

**AUDYT ENERGETYCZNY  
BUDYNKU**

**ZESPOŁU SZKÓŁ OGÓLNOKSZTAŁĄCYCH NR 6  
UL. GŁĘBOKA 11  
GDAŃSK**



Gdańsk, listopad 2015

---

**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 budowy</b>  1904
<b>1.3</b> <b>Inwestor, właściciel</b> <small>(nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)</small>	Gmina Miasta Gdańska  ul. Nowe Ogrody 8/12 80-803 Gdańsk	<b>1.4</b> <b>Adres budynku</b>	Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 6  ul. Głęboka 11  80-759 Gdańsk  powiat: - województwo: pomorskie
<b>2. Nazwa i adres firmy wykonującej audyt:</b>			
Bałtycka Agencja Poszanowania Energii sp. z o.o. 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)
<b>5. Miejscowość:</b>		Gdańsk	<b>Data wykonania opracowania:</b> 11.2015

## 6. Spis treści

<b>1. PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA.....</b>	<b>6</b>
<b>2. PODSTAWA OPRACOWANIA.....</b>	<b>6</b>
<b>3. INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA BUDYNKU.....</b>	<b>7</b>
3.1. DANE OGÓLNE.....	7
3.2. OPIS TECHNICZNY ELEMENTÓW BUDYNKU.....	8
3.3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU GRZEWczego.....	8
3.4. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU PRZYGOTOWANIA I DYSTRYBUCJI C.W.U. ....	9
3.5. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU WENTYLACJI .....	10
<b>4. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU .....</b>	<b>12</b>
4.1. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA .....	12
4.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA C.W.U.....	14
<b>5. BILANS MOCY I CIEPŁA DLA OBIEKTU, TARYFY I OPŁATY ZA CIEPŁO .....</b>	<b>15</b>
5.1. PORÓWNANIE OBLICZENIOWEGO ZUŻYCIA CIEPŁA Z ODCZYTEM RZECZYWISTEGO ZUŻYCIA CIEPŁA. ....	16
<b>6. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU .....</b>	<b>18</b>
6.1. OCENA STANU TECHNICZNEGO PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH BUDYNKU .....	18
6.2. OCENA STANU ŹRÓDŁA CIEPŁA I INSTALACJI C.O.....	18
6.3. OCENA STANU TECHNICZNEGO INSTALACJI C.W.U. ....	19
6.4. OCENA SYSTEMU WENTYLACJI .....	19
<b>7. WYKAZ USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI .....</b>	<b>20</b>
<b>8. OPTYMALIZACJA USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.....</b>	<b>22</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 .....	22
8.2. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU PROWADZĄCEGO DO ZMNIEJSZENIA ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO NA PRZYGOTOWANIE CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ .....	27
8.3. WYZNACZENIE OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO POPRAWIAJĄCEGO SPRAWNOŚĆ CIEPLNĄ SYSTEMU GRZEWczego .....	30
8.5. ZESTAWIENIE WYBRANYCH USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH W KOLEJNOŚCI ROSNĄCEJ SPBT.....	32
<b>9. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO .....</b>	<b>33</b>
9.1. METODA WYBORU OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO.....	33
9.2. OKREŚLENIE WARIANTÓW I WYBÓR OPTIMALNEGO PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO .....	33
9.3. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU DLA OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO .....	35
<b>10. WNIOSKI. OPIS TECHNICZNY WYBRANEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO .....</b>	<b>37</b>

Załącznik nr 1	Dokumentacja fotograficzna budynku
Załącznik nr 2	Parametry obliczeniowe Audytu energetycznego
Załącznik nr 3	Zestawienie obowiązujących maksymalnych wsp. U dla budynków
Załącznik nr 4	Zestawienie wartości obliczeniowych ciepła i mocy

**KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU**

1. Dane ogólne				
1.	Konstrukcja/technologia budynku		tradycyjna	
2.	Liczba kondygnacji		3	
3.	Kubatura części ogrzewanej	m <sup>3</sup>	31 227	
4.	Powierzchnia netto budynku	m <sup>2</sup>	5 137,0	
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej	m <sup>3</sup>	-	
6.	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych	m <sup>2</sup>	5 137,0	
7.	Liczba lokali mieszkalnych		-	
8.	Liczba osób użytkujących budynek	-	588	
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody	centralne, z m.s.c.		
10.	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	centralne, z m.s.c.		
11.	Współczynnik kształtu A/V		-	
12.	Inne dane charakteryzujące budynek		-	
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/m <sup>2</sup> ×K]			Stan przed termomode	Stan po termomod
1.	Ściany zewnętrzne		0,71-1,36	0,21-1,36
2.	Dach/Stropodach/strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub przejazdami		0,76-1,00	0,16-1,00
3.	Strop nad piwnicą		1,00	1,00
4.	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych		0,23	0,23
5.	Okna, drzwi balkonowe		1,50-2,60	1,10-1,50
6.	Drzwi zewnętrzne/bramy		2,00 - 5,60	1,00-2,00
7.	Inne		-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu				
1.	Sprawność wytwarzania		0,95	0,95
2.	Sprawność przesyłania		0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania		0,77	0,89
4.	Sprawność akumulacji		1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw w ogrzewaniu w okresie tygodnia		1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw w ogrzewaniu w ciągu doby		1,00	0,98
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej				
1.	Sprawność wytwarzania		0,98	0,98
2.	Sprawność przesyłu		0,60	0,65
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania		1,00	1,00
4.	Sprawność akumulacji		1,00	1,00
4. Charakterystyka systemu wentylacji				
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)		naturalna	naturalna
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna, drzwi, kanały went	okna, drzwi, kanały went
3.	Strumień powietrza wentylacyjnego	m <sup>3</sup> /h	10 644	10 644
4.	Liczba wymian-średnia	1/h	0,50	0,50

5. Charakterystyka energetyczna budynku				
1.	Obliczeniowa moc cieplna na c.o.	kW	332,0	293,0
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej	kW	18,0	18,0
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	GJ/rok	1704,0	1397,0
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	2427,4	1686,0
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania c.w.u.	GJ/rok	264,5	244,2
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła )	GJ/rok	2 585,0	-
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła )	GJ/rok	bd	-
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/(m <sup>2</sup> rok)	92,1	75,5
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku ( z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/(m <sup>2</sup> rok)	131,3	91,2
10.	Udział odnawialnych źródle energii	%	0,0	0,0
6. Opłaty jednostkowe				
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku <sup>3)</sup>	zł/GJ	64,07	64,07
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc <sup>4)</sup>	zł/MW/m-c	13 337,98	13 337,98
3.	Koszt przygotowania 1m <sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej <sup>3)</sup>	zł/m <sup>3</sup>	-	-
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie wody użytkowej na miesiąc <sup>4)</sup>	zł/MW/m-c	-	-
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m <sup>2</sup> powierzchni użytkowej	zł	-	-
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	zł	-	-
7.	Inne	zł/GJ	-	-
7. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia				
Planowane koszty całkowite		zł	1 352 536,29	
Planowana kwota kredytu		zł	-	
Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię		%	28,3	
Premia termomodernizacyjna		zł	-	
Roczna oszczędność kosztów energii		zł/rok	49 326	
1) Dla budynku składającego się z części o różnych funkcjach użytkowych należy podać wszystkie dane oddzielnie dla każdej części budynku				
U <sub>OZE</sub> -obliczany zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w				
2) rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczaną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej				
3) Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostek energii				
4) Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii				

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

Przedmiotem niniejszego opracowania jest audyt energetyczny budynku ZSO nr 6 w Gdańsku. 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.

## **2. Podstawa opracowania**

Niniejsze opracowanie wykonano w oparciu o:

1. umowę zawartą pomiędzy Dyrekcją Rozbudowy Miasta Gdańska a Bałtycką Agencją Poszanowania Energii sp. z o.o. w Gdańsku;
2. wizje lokalne i inwentaryzacje dokonane w listopadzie 2015 roku (inwentaryzację wykonano wyłącznie w zakresie wymagań niniejszego audytu energetycznego);
3. dane przekazane przez właściciela budynku;
4. Taryfa dla ciepła wg taryfy GPEC sp. z o.o.;
5. Aktualna taryfę za energię elektryczną,
6. dostępną dokumentację techniczną budynku Szkoły,
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 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 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie;
10. 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).
11. 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"
12. 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))
- 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

