

**Audyt energetyczny**  
**budynku**  
**Zespołu Szkół Technicznych**  
**w Tczewie**  
w ramach zadania:  
**“Kompleksowa modernizacja energetyczna budynków**  
**stanowiących własność Powiatu Tczewskiego”**



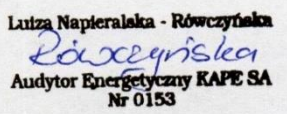
Gdańsk, lipiec 2015  
Aktualizacja, grudzień 2016  
Aktualizacja, sierpień 2019

**BAŁTYCKA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII sp. z o.o.**

80-298 Gdańsk, ul. Budowlanych 31  
tel.: (058) 347-55-35 faks: (058) 347-55-37



## STRONA TYTUŁOWA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

<b>1. Dane identyfikacyjne budynku:</b>				
<b>1.1</b> <b>Rodzaj budynku</b>	Budynek użyteczności publicznej		<b>1.2</b> <b>Rok zakończenia budowy</b>	1934
<b>1.3</b> <b>Właściciel lub zarządca</b>	Starostwo Powiatowe w Tczewie ul. Piaskowa 2 83-110 Tczew  tel.: (0-58)77-34-800 tel.: (0-58)77-34-946 (dział inwestycji) inwestycje@powiat.tczew.pl	<b>1.4</b> <b>Adres budynku</b>	ZST ul. Parkowa 1 83-200 Tczew  powiat: Tczew województwo: pomorskie	
<b>2. Nazwa i adres firmy wykonującej audyt:</b>				
Bałtycka Agencja Poszanowania Energii SA ul. Budowlanych 31 80-298 Gdańsk REGON 190967387				
<b>3. Imię i nazwisko oraz adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:</b>				
mgr inż. Wojciech Anioł ul. Kolumba 2b/28 80-288 Gdańsk PESEL 72061803391				
<b>4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje:</b>				
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (ew. uprawnienia)	Podpis
1.	Wojciech Anioł	Opracowanie kompleksowe		
2.	Luiza Napieralska-Rówczyńska	Aktualizacja	Audytor Energetyczny KAPE SA nr 153	 Luiza Napieralska - Rówczyńska Audytor Energetyczny KAPE SA Nr 0153
<b>5. Miejscowość:</b>		Gdańsk	<b>Data wykonania opracowania:</b>	07.2015r. aktualizacja 12. 2016r. aktualizacja 08.2019r.

## Spis treści

<b>1. PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA .....</b>	<b>7</b>
<b>2. PODSTAWA OPRACOWANIA.....</b>	<b>7</b>
<b>3. INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA BUDYNKU .....</b>	<b>8</b>
3.1. DANE OGÓLNE .....	8
3.2. OPIS TECHNICZNY ELEMENTÓW BUDYNKU.....	9
3.3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU GRZEWczego .....	9
3.4. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU PRZYGOTOWANIA I DYSTRYBUCJI C.W.U.....	12
3.5. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU WENTYLACJI .....	13
<b>4. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU .....</b>	<b>14</b>
4.1. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA .....	14
4.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA C.W.U.....	15
<b>5. OPŁATY ZA CIEPŁO I PRZYGOTOWANIE C.W.U.....</b>	<b>17</b>
5.1. TARYFA CIEPŁA.....	17
<b>6. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU .....</b>	<b>20</b>
6.1. OCENA STANU TECHNICZNEGO PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH BUDYNKU.....	20
6.2. OCENA STANU ŹRÓDŁA CIEPŁA.....	20
6.3. OCENA STANU TECHNICZNEGO INSTALACJI C.O.....	20
6.4. OCENA STANU TECHNICZNEGO INSTALACJI C.W.U.....	20
6.5. OCENA STANU TECHNICZNEGO SYSTEMU WENTYLACJI .....	21
<b>7. WYKAZ USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI.....</b>	<b>22</b>
<b>8. OPTYMALIZACJA USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH .....</b>	<b>24</b>
8.1. OCENA OPŁACALNOŚCI I WYBÓR USPRAWNIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH PROWADZĄCYCH DO ZMNIEJSZENIA STRAT CIEPŁA PRZEZ PRZENIKANIE PRZEZ PRZEGRODY BUDOWLANE I ZMNIEJSZENIA ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO NA OGRZANIE POWIETRZA WENTYLACYJNEGO .....	24
8.2. OCENA OPŁACALNOŚCI I WYBÓR USPRAWNIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH PROWADZĄCYCH DO ZMNIEJSZENIA STRAT CIEPŁA PRZEZ PRZENIKANIE PRZEZ PRZEGRODY BUDOWLANE I ZMNIEJSZENIA ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO NA OGRZANIE POWIETRZA WENTYLACYJNEGO .....	30
8.3. WYZNACZENIE OPTYMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO POPRAWIAJĄCEGO SPRAWNOŚĆ CIEPLNĄ SYSTEMU GRZEWczego .....	31
8.4. ZESTAWIENIE WYBRANYCH USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH W KOLEJNOŚCI ROSNĄCEJ SPBT .....	33
<b>9. WYBÓR OPTYMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO .....</b>	<b>35</b>
9.1. METODA WYBORU OPTYMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO .....	35
9.2. OKREŚLENIE WARIANTÓW I WYBÓR OPTYMALNEGO PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO.....	35
9.3. EFEKT EKOLOGICZNY DZIAŁAŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH.....	37
9.4. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU DLA OPTYMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO.....	38
<b>10. WNIOSKI. OPIS TECHNICZNY WYBRANEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO .....</b>	<b>39</b>
<b>ZAŁĄCZNIK 1, DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA BUDYNKU .....</b>	<b>42</b>
<b>ZAŁĄCZNIK 2. PARAMETRY OBLICZENIOWE AUDYTU ENERGETYCZNEGO .....</b>	<b>43</b>
<b>ZAŁĄCZNIK 3. ZESTAWIENIE OBOWIĄZUJĄCYCH MAKSYMALNYCH WSP. U DLA BUDYNKÓW .....</b>	<b>44</b>
<b>ZAŁĄCZNIK 4. BILANS CIEPŁA DLA NOWEGO ŹRÓDŁA CIEPŁA PO TERMOMODERNIZACJI .....</b>	<b>46</b>
<b>ZAŁĄCZNIK 5. UPROSZCZONA DOKUMENTACJA TECHNICZNA .....</b>	<b>48</b>

**KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU**

1. Dane ogólne				
1.	Konstrukcja/technologia budynku		tradycyjna	
2.	Liczba kondygnacji		2	
3.	Kubatura części ogrzewanej	m <sup>3</sup>	13 535	
4.	Powierzchnia netto budynku	m <sup>2</sup>	2 829,0	
5.	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej	m <sup>2</sup>	-	
6.	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych	m <sup>2</sup>	2 829,0	
7.	Liczba mieszkań		-	
8.	Liczba osób użytkujących budynek	-	516	
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody	centralne z kotłowni gazowej/miejskowe, elektr podgrz.		
10.	Rodzaj systemu ogrzewania budynku		centralne z kotłowni gazowej	centralne: gazowa powietrzna pompa ciepła, kotłownia gazowa
11.	Współczynnik kształtu A/V		-	
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne			Stan przed termomoder.	Stan po termomoder.
1.	Ściany zewnętrzne (przy gruncie)	W/m <sup>2</sup> ×K	0,54	0,19
2.	Ściany zewnętrzne	W/m <sup>2</sup> ×K	1,15	1,15
3.	Dach części sportowej i łącznika	W/m <sup>2</sup> ×K	0,90	0,13
4.	Strop poddasza	W/m <sup>2</sup> ×K	0,79	0,79
5.	Dach poddasza	W/m <sup>2</sup> ×K	2,30	0,17
6.	Okna nowe w ramach z PCV	W/m <sup>2</sup> ×K	1,30	1,30
7.	Drzwi zewn.	W/m <sup>2</sup> ×K	2,50	1,00
3. Sprawności składowe systemu grzewczego				
1.	Sprawność wytwarzania	-	0,94	1,5 / 0,94
2.	Sprawność przesyłania	-	0,90	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	-	0,77	0,89
4.	Sprawność akumulacji	-	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw w ogrzewaniu w okr. tygodnia	-	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw w ogrzewaniu w ciągu doby	-	0,91	0,91
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej				
1.	Sprawność wytwarzania	-	0,88//0,96	0,88//1,2
2.	Sprawność przesyłu	-	0,80	0,80
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	-	1,00	1,00
4.	Sprawność akumulacji	-	0,85	0,85
5. Charakterystyka systemu wentylacji				
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)		naturalna	naturalna/mechaniczna
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna, drzwi, kanały went	okna, drzwi, kanały went
3.	Strumień powietrza wentylacyjnego	m <sup>3</sup> /h	5 534	6 040
4.	Liczba wymian-średnia	1/h	0,50	0,50

6. Charakterystyka energetyczna budynku				
1.	Obliczeniowa moc cieplna na c.o.	kW	194,5	171,2
2.	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u.	kW	3,0	3,0
3.	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	GJ/rok	845,2	686,8
4.	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	1181,5	601,4
5.	Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.	GJ/rok	42,9//62,5	14,5//62,5
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego i na przygotowanie c.w.u. (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych)	GJ/rok	1 136,0	-
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	kWh/(m <sup>3</sup> rok)	bd	-
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/(m <sup>3</sup> rok)	84,7	69,4
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/(m <sup>2</sup> rok)	116,0	59,1
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	%	0,0%	28,6%
7. Opłaty jednostkowe				
1.	Opłata za 1 GJ ciepła na ogrzewanie	zł/GJ	43,08	43,08
2.	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	zł/MW/m-c	4 288,63	4 288,63
3.	Opłata za podgrzanie 1m <sup>3</sup> wody użytkowej	zł/GJ	43,08/158,33	43,08/158,33
4.	Opłata 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie wody użytkowej na miesiąc	zł	-	-
5.	Opłata za ogrzanie 1 m <sup>2</sup> pow. użytkowej	zł	-	-
6.	Opłata abonamentowa	zł	-	-
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia				
Planowane koszty całkowite		zł	1 187 974,25	
Dotacja z funduszu RPO WP		zł	724 664,29	
Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię		%	46,5	
Dotacja z funduszu RPO WP		%	61	
Roczna oszczędność kosztów energii		zł/rok	35 105	

## **1. Przedmiot i zakres opracowania**

Przedmiotem niniejszego opracowania jest audyt energetyczny budynku Zespołu Szkół Technicznych znajdującego się przy ul. Parkowej 1 w Tczewie.

Przez audyt energetyczny należy rozumieć opracowanie określające zakres i parametry techniczne oraz ekonomiczne przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ze wskazaniem rozwiązania optymalnego, w szczególności z punktu widzenia kosztów realizacji przedsięwzięcia oraz oszczędności energii. Audyt stanowi jednocześnie założenia do projektu budowlanego.

Opracowanie zostało wykonane w ramach programu operacyjnego "Regionalny Program Operacyjny Województwa pomorskiego na lata 2014-2020", oś priorytetowa - 10. Energia, działanie - 10.01 Efektywność energetyczna – mechanizm ZIT, poddziałanie - 10.01.01. Efektywność energetyczna – mechanizm ZIT – wsparcie dotacyjne.

