

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU**  
**SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 1**  
**im. Henryka Sienkiewicza**  
**w Olecku**  
**ul. Kościuszki 20**  
**19 - 400 OLECKO**

**Zamawiający: Gmina Olecko**  
**ul. Plac Wolności 3**  
**19-400 Olecko**

**Termin zakończenia pracy: lipiec 2020 roku**

# 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku				
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy	1963,1991
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Olecko		ul.	Kościuszki nr bud. 20
	ul.	Plac Wolności nr 3	1.4 Adres budynku	kod 19-400 miejscowość Olecko
	kod	19-400 miejscowość Olecko		powiat olecki
	tel.	- fax -		województwo warmińsko-mazurskie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: ..... "ELEKO" Franciszek Radomski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....				
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska				
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje				
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)	
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE	
5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Lipiec 2020 r.				
6. Spis treści				
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku .....				1
2. Karta audytu energetycznego budynku .....				2
3. Podstawa opracowania .....				4
3.1 Cel i zakres opracowania .....				4
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu .....				4
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .....				6
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku .....				6
5. Ocena stanu technicznego budynku .....				8
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego .....				9
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego .....				9
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło .....				10
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne .....				10
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji .....				21
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne .....				25
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku .....				26
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego .....				29
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego .....				31
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji .....				34
ZAŁĄCZNIKI .....				37
Z-1 Współczynniki przenikania ciepła przed termomodernizacją .....				37
Z-2 Współczynniki przenikania ciepła po termomodernizacji .....				40
Z-3 Współczynnik strat ciepła przez wentylację .....				43
Z-4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego .....				43
Z-5 Projektowana strata ciepła .....				44
Z-6 Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 .....				46
Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 .....				47
Z-8 Sprawności systemu grzewczego .....				48
Z-9 Ciepła woda użytkowa .....				49
Z-10 Oświetlenie wewnętrzne .....				50
Z-11 Energia pomocnicza .....				51
Z-12 Instalacja fotowoltaiczna .....				52
Z-13 Obliczenie efektywności ekologicznej .....				53
Z-14 Podsumowanie .....				54

## 2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	4	4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]	16 926,00	16 926,00
4.	Powierzchnia użytkowa budynku [m <sup>2</sup> ]	4 826,16	4 826,16
5.	Powierzchnia użytkowa lokali mieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	-	-
6.	Udział powierzchni użytkowej lokali mieszkalnych w całkowitej powierzchni użytkowej budynku [m <sup>2</sup> ]	-	-
7.	Liczba lokali mieszkalnych	-	-
8.	Liczba osób użytkujących budynek	771	771
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	podgrzewacze elektryczne	podgrzewacze elektryczne
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,504	0,504
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	0,307; 1,045	0,307; 0,194
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,715; 1,067; 1,464; 1,474; 1,772	0,131; 0,144; 0,149
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,350; 0,398; 0,401	0,350; 0,398; 0,401
5	Okna, drzwi balkonowe	1,600; 3,120	1,600; 0,900
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,000	1,300
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,99	0,99
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1	0,95

<b>4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej</b>					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,96	0,96	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,60	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
<b>5. Charakterystyka systemu wentylacji</b>					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /h]	12 756	12 756	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,84	0,84	
<b>6. Charakterystyka energetyczna budynku</b>					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	456,92	280,36	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	34,41	34,41	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	3 658,32	2 146,42	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	4 999,02	2 194,15	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	152,23	152,23	
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku ( bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	210,56	123,54	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	287,73	126,29	
10. <sup>2)</sup>	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
<b>7. Koszty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)</b>					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku <sup>3)</sup>	[zł/GJ]	62,85	62,85	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc <sup>4)</sup>	[zł/(MW m-c)]	11 582,11	11 582,11	
3.	Koszt przygotowania 1 m <sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej <sup>3)</sup>	[zł/m <sup>3</sup> ]	15,90	15,90	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc <sup>4)</sup>	[zł/(MW m-c)]	11 582,11	11 582,11	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m <sup>2</sup> powierzchni użytkowej	[zł/(m <sup>2</sup> m-c)]	6,52	3,05	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
<b>8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego</b>					
Planowana kwota kredytu	[zł]	2 334 399,60	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	54,45
Planowane koszty całkowite	[zł]	2 334 399,60	Premia termomodernizacyjna	[zł]	373 503,94
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	200 825,68			

<b>9. Inne</b>
Wraz z realizacją przedsięwzięcia termomodernizacyjnego w budynku ZOSTANIE/ <del>NIE ZOSTANIE</del> <sup>5)</sup> zainstalowana mikroinstalacja odnawialnego źródła energii o mocy maksymalnej 28 kW
Z audytu energetycznego WYNIKA/ <del>NIE WYNIKA</del> <sup>3)</sup> , że po zrealizowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego elementy budynku poddane temu przedsięwzięciu termomodernizacyjnemu będą spełniać stosowane od dnia 31 grudnia 2020 r. wymagania, o których mowa w art. 5a ust. 2 ustawy.
<sup>1)</sup> Dla budynku składającego się z części o różnych funkcjach użytkowych należy podać wszystkie dane oddzielnie dla każdej części budynku.
<sup>2)</sup> $U_{OZE}$ [%] obliczany zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczoną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.
<sup>3)</sup> Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii.
<sup>4)</sup> Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii.
<sup>5)</sup> Niepotrzebne skreślić.