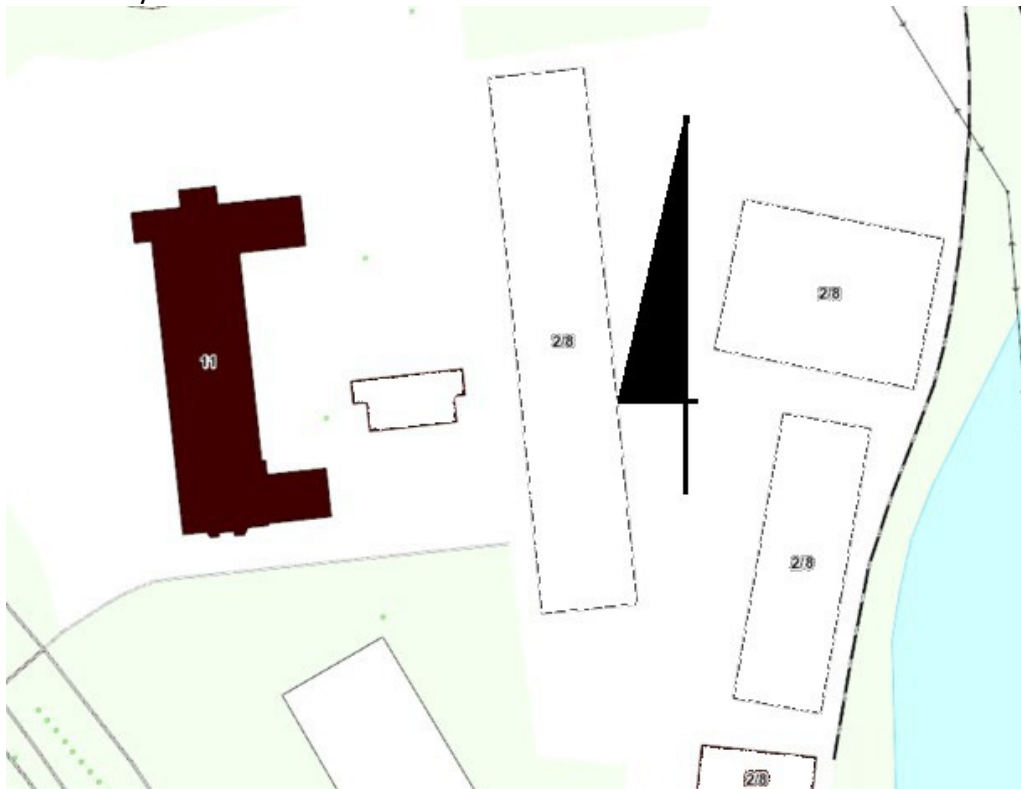
#### 3.1. Dane ogólne

ZSO znajduje się przy ul. Głębokiej 6 w Gdańsku, w pobliżu opływu Motławy.

Szkoła użytkowana jest w godzinach 6.00-20.30, przy czym zajęcia lekcyjne prowadzone są do godz. 16.30. W późniejszych godzinach prowadzone są zajęcia poza lekcyjne. W weekendy w szkole prowadzone są zajęcia dla szkoły wynajmującej pomieszczenia.

W miesiącach letnich szkoła jest nieużytkowana. W szkole prowadzone są tylko prace remontowe oraz spotkania nauczycieli.

W szkole uczy się 498 uczniów i zatrudnionych jest 90 osób personelu. Położenie budynku przedstawiono na rys. 3.1



Rys 3.1. Plan sytuacyjny położenia budynku (źródło:geoportal.gov.pl)

Podstawowe parametry budynku przedstawiono w **Tab. 1**

Tab. 1 Podstawowe parametry budynku

Wyszczególnienie		Wartość
Powierzchnia zabudowy	m <sup>2</sup>	1 547
Powierzchnia ogrzewana budynku	m <sup>2</sup>	<b>5 137</b>
Powierzchnia użytkowa budynku	m <sup>2</sup>	5 137
Liczba kondygnacji	-	3
Kubatura budynku	m <sup>3</sup>	<b>31 227</b>

### 3.2. Opis techniczny elementów budynku

Opis techniczny poszczególnych elementów budynków zestawiono w poniższych tabelach.

Tab. 2 Opis przegród w budynku

Rodzaj przegrody	Opis przegrody, współczynnik przenikania ciepła U
Budynek szkolny	Kompleks został wybudowany został w technologii tradycyjnej. Budynek w całości podpiwniczony.
Ściany zewnętrzne	<p>Ściany <b>zewnętrzne</b> - murowane z cegły ceramicznej pełnej gr. 43-55 cm, z 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 zewnętrzne kondygnacji nadziemnych - murowane z cegły ceramicznej pełnej gr. 38-55 cm, z warstwą tynku. Współczynnik przenikania ciepła ścian zewn. <math>U = 1,14-1,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p>
Stropodach/stropy	<p>Dach drewniany płatwiowo-kleszczowy kryty balchodachówką.</p> <p>Strop poddasza nieużytkowanego- strop drewniany, w części środkowej strop ceramiczny na belkach stalowych, ocieplony matą trzcinową gr. 4cm. Współczynnik przenikania ciepła stropu <math>U = 0,76 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p>
Okna zewnętrzne, przeszklenia	<p>Okna w całym budynku szkoły w ramach drewnianych, oszklone szybą zespoloną o różnym stopniu zużycia i izolacyjności cieplnej</p> <p>Okna nowe- Współczynnik przenikania ciepła okna <math>U = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>. Okna stare- Współczynnik przenikania ciepła okna <math>U = 2,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p>
Drzwi zewnętrzne	<p>Drzwi zewn. główne, drewniane obite blachą. Współczynnik przenikania ciepła drzwi zewn. <math>U = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p> <p>Pozostałe drzwi zewnętrzne, drewniane oraz stalowe Współczynnik przenikania ciepła drzwi zewn. <math>U = 2,50-5,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})</math>.</p>

### 3.3. Charakterystyka systemu grzewczego

Źródłem ciepła dla szkoły jest węzeł ciepłowniczy zasilane z m.s.c.. Właścicielem węzła od 1.09.2015r jest Gdańskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej GPEC z Gdańska.

Tab. 3. Charakterystyka instalacji c.o.

Sposób ogrzewania pomieszczeń	Ogrzewanie centralne, wodne
Rodzaj instalacji c.o.	Niskotemperaturowa, z obiegiem wymuszonym, dwururowa, z rozdziałem dolnym,
Parametry pracy systemu	90/70 <sup>0</sup> C
Wiek systemu	Wiek instalacji, przewodów i grzejników ponad 50 lat pojedyncze grzejniki wymieniona na nowe w ostatnich 10 latach.



Rodzaj elementów grzejnych	Głównymi elementami grzejnymi są grzejniki żeliwne członowe, dodatkowo są grzejniki z rur ożebrowanych typu „favier” W części wyremontowanych pomieszczeń założone są grzejniki stalowe z konwektorem.
Sposób prowadzenia przewodów	Czynnik grzewczy od wejścia instalacji zewnętrznej do budynku prowadzone pod stropem piwnicy, piony prowadzone wewnątrz i po wierzchu ścian
Opis materiału przewodów i izolacji termicznej przewodów	Przewody pionowe z rur stalowych czarnych, przewody izolowane wełną w płaszczu gipsowo-klejowym, oraz w części otulinami z pianki PE
Sposób odpowietrzenia	W budynku odpowietrzenie centralne poprzez naczynie odpowietrzające
Charakterystyka regulacji systemu	Regulacja stała wewn. za pomocą kryz i zaworów zainstalowanych na grzejnikach w budynku,
Sposób pomiaru zużytego ciepła	Pomiar wytworzonego ciepła na liczniku zamontowanym w węźle

Sprawność całkowitą systemu grzewczego obliczono ze wzoru:

$$\eta_0 = \eta_{go} \cdot \eta_{do} \cdot \eta_{eo} \cdot \eta_{so}$$

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	$\eta_g$	0,95
Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła	$\eta_e$	0,77
Średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepła	$\eta_d$	0,96
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	$w_t$	1,00
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	$w_d$	1,00
<b>Sprawność całkowita systemu grzewczego:</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>0,702</b>

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

Charakterystykę systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u. przedstawiono w Tab. 5

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

Sposób przygotowania c.w.u.	Centralne, w węźle ciepłowniczym,
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, zlewozmywaków i zlewów oraz prysznicy
Sposób prowadzenia przewodów	Poziome przewody rozprowadzające prowadzone pod stropem piwnic,
Opis materiału przewodów i izolacji termicznej przewodów	Przewody z rur stalowych ocynkowanych, przewody prowadzone w piwnicy z warstwą izolacji z wełny w płaszczu gipsowo-klejowym bądź z PE,
Sposób regulacji systemu	Regulacja temperatury c.w.u. w węźle
Sposób pomiaru zużytego ciepła	Licznik całkowitego zużytego ciepła (c.o. i c.w.u.) w budynku
Sposób pomiaru zużytej c.w.u.	brak

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
średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła	$\eta_{cw,g}$	0,98
średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepłej wody	$\eta_{cw,d}$	0,60
średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepłej wody	$\eta_{cw,s}$	1,00
średnia sezonowa sprawność wykorzystania	$\eta_{cw,e}$	1,00
<b>sprawnność całkowita systemu przygotowania c.w.u.</b>	$\eta_{cw}$	<b>0,59</b>

### 3.5. Charakterystyka systemu wentylacji

Budynek wyposażony jest w system wentylacji grawitacyjnej.

#### Wentylacja grawitacyjna.

Nawiew odbywa się poprzez infiltrację, nawiewniki okienne oraz otwieranie okien.

Wywiew w wentylacji naturalnej jest grawitacyjny poprzez kanały wentylacyjne wyprowadzone ponad dach (pomieszczenia z kanałami).