## **2. Podstawa opracowania**

Niniejsze opracowanie wykonano w oparciu o:

1. umowę zawartą pomiędzy Starostwem Powiatowym w Tczewie a Bałtycką Agencją Poszanowania Energii sp. z o.o. w Gdańsku;
2. wizje lokalne i inwentaryzacje dokonane czerwcu i lipcu 2015 roku oraz w sierpniu 2019 r. (inwentaryzację wykonano wyłącznie w zakresie wymagań niniejszego audytu energetycznego);
3. dane przekazane przez właściciela budynku;
4. Rzuty kondygnacji z opracowania „Wewnętrzna instalacja hydrantowa dla potrzeb budynku ZST przy ul. Parkowej 1 w Tczewie ”– wykonaną przez Biuro Projektowo-Konsultacyjne „Wodnik” w grudniu 2010r;
5. Taryfę gazową PGNiG Obrót Detaliczny sp. z o.o.
6. Aktualną taryfę ENERGA-OPERATOR SA oraz Corrente sp. z o.o.
7. Ustawę z dnia 21 listopada 2008r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz. U. Nr 223, poz. 1459);
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 17 marca 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);
9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 września 2015r. poz. 1606 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)
10. 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) w tym Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Wodnej z dnia 5 lipca 2013r. zmieniające rozporządzenie,
11. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej. (Dz. U. 2015r, poz. 376).
12. Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> (WE) w roku 2012 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2015"
13. Baza statystycznych danych klimatycznych dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków ze strony internetowej Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju ([www.mir.gov.pl](http://www.mir.gov.pl))

14. Polskimi Normami dotyczącymi między innymi sporządzenia bilansu ciepła dla budynku, określenia mocy dla budynku, zasad doboru jednostek kotłowych, projektowania sieci ciepłych.

### **3. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku**

#### **3.1. Dane ogólne**

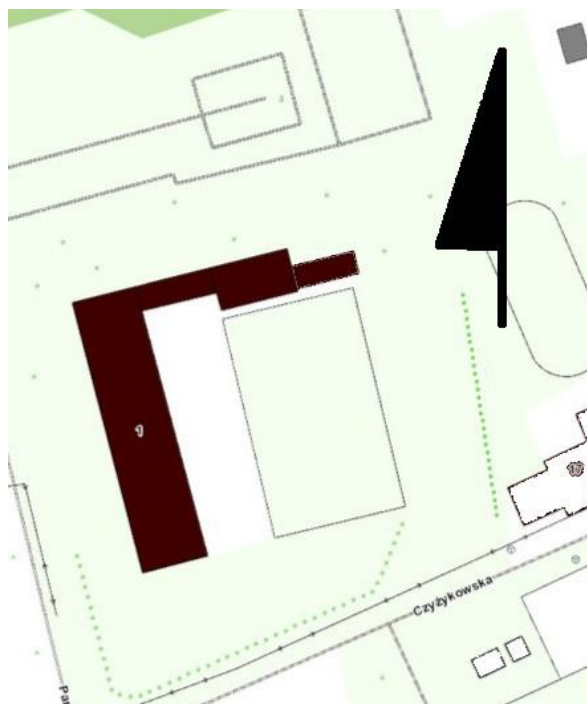
Zespół Szkół Technicznych jest kompleksem składającym się z 4 połączonych ze sobą części tj dwukondygnacyjnej części głównej z nieużytkowanym w chwili obecnej poddaszem oraz jednokondygnacyjnej części sportowej (sala gimnastyczna z siłownią), które połączone są z częścią główną jednokondygnacyjnym łącznikiem.

Budynek jest w części podpiwniczony. Nieogrzewane pomieszczenia piwniczne znajdują się pod łącznikiem zaś pomieszczenia ogrzewane pod częścią główną budynku.

Szkoła użytkowana jest w godzinach od 7.00 do godziny 15.00. Po tej godzinie odbywają się sporadyczne zajęcia oraz sprzątanie szkoły do godz. 21.00.

W weekendy Szkoła jest użytkowana przez Gdańską Szkołę Wyższą

W szkole uczy się 462 uczniów i zatrudnione są 54 osoby personelu. Plan sytuacyjny położenia budynku przedstawiono na rys 3.1.



Rys. 3.1. Położenie budynku ([www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl))

Podstawowe parametry budynku przedstawiono w poniższej tabeli.



Tab. 1 Podstawowe parametry budynku

Wyszczególnienie		Wartość
Powierzchnia zabudowy	m <sup>2</sup>	1 829
Powierzchnia ogrzewana budynku	m <sup>2</sup>	<b>2 829</b>
Powierzchnia użytkowa budynku	m <sup>2</sup>	2 829
Wysokość kondygnacji w świetle	m	2,26//5,43
Kubatura budynku	m <sup>3</sup>	<b>13 535</b>

### 3.2. Opis techniczny elementów budynku

Budynek wybudowany został w technologii tradycyjnej.

Tab. 2 Opis przegród zewnętrznych w budynku

Ściany zewnętrzne	<p>Ściany <b>zewnętrzne</b> - murowane z cegły ceramicznej pełnej gr. 43-55 cm, z wewnętrzną warstwą tynku. Współczynnik przenikania ciepła ścian zewn. <math>U = 1,15-1,43 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p> <p>Ściany <b>zewnętrzne przy gruncie</b> - murowane z cegły ceramicznej pełnej gr. 55 cm, z wewnętrzną warstwą tynku. Współczynnik przenikania ciepła ścian zewn. <math>U = 0,54 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p>
Stropodach/stropy	<p>Dach czterospadowy kryty dachówką ceramiczną w części dawnego internatu, wykończenie deskowaniem oraz tynkiem na trzcinie.</p> <p>Strop poddasza nieużytkowanego- strop drewniany, w części środkowej żelbetowy monolityczny. Współczynnik przenikania ciepła stropu <math>U = 0,79 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p> <p>Dach nad częścią sportową, łącznikiem oraz siłownią – drewniany kryty papą. Współczynnik przenikania ciepła dachu <math>U = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p> <p>Strop nad piwnicą - strop typu Kleina. Współczynnik przenikania ciepła stropu, <math>U = 1,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p>
Okna zewnętrzne, przeszklenia	<p>Okna: w całym budynku szkoły jednoramowe, w ramach PCW, oszklone szybą zespoloną. Współczynnik przenikania ciepła okna <math>U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p>
Drzwi zewnętrzne	<p>Drzwi zewn. główne, drewniane bez przeszklenia. Współczynnik przenikania ciepła drzwi zewn. <math>U = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p> <p>Pozostałe drzwi zewnętrzne, drewniane Współczynnik przenikania ciepła drzwi zewn. <math>U = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p>

### 3.3. Charakterystyka systemu grzewczego

Źródłem ciepła dla budynku jest kotłownia gazowa oparta o pracę niskotemperaturowego kotła gazowego firmy Viessmann o mocy 345 kW.

Charakterystykę systemu grzewczego przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 3 Charakterystyka systemu grzewczego

Sposób ogrzewania pomieszczeń	centralne, wodne
Rodzaj instalacji c.o.	niskotemperaturowa, z obiegiem wymuszonym, dwururowa, z rozdziałem dolnym, systemu zamkniętego,
Parametry pracy systemu	90/70°C
Wiek systemu	Wiek przewodów rozprowadzających poziomych i pionowych ponad 50 lat
Rodzaj elementów grzejnych	– grzejniki żeliwne członowe, – grzejniki stalowe, – grzejniki stalowe z rur gładkich.
Sposób prowadzenia przewodów	Czynnik grzewczy doprowadzony jest od kotłowni znajdującej się w piwnicy budynku, po budynku poziomymi przewodami prowadzonymi pod stropem piwnicy oraz w kanałach instalacyjnych, piony prowadzone po wierzchu ścian
Opis materiału przewodów i izolacji termicznej przewodów	Przewody poziome z rur stalowych czarnych, zaizolowane wełną szklaną w tekturze i osłonie gipsowo-klejowej, część przewodów w piwnicach niezaizolowanych
Sposób odpowietrzenia	Miejscowe, na pionach zamontowane automatyczne zawory odpowietrzające
Charakterystyka regulacji systemu	Z kotłowni doprowadzane są zmienne parametry wody w zależności od temperatury zewnętrznej. Na grzejnikach zamontowane są zawory zwykłe z systemem kryz
Sposób pomiaru zużytego ciepła	Pomiar w kotłowni całkowitego (c.o. + c.w.u.) zużycia gazu przez budynek
Opis modernizacji przeprowadzonych po roku 1984	Pojedyncze prace remontowe

Sprawność całkowitą systemu grzewczego obliczono ze wzoru:

$$\eta_0 = \eta_{g0} \cdot \eta_{d0} \cdot \eta_{e0} \cdot \eta_{s0}$$

Współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu przyjęto na podstawie Rozporządzenia MI w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego.

Sprawności składowe systemu ogrzewania przyjęto z Rozporządzenia MliR dotyczącego metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku.

Przyjęte wartości sprawności systemu ogrzewania oraz współczynników przerw w ogrzewaniu przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 4. Sprawności systemu grzewczego w budynku i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu

Rodzaje sprawności i współczynników uwzględniających przerwy w ogrzewaniu		Przed modernizacją
Średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła	$\eta_s$	1,00
Średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła	$\eta_g$	0,94
Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania	$\eta_e$	0,77
Średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepła	$\eta_d$	0,90
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	$w_t$	1,00
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	$w_d$	0,91
<b>Sprawność całkowita systemu grzewczego:</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>0,651</b>

### 3.4. Charakterystyka systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u.

Charakterystykę systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u. przedstawiono w tabeli 3.5.

Tab. 5. Charakterystyka systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u. w budynku

Sposób przygotowania c.w.u.	Centralne - przewody z kotłowni poprowadzone są do pomieszczeń sanitarnych przy sali gimnastycznej. W pozostałych sanitariatach budynku głównym przygotowanie c.w.u. miejscowe poprzez przepływowe i pojemnościowe wymienniki ciepła zasilane energią elektryczną.
Rodzaj instalacji c.w.u.	Z rozdziałem dolnym, z obiegiem cyrkulacyjnym (pompa zamontowana w węźle)
Parametry pracy systemu	10/55°C
Rodzaj punktów czerpalnych	Baterie czerpalne dla umywalek i prysznic
Sposób prowadzenia przewodów	Przewody prowadzone pod stropem oraz w ścianach
Sposób regulacji systemu	Regulacja temperatury c.w.u. w węźle ciepłowniczym oraz dla przepływowych wymienników ciepła w miejscu poboru
Sposób pomiaru zużytego ciepła	Pomiar w kotłowni całkowitego (c.o. + c.w.u.) zużycia gazu przez budynek
Sposób pomiaru zużytej c.w.u.	Całkowite zużycie zimnej wody w budynku

Sprawności składowe systemu przygotowania c.w.u. przyjęto a sprawność całkowitą obliczono zgodnie z Rozporządzeniem MliR dotyczącym metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku. Sprawność całkowitą systemu przygotowania c.w.u. obliczono wg wzoru:

$$\eta_{cw} = \eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s$$

i zestawiono w poniższej tabeli.

Tab. 6. Charakterystyka systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u. w budynku

Rodzaje sprawności systemu c.w.u.		Przed modernizacją (kotłownia gazowa)	Przed modernizacją (źródła zasilane energją elektr.)
średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła	$\eta_{cw,g}$	0,88	0,96
średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepłej wody	$\eta_{cw,d}$	0,80	1,00
średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepłej wody	$\eta_{cw,s}$	0,85	1,00
średnia sezonowa sprawność wykorzystania	$\eta_{cw,e}$	1,00	1,00
<b>sprawność całkowita systemu przygotowania c.w.u.</b>	$\eta_{cw}$	<b>0,60</b>	<b>0,96</b>

### 3.5. Charakterystyka systemu wentylacji

Budynek wyposażony został w system wentylacji naturalnej. System wentylacji grawitacyjnej obejmuje wszystkie pomieszczenia budynku.

Nawiew w wentylacji naturalnej odbywa się za pomocą infiltracji oraz wietrzenia przez okna. Wywiew jest grawitacyjny poprzez kanały wentylacyjne wyprowadzone ponad dach.

