,29	7,250	8,039	0,124	42,68	0,005	255 664,00	33 627,95	7,603

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.

## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku dydaktycznego

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych budynku dydaktycznego wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	893,00	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 =$	0,820	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 893	[m <sup>2</sup> ]			
Materiał:	styropian		$U_0 =$	1,220	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
	$\lambda =$	0,038	[W/(m*K)]		

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

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	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]
0,05	1,316	2,136	0,468	130,18	0,017	214 320,00	17 902,33	11,972
0,06	1,579	2,399	0,417	115,90	0,015	214 907,50	19 126,11	11,236
0,07	1,842	2,662	0,376	104,44	0,013	215 612,50	20 107,94	10,723
0,08	2,105	2,925	0,342	95,05	0,012	216 435,00	20 913,11	10,349
0,09	2,368	3,188	0,314	87,20	0,011	217 375,00	21 585,36	10,070
0,10	2,632	3,451	0,290	80,55	0,010	218 432,50	22 155,11	9,859
0,11	2,895	3,715	0,269	74,85	0,010	219 607,50	22 644,13	9,698
0,12	3,158	3,978	0,251	69,89	0,009	220 900,00	23 068,44	9,576
0,13	3,421	4,241	0,236	65,56	0,008	222 310,00	23 440,10	9,484
0,14	3,684	4,504	0,222	61,73	0,008	223 837,50	23 768,33	9,417
0,15	3,947	4,767	0,210	58,32	0,007	225 482,50	24 060,32	9,372
0,16	4,211	5,030	0,199	55,27	0,007	227 245,00	24 321,76	9,343
0,17	4,474	5,294	0,189	52,52	0,007	229 125,00	24 557,21	9,330
0,18	4,737	5,557	0,180	50,03	0,006	231 122,50	24 770,36	9,331
0,19	5,000	5,820	0,172	47,77	0,006	233 237,50	24 964,23	9,343
0,20	5,263	6,083	0,164	45,71	0,006	235 470,00	25 141,32	9,366
0,21	5,526	6,346	0,158	43,81	0,006	237 820,00	25 303,73	9,399
0,22	5,789	6,609	0,151	42,07	0,005	240 287,50	25 453,21	9,440
0,23	6,053	6,873	0,146	40,45	0,005	242 872,50	25 591,24	9,490
0,24	6,316	7,136	0,140	38,96	0,005	245 575,00	25 719,09	9,548
0,25	6,579	7,399	0,135	37,58	0,005	248 395,00	25 837,85	9,614

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/m<sup>2</sup>K". 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.

### 7.3 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Optymalne usprawnienie termomodernizacyjne związane ze zmniejszeniem zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej jest to usprawnienie, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CW}}{\sum_n \Delta O_{rcw}}, \text{ [lata]} \quad (15)$$

gdzie:

- $N_{CW}$  – planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji ciepłej wody, zł,  
 $\Delta O_{rcw}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartości rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rcw}$  n-tego źródła oblicza się wg wzoru:

$$\Delta O_{rcw} = (x_0 * Q_{0cw} * O_{0z} / n_{0w} - x_1 * Q_{1cw} * O_{1z} / n_{1w}) + 12 * (y_0 * q_{0cw} * O_{0m} - y_1 * q_{1cw} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (16)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,  
 $Q_{0cw}, Q_{1cw}$  – zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone przez audytora na podstawie analizy i prognozy zużycia ciepła - GJ/rok, obliczone zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw,  
 $O_{0z}, O_{1z}$  – jak we wzorze (2),  
 $y_0, y_1$  – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,  
 $n_{0w}, n_{1w}$  – całkowita sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po termomodernizacji, obliczana zgodnie ze wzorem (16a),



$Q_{0cw}, Q_{1cw}$  - zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone na podstawie analizy i prognozy zużycia lub obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociagowych MW,

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

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

Całkowitą sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej  $\eta_{0w}, \eta_{1w}$  oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

$\eta_{gw}$  - sprawność wytwarzania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,

$\eta_{dw}$  - sprawność przesyłu ciepła w instalacji ciepłej wody, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,

$\eta_{ew}$  - sprawność akumulacji ciepła w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,