Dla wentylacji grawitacyjnej 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 i 3 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego:

- okna stare, nieszczelne, warunki wentylacji normalne:  $c_r = 1,2, c_m = 1,5;$
- okna szczelne (nowe), warunki wentylacji normalne:  $c_r = 1,0, c_m = 1,0;$
- budynek na przestrzeni osłoniętej:  $c_w = 1,0.$

Całkowita ilość powietrza wentylacyjnego dla szkoły przyjęto w wysokości  $0,5 \text{ 1/h}$  –  $10\,644 \text{ m}^3/\text{h}$  w tym ilość powietrza infiltrującego w wysokości  $3\,041 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## 4. Charakterystyka energetyczna budynku

### 4.1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania

Zapotrzebowanie budynku na moc i ciepło do ogrzewania obliczono zgodnie z PN-EN-12831 za pomocą programu Audytor OZC wersja 6,5 Pro opracowanego przez Narodową Agencję Poszanowania Energii SA w Warszawie. W obliczeniach zapotrzebowania budynku na moc i ciepło do ogrzewania przyjęto następujące założenia:

- obliczeniowa temp. zewn. dla I strefy klimatycznej:  $t_{zo} = -16\text{ °C}$ ;
- średnia obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniach:  $t_{wo} = 20\text{ °C}$
- magazyny nie wymagające stałej obsługi, sala gimnastyczna:  $t_{wo} = +16\text{ °C}$ ,
- ilość powietrza wentylacyjnego wg tabeli w pkt 3.5. niniejszego opracowania.
- 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 poniższej tabeli. Udział strat ciepła przez poszczególne elementy budynku w ogólnych stratach ciepła przedstawiono w poniższej tabeli i na wykresie.

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.
- współczynnik przepuszczalności energii promieniowania-okna nowe wymienione: 0,67
- współczynnik przepuszczalności energii promieniowania-okna w ramach drewnianych: 0,75
- współczynnik zacienienia budynku jw.: 0,95.

W obliczeniach wewnętrznych zysków ciepła przyjęto następujące założenia:

- średnie obciążenie cieplne zyskami wewnętrznymi od ludzi i urządzeń w oparciu o funkcję użytkową budynku  $-12\text{ W/m}^2$ .

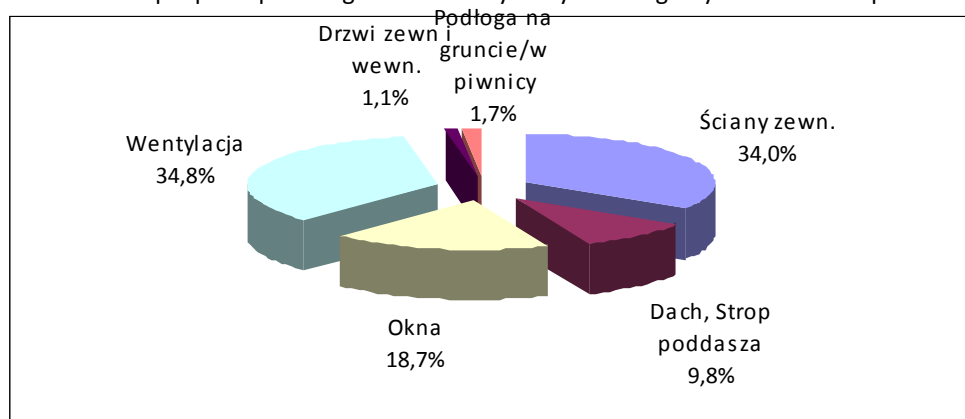
Tab. 7. Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną oraz ciepło na ogrzewanie i wskaźniki energetyczne dla stanu istniejącego

<b>Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną na ogrzewanie budynku <math>q_{0co}</math></b>	<b>kW</b>	332,0
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $Q_{co}$	GJ/rok	1704,0
<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>	2427,4
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na moc grzewczą	W/m <sup>3</sup>	10,6
Powierzchniowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło w standardowym sezonie grzewczym (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $E$	kWh/m <sup>2</sup> ×rok	92,1
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)	131,3
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)	21,6

Tab. 8. Zestawienie sezonowych strat ciepła w budynku

Wielkość strat	Ściany zewn.	Dach, Strop poddasza	Okna	Wentylacja	Drzwi zewn i wewn.	Podłoga na gruncie/w piwnicy	SUMA
GJ/rok	1201,1	346,2	660,3	1230,1	37,9	61,9	3537,4
%	34,0	9,8	18,7	34,8	1,1	1,7	100,0

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



Tab. 9. Zestawienie sezonowych zysków ciepła w budynku

Wielkość zysków	Zyski od słońca	Zyski bytowe	SUMA
GJ/rok	1291,7	1634,8	2926,5
%	44,14	55,86	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 cieplną do przygotowania c.w.u. określono wg normy PN-B-01706:1992 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu jako zapotrzebowanie średnie godzinowe.

Założenia do obliczeń:

- obliczeniowa temperatura wody zimnej  $t_z = +10^{\circ}\text{C}$ ;
- temperatura wody ciepłej  $t_c = 55^{\circ}\text{C}$ ;
- 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.

<b>Zapotrzebowanie na ciepło</b>		Stan istniejący
Obliczeniowa temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10
Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	$\text{m}^3/\text{rok}$	1 500,0
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania c.w.u. $Q_{ocwp}$	GJ/rok	155,6
Przyjęta średnia sprawność dystrybucji c.w.u., $h_{cw}$	-	0,59
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.: $Q_{ocw} = Q_{ocwp}/\text{sprawność}$	GJ/rok	<b>264,5</b>
<b>Zapotrzebowanie na moc cieplną</b>		
Ilość godzin pracy instalacji na dobę	h	12
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u.:	$\text{dm}^3/\text{h}$	342,5
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na moc cieplną na przygotowanie c.w.u.	kW	<b>18,0</b>

## 5. Bilans mocy i ciepła dla obiektu, taryfy i opłaty za ciepło

Budynek jest zaopatrywany w energię ciepłą z węzła ciepłowniczego zlokalizowanego w piwnicy budynku głównego, do którego ciepło dostarcza Gdańskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej - GPEC. Aktualne ceny i stawki opłat producenta oraz dostawcy ciepła wg grupy taryfowej VIII.2 przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 11. Aktualne ceny i stawki opłat

Rodzaj opłat	Jednostka	Ceny i stawki opłat netto-VIII.2
Cena za moc zamówioną	zł/MW/m-c	5 316,07
Cena ciepła	zł/GJ	31,51
Stawka opłaty stałej za usługi przesyłowe	zł/MW/m-c	5 527,82
Stawka opłaty zmiennej za usługi przesyłowe	zł/GJ	20,58

Jednostkowe opłaty za ciepło określone na potrzeby niniejszego audytu przedstawiono poniżej.

Tab. 12. Opłaty jednostkowe za ciepło

Opłata zmienna brutto odpowiadająca cenie ciepła i stawce opłaty zmiennej za usługi przesyłowe zł/GJ, $O_z$	zł/GJ	64,07
Stała opłata miesięczna brutto odpowiadająca cenie za moc zamówioną i stawce opłaty stałej za usługę przesyłową, $O_m$	zł/MW/m-c	13 337,98

Rzeczywista moc zamawianą w chwili obecnej dla budynku szkoły zestawiono poniżej.

Tab. 13. Aktualne zamawiana moc ciepła na budynki szkoły

Wyszczególnienie	MW
Moc na potrzeby c.o.	0,740
Moc na potrzeby przygotowania c.w.u.	0,070

Tab. 14. Charakterystyka energetyczna budynku wraz z wskaźnikami

Wyszczególnienie		Stan istniejący
Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną na ogrzewanie budynku $q_{0co}$	kW	332,0
Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną na przygotowanie c.w.u. $q_{0cw}$	kW	18,0
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $Q_{co}$	GJ/rok	1704,0
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu): $Q_{cco}$	GJ/rok	2 427,4
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. $Q_{0cw}$	GJ/rok	264,5
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na moc grzewczą	W/m <sup>3</sup>	10,6
Powierzchniowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło $E$ w standardowym sezonie grzewczym (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>2</sup> ×rok	92,1
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	131,3
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	21,6
<b>Koszty ogrzewania budynku (wliczone koszty stałe)</b>	<b>zł/rok</b>	<b>159953</b>
<b>Koszty przygotowania c.w.u.</b>	<b>zł/rok</b>	<b>17190</b>

### 5.1. Porównanie obliczeniowego zużycia ciepła z odczytem rzeczywistego zużycia ciepła.

Zużycie ciepła na c.o. i przygotowanie c.w.u. w latach 2013-2014 przedstawiono w poniższej tablicy.



Tab. 15. Zużycie ciepła w latach 2013-2014 zarejestrowane na liczniku ciepła.

Miesiąc	Zużycie ciepła- 2013r.	Zużycie ciepła- 2014r.
	GJ/rok	GJ/rok
<b>SUMA</b>	<b>2 966</b>	<b>3 046</b>

Zapotrzebowanie na ciepło budynku po odjęciu ciepła przypadającego na przygotowanie c.w.u. I przeliczeniu pozostałego ciepła zużytego na potrzeby c.o. w warunkach roku standardowego wyniesie 2585 GJ/rok (rok2013) i 2742GJ/rok (rok 2014).