Dla wentylacji naturalnej przyjęto współczynniki korekcyjne wynikające ze szczelności okien i drzwi lub obserwowanego nadmiernego poziomu wentylacji oraz ze stopnia wyeksponowania budynku na działanie wiatru wg Tabeli 2 Załącznika nr 1 – część 3 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 15.01.2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego:

- okna szczelne (nowe), warunki wentylacji normalne, zamontowane automatyczne nawiewniki powietrza:  $c_r = 1,0$   $c_m = 1,0$ ;
- budynek na przestrzeni osłoniętej:  $c_w = 1,0$ .

Ilość powietrza wentylacyjnego oraz powietrza infiltracyjnego z uwzględnieniem godzin użytkowania szkoły - 5 535 m<sup>3</sup>/h.

## 4. Charakterystyka energetyczna budynku

### 4.1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania

Zapotrzebowanie budynku na moc i ciepło do ogrzewania obliczono zgodnie z z PN-EN-12831 za pomocą programu Audytor OZC wersja 6,6 Pro opracowanego przez Narodową Agencję Poszanowania Energii SA w Warszawie. W obliczeniach zapotrzebowania budynku na moc i ciepło do ogrzewania przyjęto następujące założenia:

- obliczeniowa temperatura zewn. dla I strefy klimatycznej Polski:  $t_{zo} = -16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniach ogrzewanych wg Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie:
  - pomieszczenia, przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych:  $t_{wo} = +20^{\circ}\text{C}$ ,
  - pomieszczenia sali gimnastycznej i siłowni:  $t_{wo} = +16^{\circ}\text{C}$ ,
  - pomieszczenia piwnic  $-t_{wo} = +12^{\circ}\text{C}$ , częściowo nieogrzewane,
  - liczbę stopniodni wynikającą ze średnich wieloletnich temperatur miesiąca (dane klimatyczne Ministerstwa Infrastruktury dla stacji meteorologicznej w Gdańsku i liczby dni ogrzewania (Tabela 1 Rozporządzenia MI w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu). Liczbę stopniodni przedstawiono w załączniku 2.

Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną oraz ciepło na ogrzewanie w standardowym sezonie grzewczym a także wskaźniki energetyczne dla stanu istniejącego przedstawiono w Tab. 7.

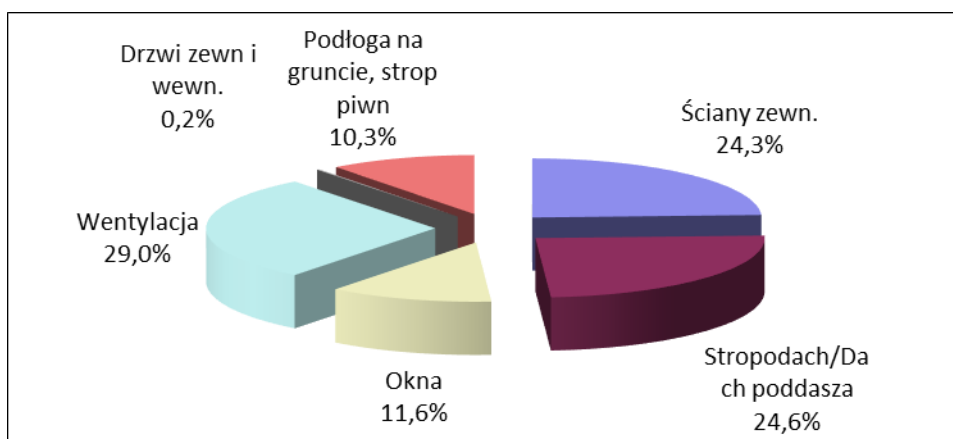
Udział strat ciepła przez poszczególne elementy budynku w ogólnych stratach ciepła przedstawiono w poniższej tabeli i na wykresie.

Tab. 7. Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną oraz ciepło na ogrzewanie i wskaźniki energetyczne dla stanu istniejącego

<b>Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną na ogrzewanie budynku <math>q_{0co}</math></b>	<b>kW</b>	194,5
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $Q_{co}$	GJ/rok	845,2
<b>Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu): <math>Q_{0co} = w_{to} \times w_{d0} \times Q_{co} / h_0</math></b>	<b>GJ/rok</b>	1181,5
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na moc grzewczą	W/m <sup>3</sup>	14,4
Kubaturowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło w standardowym sezonie grzewczym (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $E_v$	kWh/(m <sup>3</sup> ×rok)	17,3
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło w standardowym sezonie grzewczym (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $E_{vs}$	kWh/(m <sup>3</sup> ×rok)	24,2
Powierzchniowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło w standardowym sezonie grzewczym (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $E_s$	kWh/(m <sup>2</sup> ×rok)	116,0

Tab. 8. Zestawienie sezonowych strat ciepła w budynku

Wielkość strat	Ściany zewn.	Stropodach/Dach poddasza	Okna	Wentylacja	Drzwi zewn i wewn.	Podłoga na gruncie, strop piwn	SUMA
GJ/rok	526,0	532,2	250,0	627,0	4,4	223,3	2162,9
%	24,3	24,6	11,6	29,0	0,2	10,3	100,0



Wykres 4.1. Udział strat ciepła przez poszczególne elementy budynku w ogólnych stratach ciepła

W obliczeniach zysków ciepła od słońca przyjęto następujące założenia:

- pole powierzchni okien w świetle otworów w przegrodach określone na podstawie inwentaryzacji budowlanej;
- udział pola powierzchni płaszczyzny szklonej do całkowitego pola powierzchni okna albo powierzchni oszklonej wg Rozporządzenia MliR dotyczącego metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku jw. wartość średnia: 0,7;
- średnie (wieloletnie) sumy miesięczne promieniowania słonecznego podającego na płaszczyznę pionową wg bazy danych klimatycznych Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju dla najbliższej stacji meteorologicznej tj. Gdańsk Port Północny,
- współczynnik przepuszczalności energii promieniowania: 0,67,
- współczynnik zacienienia budynku jw.: 0,95.

W obliczeniach wewnętrznych zysków ciepła przyjęto następujące założenia:

- średnie obciążenie cieplne zyskami wewnętrznymi od ludzi i urządzeń powierzchni biurowej wg ilości osób oraz w oparciu o funkcję użytkową budynku -12 W/m<sup>2</sup>.

Tab. 9. Zestawienie sezonowych zysków ciepła w budynku

Wielkość zysków	Zyski od słońca	Zyski bytowe	SUMA
GJ/rok	706,0	1472,7	2178,7
%	32,40	67,60	100

#### 4.2. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.

Obliczenia aktualnego zapotrzebowania budynku na moc i ciepło do przygotowania c.w.u. przedstawiono w poniższej tabeli.

Obliczenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie c.w.u. wykonano w oparciu o przyjęte jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u. wg Rozporządzenia MliR dotyczącego metodologii

wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku i obliczoną średnią sprawność systemu przygotowania c.w.u.

Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc ciepłą do przygotowania c.w.u. określono wg normy PN-B-01706:1992 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu jako zapotrzebowanie średnie godzinowe.

Założenia do obliczeń:

- wartość jednostkowego dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodą użytkową  $V_{wi}=0,55\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{dzień})$ ;
- współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu ciepłej wody użytkowej  $k_R=0,8$ ;
- liczba godzin pracy instalacji w ciągu doby do obliczeń zapotrzebowania na moc: 12 godzin/dobę.

Tab. 10. Obliczenia aktualnego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania c.w.u.

Obliczeniowa temperatura wody zimnej	°C	10	10
Temperatura ciepłej wody, $t_c$	°C	55	55
<b>Zapotrzebowanie na ciepło</b>			
Jednostkowe dobowe zużycie c.w.u.	$\text{m}^3/(\text{j.o.})\text{dobę}$	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>
Liczba jednostek odniesienia	$\text{m}^2$	<b>2 829,0</b>	<b>2 829,0</b>
wsp. korekcyjny	$k_t$	0,55	0,55
Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	$\text{m}^3/\text{rok}$	826,1	826,1
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania c.w.u. $Q_{ocwp}$	GJ/rok	85,7	85,7
Średnia sprawność dystrybucji c.w.u., $h_{cw}$	-	0,60	0,96
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.: $Q_{ocw} = Q_{ocwp}/\text{sprawność}$	<b>GJ/rok</b>	<b>42,9</b>	<b>62,5</b>
<b>Zapotrzebowanie na moc ciepłą</b>			
Ilość godzin pracy instalacji na dobę	h	12	12
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u.:	$\text{dm}^3/\text{h}$	56,6	132,0
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na moc ciepłą na przygotowanie c.w.u.	<b>kW</b>	<b>3,0</b>	<b>6,9</b>



## 5. Opłaty za ciepło i przygotowanie c.w.u.

### 5.1. Taryfa ciepła.

Budynek jest zaopatrywany w energię ciepłą na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u. z centralnej kotłowni zasilanej gazem ziemnym wysokometanowym.

Wielkości zużywanego gazu w ostatnich latach w kotłowni zestawiono poniżej.

Tab. 11. Wielkości zużywanego gazu w kotłowni.

Rok	Ilość gazu m <sup>3</sup> /a
2005	39511
2006	43023
2007	36298
2008	33265
2009	35226
2010	40786
2011	31688
2012	34015
2013	32877
2014	27522
2018	32533

Koszty **zmienne** wytwarzania ciepła (koszty paliwa) zostały określone przeliczając aktualną cenę paliwa (wg taryfy W-5 ) na cenę jednostkową. Ceny gazu w taryfie przedstawiono poniżej.

Koszty **stałe** wytwarzania ciepła w kotłowni dla stanu istniejącego przyjęto w wysokości określonej przez właściciela jak dla roku 2015. Do kosztów stałych wliczono:

- koszty opłaty stałej sieciowej dystrybucji gazu,
- koszty opłat abonamentowych,
- koszty serwisowania urządzeń.

Tab. 12. Taryfa gazowa W-5.1 (ceny podane netto)

Rodzaj stawki	Jednostka	Cena netto
Cena za paliwo gazowe	gr/kWh	8,999
Stawka opłaty abonamentowej	zł/m-c	-
Stawka opłaty sieciowej-stała	gr/kWh/h za h	0,52
Stawka opłaty sieciowej - zmienna	gr/kWh	2,233
Koszt serwisowania urządzeń	zł/m-c	350

Jednostkowe koszty ciepła na ogrzewanie określone na potrzeby niniejszego audytu odpowiadające jednostkowym kosztom wytwarzania ciepła w kotłowni przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 13. Opłaty jednostkowe za ciepło

Opłata zmienna brutto odpowiadająca wysokości kosztów zmiennych określonych wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonych na zł/GJ, $O_{zco}$ gaz	zł/GJ	43,12
Stała opłata miesięczna brutto odpowiadająca miesięcznym kosztom stałym, określonym zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, $O_{mco}$	zł/MW/m-c	4 288,63

\*Opłaty jednostkowe na potrzeby niniejszego audytu policzono dla wartości spalania gazu z kwietnia 2015 r. i wynoszące dla właściwego obszaru rozliczeniowego ciepła spalania -40,274 MJ/m<sup>3</sup>.

40,274 MJ/m<sup>3</sup>

Opłaty jednostkowe na potrzeby niniejszego audytu policzono przy wartości opałowej gazu ziemnego wysokometanowego w wysokości 36,12 MJ/m<sup>3</sup> wg opracowanego przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) „Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> (WE) w roku 2012 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2015”.

Ciepła woda użytkowa częściowo przygotowywana jest w pojemnościowych i przepływowych wymiennikach c.w.u. zasilanych energią elektryczną. Składniki taryfy elektrycznej dla budynku zestawiono poniżej.