$\eta_{sw}$  - sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu instalacja c.w.u. jest w złym stanie technicznym, w związku z tym proponuje się jej kompleksową wymianę. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 90 000,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo 13 771,52 zł - 10 328,64 zł = 3 442,88 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

$$SPBT = 90\ 000,00 / 3\ 442,88 = 26,14 \text{ lat.}$$

### 7.3 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	249 603,00	7,59
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych	229 125,00	9,33
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	90 000,00	26,14

#### 7.4 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

**Tabela 7a. Koszty modernizacji budynku wg wariantu I**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	249 603,00	7,59
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych	229 125,00	9,33
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	90 000,00	26,14
	Ogółem	568 728,00	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	249 603,00	7,59
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych	229 125,00	9,33
	Ogółem	478 728,00	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	249 603,00	7,59
	Ogółem	249 603,00	

#### 7.5 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień.

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

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

gdzie:

- $N_{CO}$  – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- $\Delta O_{rCO}$  – 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,
- $Q_{OCO}$  – 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,
- $\eta_0, \eta_1$  – 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,
- $O_{Oz}, O_{Iz}$  – 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	0,2099	0,2099
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzgl. sprawności wg normy PN EN ISO 13790:2009	GJ/rok	1 438,03	1 438,03
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,702	0,803
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	2 047,78	1 531,92
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	173 289,85	138 154,55
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		35 135,30
9	Koszt modernizacji	zł		364 900,00
10	SPBT	lat		10,39

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

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

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO				CWU				CO+CWU				Oszczędności	
	q <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	zł/rok	%	zł/rok
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok			
0	0,2099	1 438,03	0,7022	1	2 047,78	173 289,85	0,0284	135,14	13 771,52	2 182,92	187 061,37			
I+A	0,1300	784,09	0,8026	0,855	835,28	77 834,04	0,0213	101,35	10 328,64	936,64	88 162,68	1 246,28	57,09	98 898,69
II+A	0,1300	784,09	0,8026	0,855	835,28	77 834,04	0,0284	135,14	13 771,52	970,42	91 605,56	1 212,50	55,54	95 455,81
III+A	0,1654	1 071,46	0,8026	0,855	1 141,41	104 394,00	0,0284	135,14	13 771,52	1 276,55	118 165,52	906,37	41,52	68 895,85
A	0,2099	1 438,03	0,8026	0,855	1 531,92	138 154,55	0,0284	135,14	13 771,52	1 667,06	151 926,07	515,86	23,63	35 135,30

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]		
1	2	3	4	5	6	7	
1	I+A	933 628,00	98 898,69	57,09	466 814,00	149 380,48	
2	II+A	843 628,00	95 455,81	55,54	421 814,00	134 980,48	
3	III+A	614 503,00	68 895,85	41,52	307 251,50	98 320,48	
4	A	364 900,00	35 135,30	23,63	182 450,00	58 384,00	
					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 stropodachu.

Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 1 102 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego poszycia styropapy o grubości minimum 24cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,147 W/m<sup>2</sup>\*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. położenie 1 warstwy papy nawierzchniowej, obróbki kominów, obróbki blacharskie i dekararskie.

2. Ocieplenie ścian zewnętrznych budynku dydaktycznego o powierzchni około 893 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 17 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,189 W/m<sup>2</sup>\*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.: ocieplenie ościeży, ocieplenie cokołów, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, przełożenie instalacji odgromowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.

### 3. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację,
- montaż wodooszczędnych baterii umywalkowych,
- regulację instalacji,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

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

4. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę rurociągów,
- wymianę grzejników żeliwnych na grzejniki płytowe (około 109 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 109 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.