Z obliczeń teoretycznych zapotrzebowania na ciepło (model obliczeniowego programu OZC) wynika, że zapotrzebowanie budynku w roku standardowym wynosi **2427 GJ/rok**. Wartość ta odbiega od przedstawionego zużycia licznikowego mniej niż o 10 %, dlatego też wartość teoretycznego obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło uznano za prawidłowe i przyjęto do dalszych obliczeń.

## 6. Ocena stanu technicznego budynku

### 6.1. Ocena stanu technicznego przegród zewnętrznych budynku

Ściany zewnętrzne budynku szkoty charakteryzują się średnimi i wysokimi wsp. przenikania ciepła kształtującymi się pomiędzy  $U = 0,95 - 1,36 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

W części piwnicznej budynku szkoty na ścianach przylegających do gruntu w wielu miejscach widoczne są ślady przesiąkania wilgoci, spękania, puchły, odpadanie tynku. Konieczne jest wykonanie izolacji pionowej.

Przekrycie dachowe z blachodachówki w dobrym stanie technicznym. Strop poddasza charakteryzuje się średnim wsp. przenikania ciepła wynoszącym  $U = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

W części budynku okna wymienione zostały na nowe w ramach drewnianych o wysokim wsp. izolacyjności i szczelności. Pozostałe niewymienione okna (w ramach drewnianych), nieszczelne co powoduje ponadnormatywne zużycie powietrza wentylacyjnego a tym samym ciepła na jego ogrzanie i jest przyczyną odczuwania dyskomfortu przez użytkowników.

Elewacja budynku w wielu miejscach jest uszkodzona, widoczne są spękania i odpadania tynku.

Większość przegród zewnętrznych budynku nie spełnia obecnie obowiązujących wymagań dotyczących oszczędności energii i izolacyjności cieplnej zgodnie z Rozporządzeniem MTBiGM z dn. 5 lipca 2013 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 przegród zewnętrznych budynku.

### 6.2. Ocena stanu źródła ciepła i instalacji c.o.

Stan techniczny źródła ciepła oraz instalacji c.o. jest dobry. Węzły wyposażone są w automatykę czasowo-pogodową. Węzły jest własnością dostawcy ciepła.

Instalacja grzewcza oparta jest o pracę grzejników żeberkowych żeliwnych oraz w niewielkiej części o pracę grzejników z rur ożebrowanych typu „favier”. Na grzejnikach zamontowane są zawory zwykłe z systemem kryz.

Rozprowadzenie ciepła w budynku rurociągami ze stali nierdzewnej. Rurociągi poziome biegnące w piwnicy zaizolowane warstwą izolacji z wełny mineralnej w płaszczu klejowo-gipsowym bądź otulinami z PE.

Przewody rozprowadzające poziome i pionowe oraz grzejniki nie były do tej pory modernizowane.

Odpowietrzanie układu odbywa się poprzez centralny system odpowietrzania, co może powodować zjawisko krążenia wody w przewodach odpowietrzających będące przyczyną nieużytecznych strat ciepła (dodatkowe niepożądane zyski dla pomieszczeń) zmniejszających sprawność regulacji.

System grzewczy w budynku charakteryzuje się obniżoną sprawnością regulacji wynikającą z braku automatycznej regulacji bieżącej (termostatyczne zawory grzejnikowe). Regulacja ta umożliwia bieżące regulowanie temperatury w pomieszczeniach (kompensowanie zysków

ciepła), zarówno automatyczne jak i ręczne a tym samym racjonalne gospodarowanie ciepłem co w budynku nie jest stosowane.

Specyfika użytkowania budynku umożliwia stosowanie centralnych obniżen temperatur ogrzewania dobowych (nocnych) oraz również obniżen tygodniowych (week-endowych i świątecznych). Obecnie te obniżenia nie są szeroko stosowane ze względu na energochłonność budynku.

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

System w dostatecznym stanie technicznym. Z uwagi na rozległość przewodów dystrybucyjnych straty ciepła na przesyle są duże choć charakterystyczne dla tego typu układów.

Układ cyrkulacji c.w.u. pracuje w sposób ciągły.

### **6.4. Ocena systemu wentylacji**

W budynku obserwuje się zawyżoną (ponadnormatywną) infiltrację powietrza zewn. przez nieszczelne okna. Istniejące kanały wentylacyjne są drożne.

## 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 1.01.2017 r.) wymagania wg rozporządzenia MTBiGM z dn. 5 lipca 2013 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 2017**. 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.

Tab. 16 Zestawienie oceny stanu istniejącego budynku i możliwości poprawy

Lp.	Wyszczególnienie	Charakterystyka stanu istniejącego	Możliwości i sposób poprawy	Wariant
1	2	3	4	5
1	Ściany piwniczne zewnętrzne	średnia izolacyjność termiczna przegrody $\geq 0,71-0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ Uszkodzona izolacja pionowa ścian	docieplenie dla uzyskania U poniżej $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$  Wykonanie izolacji pionowej na ścianach piwnic przy gruncie	<b>A</b>
2	Ściany zewnętrzne budynku	niska izolacyjność termiczna przegrody $U \geq 1,14-1,36 \text{ W/m}^2\text{K}$	Z uwagi na ochronę konserwatorską nie analizowano wariantu ocieplenia ścian zewnętrznych	-
3.	Strop poddasza w budynku	średnia izolacyjność termiczna przegrody $\geq 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$	docieplenie dla uzyskania U poniżej $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	<b>B</b>
4.	Okna w ramach drewnianych	zły stan techniczny, niska izolacyjność cieplna i szczelność	Montaż okien o lepszych parametrach izolacyjności cieplnej i szczelności	<b>C</b>
5.	Okna w ramach drewnianych, wymienione na nowe	dobry stan techniczny i szczelność	-	-
6.	Drzwi wejściowe do budynku	dobry stan techniczny (drzwi wymienione) zły stan techniczny drzwi dotychczas niewymienionych	Montaż drzwi o lepszych parametrach izolacyjności cieplnej i szczelności.	<b>D</b>
7.	Instalacja c.w.u.	dostateczny stan techniczny instalacji,	Wymiana przewodów rozprowadzających poziomych wraz z częścią pionów	<b>E</b>
8.	Instalacja c.o. -szkoła	dostateczny i zły stan techniczny przewodów i grzejników, obniżona sprawność regulacji instalacji,	Usprawnienie 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.

### **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 piwnicznych (ścian zagłębionych w gruncie)					
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu usprawnienia			Akoszt [m <sup>2</sup> ]	231	
Opis wariantów usprawnienia:					
Przewiduje się ocieplenie ścian zewn. piwnicznych metodą bezspoinową z użyciem polistyrenu ekstrudowanego o współczynniku przewodności 0,036 W/mK. Dodatkowo zostanie wykonana izolacja przeciwwilgociowa ścian.					
Rozpatruje się 1 wariant z warstwą izolacji (wsp. przewodzenia)			0,036		
Wariant A1– grubość warstwy izolacji			10 cm		
Wariant A2- grubość warstwy izolacji			12 cm		
Wariant A3– grubość warstwy izolacji			14 cm		
Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	A1	A2	A3
Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej g	cm		10,0	12,0	14,0
Opór cieplny przegrody docieplonej warstwą izolacji R (do gr. izolacji)	(m <sup>2</sup> ×K)/W	1,41	4,19	4,74	5,30
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie	GJ/rok	37	13	11	10
Zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie	MW	0,0052	0,0018	0,0016	0,0014
Roczna oszczędność kosztów ciepła	zł/rok		2 138	2 265	2 365
Cena jednostkowa usprawnienia netto	zł/m <sup>2</sup>		340,00	350,00	370,00
Planowane nakłady na realizację usprawnienia brutto Nu	zł		96 437	99 273	104 946
SPBT	lata		45,12	43,84	44,38
Współczynnik przenikania ciepła przegrody U	W/(m <sup>2</sup> ×K)	0,71	0,24	0,21	0,19
Podstawa przyjętych wartości N <sub>U</sub> :					
Planowane nakłady na usprawnienie stanowią iloczyn ceny jednostkowej brutto i całkowitej powierzchni ścian zagłębionych w gruncie (A <sub>koszt</sub> ). W cenie brutto ujęte są dodatkowe koszty obejmujące prace ziemne oraz wykonanie izolacji przeciwwilgociowej i prace odtworzeniowe czy wykonanie cokołu.					
Wybrany wariant	A2	Nakłady [zł]	99 273,30	SPBT [lata]	43,84