Tab. 14. Taryfa elektryczna dla budynku- taryfa C12a

	zł/kWh
<b>Energa Operator – cena</b>	
Składnik zmienny stawki sieciowej-szczytowy [zł/kWh]	0,3263
Składnik zmienny stawki sieciowej- pozaszczytowy [zł/kWh]	0,1091
<b>cena energii elektrycznej</b>	0,300

Jednostkowe koszty ciepła na przygotowanie c.w.u. określone na podstawie taryfy przyjęte do obliczeń w niniejszym Audycie przedstawiono w poniższych **tablicach**. Do obliczeń przyjęto zużycie energii elektrycznej w proporcjach: 25% zużycia energii elektrycznej w czasie szczytu i 75% zużycie energii elektrycznej poza szczytem.

Tab. 15. Jednostkowe opłaty za ciepło na c.o. i wykorzystywane do przygotowania c.w.u. (taryfa C12a)

Opłata zmienna brutto związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii odpowiadająca cenie za energię elektryczną czynną, stawce systemowej opłaty przesyłowej i składnikowi zmiennemu stawki sieciowej, $O_{z cw}$	zł/GJ	158,3
Stała opłata miesięczna brutto związana z dystrybucją i przesyłem energii odpowiadająca składnikowi stałemu stawki sieciowej, $O_{m cw}$	zł/MW/m-c	0*
Miesięczna opłata abonamentowa, $Ab_{cw}$	zł/m-c	0*

\*opłata stała i opłata abonamentowa dotyczą całości energii elektr. zużywanej przez budynek, nie mają więc wpływu na koszty przygotowania c.w.u. (oznacza to, że koszty stałe energii elektr. są ponoszone w stałej wysokości bez względu na to czy energia elektr. jest wykorzystywana do przygotowania c.w.u., czy nie).

Zestawioną charakterystykę energetyczną budynku dla stanu istniejącego wraz z kosztami ogrzewania i przygotowania c.w.u. zestawiono poniżej.

Tab. 16. Charakterystyka energetyczna budynku

<b>Wyszczególnienie</b>		<b>Stan istniejący</b>
Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc ciepłą na ogrzewanie budynku $q_{0co}$	kW	194,5
Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc ciepłą na przygotowanie c.w.u. $q_{0cw}$	kW	3,0
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $Q_{co}$	GJ/rok	845,2
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu): $Q_{0co}$	GJ/rok	1 181,5
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. $Q_{0cw}$	GJ/rok	105,4
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na moc grzewczą	W/m <sup>3</sup>	14,4
Kubaturowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło $E_v$ w standardowym sezonie grzewczym (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>3</sup> ×rok	17,3
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło $E_{vs}$ w standardowym sezonie grzewczym (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>3</sup> ×rok	24,2
Powierzchniowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło $E_s$ w standardowym sezonie grzewczym (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>2</sup> ×rok	116,0
<b>Koszty ogrzewania budynku (wliczone koszty stałe)</b>	<b>zł/rok</b>	<b>60 916</b>
<b>Koszty przygotowania c.w.u.</b>	<b>zł/rok</b>	<b>11 740</b>

## **6. Ocena stanu technicznego budynku**

### **6.1. Ocena stanu technicznego przegród zewnętrznych budynku**

Elementy konstrukcyjne są w dobrym stanie technicznym.

Okna zostały w całym budynku wymienione nowe w ramach z PCW. Dach w części głównej został wyremontowany poprzez położenie nowego przekrycia dachowego z dachówki ceramicznej.

Konieczne jest wykonanie izolacji pionowej budynku w części podpiwniczonej. W wielu miejscach widoczne są ślady przesiąkania wód opadowych, spękania, purchle, odpadanie tynku.

Przegrody zewnętrzne budynku (z wyjątkiem wymienionych okien ) nie spełniają obecnie obowiązujących wymagań dotyczących oszczędności energii i izolacyjności cieplnej zgodnie z Rozporządzeniem MI z dn. 8 grudnia 2017 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Powyższe wymagania są spełnione, jeżeli współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych budynku nie przekraczają wartości maksymalnych określonych w załączniku do tego rozporządzenia. Obowiązujące wielkości współczynników przenikania ciepła przedstawiono w **załączniku nr 3**.

W celu poprawy komfortu cieplnego w budynku oraz uzyskania oszczędności energii, a tym samym zmniejszenia kosztów ciepła do ogrzewania budynku, a także dostosowania przegród w budynku do aktualnie obowiązujących wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej należy przeprowadzić termomodernizację możliwych przegród zewnętrznych budynku.

### **6.2. Ocena stanu źródła ciepła**

Stan techniczny źródła ciepła jest dobry. Kotłownia zamontowana została w 2002 roku jest na bieżąco serwisowana i utrzymywana w dobrym stanie.

### **6.3. Ocena stanu technicznego instalacji c.o.**

Stan techniczny instalacji c.o. jest dostateczny i zły. Wiek instalacji wynosi ponad 50 lat.

Część przewodów rozpraszających jest zakamieniona i skorodowana co powoduje konieczność wykonywania częstych napraw. Izolacja na części przewodów jest uszkodzona.

Elementami grzejnymi w budynku są grzejniki żeliwne oraz stalowe.

Wymiana instalacji (przewodów i grzejników) pozwoli na zmniejszenie bezwładności systemu i zmniejszenie strat ciepła oraz na dostosowanie systemu do zmniejszonych potrzeb cieplnych po termomodernizacji budynku a także na ograniczenie strat ciepła.

Wymiana instalacji jest okazją, na takie poprowadzenie nowej instalacji, aby zostały wydzielone osobne obiegi dla grup pomieszczeń o podobnym harmonogramie użytkowania i tym samym różnicowanie zastosowania obniżen czasowych dla wydzielonych obiegów.

### **6.4. Ocena stanu technicznego instalacji c.w.u.**

Stan techniczny instalacji jest dobry. Centralna instalacja c.w.u. zasila w c.w.u. tylko pomieszczenia zlokalizowane w łączniku w pobliżu kotłowni.

W pozostałych punktach odbioru c.w.u przygotowywana jest miejscowo i charakteryzuje się stosunkowo wysoką sprawnością wytwarzania ciepła a także małymi stratami z uwagi na przygotowanie c.w.u. w miejscu wykorzystania.

### **6.5. Ocena stanu technicznego systemu wentylacji**

W budynku nie obserwuje się zawyżonej (ponadnormatywnej) infiltrację powietrza zewn. przez nieszczelne okna w części sportowej budynku. Istniejące kanały wentylacyjne są drożne, zaś dla części pomieszczeń doprowadzono nowe kanały wentylacyjne w ostatnim roku.

Zastrzeżenie budzi system wentylacji na sali gimnastycznej w budynku. Otwory w murze z uwagi na istnienie sufitu podwieszanego nie spełniają prawidłowo funkcji wentylacyjnej.

## 7. Wykaz usprawnień i przedsięwzięć wybranych do optymalizacji

Celem uzyskania obniżenia kosztów energii cieplnej w budynku przeanalizowano wszystkie elementy mające wpływ na te koszty tj. głównie elementy powodujące straty ciepła oraz przeanalizowano ulepszenia termomodernizacyjne mogące zmniejszyć lub wyeliminować poszczególne straty. Przeanalizowano zabiegi dotyczące struktury budowlanej oraz systemu grzewczego i wentylacyjnego.

W wyniku przeprowadzonej analizy możliwych do wykonania oraz racjonalnych dla tego budynku ulepszeń termomodernizacyjnych, do optymalizacji zostały wybrane następujące ulepszenia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, oznaczone symbolami i przedstawione w tabeli poniżej.

W przypadku ulepszeń polegających na ocieplaniu/docieplaniu przegród budowlanych optymalizacja polega na wyborze optymalnego dodatkowego oporu cieplnego ( $\Delta R$ ) odpowiadającego optymalnej grubości warstwy ocieplenia przegrody, dla którego prosty czas zwrotu nakładów (SPBT) przyjmuje wartość minimalną. Jednocześnie wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody po termomodernizacji powinna spełniać aktualnie obowiązujące (od 1.01.2014 do 31.12.2020 r.) wymagania wg rozporządzenia MI z dn. 1 stycznia 2018 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

W niniejszym opracowaniu dążono do tego aby przegrody po wykonaniu proponowanych prac termomodernizacyjnych, spełniały wymagania opisane w **Warunkach Technicznych jak dla roku 2020**. Szczegółowe zestawienie wymagań przedstawiono w załączniku 3.

W przypadku przedsięwzięć polegających na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji (wentylacji naturalnej i mechanicznej wywiewnej) porównuje się warianty o tym samym zakresie ulepszeń. Jednocześnie wartość współczynnika ciepła przenikania ciepła okien po wymianie nie może być większa niż określona w rozporządzeniu j.w.

W przypadku przedsięwzięć termomodernizacyjnych prowadzących do zmniejszenia zapotrzebowania na energię przez system wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej oraz w przypadku przedsięwzięć termomodernizacyjnych związanych ze zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej porównuje się warianty o tym samym zakresie ulepszeń.

L.p.	Wyszczególnienie	Charakterystyka stanu istniejącego	Możliwości i sposób poprawy	Wariant
1	2	3	4	5
1	Ściany zewnętrzne pomieszczeń piwnicznych przy gruncie	średnia izolacyjność termiczna przegrody $U \geq 0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$  brak lub uszkodzona izolacja pionowa	Ocieplenie dla $U$ poniżej $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  wykonanie izolacji pionowej wokół pomieszczeń piwnicznych	<b>A</b>
2	Ściany zewnętrzne bud.-	niska izolacyjność termiczna przegrody $U \geq 1,15\text{-}1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$	Z uwagi na ochronę konserwatorską nie analizowano wariantu ocieplenia ścian zewnętrznych	-
3	Stropodach łącznik	niska izolacyjność termiczna przegrody	Ocieplenie dachu dla uzyskania $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	<b>B</b>

		$U \geq 1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$		
4	Stropodach nad częścią sportową (sala gimnastyczna i siłownia)	niska izolacyjność termiczna przegrody $U \geq 1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$	Ocieplenie dachu dla uzyskania $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	<b>B</b>
5	Dach poddasza nieużytkowanego	dobry stan techniczny, niska izolacyjność cieplna	Ocieplenie połaci dachowej dla uzyskania $U < 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	<b>C</b>
6	Okna nowe w ramach z PCV	dobry stan techniczny, wysoka izolacyjność cieplna	-	-
7	Drzwi wejściowe główne do budynku	dostateczny stan techniczny, niska izolacyjność cieplna	Wymiana części drzwi na nowe o lepszym wsp. U i szczelności.	<b>D</b>
8	Drzwi wejściowe do budynku - pozostałe	dostateczny stan techniczny,	Wymiana części drzwi na nowe o lepszym wsp. U i szczelności.	<b>D</b>
9	Instalacja c.w.u.	dobry stan techniczny instalacji,	-	-
10	Instalacja wentylacji	nieskuteczna wentylacja na sali gimnastycznej	Wprowadzenie do pomieszczeń sportowych instalacji wentylacji mechanicznej	<b>E</b>
11	Instalacja c.o.	dostateczny i zły stan techniczny przewodów rozprowadzających pionowych, brak możliwości precyzyjnej regulacji instalacji	Modernizacja źródła ciepła i instalacji c.o.	<b>F</b>

## **8. Optymalizacja usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych**

Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wykonano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dn. 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego wraz z uwzględnieniem zmian z 3 września 2015r.