## ZALĄCZNIKI

### 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]
Stropodach	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	1,268
	Szlachta cementowa	3,0	0,030	1,050	0,029	
	Płyta pilśniowa	1,9	0,019	0,060	0,317	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Żelbet	20,0	0,200		0,180	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,010	0,820	0,012	
	$R$				0,649	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				0,789	
Ściany zewnętrzne szkoły	Tynk cem.wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	1,220
	Mur z cegły silikatowej	46,0	0,460	0,750	0,613	
	Tynk cem.wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				0,650	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				0,820	
Ściany zewnętrzne sali gimnastycznej	Tynk cem.wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,301
	Wełna mineralna	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Mur z cegły silikatowej	46,0	0,460	0,750	0,613	
	Tynk cem.wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				3,150	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				3,320	
Ściana zewnętrzna poniżej gruntu	Tynk cem. -wap.	2,0	0,020	0,820	0,024	0,589
	Mur z betonu	46,0	0,460	1,300	0,354	
	$R$				0,378	
	Opór zastępczy gruntu				1,319	
	$R_T$				1,697	
Podłoga na gruncie sala	Kleпка	1,5	0,015	0,220	0,068	0,357
	Słaba podłoga	2,5	0,025		0,190	
	Płyta pilśniowa	1,2	0,012	0,05	0,240	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	12,0	0,120	1,300	0,092	
	Piasek	15,0	0,15	0,40	0,375	
	Grunt	30,0	0,3	1,74	0,172	
	$R$				1,221	
	Opór zastępczy gruntu				1,581	
	$R_T$				2,802	
Podłoga na gruncie	Gres	1,5	0,015	1,05	0,014	0,431
	Gładź cementowa	5,0	0,05	1,00	0,050	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Piasek	15,0	0,15	0,40	0,375	
	Grunt	30,0	0,3	1,74	0,172	
	$R$				0,772	
	Opór zastępczy gruntu				1,549	
	$R_T$				2,321	
Okna				$U_0$	$W_{sp}$	$U$
				[W/m K]	-	[W/m K]
				1,300	1,0	1,300
Drzwi wejściowe				1,800	1,0	1,800

### 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]
Stropodach	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	0,147
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,050	0,029	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Żelbet	20,0	0,20		0,180	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,01	0,820	0,012	
	Styropapa	24,0	0,24	0,040	6,000	
	R				6,649	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
R <sub>T</sub>				6,789		
Ściany zewnętrzne szkoły	Tynk cem.wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	0,189
	Mur z cegły silikatowej	46,0	0,46	0,750	0,613	
	Tynk cem.wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	
	Styropian	17,0	0,17	0,038	4,474	
	R				5,124	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				5,294	
Ściany zewnętrzne sali gimnastycznej	Tynk cem.wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	0,301
	Wełna mineralna	10,0	0,10	0,040	2,500	
	Mur z cegły silikatowej	46,0	0,46	0,750	0,613	
	Tynk cem.wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	
	R				3,150	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
Ściana zewnętrzna poniżej gruntu	Tynk cem. -wap.	2,0	0,02	0,820	0,024	0,589
	Mur z betonu	46,0	0,46	1,300	0,354	
	R				0,378	
	Opór zastępczy gruntu				1,319	
	R <sub>se</sub>				0,000	
	R <sub>T</sub>				1,697	
Podłoga na gruncie sala	Klejka	1,5	0,02	0,220	0,068	0,357
	Słup podłoga	2,5	0,03		0,190	
	Płyta pilśniowa	1,2	0,01	0,050	0,240	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	0,083	
	Beton	12,0	0,12	1,300	0,092	
	Piasek	15,0	0,15	0,400	0,375	
	Grunt	30,0	0,30	1,740	0,172	
	R				1,221	
	Opór zastępczy gruntu				1,581	
	R <sub>T</sub>				2,802	
Podłoga na gruncie	Gres	1,5	0,02	1,050	0,014	0,431
	Gładź cementowa	5,0	0,05	1,000	0,050	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	0,083	
	Beton	10,0	0,10	1,300	0,077	
	Piasek	15,0	0,15	0,400	0,375	
	Grunt	30,0	0,30	1,740	0,172	
	R				0,772	
	Opór zastępczy gruntu				1,549	
	R <sub>T</sub>				2,321	
Okna				$U_0$	Wsp.	$U$
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,300	1,000	1,300
Drzwi wejściowe				1,800	1,000	1,800

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

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana $V_{ve}$	[m <sup>3</sup> ]	9 396,84		
Powierzchnia ogrzewana $A_f$	[m <sup>2</sup> ]	2 436,71		
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]	1,36		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m <sup>3</sup> /s]	0,52	0,52	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m <sup>3</sup> /s]	1,89	1,89	
Współczynniki korekcyjne	$c_r$	-	1,0	1,0
	$c_w$	-	1,0	1,0
	$c_m$	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /s]	1,89	1,89	
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /h]	6 792	6 792	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	2 264	2 264	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,72	0,72	