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

Docieplenie dachu płaskiego stropu poddasza					
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu usprawnienia			Akoszt [m <sup>2</sup> ]		970
<b>Opis wariantów usprawnienia:</b> Przewiduje się ocieplenie dachu płaskiego poprzez położenie warstwy izolacji z wełny mineralnej i zabezpieczeniu izolacji warstwą deskowania  Rozpatruje się 1 wariant z warstwą izolacji (wsp. przewodzenia) <span style="color: red;">0,042</span> Wariant B1– grubość warstwy izolacji 15 cm Wariant B2– grubość warstwy izolacji 20 cm Wariant B3– grubość warstwy izolacji 25 cm					
Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	B1	B2	B3
Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej g	cm		15	20	25
Opór cieplny przegrody docieplonej warstwą izolacji R	(m <sup>2</sup> ×K)/W	1,32	4,89	6,08	7,27
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie	GJ/rok	229,1	61,7	49,6	41,5
Zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie	MW	0,0265	0,0071	0,0057	0,0048
Roczna oszczędność kosztów ciepła	zł/rok		13 831	14 829	15 500
Cena jednostkowa usprawnienia netto	zł/m <sup>2</sup>		114,0	120,0	135,0
Planowane nakłady na realizację usprawnienia <b>brutto</b> Nu	zł		136 013,40	143 172,00	161 068,50
SPBT	lata		9,83	9,65	10,39
Współczynnik przenikania ciepła przegrody U	W/(m <sup>2</sup> ×K)	0,76	0,20	0,16	0,14
<b>Podstawa przyjętych wartości <math>N_U</math>:</b>					
Planowane nakłady na usprawnienie stanowią iloczyn ceny jednostkowej brutto i całkowitej powierzchni dachu (Akoszt)					
Wybrany wariant	<b>B2</b>	Nakłady [zł]	<b>143 172,00</b>	SPBT [lata]	<b>9,65</b>



### **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.

Jednocześnie dla pomieszczeń ogrzewanych, w których temperatura obliczeniowa jest większa niż 16°C, wartość optymalnego współczynnika przenikania dla okien po wymianie nie może być większa niż 1,1 W/(m<sup>2</sup>·K.).

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

$$V_{\text{nom}} = 7\,000 \text{ m}^3/\text{h} - \text{wariant C}$$

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

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

Wymiana okien w budynku ( dotychczas niewymienionych)					
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu			Akoszt [m <sup>2</sup> ]		345
Opis wariantów usprawnienia:					
Przewiduje się wymianę starych okien w budynku. Proponuje się zamontowanie nowych, jednoramowych okien w ramach drewnianych oszklonych szybą jednokomorową (bądź dwukomorową dla wariantu U=0,7 i 0,9 W/m2K) z zamontowanymi nawiewnikami.					
Rozpatruje się 3 warianty różniące się współczynnikiem przenikania ciepła dla okna					
Wariant C1– wsp. przenikania ciepła 1,1 W/m <sup>2</sup> K					
Wariant C2– wsp. przenikania ciepła 0,9 W/m <sup>2</sup> K					
Wariant C3– wsp. przenikania ciepła 0,7 W/m <sup>2</sup> K					
Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	C1	C2	C3
Współczynnik przenikania ciepła okien	W/(m <sup>2</sup> ×K)	2,6	1,1	0,9	0,7
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie:	GJ/rok	278,8	117,9	96,5	75,1
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na wentylację	GJ/rok	814,3	629,2	629,2	629,2
Łączne zapotrzebowanie na ciepło	GJ/rok	1 093,1	747,2	725,7	704,3
Zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie	MW	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Zapotrzebowanie na moc cieplną na wentylację	MW	0,1285	0,0857	0,0857	0,0857
Łączne zapotrzebowanie na moc cieplną	MW	0,1285	0,0857	0,0857	0,0857
Roczna oszczędność kosztów ciepła	zł/rok		22 162	23 536	24 910
Cena jednostkowa (bez VAT) wymiany okien	zł/m <sup>2</sup>		800,0	855,0	910,0
Planowane nakłady na realizację usprawnienia brutto Nu	zł		361 804,50	385 143,75	408 483,00
SPBT	lata		16,33	16,36	16,40
Podstawa przyjętych wartości N <sub>u</sub> :					
Planowane nakłady na usprawnienie stanowią iloczyn ceny jednostkowej brutto i całkowitej powierzchni okien (A <sub>koszt</sub> ). W kosztach całkowitych uwzględniono koszt montażu nawiewników okiennych.					
Wybrany wariant	C1	Nakłady [zł]	361 804,50	SPBT [lata]	16,33

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

Wymiana drzwi zewn. wejściowych do budynku							
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu			koszt [szt.]	2,0			
<b>Opis wariantów usprawnienia:</b> Przewiduje się wymianę drzwi zewnętrznych wejściowych do budynku na nowe o lepszej izolacyjności cieplnej i szczelności. Rozpatruje się 4 warianty różniące się współczynnikiem przenikania ciepła dla drzwi Wariant D1– wsp. przenikania ciepła 1,5 W/m <sup>2</sup> K Wariant D2– wsp. przenikania ciepła 1,3 W/m <sup>2</sup> K Wariant D3– wsp. przenikania ciepła 1,0 W/m <sup>2</sup> K							
Omówienie		Jednostka	Stan istniejący	D1	D2	D3	D4
Współczynnik przenikania ciepła drzwi		W/(m <sup>2</sup> ×K)	5,6	1,5	1,3	1,0	0,5
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie:		GJ/rok	20,8	5,6	4,8	3,7	1,9
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na wentylację		GJ/rok	38,1	31,7	31,7	31,7	31,7
Łączne zapotrzebowanie na ciepło		GJ/rok	58,9	37,3	36,6	35,4	33,6
Zapotrzebowanie na moc cieplną na	Drzwi o wsp. U	MW	0,0024	0,0006	0,0006	0,0004	0,0002
na moc cieplną na wentylację	Drzwi o wsp. U	MW	0,0055	0,0037	0,0037	0,0037	0,0037
Łączne zapotrzebowanie na moc cieplną		MW	0,0079	0,0043	0,0042	0,0041	0,0039
Roczna oszczędność kosztów ciepła		zł/rok		1 959	2 021	2 113	2 266
Cena jednostkowa (bez VAT) wymiany okien		zł/szt.		5 350,0	5 500,0	5 750,0	6 800,0
Planowane nakłady na realizację usprawnienia brutto Nu		zł		13 161,00	13 530,00	14 145,00	16 728,00
SPBT		lata		6,72	6,70	6,69	7,38
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]	14 145,00	SPBT [lata]	6,69		

## 8.2. Wybór optymalnego wariantu prowadzącego do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego związanego ze zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej, jest to wariant,

dla którego prosty czas zwrotu nakładów (SPBT) przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie ulepszeń technicznych.

$$SPBT = N_{cw} / \Delta O_{rcw}, \quad [\text{lata}]$$

gdzie:

$\Delta O_{rcw}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania przedsięwzięcia termomodernizacyjnego związanego ze zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej, zł/rok;

$N_{cw}$  – planowane koszty robót związanych z modernizacją systemu ciepłej wody użytkowej, zł.

Przewiduje się jedno przedsięwzięcie termomodernizacyjne mające na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie ciepłej wody użytkowej oraz zmniejszenie kosztów ciepła na przygotowanie c.w.u. **Wariant G** obejmujące wykonanie nowego rozprzewadzenia (przewodów poziomych c.w.u. w budynku).

#### Zapotrzebowanie na moc i ciepło do przygotowania c.w.u. dla stanu po modernizacji

Obliczenia zapotrzebowania na moc i ciepło do przygotowania c.w.u. dla stanu po modernizacji przedstawiono w tabeli poniżej. Po modernizacji systemu c.w.u. nie zmieni się obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania wody a jedynie sprawność systemu i ilość energii potrzebnej na pokrycie tego zapotrzebowania.

Po modernizacji nie zmieni się też obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną do przygotowania c.w.u.

Tab. 21 Obliczenia zapotrzebowania na moc i ciepło do przygotowania c.w.u. dla stanu po modernizacji systemu c.w.u.

<u>Zapotrzebowanie na ciepło</u>		Stan istniejący	Stan po modernizacji
Obliczeniowa temperatura wody zimnej	°C	10	10
Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	m <sup>3</sup> /rok	1 500,0	1 500,0
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania c.w.u. $Q_{ocwp}$	GJ/rok	155,6	155,6
Przyjęta średnia sprawność dystrybucji c.w.u., $h_{cw}$	-	0,59	0,64
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.: $Q_{ocw} = Q_{ocwp} / \text{sprawność}$	GJ/rok	<b>264,5</b>	<b>244,2</b>
<u>Zapotrzebowanie na moc cieplną</u>			
Ilość godzin pracy instalacji na dobę	h	12	12
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u.:	dm <sup>3</sup> /h	342,5	342,5
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na moc cieplną na przygotowanie c.w.u.	kW	<b>18,0</b>	<b>18,0</b>

#### Nakłady na modernizację systemu c.w.u.

Nakłady na realizację przedsięwzięcia modernizacyjnego obejmują roboty demontażowe i montażowe, dostawy urządzeń i materiałów, prace regulacyjne i rozruchowe oraz niezbędne prace budowlane i odtworzeniowe.

Tab. 22 Nakłady na modernizację instalacji c.w.u.

Rodzaj modernizacji	Jednostka	Liczba jednostek	Koszt jednostk. netto	Nakłady
			zł/jedn.	zł
Wymiana części przewodów rozpraszających poziomych w budynku wraz z niezmodernizowanymi pionami	mb	97	300	35 793,00
Niezbędne prace budowlane	kpl.	1	3000,0	3 690,00
<b>RAZEM</b>				<b>39 483</b>

Opłacalność przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego systemu c.w.u.