### **8.1. Ocena opłacalności i wybór usprawnień termomodernizacyjnych prowadzących do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez przegrody budowlane i zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie powietrza wentylacyjnego**

#### **8.1.1. Ocena opłacalności i wybór usprawnień termomodernizacyjnych prowadzących do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez ściany, stropy i stropodachy**

Ocenę opłacalności i wybór usprawnień termomodernizacyjnych prowadzących do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez ściany, stropy i stropodachy przedstawiono w poniższych tabelach.



Tab. 17. Ocena opłacalności i wybór wariantu usprawnienia zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie przez ściany zewn. budynku

Docieplenie ścian zewnętrznych budynku w gruncie wraz z wykonaniem izolacji pionowej					
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu usprawnienia			Akoszt [m²]	150	
Opis wariantów usprawnienia:					
Przewiduje się ocieplenie ścian zewn. piwnic przy gruncie poprzez przyklejenie warstwy izolacji z polistyrenu ekstrudowanego wraz z wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej.					
Rozpatruje się 1 wariant z warstwą izolacji (wsp. przewodzenia)			0,035		
Wariant A1– grubość warstwy izolacji			12 cm		
Wariant A2- grubość warstwy izolacji			14 cm		
Wariant A3– grubość warstwy izolacji			16 cm		
Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	A1	A2	A3
Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej g	cm		12,0	14,0	16,0
Opór cieplny przegrody docieplonej warstwą izolacji R (do gr. izolacji)	(m²×K)/W	1,85	5,28	5,85	6,42
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie	GJ/rok	25,2	8,8	8,0	7,3
Zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie	MW	0,0029	0,0010	0,0009	0,0008
Roczna oszczędność kosztów ciepła	zł/rok		802	845	879
Cena jednostkowa usprawnienia netto	zł/m²		330,00	350,00	380,00
Planowane nakłady na realizację usprawnienia brutto Nu	zł		60 885,00	64 575,00	70 110,00
SPBT	lata		75,90	76,46	79,73
Współczynnik przenikania ciepła przegrody U	W/(m²×K)	0,54	0,19	0,17	0,16
Podstawa przyjętych wartości N <sub>u</sub> :					
Planowane nakłady na usprawnienie stanowią iloczyn ceny jednostkowej brutto i całkowitej powierzchni ścian piwnicznych w gruncie (A <sub>koszt</sub> ). W cenie brutto ujęte są dodatkowe koszty obejmujące prace ziemne oraz wykonanie izolacji przeciwwilgociowej i odtworzenia istniejącej struktury ziemnej.					
Wybrany wariant	A1	Nakłady [zł]	60 885,00	SPBT [lata]	75,90

Tab. 18. Ocena opłacalności i wybór wariantu usprawnienia zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie przez dach budynku

Docieplenie dachu płaskiego części sportowej (sala gimnastyczna z siłownią) i łącznika						
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu usprawnienia				Akoszt [m <sup>2</sup> ]		427
Opis wariantów usprawnienia:						
Przewiduje się ocieplenie stropodachu budynku poprzez przyklejenie warstwy izolacji ze styropianu laminowanego papą asfaltową i wykonanie zewnętrznego pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej.						
Rozpatruje się 1 wariant z warstwą izolacji (wsp. przewodzenia)				0,038		
Wariant B1– grubość warstwy izolacji				20 cm		
Wariant B2- grubość warstwy izolacji				25 cm		
Wariant B3– grubość warstwy izolacji				30 cm		
Omówienie		Jednostka	Stan istniejący	B1	B2	B3
Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej g		cm		20,0	25,0	30,0
Opór cieplny przegrody docieplonej warstwą izolacji R	DACH SALI GIMN. I SIŁOWNI	(m <sup>2</sup> ×K)/W	1,11	6,37	7,69	9,01
	DACH ŁĄCZNIKA	(m <sup>2</sup> ×K)/W	1,11	6,37	7,69	9,01
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie	DACH SALI GIMN. I SIŁOWNI	GJ/rok	60	10	9	7
	DACH ŁĄCZNIKA	GJ/rok	38	7	5	5
Zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie	DACH SALI GIMN. I SIŁOWNI	MW	0,0084	0,0015	0,0012	0,0010
	DACH ŁĄCZNIKA	MW	0,0044	0,0008	0,0006	0,0005
Roczna oszczędność kosztów ciepła		zł/rok		4 013	4 158	4 261
Cena jednostkowa usprawnienia netto		zł/m <sup>2</sup>		195,00	205,00	215,00
Planowane nakłady na realizację usprawnienia brutto Nu		zł		102 416	107 668	112 920
SPBT		lata		25,52	25,89	26,50
Współczynnik przenikania ciepła przegrody U	DACH SALI GIMN. I SIŁOWNI	W/(m <sup>2</sup> ×K)	0,90	0,16	0,13	0,11
	DACH ŁĄCZNIKA	W/(m <sup>2</sup> ×K)	0,90	0,16	0,13	0,11
Podstawa przyjętych wartości N <sub>u</sub> :						
Planowane nakłady na usprawnienie stanowią iloczyn ceny jednostkowej brutto i całkowitej powierzchni dachow (A <sub>koszt</sub> ).						
Wybrany wariant	B2	Nakłady [zł]	107 668,05	SPBT [lata]		25,89

Tab. 19. Ocena opłacalności i wybór wariantu usprawnienia zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie przez Dach budynku

Docieplenie dachu spadowego i stropu na poddaszu budynku					
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu usprawnienia			Akoszt [m²]	890	
Opis wariantów usprawnienia:					
Przewiduje się ocieplenie dachu w budynku głównym poprzez ułożenie pomiędzy krokiewkami warstwy izolacji z wełny mineralnej i zabezpieczeniu skosów izolacji warstwą płyt karton-gips.					
Rozpatruje się 1 wariant z warstwą izolacji (wsp. przewodzenia)			0,040		
Wariant C1– grubość warstwy izolacji			22 cm		
Wariant C2- grubość warstwy izolacji			25 cm		
Wariant C3– grubość warstwy izolacji			30 cm		
Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	C1	C2	C3
Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej g	cm		22,0	25,0	30,0
Opór cieplny przegrody docieplonej warstwą izolacji R (do gr. izolacji)	(m²×K)/W	0,36	5,86	6,61	7,86
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie	GJ/rok	177,6	10,9	9,7	8,2
Zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie	MW	0,0592	0,0036	0,0032	0,0027
Roczna oszczędność kosztów ciepła	zł/rok		10 045	10 120	10 213
Cena jednostkowa usprawnienia netto	zł/m²		225,00	240,00	260,00
Planowane nakłady na realizację usprawnienia brutto Nu	zł		246 307,5	262 728,0	284 622,0
SPBT	lata		24,52	25,96	27,87
Współczynnik przenikania ciepła przegrody U	W/(m²×K)	2,77	0,17	0,15	0,13
Podstawa przyjętych wartości N <sub>u</sub> :					
Planowane nakłady na usprawnienie stanowią iloczyn ceny jednostkowej brutto i całkowitej powierzchni dachu (A <sub>koszt</sub> ).					
Wybrany wariant	C2	Nakłady [zł]	262 728,00	SPBT [lata]	25,96

### **8.1.2. Ocena opłacalności i wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego polegającego na wymianie okien 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.

Strumień powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniach, w których przewidziano wymianę drzwi:

$$V_{\text{nom}} = 50 \text{ m}^3/\text{h} - \text{wariant D}$$

Ocenę opłacalności i wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego polegającego na wymianie okien i drzwi przedstawiono w poniższych tabelach.

Tab. 20. Ocena opłacalności i wybór wariantu usprawnienia zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie przez drzwi budynku

Wymiana drzwi zewn. wejściowych do budynku							
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu usprawnienia				Akoszt [szt.]		2,0	
Opis wariantów usprawnienia:							
Przewiduje się wymianę drzwi zewnętrznych wejściowych do budynku na nowe o lepszej izolacyjności cieplnej i szczelności.							
Rozpatruje się 3 warianty różniące się współczynnikiem przenikania ciepła dla drzwi							
Wariant D1– wsp. przenikania ciepła				1,5 W/m²K			
Wariant D2– wsp. przenikania ciepła				1,3 W/m²K			
Wariant D3– wsp. przenikania ciepła				1,0 W/m²K			
Wariant D4– wsp. przenikania ciepła				0,5 W/m²K			
Omówienie		Jednostka	Stan istniejący	D1	D2	D3	D4
Współczynnik przenikania ciepła drzwi	Drzwi o wsp. U	W/(m²×K)	2,5	1,5	1,3	1,0	0,5
	Drzwi o wsp. U	W/(m²×K)	2,5	1,5	1,3	1,0	0,5
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie:	Drzwi o wsp. U	GJ/rok	3,9	2,3	2,0	1,6	0,8
	Drzwi o wsp. U	GJ/rok	1,7	1,0	0,9	0,7	0,3
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na wentylację	Drzwi o wsp. U	GJ/rok	6,3	5,3	5,3	5,3	5,3
	Drzwi o wsp. U	GJ/rok	4,6	3,9	3,9	3,9	3,9
Łączne zapotrzebowanie na ciepło		GJ/rok	16,6	12,6	12,1	11,4	10,3
Zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie	Drzwi o wsp. U	MW	0,0005	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001
	Drzwi o wsp. U	MW	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000
Zapotrzebowanie na moc cieplną na wentylację	Drzwi o wsp. U	MW	0,0009	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
	Drzwi o wsp. U	MW	0,0007	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Łączne zapotrzebowanie na moc cieplną		MW	0,0022	0,0015	0,0015	0,0014	0,0013
Roczna oszczędność kosztów ciepła		zł/rok		211	234	267	323
Cena jednostkowa (bez VAT) wymiany okien		zł/szt.		4 900,0	5 100,0	5 450,0	6 800,0
Planowane nakłady na realizację usprawnienia brutto Nu		zł		12 054,00	12 546,00	13 407,00	16 728,00
SPBT		lata		57,00	53,68	50,20	51,84
Podstawa przyjętych wartości N <sub>u</sub> :							
Planowane nakłady na usprawnienie stanowią iloczyn ceny jednostkowej brutto i ilości sztuk drzwi (A <sub>koszt</sub> ).							
Wybrany wariant	D3	Nakłady [zł]	13 407,00	SPBT [lata]		50,20	

## 8.2. Ocena opłacalności i wybór usprawnień termomodernizacyjnych prowadzących do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez przegrody budowlane i zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie powietrza wentylacyjnego

8.2.1 Metoda oceny opłacalności i wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego zmniejszenia zapotrzebowania na energię przez system wentylacji mechanicznej nawiewno-wyiewnej.

### Propozycje modernizacji systemów wentylacji

W budynku sali gimnastycznej z uwagi na nieprawidłowo działającą wentylację grawitacyjną zastosowany zostanie system wentylacji mechanicznej oparty o pracę centrali nawiewno-wyciągowej z odzyskiem ciepła. Nowa centrala nawiewno-wyciągowa z odzyskiem ciepła zostanie umieszczona na dachu budynku.

Wykonane zostanie system kanałów powietrznych, z przepustnicami regulacyjnymi i uzbrojeniem otworów nawiewnych i wyciągowych.

Nowa centrala wentylacyjna nawiewno-wyciągowa powinna posiadać zapas mocy cieplnej na podgrzanie powietrza po okresie obniżonych temperatur.

### Bilans zapotrzebowania na ciepło po modernizacji.

W Sali gimnastycznej i siłowni przewiduje się zastosowanie typowego układu wentylacyjnego z odzyskiem ciepła za pomocą wymiennika krzyżowego co pozwoli na odzysk 50-60% ciepła od powietrza wyrzucanego.

Bilans dla centrali wentylacji mechanicznej dla stanu po modernizacji zestawiono poniżej.