#### 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		9 397	0,5			4 698,4

## Z-6 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła obecnie

Przeграда	A	U	$b_u$	$H_t$	DQ	F	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]	
Stropodach	1 102,00	1,268	1,0	1 398	36	50,31	
Ściany zewnętrzne szkoły	893,00	1,220	1,0	1 089		39,21	
Ściany zewnętrzne sali gimnastycznej	492,00	0,301	1,0	148		5,34	
Ściana zewnętrzna poniżej gruntu	104,00	0,589	1,0	61		2,21	
Okna	619,36	1,300	1,0	805		28,99	
Drzwi wejściowe	18,67	1,800	1,0	34		1,21	
Podłoga na gruncie sala	438,00	0,357	1,0	156		5,63	
Podłoga na gruncie	664,00	0,431	1,0	286		10,30	
Mostki liniowe	l	y					
	[m]	[W/mK]					
	1280,96	0,200	1,0	256		9,22	
Ogółem				4 233		152,41	
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$			
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]			
		4 698	0,34	1597	57,51		
<b>OGÓŁEM</b>					<b>209,91</b>		

### Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przeграда	A	U	$b_u$	$H_t$	DQ	F	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]	
Stropodach	1102,00	0,147	1,0	162	36	5,84	
Ściany zewnętrzne szkoły	893,00	0,189	1,0	169		6,07	
Ściany zewnętrzne sali gimnastycznej	492,00	0,301	1,0	148		5,34	
Ściana zewnętrzna poniżej gruntu	104,00	0,589	1,0	61		2,21	
Okna	619,36	1,300	1,0	805		28,99	
Drzwi wejściowe	18,67	1,800	1,0	34		1,21	
Podłoga na gruncie sala	438,00	0,357	1,0	156		5,63	
Podłoga na gruncie	664,00	0,431	1,0	286		10,30	
Mostki liniowe	l	y					
	[m]	[W/mK]					
	1280,96	0,150	1,0	192		6,92	
Ogółem				2 014		72,50	
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$			
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]			
		4 698	0,34	1597	57,51		
<b>OGÓŁEM</b>					<b>130,01</b>		

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
Średnia temp. miesiąca	[°C]	1,1	-0,2	4,0	7,8	12,7	13,9	8,0	4,9	2,0	
Różnica temperatur	[°C]	18,9	20,2	16,0	12,2	7,3	6,1	12,0	15,1	18,0	
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	$H_{tr}, H_{ve}$										
Stropodach	[MJ]	70 745	68 293	59 890	44 193	17 629	7 365	44 917	54 697	67 376	435 105
Ściany zewnętrzne szkoły	[MJ]	55 134	53 224	46 674	34 441	13 739	5 740	35 006	42 628	52 508	339 093
Ściany zewnętrzne sali gimn.	[MJ]	7 502	7 242	6 351	4 686	1 869	781	4 763	5 800	7 145	46 140
Okna	[MJ]	40 759	39 347	34 505	25 462	10 157	4 244	25 879	31 514	38 818	250 685
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 701	1 642	1 440	1 063	424	177	1 080	1 315	1 620	10 463
Podłoga na gruncie sala	[MJ]	7 912	7 638	6 698	4 943	1 972	824	5 024	6 118	7 536	48 664
Podłoga na gruncie	[MJ]	14 482	13 981	12 260	9 047	3 609	1 508	9 195	11 197	13 793	89 072
Mostki liniowe	[MJ]	12 969	12 520	10 979	8 101	3 232	1 350	8 234	10 027	12 351	79 763
Straty przez przegrody	[MJ]	214 306	206 881	181 423	133 873	53 403	22 312	136 067	165 695	204 101	1 318 062
Wentylacja	[MJ]	114 604	110 633	97 019	71 591	28 558	11 932	72 764	88 608	109 147	704 856
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	328 910	317 514	278 442	205 464	81 961	34 244	208 832	254 303	313 248	2 022 918
Zyski słoneczne	[MJ]	26 258	33 373	54 722	81 633	104 118	64 524	44 658	24 871	20 838	454 994
Zyski wewnętrzne	[MJ]	30 674	27 706	30 674	29 685	30 674	29 685	30 674	29 685	30 674	270 133
Razem zyski	[MJ]	56 932	61 079	85 396	111 318	134 792	94 209	75 333	54 556	51 512	725 128
Stosunek zysków do przenieszenia		0,1731	0,1924	0,3067	0,5418	1,6446	2,7511	0,3607	0,2145	0,1644	0,3585
Typ budynku							ciężki (260 000)				
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]						2 437				
Pojemność cieplna	[J/K]						633 544 600				
Stała czasowa	[h]						27				
Metoda obliczeniowa							miesięczna				
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$							1				
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$							15				
Parametr numeryczny $a_H$							2,81				
Parametr numeryczny $a_{H+1}$							3,81				
$\eta$											
Zyski ciepła	[MJ]	0,9940	0,9921	0,9746	0,9091	0,5386	0,3497	0,9626	0,9895	0,9947	
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	56 588	60 595	83 223	101 198	72 596	32 942	72 519	53 984	51 240	584 884
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	272 322	256 920	195 219	104 266	9 365	1 302	136 313	200 320	262 008	1 438 034