Opłacalność przedsięwzięcia termomodernizacyjnego związanego ze zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło na potrzeby przygotowania ciepłej wody przedstawiono w tabeli poniżej.

Tab. 23 Koszty przygotowania c.w.u. przed i po termomodernizacji

Wyszczególnienie	Jednostka	Przed termomodernizacją	Po termomodernizacji
Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	m <sup>3</sup> /rok	1 500	1 500
Przyjęta sprawność instalacji c.w.u. przed i po modernizacji, $h_{0cw}$ , $h_{1cw}$	-	0,59	0,64
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.: $Q_{0cw}$ , $Q_{1cw}$	GJ/rok	264,5	244,2
Roczna oszczędność zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie c.w.u.	GJ/rok		20,3
Koszty przygotowania c.w.u.	zł/rok	17 189,6	15 885,8
Roczna oszczędność zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie c.w.u.	zł/rok		1 303,8

Tab. 24 Opłacalność modernizacji instalacji c.w.u.

Wariant	Roczna oszczędność kosztów ciepła, $O_{rcw}$	Nakłady na modernizację	SPBT $N_{cw}/O_{rcw}$
	zł/rok	zł	lata
<b>E</b>	1 304	<b>39 483</b>	30,28

### 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. Przewiduje się:

- poprawienie sprawności wykorzystania ciepła,
- regulację automatyczną instalacji,
- regulację wstępną (stałą) instalacji,

Rozpatrywano jeden wariant tego przedsięwzięcia składający się z prac.

- wymianie przewodów rozprowadzających poziomych i pionowych w budynku,
- wymianie starych grzejników na nowe wysokosprawne grzejniki stalowe z konwektorem,
- montażu zaworów termostatycznych i wykonaniu regulacji wstępnej instalacji c.o. za pomocą nastaw wstępnych na zaworach grzejnikowych, (zakres  $P=1K$ ),
- montażu układów regulacyjnych na rozdzielaczu ciepła.

Po wykonaniu termomodernizacji wszystkich budynków zostanie wykonana ponowna regulacja instalacji poprzez ustawienie nastaw na zaworach termostatycznych oraz zaworach regulacyjnych na pionach zgodnie ze zmienionymi potrzebami cieplnymi budynku.

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 przed i 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	$\eta_g$	0,95	0,95
Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła	$\eta_e$	0,77	0,89
Średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepła	$\eta_d$	0,96	0,96
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	$w_t$	1,00	1,00
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	$w_d$	1,00	0,98
<b>Sprawność całkowita systemu grzewczego:</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>0,702</b>	<b>0,812</b>

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

Nakłady na modernizację systemu grzewczego w budynku przedstawiono poniżej.

Tab. 26 Nakłady inwestycyjne na modernizację systemu grzewczego-źródło ciepła i instalacji c.o.

Rodzaj modernizacji	Jednostka	Liczba jednostek	Koszt jednostkowy netto	Nakłady
Wymiana części przewodów rozprowadzających pionowych w budynku	mb.	218	200,0	53 628,00
Wymiana grzejników na nowe wraz z montażem zaworów termostatycznych na grzejnikach wraz z	szt.	374	1200,0	552 024,00
Montaż układów regulacyjnych na rozdzielaczu szkoły	szt.	3	5000,0	18 450,00
Niezbędne prace budowlane	kpl.	1	5000,0	6 150,00
<b>RAZEM</b>				<b>630 252,00</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>	26 367	630 252,00	23,90

### 8.5. 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

Przedsięwzięcie termomodernizacyjne	Wariant	SPBT	Wariant 1
Modernizacja instalacji c.o.	<b>F</b>		630 252,00
Wymiana drzwi zewn. wejściowych do budynku	<b>D3</b>	<b>6,69</b>	14 145,00
Docieplenie dachu płaskiego stropu poddasza	<b>B2</b>	<b>9,65</b>	143 172,00
Wymiana okien w budynku (dotychczas niewymienionych)	<b>C1</b>	<b>16,33</b>	361 804,50
Modernizacji instalacji przygotowania c.w.u.	<b>E</b>	<b>30,28</b>	39 483,00
Docieplenie ścian zewnętrznych piwnicznych (ścian zagłębionych w gruncie)	<b>A2</b>	<b>43,84</b>	99 273,30



## 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 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

Lp.	Przedsięwzięcie termomodernizacyjne	Wariant	SPBT	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4	Wariant 5	Wariant 6
1.	Modernizacja instalacji c.o.	F		630 252,00	630 252,00	630 252,00	630 252,00	630 252,00	630 252,00
2.	Wymiana drzwi zewn. wejściowych do budynku	D3	6,69	14 145,00	14 145,00	14 145,00	14 145,00	14 145,00	
3.	Docieplenie dachu płaskiego stropu poddasza	B2	9,65	143 172,00	143 172,00	143 172,00	143 172,00		
4.	Wymiana okien w budynku (dotychczas niewymienionych)	C1	16,33	361 804,50	361 804,50	361 804,50			
5.	Modernizacji instalacji przygotowania c.w.u.	E	30,28	39 483,00	39 483,00				
6.	Docieplenie ścian zewnętrznych piwnicznych (ścian zagłębionych w gruncie)	A2	43,84	99 273,30					
	<b>SUMA</b>			<b>1 288 129,80</b>	<b>1 188 856,50</b>	<b>1 149 373,50</b>	<b>787 569,00</b>	<b>644 397,00</b>	<b>630 252,00</b>
	Regulacja instalacji c.o., zmiany i niezbędna dok. tech., nadzór			64 406,49	59 442,83	57 468,68	39 378,45	32 219,85	31 512,60
	<b>Koszty całkowite</b>			<b>1 352 536,29</b>	<b>1 248 299,33</b>	<b>1 206 842,18</b>	<b>826 947,45</b>	<b>676 616,85</b>	<b>661 764,60</b>

Wybór wariantu optymalnego oraz zestawienie wskaźników finansowych i energetycznych przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 30 Wybór wariantu optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

						Premia termomodernizacyjna*		
Wariant	Planowane koszty całkowite	Roczne oszczędności kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem spr. całkowitej)	Optymalna kwota kredytu /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	1 352 536,29	49 326	28,3	<u>1 082 029,03</u> 270 507,26	<u>80</u> 20			
Wariant 2	1 248 299,33	49 076	28,2	<u>998 639,46</u> 249 659,87	<u>80</u> 20			
Wariant 3	1 206 842,18	47 772	27,4	<u>965 473,74</u> 241 368,44	<u>80</u> 20			
Wariant 4	826 947,45	36 697	21,1	<u>661 557,96</u> 165 389,49	<u>80</u> 20			
Wariant 5	676 616,85	26 367	15,3	<u>541 293,48</u> 135 323,37	<u>80</u> 20			
Wariant 6	661 764,60	40 947	13,8	<u>529 411,68</u> 132 352,92	<u>80</u> 20			

Do realizacji w wyniku optymalizacji, wybrano **wariant 1**

Charakterystyki energetyczne dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 31. Charakterystyki energetyczne dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

	$Q_{co}$	sprawność instalacji c.o.	Przerwa w okresie doby	Przerwa w okresie tygodnia	$Q_{0co}, Q_{1co}$	$q_{0co}, q_{1co}$	$Q_{0cw}, Q_{1cw}$	$q_{0cw}, q_{1cw}$	$E$	$E_s$
	[GJ/rok]		wd	wt	[GJ/rok]	[kW]	[GJ/rok]	[kW]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>Stan istniejący</b>	<b>1 704</b>	0,702	1,00	1,00	2 427,4	<b>332</b>	264,5	18,0	92	131
Wariant 1	<b>1 397</b>	0,812	0,98	1,00	1 686,0	<b>293</b>	244,2	18,0	76	91
Wariant 2	<b>1 400</b>	0,812	0,98	1,00	1 689,7	<b>294</b>	244,2	18,0	76	91
Wariant 3	<b>1 400</b>	0,812	0,98	1,00	1 689,7	<b>294</b>	264,5	18,0	76	91
Wariant 4	<b>1 540</b>	0,812	0,98	1,00	1 858,6	<b>313</b>	264,5	18,0	83	101
Wariant 5	<b>1 671</b>	0,812	0,98	1,00	2 016,7	<b>328</b>	264,5	18,0	90	109
Wariant 6	<b>1 704</b>	0,812	0,98	1,00	2 056,6	<b>332</b>	264,5	18,0	92	111

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, wraz z zapotrzebowaniem na ciepło do wentylacji mechanicznej kompleksu sportowego, GJ/rok,
- $Q_{0cw}, Q_{1cw}$  –zapotrzebowanie budynku na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej, GJ/rok,
- $q_{0co}, q_{1co}$  –zapotrzebowanie budynku na moc cieplną na potrzeby c.o. wraz z zapotrzebowaniem na ciepło do wentylacji mechanicznej kompleksu sportowego, kW,
- $q_{0cw}, q_{1cw}$  – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną na potrzeby przygotowania c.w.u., kW,
- $E$  – powierzchniowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu ogrzewania, kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
- $E_s$  – powierzchniowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania, kWh/(m<sup>2</sup>·rok).