Tab. 21. Bilans systemów wentylacji mechanicznej dla stanu po modernizacji

L.p.	System	Nawiew	Wyciąg	Moc cieplna	Zapotrzebowanie na ciepło
-	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	kW	GJ/rok
1	Sala gimnastyczna i siłownia	2 000	1 800	21	18

Jednocześnie z montażem centrali wentylacyjnej zostanie znacznie zmniejszona wymiana naturalna powietrza poprzez ograniczenie niekontrolowanego wietrzenia pomieszczeń i wentylacji grawitacyjnej.

Bilans instalacji wentylacji przedstawiono w tabeli poniżej.

Tab. 22. Bilans modernizacji systemów wentylacji.

	Zużycie		
	Wentylacja mechaniczna	Wentylacja naturalna	Razem
	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok
Stan bazowy	0	64	64
Stan po modernizacji	18	22	40
<b>Oszczędności</b>	<b>24</b>		

Dla średniej ceny ciepła (43,08 zł/GJ) oszczędności kosztów wyniosą 1 034 zł/rok. Nakłady na modernizację systemów wentylacji mechanicznej zestawiono poniżej.

Tab. 23. Zestawienie nakładów na modernizację systemów wentylacji (zł, brutto).

L.p.	System	Centrale, wentylatory, automatyka	System dystrybucji powietrza	Razem
1	Sala gimnastyczna i siłownia	50 000	35 000	85 000

Poniżej zestawiono bilans i opłacalność modernizacji wentylacji grawitacyjnej i mechanicznej.

Tab. 24. Oszczędności kosztów po modernizacji systemów wentylacji.

Wariant	Roczna oszczędność kosztów ciepła, $\Delta Q_{rwent}$	Nakłady na modernizację	SPBT
	zł	zł	lata
E	1 034	85 000	82,2

### 8.3. Wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność cieplną systemu grzewczego

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

Zaproponowano takie przedsięwzięcie termomodernizacyjne dotyczące systemu grzewczego, które poprawi jego sprawność i dostosuje system do aktualnych wymagań technicznych oraz nowych potrzeb cieplnych budynku po termomodernizacji budynku. Przewiduje się:

- poprawienie sprawności wykorzystania i przesyłania ciepła,
- regulację automatyczną instalacji,
- regulację wstępną (stałą) instalacji,
- zwiększenie wykorzystania OZE w budynku.

Przeanalizowano warianty zmiany źródła ciepła. Zaproponowano zamontowanie systemu opartego o powietrzną pompę ciepła, w którym istniejąca kotłownia gazowa będzie pełnić funkcję źródła szczytowego w okresach najniższych temperatur powietrza zewnętrznego.

#### Wariant F

- montaż powietrznej pompy ciepła zasilanej gazem ziemnym,
- wymianę poziomych przewodów rozprowadzających ciepło wraz z ich izolacją oraz pionowych przewodów doprowadzających ciepło do grzejników wraz z gałkami doprowadzającymi,
- wymianę grzejników na nowe stalowe płytowe z konwektorem,
- regulację wstępną i automatyczną instalacji c.o. za pomocą zamontowanych na grzejnikach termostatycznych zaworów grzejnikowych z nastawą wstępną oraz zabezpieczeniem przed urwaniem,
- wykonaniu dodatkowych układów mieszania pompowego na obiegu instalacji c.o.,

- wykonaniu regulacji wstępnej instalacji c.o. za pomocą nastaw wstępnych na zaworach grzejnikowych.

Zaproponowano montaż powietrznej pompy ciepła o mocy 80 kW.

Szczegółowe obliczenia dla nowego źródła ciepła zawarto w załączniku nr 4.

Sprawności składowe i sprawność całkowitą systemu grzewczego oraz współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby i tygodnia przed i po modernizacji przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 25 Sprawności systemu grzewczego po modernizacji.

Rodzaje sprawności i współczynników uwzględniających przerwy w ogrzewaniu		Przed modernizacją	Po modernizacji
Średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła	$\eta_s$	1,00	1,00
Średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła	$\eta_g$	0,94	1,50
Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła	$\eta_e$	0,77	0,89
Średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepła	$\eta_d$	0,90	0,90
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	$w_t$	1,00	1,00
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	$w_d$	0,91	0,91
<b>Sprawność całkowita systemu grzewczego:</b>	$\eta$	<b>0,651</b>	<b>1,202</b>

Nakłady na modernizację systemu grzewczego obejmują roboty montażowe, dostawy urządzeń i materiałów oraz nadzór inwestycyjny i prace rozruchowe.

Nakłady na modernizację systemu grzewczego oraz źródła ciepła w budynku przedstawiono poniżej.



Tab. 26 Nakłady inwestycyjne na modernizację systemu grzewczego

Rodzaj modernizacji	Jednostka	Liczba jednostek	Koszt jednostkowy netto	Nakłady
			zł	zł
Montaż nowego źródła ciepła - powietrznej pompy ciepła o mocy 80 kW zasilanej gazem ziemnym	kpl.	1	250000,0	307 500,00
Modernizacja rurociągów rozprowadzających ciepło w budynku wraz z ich izolacją	mb.	224	300,0	82 656,00
Modernizacja instalacji c.o. (wymiana grzejników, pionów, gałęzek doprowadzających, zaworów zakres P=1K)	szt.	108	1500,0	199 260,00
Połączenie nowowykonanej instalacji c.o. z układem kotłowni.	kpl.	1	6000,0	7 380,00
Niezbędne prace budowlane	kpl.	1	4000,0	4 920,00
<b>SUMA-</b>				<b>601 716,00</b>

Opłacalność przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego przedstawiono poniżej.

Tab. 27 Opłacalność modernizacji systemu grzewczego

Wariant	Roczna oszczędność kosztów ciepła, $DO_{rcos}$	Nakłady na modernizację	SPBT $N_{co}/DO_{rcos}$
	zł/rok	zł	Lata
<b>F</b>	27 914	601 716,00	21,56

#### 8.4. Zestawienie wybranych usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych w kolejności rosnącej SPBT

Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło w wyniku zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz warianty przedsięwzięć termomodernizacyjnych dotyczących modernizacji systemu wentylacji naturalnej, uszeregowane według rosnącej wartości SPBT, przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 28. Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne uszeregowane wg rosnącej wartości SPBT

	<b>Przedsięwzięcie termomodernizacyjne</b>	<b>Wariant</b>	<b>SPBT</b>	<b>Wariant 1</b>
1.	Modernizacja instalacji grzewczej w budynku			601 716,00
2.	Docieplenie dachu płaskiego części sportowej (sala gimnastyczna z siłownią) i łącznika	<b>B2</b>	<b>25,91</b>	107 668,05
3.	Docieplenie dachu spadowego i stropu na poddaszu budynku	<b>C2</b>	<b>25,98</b>	262 728,00
4.	Wymiana drzwi zewn. wejściowych do budynku	<b>D3</b>	<b>50,23</b>	13 407,00
5.	Docieplenie ścian zewnętrznych budynku w gruncie wraz z wykonaniem izolacji pionowej	<b>A1</b>	<b>75,95</b>	60 885,00
6.	Modernizacja instalacji wentylacji na Sali gimnastycznej i siłowni	<b>E</b>	<b>82,20</b>	85 000,00

## 9. Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

### 9.1. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizacji systemu wentylacji naturalnej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, obliczono kolejno:

- planowane nakłady całkowite na przedsięwzięcie termomodernizacyjne  $N$ , 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 kosztów energii cieplnej  $\Delta O_r$  przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia zgodnie ze wzorem:

$$\Delta O_r = (w_{t0} \cdot w_{d0} \cdot Q_{0co}/\eta_0 + Q_{0cw}) \cdot O_z - (w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{1co}/\eta_1 + Q_{1cw}) \cdot O_z + 12 \cdot [(q_{0co} + q_{0cw}) \cdot O_m - (q_{1co} + q_{1cw}) \cdot O_m] \quad [\text{zł/rok}]$$

gdzie:

- $Q_{0co}, Q_{1co}$  – sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło do ogrzewania przed i po termomodernizacji, GJ/rok,
- $w_{t0}, w_{t1}$  – współczynnik uwzględniający przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przed i po termomodernizacji,
- $w_{d0}, w_{d1}$  – współczynnik uwzględniający przerwy w ogrzewaniu w ciągu doby przed i po termomodernizacji,
- $\eta_0, \eta_1$  – całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po termomodernizacji,
- $Q_{0cw}, Q_{1cw}$  – zapotrzebowanie budynku na ciepło do przygotowania c.w.u. przed i po termomodernizacji, GJ/rok,
- $q_{0co}, q_{1co}$  – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną na c.o. przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, MW,
- $q_{0cw}, q_{1cw}$  – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną na przygotowanie c.w.u. przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, MW,
- $O_m$  – stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii, zł/MW/m-c,
- $O_z$  – opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii, zł/GJ,
- zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej;

1. kwota środków własnych nie jest większa niż maksymalna wielkość określona przez inwestora.

### 9.2. Określenie wariantów i wybór optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Ze wskazanych usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych utworzono warianty przedsięwzięcia termomodernizacyjnego. W kosztach całkowitych uwzględniono dodatkowy koszt opracowania niezbędnej dokumentacji technicznej i nadzoru inwestorskiego w wysokości **5%** kosztów inwestycji.

Warianty wraz z planowanymi nakładami przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 29. Zestawienie wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

	Przedsięwzięcie termomodernizacyjne	Wariant	SPBT	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4	Wariant 5	Wariant 6
1.	Modernizacja instalacji grzewczej w budynku			601 716,00	601 716,00	601 716,00	601 716,00	601 716,00	601 716,00
2.	Docieplenie dachu płaskiego części sportowej (sala gimnastyczna z siłownią) i łącznika	B2	25,91	107 668,05	107 668,05	107 668,05	107 668,05	107 668,05	
3.	Docieplenie dachu spadowego i stropu na poddaszu budynku	C2	25,98	262 728,00	262 728,00	262 728,00	262 728,00		
4.	Wymiana drzwi zewn. wejściowych do budynku	D3	50,23	13 407,00	13 407,00	13 407,00			
5.	Docieplenie ścian zewnętrznych budynku w gruncie wraz z wykonaniem izolacji pionowej	A1	75,95	60 885,00	60 885,00				
6.	Modernizacja instalacji wentylacji na Sali gimnastycznej i siłowni	E	82,20	85 000,00					
	<b>SUMA</b>			<b>1 131 404,05</b>	<b>1 046 404,05</b>	<b>985 519,05</b>	<b>972 112,05</b>	<b>709 384,05</b>	<b>601 716,00</b>
	niezbędna dok. tech., nadzór inwestorski			56 570,20	52 320,20	49 275,95	48 605,60	35 469,20	30 085,80
	<b>Koszty całkowite</b>			<b>1 187 974,25</b>	<b>1 098 724,25</b>	<b>1 034 795,00</b>	<b>1 020 717,65</b>	<b>744 853,25</b>	<b>631 801,80</b>

Tab. 30. Wybór optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

						Premia termomodernizacyjna		
Wariant	Planowane koszty całkowite	Roczne oszczędności kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem spr. całkowitej)	Optymalna kwota dotacji / środki własne		20% kredytu	16% kosztów całkowitych	Dwukrotność rocznej oszczędności kosztów energii
	[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł]	[%]	[zł]	[zł]	[zł]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wariant 1	1 187 974,25	35 105	46,5	<u>724 664,29</u> 463 309,96	<u>61</u> 39	Nie dotyczy		
Wariant 2	1 098 724,25	33 686	43,9	<u>670 221,79</u> 428 502,46	<u>61</u> 39			
Wariant 3	1 034 795,00	33 561	43,7	<u>631 224,95</u> 403 570,05	<u>61</u> 39			
Wariant 4	1 020 717,65	33 482	43,5	<u>622 637,77</u> 398 079,88	<u>61</u> 39			
Wariant 5	744 853,25	31 219	39,4	<u>454 360,48</u> 290 492,77	<u>61</u> 39			
Wariant 6	631 801,80	29 130	35,7	<u>385 399,10</u> 246 402,70	<u>61</u> 39			