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. miesijca	[°C]	1,1	-0,2	4,0	7,8	12,7	13,9	8,0	4,9	2,0	
Różnica temperatur	[°C]	18,9	20,2	16,0	12,2	7,3	6,1	12,0	15,1	18,0	
Liczba dni w miesiacu		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	Hlr Hve										
Stropodach	[MJ]	8 218	7 933	6 957	5 133	2 048	856	5 217	6 354	7 826	50 541
Sciany zewnętrzne szkoły	[MJ]	8 540	8 244	7 229	5 335	2 128	889	5 422	6 603	8 133	52 522
Sciany zewnętrzne sali gimn.	[MJ]	7 502	7 242	6 351	4 686	1 869	781	4 763	5 800	7 145	46 140
Okna	[MJ]	40 759	39 347	34 505	25 462	10 157	4 244	25 879	31 514	38 818	250 685
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 701	1 642	1 440	1 063	424	177	1 080	1 315	1 620	10 463
Podłoga na gruncie sala	[MJ]	7 912	7 638	6 698	4 943	1 972	824	5 024	6 118	7 536	48 664
Podłoga na gruncie	[MJ]	14 482	13 981	12 260	9 047	3 609	1 508	9 195	11 197	13 793	89 072
Mostki liniowe	[MJ]	9 727	9 390	8 234	6 076	2 424	1 013	6 176	7 520	9 263	59 823
Straty przez przegrody	[MJ]	101 943	98 411	86 301	63 682	25 403	10 614	64 726	78 819	97 088	626 986
Wentylacja	[MJ]	114 604	110 633	97 019	71 591	28 558	11 932	72 764	88 608	109 147	704 856
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	216 547	209 044	183 320	135 272	53 961	22 545	137 490	167 427	206 235	1 331 842
Zyski słoneczne	[MJ]	26 258	33 373	54 722	81 633	104 118	64 524	44 658	24 871	20 838	454 994
Zyski wewnętrzne	[MJ]	30 674	27 706	30 674	29 685	30 674	29 685	30 674	29 685	30 674	270 133
Razem zyski	[MJ]	56 932	61 079	85 396	111 318	134 792	94 209	75 333	54 556	51 512	725 128
Stosunek zysków do przeniesienia		0,2629	0,2922	0,4658	0,8229	2,4980	4,1786	0,5479	0,3258	0,2498	0,5445
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	2 437									
Pojemność cieplna	[J/K]	633 544 600									
Stała czasowa	[h]	41									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub>		1									
Stała czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>		15									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub>		3,74									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1		4,74									
η											
Zyski ciepła	[MJ]	0,9950	0,9929	0,9685	0,8584	0,3924	0,2384	0,9495	0,9898	0,9958	
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	56 649	60 646	82 710	95 561	52 895	22 464	71 530	54 000	51 297	547 751
	[MJ]	159 898	148 398	100 610	39 712	1 066	81	65 960	113 427	154 938	784 091

## 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	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm <sup>3</sup>	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A <sub>f</sub>	m <sup>2</sup>	2 436,71	2 436,71
Liczba użytkowników	osoba	665	665
Zużycie jednostkowe	dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> doła)	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doła	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	20 496,2	20 496,2
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	73,8	73,8
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,600	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,546	0,728
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	37 538,8	28 154,1
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	135,1	101,4
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m <sup>3</sup> /h	0,296	0,296
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	1,908	1,908
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m <sup>3</sup> wody	GJ/m <sup>3</sup>	0,345	0,259
Max. moc c.w.u.	kW	54,1	40,6
Średnia moc c.w.u.	kW	28,4	21,3
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m <sup>2</sup> *rok)	15,4	11,6