### 9.3. 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:

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

<b>Wyszczególnienie</b>		<b>Stan istniejący</b>	<b>Wariant 1</b>
Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc ciepłą na ogrzewanie budynku $q_{0co}$	kW	332,0	293,0
Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc ciepłą na przygotowanie c.w.u. $q_{0cw}$	kW	18,0	18,0
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), $Q_{co}$	GJ/rok	1704,0	1397,0
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu): $Q_{0co}$	GJ/rok	2427,4	1 686,0
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. $Q_{0cw}$	GJ/rok	264,5	244,2
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na moc grzewczą	W/m <sup>3</sup>	10,6	9,4
Powierzchniowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło E w standardowym sezonie grzewczym (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>2</sup> ×rok	92,1	75,5
Powierzchniowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło E <sub>s</sub> w standardowym sezonie grzewczym (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>2</sup> ×rok	131,3	91,2
Kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło E <sub>vs</sub> w standardowym sezonie grzewczym (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	kWh/m <sup>3</sup> ×rok	21,6	15,0
<b>Koszty ogrzewania budynku (wliczone koszty stałe)</b>	<b>zł/rok</b>	<b>159 953</b>	<b>111 931</b>
<b>Koszty przygotowania c.w.u.</b>	<b>zł/rok</b>	<b>17 190</b>	<b>15 886</b>

# 10. Wnioski. Opis techniczny wybranego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

1. Wariantem optymalnym przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wybranym do realizacji jest **WARIANT 1** polegający na:

- dociepleniu ścian zewnętrznych przy gruncie wraz z wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej,
- dociepleniu stropu poddasza budynku szkoły,
- wymianie pozostałych niewymienionych dotąd okien w ramach drewnianych oraz w ramach stalowych,
- wymianie drzwi stalowych na nowe o ulepszonych właściwościach cieplnych,
- modernizacji systemu przygotowania c.w.u.
- modernizacji systemu grzewczego w budynku.

2. Charakterystyka finansowa przedsięwzięcia:

Planowane koszty całkowite	zł	1 352 536,29
Planowana kwota kredytu	zł	-
Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	%	28,30
Premia termomodernizacyjna	zł	-
Roczna oszczędność kosztów energii	zł/rok	49 326,02
Roczna oszczędność energii	GJ/rok	761,75

3. Z uwagi na zabytkowy charakter budynku oraz ochronę konserwatorską nie proponowano ocieplenia ścian zewnętrznych budynku.

Zaproponowano wykonanie ocieplenia ścian piwnicznych gruncie polegające na przymocowaniu do ścian od zewnątrz warstwy izolacyjnej z polistyrenu ekstrudowanego (0,036 W/mK) gr. 12 cm, wraz z położeniem izolacji przeciwwilgociowej.

Całkowite nakłady brutto na docieplenie ścian piwnic przy gruncie wyniosą:

39 483,00

4. Docieplenie stropu płaskiego poddasza należy wykonać przez położenie „luzem” na stropie warstwy izolacji z wełny mineralnej gr. 20cm. Izolacja zostanie zabezpieczona warstwą deskowania.

Całkowite nakłady brutto na docieplenie stropu poddasza wyniosą:

143 172,00

5. Wymiana okien w ramach drewnianych oraz stalowych w budynku polega na ich demontażu i wstawieniu w jej miejsce nowych okien o współczynniku przenikania ciepła  $U = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , jednoramowych, w ramach drewnianych, ze skrzydłami rozwieralno-uchyłnymi, z zamontowanymi nawiewnikami.

Skrzydła części okien oraz nawietrzniki okienne wykorzystywane do przewietrzania pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi, powinny być zaopatrzone w urządzenia pozwalające na ich łatwe otwieranie i regulowanie wielkości otwarcia z poziomu podłogi lub pomostu.

Całkowite nakłady brutto na wymianę okien wyniosą:

361 804,50

6. Wymiana drzwi zewnętrznych w budynku polega na demontażu starych drzwi (2 szt.) w ramach stalowych 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:

14 145,00

7. Modernizację systemu przygotowania c.w.u. w budynku należy przeprowadzić poprzez wykonanie nowego rozprowadzenia (przewodów poziomych c.w.u. w budynku).

Całkowite nakłady brutto na modernizację systemu przygotowania c.w.u. wynoszą:

39 483,00

8. Modernizacja systemu grzewczego w budynku polegać będzie na:

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

Całkowite nakłady brutto na wymianę instalacji c.o. wyniosą:

630 252,00

9. Prace dotyczące systemu grzewczego powinny zostać poprzedzone wykonaniem projektu technicznego modernizacji instalacji c.o. Projekt modernizacji powinien zawierać 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 na grzejnikach i zaworach zamontowanych na pionach.

10. W budynku można zastosować obniżenia temperaturowe w godzinach, w którym budynek jest nieużytkowany.

W budynku zastosowane mogą być obniżenia 4-godzinne lub większe, jeżeli w trakcie użytkowania instalacji okaże się, że pomieszczenia zdążą nagrzać się do temperatur obliczeniowych przed rozpoczęciem użytkowania. Nie należy stosować obniżeń o więcej niż  $4^{\circ}\text{C}$  poniżej temperatur obliczeniowych powietrza wewnętrznego.

11. 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 pomieszczeniach należy zwrócić uwagę na dotrzymanie wymagań wentylacji tzn. systematycznie przewietrzać pomieszczenia, aby nie dopuścić do powstawania pleśni i zawilgoceń,
  - 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 maks. i min.);
  - sposobu korzystania z grzejników (pozostawianie grzejników w czystości, nie osłanianie ich np. zasłonami, zabudową, meblami; nie korzystanie z grzejników jako suszarek do ubrań czy ręczników).
12. 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.
13. Roboty termomodernizacyjne powinny być zaprojektowane i wykonane przez osoby uprawnione zgodnie z przepisami Prawa Budowlanego.







## Załącznik 2

Obliczenia liczby stopniodni- dla obliczeniowej temp pow. wewnętrznego 20°C i 16°C dla stacji meteorologicznej w Gdańsku

Miesiąc	Średnia wieloletnia temp. miesiąca*	Liczba dni ogrzewania w danym miesiącu	Liczba stopniodni $t_{wew}-20^{\circ}\text{C}$	Liczba stopniodni $t_{wew}-16^{\circ}\text{C}$
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

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) szczególnie ze zmianą z 5 lipca 2013r. Stan po 1 stycznia 2014r. oraz stan na 1 styczeń roku 2017.

Lp.	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	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	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	0,23 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	3,00 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	0,18 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 $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,45 0,25 0,30 1,00	0,45 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 $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ c) oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	bez wymagań 1,00 bez wymagań 0,25	bez wymagań 1,00 bez wymagań 0,25

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

\*\*wartości, które zaczną obowiązywać od 1 stycznia 2017r.

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	1,1 1,6
2	Okna połaciowe: a) przy $t_i \geq 16^\circ$ b) przy $t_i < 16^\circ$	1,5 1,8	1,3 1,6
3	Okna w ścianach wewnętrznych: a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ c) oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	1,50 bez wymagań 1,50	1,30 bez wymagań 1,30
4	Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,7	1,5
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.



Podstawowe informacje:		
Nazwa projektu:	Liceum Ogólnokształcące nr 6	
Miejscowość:	Gdańsk	
Adres:	ul. Głęboka 11	
Projektant:	WA	
Normy:		
Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:	PN-EN ISO 6946	
Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:	PN-EN 12831:2006	
Norma na obliczanie E:	PN-EN ISO 13790	
Dane klimatyczne:		
Strefa klimatyczna:	I	
Projektowa temperatura zewnętrzna $\theta_e$ :	-16	°C
Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$ :	7,7	°C
Stacja meteorologiczna:	Gdańsk Port Północny	
Grunt:		
Rodzaj gruntu:	Piasek lub żwir	
Pojemność cieplna:	2,000	MJ/ (m <sup>3</sup> ·K)
Głębokość okresowego wnikania ciepła $\delta$ :	3,167	m
Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_g$ :	2,0	W/ (m·K)
Podstawowe wyniki obliczeń budynku:		
Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :	4320,0	m <sup>2</sup>
Kubatura ogrzewana budynku $V_H$ :	15206,4	m <sup>3</sup>
Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :	240981	W
Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :	91007	W
Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :	331988	W
Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :	0	W
Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :	331988	W
Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:		
Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do powierzchni $\Phi_{HL,A}$ :	76,8	W/m <sup>2</sup>
Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do kubatury $\Phi_{HL,V}$ :	21,8	W/m <sup>3</sup>
Wyniki obliczeń wentylacji na potrzeby projektowego obciążenia cieplnego:		
Powietrze infiltrujące $V_{infv}$ :	3041,3	m <sup>3</sup> /h
Powietrze dodatkowo infiltrujące $V_{m,infv}$ :		m <sup>3</sup> /h
Wymagane powietrze nawiewane mech. $V_{su,min}$ :		m <sup>3</sup> /h
Powietrze nawiewane mech. $V_{su}$ :		m <sup>3</sup> /h
Wymagane powietrze usuwane mech. $V_{ex,min}$ :		m <sup>3</sup> /h
Powietrze usuwane mech. $V_{ex}$ :		m <sup>3</sup> /h
Średnia liczba wymian powietrza n:	0,5	
Dopływające powietrze wentylacyjne $V_v$ :	7603,2	m <sup>3</sup> /h
Średnia temperatura dopływającego powietrza $\theta_v$ :	-16,0	°C
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790		
Stacja meteorologiczna:	Gdańsk Port Północny	
Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie		
Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie $V_{v,H}$ :	10644,5	m <sup>3</sup> /h
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :	1703,67	GJ/rok
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :	473243	kWh/rok
Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :	4320	m <sup>2</sup>
Kubatura ogrzewana budynku $V_H$ :	15206,4	m <sup>3</sup>
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie $EA_H$ :	394,4	MJ/ (m <sup>2</sup> ·rok)
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie $EA_H$ :	109,5	kWh/ (m <sup>2</sup> ·rok)

Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie	EV <sub>H</sub> :	112,0	MJ/(m <sup>3</sup> ·rok)
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie	EV <sub>H</sub> :	31,1	kWh/(m <sup>3</sup> ·rok)
Parametry obliczeń projektu:			
Obliczanie przenikania ciepła przy min. Δθ <sub>min</sub> :		4,0	K
Wariant obliczeń strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich grupach:			
Obliczaj z ograniczeniem do θ <sub>j,u</sub>			
Minimalna temperatura dyżurna θ <sub>j,u</sub> :		16	°C
Obliczaj straty do pomieszczeń w sąsiednich			
budynkach tak jak by były nieogrzewane:		Nie	
Obliczanie automatyczne mostków cieplnych:		Nie	
Obliczanie mostków cieplnych metodą uproszczoną:		Tak	
Domyślne dane do obliczeń:			
Typ budynku:		Szkolny	
Typ konstrukcji budynku:		Ciężka	
Typ systemu ogrzewania w budynku:		Konwekcyjne	
Oslabienie ogrzewania:		Bez osłabienia	
Regulacja dostawy ciepła w grupach:		Indywidualna reg.	
Stopień szczelności obudowy budynku:		Bez próby szczelności po	
Krotność wymiany powietrza wewn. n <sub>50</sub> :		4,0	1/h
Klasa osłonięcia budynku:		Brak osłonięcia	
Domyślne dane dotyczące wentylacji:			
System wentylacji:		Naturalna	
Temperatura powietrza nawiewanego θ <sub>su</sub> :			°C
Temperatura powietrza kompensacyjnego θ <sub>c</sub> :		20,0	°C
Domyślne dane dotyczące rekuperacji i recyrkulacji:			
Temperatura dopływającego powietrza θ <sub>ex,rec</sub> :		20,0	°C
Projektowa sprawność rekuperacji η <sub>recup</sub> :		70,0	%
Sezonowa sprawność rekuperacji η <sub>E,recup</sub> :		49,0	%
Projektowy stopień recyrkulacji η <sub>recir</sub> :			%
Sezonowy stopień recyrkulacji η <sub>E,recir</sub> :			%
Geometria budynku:			
Rzędna poziomu terenu:		0,00	m
Domyślna rzędna podłogi L <sub>f</sub> :			m
Rzędna wody gruntowej:		-5,00	m
Domyślna wysokość kondygnacji H:			m
Domyślna wys. pomieszczeń w świetle stropów H <sub>i</sub> :			m
Pole powierzchni podłogi na gruncie A <sub>g</sub> :		967,68	m <sup>2</sup>
Obwód podłogi na gruncie w świetle ścian zewn. P <sub>g</sub> :		153,00	m
Obrót budynku:		Bez obrotu	
Statystyka budynku:			
Liczba kondygnacji:		0	
Liczba stref budynku:		1	
Liczba grup pomieszczeń:		1	
Liczba pomieszczeń:		5	

Podstawowe informacje:		
Nazwa projektu:	Liceum Ogólnokształcące nr 6	
Miejscowość:	Gdańsk	
Adres:	ul. Głęboka 11	
Projektant:	WA	
Normy:		
Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:	PN-EN ISO 6946	
Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:	PN-EN 12831:2006	
Norma na obliczanie E:	PN-EN ISO 13790	
Dane klimatyczne:		
Strefa klimatyczna:	I	
Projektowa temperatura zewnętrzna $\theta_e$ :	-16	°C
Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$ :	7,7	°C
Stacja meteorologiczna:	Gdańsk Port Północny	
Grunt:		
Rodzaj gruntu:	Piasek lub żwir	
Pojemność cieplna:	2,000	MJ/(m³·K)
Głębokość okresowego wnikania ciepła $\delta$ :	3,167	m
Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_g$ :	2,0	W/(m·K)
Podstawowe wyniki obliczeń budynku:		
Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :	4320,0	m²
Kubatura ogrzewana budynku $V_H$ :	15206,4	m³
Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :	202324	W
Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :	91007	W
Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :	293331	W
Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :	0	W
Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :	293331	W
Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:		
Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do powierzchni $\phi_{HL,A}$ :	67,9	W/m²
Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do kubatury $\phi_{HL,V}$ :	19,3	W/m³
Wyniki obliczeń wentylacji na potrzeby projektowego obciążenia cieplnego:		
Powietrze infiltrujące $V_{infv}$ :	3041,3	m³/h
Powietrze dodatkowo infiltrujące $V_{m.infv}$ :		m³/h
Wymagane powietrze nawiewane mech. $V_{su,min}$ :		m³/h
Powietrze nawiewane mech. $V_{su}$ :		m³/h
Wymagane powietrze usuwane mech. $V_{ex,min}$ :		m³/h
Powietrze usuwane mech. $V_{ex}$ :		m³/h
Średnia liczba wymian powietrza n:	0,5	
Dopływające powietrze wentylacyjne $V_v$ :	7603,2	m³/h
Średnia temperatura dopływającego powietrza $\theta_v$ :	-16,0	°C
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790		
Stacja meteorologiczna:	Gdańsk Port Północny	
Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie		
Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie $V_{v,H}$ :	10644,5	m³/h
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :	1397,16	GJ/rok
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :	388101	kWh/rok
Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :	4320	m²
Kubatura ogrzewana budynku $V_H$ :	15206,4	m³
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie $EA_H$ :	323,4	MJ/(m²·rok)
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie $EA_H$ :	89,8	kWh/(m²·rok)

Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie	EV <sub>H</sub> :	91,9	MJ/(m <sup>3</sup> ·rok)
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie	EV <sub>H</sub> :	25,5	kWh/(m <sup>3</sup> ·rok)
Parametry obliczeń projektu:			
Obliczanie przenikania ciepła przy min. Δθ <sub>min</sub> :	4,0	K	
Wariant obliczeń strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich grupach:			
Obliczaj z ograniczeniem do θ <sub>j,u</sub>			
Minimalna temperatura dyżurna θ <sub>j,u</sub> :	16	°C	
Obliczaj straty do pomieszczeń w sąsiednich			
budynkach tak jak by były nieogrzewane:	Nie		
Obliczanie automatyczne mostków cieplnych:	Nie		
Obliczanie mostków cieplnych metodą uproszczoną:	Tak		
Domyślne dane do obliczeń:			
Typ budynku:	Szkolny		
Typ konstrukcji budynku:	Ciężka		
Typ systemu ogrzewania w budynku:	Konwekcyjne		
Oslabienie ogrzewania:	Bez osłabienia		
Regulacja dostawy ciepła w grupach:	Indywidualna reg.		
Stopień szczelności obudowy budynku:	Bez próby szczelności po		
Krotność wymiany powietrza wewn. n <sub>50</sub> :	4,0	1/h	
Klasa osłonięcia budynku:	Brak osłonięcia		
Domyślne dane dotyczące wentylacji:			
System wentylacji:	Naturalna		
Temperatura powietrza nawiewanego θ <sub>su</sub> :		°C	
Temperatura powietrza kompensacyjnego θ <sub>c</sub> :	20,0	°C	
Domyślne dane dotyczące rekuperacji i recyrkulacji:			
Temperatura dopływającego powietrza θ <sub>ex,rec</sub> :	20,0	°C	
Projektowa sprawność rekuperacji η <sub>recup</sub> :	70,0	%	
Sezonowa sprawność rekuperacji η <sub>E,recup</sub> :	49,0	%	
Projektowy stopień recyrkulacji η <sub>recir</sub> :		%	
Sezonowy stopień recyrkulacji η <sub>E,recir</sub> :		%	
Geometria budynku:			
Rzędna poziomu terenu:	0,00	m	
Domyślna rzędna podłogi L <sub>f</sub> :		m	
Rzędna wody gruntowej:	-5,00	m	
Domyślna wysokość kondygnacji H:		m	
Domyślna wys. pomieszczeń w świetle stropów H <sub>i</sub> :		m	
Pole powierzchni podłogi na gruncie A <sub>g</sub> :	967,68	m <sup>2</sup>	
Obwód podłogi na gruncie w świetle ścian zewn. P <sub>g</sub> :	153,00	m	
Obrót budynku:	Bez obrotu		
Statystyka budynku:			
Liczba kondygnacji:	0		
Liczba stref budynku:	1		
Liczba grup pomieszczeń:	1		
Liczba pomieszczeń:	5		