Tab. 31. Charakterystyki energetyczne dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

	$Q_{co}$	sprawność instalacji $\eta_{co}$			$Q_{0co}, Q_{1co}$	$q_{0co}, q_{1co}$	$Q_{0cw}, Q_{1cw}$	$q_{0cw}, q_{1cw}$				
	[GJ/rok]		wt	wd	[GJ/rok]	[kW]	[GJ/rok]	[kW]	[kWh/m³ a]	[kWh/m³ a]	[kWh/m³ a]	[kWh/m³ a]
Stan istniejący	845	0,651	1,00	0,91	1 181,5	195	105,4	3,0	17,3	24,2	83,0	116,0
Wariant 1	687	0,754/2,083	1,00	0,91	601,4	171	77,0	3,0	14,1	12,3	67,4	59,1
Wariant 2	707	0,754/2,083	1,00	0,91	634,3	175	77,0	3,0	14,5	13,0	69,5	62,3
Wariant 3	711	0,754/2,083	1,00	0,91	637,2	175	77,0	3,0	14,6	13,1	69,8	62,6
Wariant 4	730	0,754/2,083	1,00	0,91	639,1	176	77,0	3,0	15,0	13,1	71,7	62,7
Wariant 5	785	0,754/2,083	1,00	0,91	691,6	183	77,0	3,0	16,1	14,2	77,1	67,9
Wariant 6	845	0,754/2,083	1,00	0,91	740,1	195	77,0	3,0	17,3	15,2	83,0	72,7

gdzie:

- $Q_{co}, Q_{co}$  – sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło do ogrzewania bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i współczynników uwzględniających przerwy w ogrzewaniu, GJ/rok,  
 $Q_{0co}, Q_{1co}$  – zapotrzebowanie budynku na ciepło do ogrzewania z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i współczynników uwzględniających przerwy w ogrzewaniu, GJ/rok,  
 $Q_{0cw}, Q_{1cw}$  – zapotrzebowanie budynku na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej, GJ/rok,  
 $Q_{0went}, Q_{0went}$  – zapotrzebowanie budynku na ciepło dla potrzeb wentylacji, GJ/rok,  
 $q_{0co}, q_{1co}$  – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną na potrzeby c.o., kW,  
 $q_{0cw}, q_{1cw}$  – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną na potrzeby przygotowania c.w.u., kW,  
 $q_{0went}, q_{1went}$  – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną na wentylacji., kW,  
 $E_v$  – kubaturowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu ogrzewania, kWh/(m³·rok).  
 $E_{vs}$  – kubaturowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania, kWh/(m³·rok).  
 $E_s$  – powierzchniowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania, kWh/(m²·rok).

### 9.3. Efekt ekologiczny działań termomodernizacyjnych

Nr wariantu	Zapotrzebowanie na energię końcową- gaz ziemny	Zapotrzebowanie na energię końcową- energia elektr.	Wielkość emisji CO <sub>2</sub> *	Efekt ekologiczny	Efekt ekologiczny
	GJ/rok		t CO <sub>2</sub> /rok	t CO <sub>2</sub> /rok	%
Stan istniejący	1 224,45	62,46	81,96		
1	601,39	62,46	47,42	34,54	42,1%
2	634,32	62,46	49,25	32,71	39,9%
3	637,22	62,46	49,41	32,55	39,7%
4	639,05	62,46	49,51	32,45	39,6%
5	691,59	62,46	52,42	29,54	36,0%
6	740,07	62,46	55,11	26,85	32,8%

\* dane emisji dla gazu ziemnego i energii elektrycznej:

- jednostkowa wielkość emisji z energii elektr. CO<sub>2</sub>- 812 kg/MWh / 3,6 = 225,56 kg/GJ – wg. „Wskaźniki emisyjności dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych”, KOBIZE, 12.2018
- jednostkowa wielkość emisji z gazu ziemnego wysokometanowego CO<sub>2</sub>- 55,43 kg /GJ – wg. „Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> (WE) w roku 2016 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do emisji za rok 2019” KOBIZE, 12.2018.

#### 9.4. Charakterystyka energetyczna budynku dla optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

W poniższej tabeli przedstawiono charakterystykę energetyczną budynku po wykonanych następujących pracach termomodernizacyjnych składających się na wybrany wariant 1:

- docieplenie ścian zewnętrznych przy gruncie wraz z wykonaniem izolacji pionowej w budynku,
- ocieplenie dachu części sportowej budynku i łącznika,
- ocieplenie skosów stropu poddasza budynku,
- wymiana drzwi w budynku,
- modernizacja systemu wentylacji w części sportowej,
- modernizacja instalacji c.o.

Tab. 32. Charakterystyka energetyczna budynku dla optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Wyszczególnienie		Stan istniejący	Wariant 1
Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną na ogrzewanie budynku $q_{0co}$	kW	194,5	171,2
Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną na przygotowanie c.w.u. $q_{0cw}$	kW	3,0	3,0
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $Q_{co}$	GJ/rok	845,2	686,8
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu): $Q_{0co}$	GJ/rok	1181,5	601,4
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. $Q_{0cw}$	GJ/rok	105,4	77,0
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na moc grzewczą	W/m <sup>3</sup>	14,4	12,6
Kubaturowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło $E_v$ w standardowym sezonie grzewczym (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>3</sup> ×rok	17,3	14,1
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło $E_{vs}$ w standardowym sezonie grzewczym (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>3</sup> ×rok	24,2	12,3
Powierzchniowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło $E_s$ w standardowym sezonie grzewczym (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>2</sup> ×rok	116,0	59,1
<b>Koszty ogrzewania budynku (wliczone koszty stałe)</b>	<b>zł/rok</b>	<b>60 916</b>	<b>26 575</b>
<b>Koszty przygotowania c.w.u.</b>	<b>zł/rok</b>	<b>11 740</b>	<b>12 191</b>

**10. Wnioski. Opis techniczny wybranego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego**

1. Wariant optymalny przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego struktury budowanej i systemu ogrzewczego budynku, to wariant 1 polegający na:
  - dociepleniu ścian zewnętrznych przy gruncie wraz z wykonaniem izolacji pionowej w budynku,
  - ociepleniu dachu części sportowej budynku i łącznika,
  - ociepleniu skosów stropu poddasza budynku,
  - wymianie drzwi w budynku,
  - modernizacji systemu wentylacji w części sportowej,
  - modernizacji instalacji c.o. i źródła ciepła z zastosowaniem OZE.

2. Charakterystyka finansowa przedsięwzięcia:

Planowane koszty całkowite	zł	1 187 974,25
Dotacja z funduszu RPO WP	zł	724 664,29
Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	%	46,46
Dotacja z funduszu RPO WP	%	61,00
Roczna oszczędność kosztów energii	zł/rok	35 104,66
Roczna oszczędność energii	GJ/rok	597,86

3. Docieplenie ścian zewn. piwnicznych przy gruncie powinno zostać wykonane metodą bezspoinową (BSO) wg instrukcji ITB, polegającą na przymocowaniu do ścian od zewnątrz warstwy izolacyjnej z polistyrenu ekstrudowanego wraz z wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej. Grubość izolacji wyniesie 12 cm.

Całkowite nakłady brutto na docieplenie ścian zewn. piwnicznych wyniosą:

**60 885**

4. Docieplenie dachu płaskiego części sportowej budynku oraz łącznika zostanie wykonane poprzez przyklejenie warstwy izolacji ze styropianu laminowanego papą i zabezpieczeniu całości połaci dachowej warstwą papy termozgrzewalnej. Grubość izolacji wyniesie 25 cm.

Całkowite nakłady brutto na docieplenie dachu wyniosą:

**107 668**

5. Docieplenie stropu nad poddaszem, mansard (skosów w pomieszczeniach na piętrze) należy wykonać poprzez położenie między krokwiami warstwy z wełny mineralnej gr. 22 cm wraz z wykończeniem od zewnątrz z płyt karton-gips.

Całkowite nakłady brutto na docieplenie poddasza wyniosą:

**262 728**

6. Wymiana drzwi zewnętrznych w budynku polega na demontażu starych drzwi i montaż w ich miejsce nowych drzwi o ulepszonych właściwościach cieplnych ( $U = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ) i szczelności.

Całkowite nakłady brutto na wymianę drzwi wyniosą:

**13 407**

7. Modernizacja systemu wentylacji grawitacyjnej części sportowej polegać będzie na zastąpieniu jej systemem wentylacji mechanicznej nawiewno-wyciągowej z odzyskiem ciepła. System zostanie dopasowany dla poszczególnych pomieszczeń, o różnych funkcjach.

Całkowite nakłady brutto na wymianę instalacji wentylacji wyniosą:

**85 000**

8. W wyniku modernizacji systemu wentylacji Sali gimnastycznej nastąpi zamiana nieskutecznego i energochłonnego systemu wentylacji naturalnej na system nowoczesny, z zastosowaniem odzysku ciepła. Nastąpi poprawa warunków sanitarno-higienicznych w pomieszczeniu, uzyskane zostaną warunki komfortu cieplnego.

9. Modernizacja systemu grzewczego w budynku polegać będzie na:

- montaż źródła ciepła (OZE)- powietrznej pompy ciepła,
- wymianę poziomych przewodów rozprowadzających ciepło wraz z ich izolacją oraz pionowych przewodów doprowadzających ciepło do grzejników wraz z gałkami doprowadzającymi,
- wymianę grzejników na nowe stalowe płytowe z konwektorem,
- regulację wstępną i automatyczną instalacji c.o. za pomocą zamontowanych na grzejnikach termostatycznych zaworów grzejnikowych z nastawą wstępną oraz zabezpieczeniem przed urwaniem,
- wykonaniu dodatkowych układów zmieszania pompowego na obiegu instalacji c.o.,
- wykonaniu regulacji wstępnej instalacji c.o. za pomocą nastaw wstępnych na zaworach grzejnikowych.

**601 716**

10. Prace dotyczące systemu grzewczego powinny zostać poprzedzone wykonaniem projektu technicznego modernizacji instalacji c.o. zawierającego aktualne obliczenia zapotrzebowania na ciepło budynku z uwzględnieniem wykonanych prac termomodernizacyjnych oraz zawierającego obliczenia hydrauliczne instalacji zgodne ze zmienionymi potrzebami cieplnymi. Zgodnie z wynikami obliczeń hydraulicznych powinna zostać wykonana regulacja wstępna instalacji poprzez ustawienie nastaw wstępnych we wszystkich zaworach.

11. Zaproponowana w audycie pompa ciepła pracować będzie jako źródło podstawowe, zaś istniejąca kotłownia gazowa będzie pełnić funkcje źródła dodatkowego przy ewentualnych awariach i jako źródło szczytowe przy najniższych temperaturach powietrza zewnętrznego.