## Z-11 Instalacja fotowoltaiczna

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się montaż instalacji fotowoltaicznej pracującej potrzeby budynku (np. oświetlenie, urządzenia biurowe). Celem systemu jest pozyskanie energii elektrycznej z energii słonecznej przy użyciu technologii krzemowej polikrystalicznej lub monokrystalicznej. 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. W przypadku braku energii wytwarzanej z paneli fotowoltaicznych, nastąpi doprowadzenie energii z sieci energetycznej. W projekcie zostaną zainstalowane panele fotowoltaiczne o mocy 9 kWp. System zostanie zainstalowany na dachu budynku. Instalacja zostanie wpięta do rozdzielni prądu. Rocznie zaoszczędzone będzie około 7 500 kWh energii elektrycznej.

Ocena proponowanego przedsięwzięcia:

Wyszczególnienie		Jednostka	
Moc instalacji		[kWp]	9
Energia		[kWh/rok]	7 500
	cena	[zł/kWh]	0,60
	koszt	[zł]	4 500,00
Oszczędność	energii	[kWh/rok]	7 500
	kosztu	[zł]	4 500,00
Koszt inwestycji		[zł]	58 500,00
SPBT		[lata]	13,00

## Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, modernizacja instalacji c.w.u., modernizacja instalacji c.o., montaż Systemu Zarządzania Energią, montaż instalacji PV).

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. Dla energii elektrycznej przyjęto współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej równy 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
<b>Energia końcowa</b>			
<i>energia cieplna</i>			
zużycie przed modernizacją	2 182,92	606 366,92	606,37
zużycie po modernizacji	936,64	260 177,08	260,18
<b>oszczędność</b>	<b>1 246,28</b>	<b>346 189,84</b>	<b>346,19</b>
<i>energia elektryczna PV</i>			
zużycie przed modernizacją	0,00	0,00	0,00
zużycie po modernizacji	-27,00	-7 500,00	-7,50
<b>oszczędność</b>	<b>27,00</b>	<b>7 500,00</b>	<b>7,50</b>
<i>ogółem energia końcowa</i>			
zużycie przed modernizacją	2 182,92	606 366,92	606,37
zużycie po modernizacji	909,64	252 677,08	252,68
<b>oszczędność</b>	<b>1 273,28</b>	<b>353 689,84</b>	<b>353,69</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>58,33</b>		
<b>Energia pierwotna</b>			
<i>energia cieplna</i>			
zużycie przed modernizacją	1 986,46	551 793,90	551,79
zużycie po modernizacji	852,34	236 761,15	236,76
<b>oszczędność</b>	<b>1 134,12</b>	<b>315 032,75</b>	<b>315,03</b>
<i>energia elektryczna PV</i>			
zużycie przed modernizacją	0,00	0,00	0,00
zużycie po modernizacji	-81,00	-22 500,00	-22,50
<b>oszczędność</b>	<b>81,00</b>	<b>22 500,00</b>	<b>22,50</b>
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 986,46	551 793,90	551,79
zużycie po modernizacji	771,34	214 261,15	214,26
<b>oszczędność</b>	<b>1 215,12</b>	<b>337 532,75</b>	<b>337,53</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>61,17</b>		
<b>EP(h+w)</b>	<b>97,16 kWh/m<sup>2</sup>rok</b>		

### Z-13 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	1 986,46	-	74,10	147,20	852,34	-	74,10	63,16		
energia elektryczna	-	0,00	765,0	0,00	-	-7,50	765,	-5,74		
				<b>147,20</b>				<b>57,42</b>	<b>89,78</b>	<b>60,99</b>

### Z-14 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 stropodachu	249 603,00
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych	229 125,00
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	90 000,00
4	Modernizacja instalacji c.o.	337 900,00
5	Montaż Systemu Zarządzania Energią	27 000,00
6	Montaż instalacji PV	58 500,00
	Ogółem	992 128,00

Planowy koszt całkowity przedsięwzięcia – 992 128,00 zł

Roczna oszczędność kosztu energii – 103 398,69 zł

SPBT dla całego przedsięwzięcia – 9,60 lat