12. Zarządca budynku powinien przeszkolić użytkowników odnośnie co do racjonalnego użytkowania ciepła i ciepłej wody użytkowej, m in. w zakresie:



- sposobu wietrzenia pomieszczeń (wietrzenie powinno być krótkie i intensywne; nie należy stosować długiego wietrzenia przez uchylone okno, gdyż wówczas dopływ świeżego powietrza nie jest duży, a straty ciepła są wysokie; na czas wietrzenia należy wyłączyć ogrzewanie; w eksploatacji pomieszczeń po wymianie okien należy zwrócić szczególną uwagę na dotrzymanie wymagań wentylacji tzn. systematycznie przewietrzać pomieszczenia, aby nie dopuścić do powstawania pleśni i zawilgoceń itp.);
  - sposobu korzystania z zaworów termostatycznych (przypominanie o tym, że zawory te działają automatycznie i nie należy ich stosować jak zaworów typu włącz-wyłącz, a więc należy stosować ustawienia pośrednie, a nie maksymalne i minimalne);
  - sposobu korzystania z grzejników (pozostawianie grzejników w czystości, nie oślanie ich np. zasłonami, zabudową, meblami; nie korzystanie z grzejników jako suszarek do ubrań czy ręczników, z wyjątkiem grzejników łazienkowych).
13. Wyroby budowlane stosowane w robotach termomodernizacyjnych powinny spełniać wymagania polskich przepisów, a wykonawca powinien posiadać dokumenty potwierdzające, że zostały one wprowadzone do obrotu zgodnie z regulacjami ustawy o wyrobach budowlanych i że posiadają wymagane parametry.
14. Roboty termomodernizacyjne powinny być zaprojektowane i wykonane przez osoby uprawnione zgodnie z przepisami Prawa Budowlanego.

## Załącznik 1, Dokumentacja fotograficzna budynku



ELEWACJA BUDYNKU



ELEWACJA BUDYNKU



ELEWACJA BUDYNKU



ELEWACJA BUDYNKU



ELEWACJA BUDYNKU



ELEWACJA BUDYNKU

**Załącznik 2. Parametry obliczeniowe Audytu energetycznego**

Obliczenia liczby stopniodni- dla obliczeniowej temp pow. wewnętrznego 20°C dla stacji meteorologicznej w Gdańsku.

Miesiąc	Średnia wieloletnia temp. miesiąca*	Liczba dni ogrzewania w danym miesiącu	Liczba stopniodni tw=20°C	Liczba stopniodni tw=16°C
I	2,0	31	558,0	434,0
II	1,2	28	526,4	414,4
III	3,5	31	511,5	387,5
IV	7,7	30	369,0	249,0
V	10,7	20	186,0	106,0
VI	15,5	0	0,0	0,0
VII	18,7	0	0,0	0,0
VIII	16,3	0	0,0	0,0
IX	14,5	10	55,0	15,0
X	8,7	31	350,3	226,3
XI	4,0	30	480,0	360,0
XII	1,9	31	561,1	437,1
<b>Suma</b>			<b>3 597,3</b>	<b>2 629,3</b>

\*dane z bazy danych Ministerstwa Infrastruktury

### **Załącznik 3. Zestawienie obowiązujących maksymalnych wsp. U dla budynków**

#### **Budynek użyteczności publicznej**

Maksymalne wartości wsp. U dla budynków użyteczności publicznej zawarte w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami) ze zmianą z 1 stycznia 2018r. Stan po 1 stycznia 2014r. oraz stan na 31 grudnia roku 2020.

<b>Lp.</b>	<b>Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu</b>	<b>Współczynnik przenikania ciepła <math>U_{c(max)}</math> [W/(m<sup>2</sup> · K)]*</b>	<b>Współczynnik przenikania ciepła <math>U_{c(max)}</math> [W/(m<sup>2</sup> · K)]**</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
1	Ściany zewnętrzne: a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,25 0,45 0,90	0,20 0,45 0,90
2	Ściany wewnętrzne: a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ c) oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	1,00 bez wymagań 0,30	1,00 bez wymagań 0,30
3	Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości: a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	3,00 0,70	1,00 0,70
4	Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań	bez wymagań
5	Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,20 0,30 0,70	0,15 0,30 0,70
6	Podłogi na gruncie: a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,30 1,20 1,50	0,30 1,20 1,50
7	Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi: a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ b) przy $448^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ c) przy $44 t_i < 8^\circ\text{C}$	0,45 0,25 0,30 1,00	0,25 0,30 1,00
8	Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne: a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ b) przy $44\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ c) oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	bez wymagań 1,00 bez wymagań 0,25	1,00 bez wymagań 0,25

\*wartości, które zaczną obowiązywać od 1 stycznia 2014r.

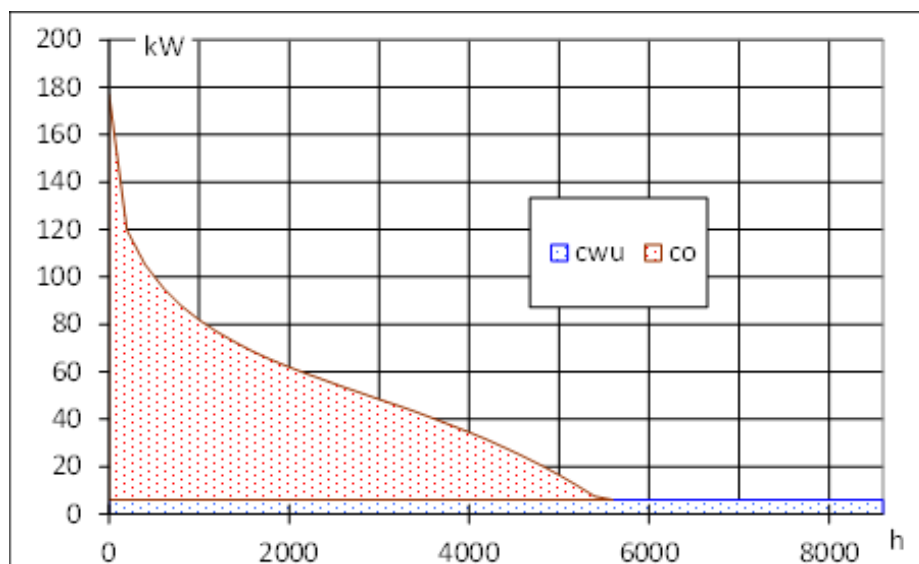
\*\*od 1 stycznia 2019r. - w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością.

Lp.	Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> · K)]	Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> · K)]
1	2	3	3
1	Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,3 1,8	0,9 1,4
2	Okna połaciowe:  a) przy $t_i \geq 16^\circ$ b) przy $t_i < 16^\circ$	1,5 1,8	1,1 1,4
3	Okna w ścianach wewnętrznych:  a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ b) przy $45\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ c) oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	1,50 bez wymagań 1,50	1,1 bez wymagań 1,1
4	Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,7	1,3
5	Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych	bez wymagań	bez wymagań

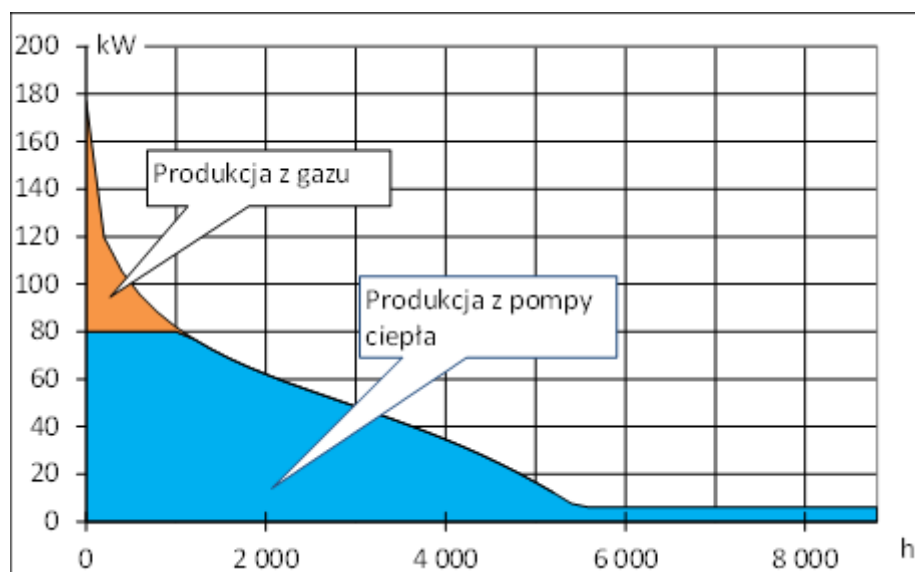
$t_i$  - Temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia.

**Załącznik 4. Bilans ciepła dla nowego źródła ciepła po termomodernizacji**

Ilość ciepła dla poszczególnych źródeł ciepła określono na podstawie wykresu uporządkowanego. Wykres uporządkowany dla systemu zasilania w ciepło szkoły po modernizacji przedstawiono poniżej.



Rys. 1 Wykres uporządkowany dla wariantu modernizacji instalacji grzewczej



Rys. 2 Wykres uporządkowany w podziale na źródła ciepła

Lp.	Wyszczególnienie		Stan istniejący	Stan po termomodernizacji- Wariant 1	
			Kocioł gazowy	Kocioł gazowy	Pompa ciepła
1.	Zapotrzebowanie na moc cieplną	kW	200	Istniejący	80
2.	Zapotrzebowanie na ciepło	GJ/rok	1 206	228,18	218,17
3.	Udział w produkcji	%	100	26,2	73,8



Wysokość kosztów ogrzewania i przygotowania c.w.u. dla wariantów po modernizacji systemu grzewczego obliczono przy poniższych założeniach:

- koszt jednostkowy energii elektrycznej – 158,3 zł/GJ, (0,463 zł/kWh) obliczenia wykonano dla taryfy elektrycznej C12a przyjmując pobór energii elektr. w podziale 25%-poboru szczytowego i 75% poboru poza szczytowego,
- koszt jednostkowy gazu ziemnego – 43,12 zł/GJ, (0,138 zł/kWh) obliczenia wykonano dla taryfy gazowej W-5.1
- koszty stałe obliczono dla mocy zamówionej w energii elektr. w wysokości 25 kW taryfy elektrycznej C12a oraz koszty stałe zł/mc taryfy gazowej W-5.1

Koszty ciepła oraz pozostałe opłaty dla budynku przedstawiono poniżej.

#### Koszty ogrzewania w budynku po termomodernizacji

Wariant	Zapotrzeb. na ciepło	Sprawność instalacji c.o	Zapotrzebowanie ciepło	Sprawność źródła ciepła	Energia końcowa	Koszt ogrzewania zmienny	Koszt ogrzewania stały
<b>Wariant 1</b> Pompa ciepła-PC	687	0,801	575,86	1,50	383,90	16 540,35	0,00
<b>Wariant 1</b> Kocioł gazowy-KG			204,44	0,94	217,49	9 370,29	664,79
Wariant 2-PC	728	0,801	607,39	1,50	404,93	17 446,08	0,00
Wariant 2-KG			215,63	0,94	229,40	9 883,40	664,79
Wariant 3-PC	726	0,801	610,17	1,50	406,78	17 525,80	0,00
Wariant 3-KG			216,62	0,94	230,44	9 928,56	664,79
Wariant 4-PC	730	0,801	611,92	1,50	407,95	17 576,13	0,00
Wariant 4-KG			217,24	0,94	231,11	9 957,07	664,79
Wariant 5-PC	790	0,801	662,22	1,50	441,48	19 021,06	0,00
Wariant 5-KG			235,10	0,94	250,10	10 775,64	664,79
Wariant 6-PC	845	0,801	708,65	1,50	472,43	20 354,49	0,00
Wariant 6-KG			251,58	0,94	267,64	11 531,04	664,79

#### Koszty przygotowania c.w.u w budynku po termomodernizacji

Wariant	Zapotrzebowanie na ciepło	Sprawność instalacji c.o	Udział źródła ciepła	Zapotrzebowanie na ciepło		Koszt zmienny	Koszt stały
<b>Warianty 1-6 -PC</b>	62,46	1,02	0,3	25,20		1 085,54	
<b>Warianty 1-6 –energia elektr.</b>	42,95	0,96	0,7	62,46		9 890,18	