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

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

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Szkoły Podstawowej Nr 1 im. Henryka Sienkiewicza w Olecku, zlokalizowanej przy ul. Kościuszki 20 i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej oraz wyliczenie wskaźników niezbędnych do wniosku o udzielenie dofinansowania z programu MF EOG - Program Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu - Obszar Energia odnawialna, efektywność energetyczna, bezpieczeństwo energetyczne - Poprawa efektywności energetycznej i bezpieczeństwa energetycznego: *Głęboka termomodernizacja budynków użyteczności publicznej - szkół podstawowych i ponadpodstawowych.*

#### **3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.**

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459 z późn. zmianami),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termo modernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).

4. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 29.04.2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. 2020, poz. 879).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015, poz. 376).
7. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
9. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.
10. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
11. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
12. Normy związane
13. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
14. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
15. Inwentaryzacja techniczna budynku.
16. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
17. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
18. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

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

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.

### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1963; 1991
Adres budynku	19-400 Olecko, ul. Kościuszki 20	Właściciel	Gmina Olecko, Plac Wolności 3, 19-400 Olecko
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	3	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	16 926,00	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	4 826,16	-	
Współczynnik kształtu	0,504		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	2,7	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	771	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	8	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	
<b>Stropodach (stara część)</b>	1 357,00	1,464	
<b>Stropodach (nowa część)</b>	536,00	0,715	
<b>Dach nad klatką schodową, salą i łącznikiem</b>	297,00	1,474	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1] (stara część)</b>	1 474,00	0,307	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2] (nowa część)</b>	931,00	1,045	
<b>Ściana poniżej gruntu [SG-1] (stara część)</b>	390,00	0,632	
<b>Ściana poniżej gruntu [SG-2] (nowa część)</b>	253,00	0,401	
<b>Okna stare</b>	162,00	3,120	
<b>Okna nowe</b>	817,00	1,600	
<b>Drzwi wejściowe</b>	31,00	2,280	
<b>Strop nad prześwitem</b>	39,00	1,067	
<b>Strop pod patio</b>	49,00	1,772	

<b>Podłoga na gruncie</b>	464,00	0,401
<b>Podłoga na gruncie (sala gimnastyczna)</b>	169,00	0,398
<b>Podłoga na gruncie (piwnica)</b>	1565,00	0,350
<b>4.4 Charakterystyka energetyczna budynku</b>		
Moc cieplna zamówiona na ogrzewanie	kW	456,92
Moc cieplna zamówiona na przygotowanie cwu	kW	34,41
Roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzewanie	GJ/rok	4 999,02
Roczne zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie cwu	GJ/rok	152,23
Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego i na przygotowanie cwu	GJ/rok	-
Wskaźnik E według Polskiej Normy	kWh/(m <sup>3</sup> rok)	-
<b>4.4.1 Opłaty jednostkowe</b>		
Energia cieplna - opłata stała za moc zamówioną	zł/(MW*m-c)	11 582,11
Energia cieplna - opłata stała za przesył	zł/(MW*m-c)	-
Energia cieplna - opłata zmienna	zł/GJ	62,85
Energia cieplna - abonament	zł/m-c	-
Energia cieplna - CO (obliczone)	zł/(m <sup>2</sup> *m-c)	6,52
Energia cieplna - CWU (obliczone)	zł/osobę/mies.	2,42
Energia cieplna - CWU (obliczone)	zł/(m <sup>2</sup> *m-c)	0,39
Energia cieplna - technologia	zł/GJ	-
Gaz - opłata zmienna	zł/m <sup>3</sup>	-
Gaz - opłata stała za przesył	[zł/(m <sup>3</sup> /h) za h]	-
Gaz - abonament (netto)	zł/m-c	-
Energia elektryczna - za energię czynną (netto)	zł/kWh	0,3053
Energia elektryczna - składnik jakościowy (netto)	zł/kWh	0,0125
Energia elektryczna - opłata sieciowa (netto)	zł/kWh	0,1713
Energia elektryczna - opłata przejściowa (netto)	zł/(m-c)	0,0800
Energia elektryczna - opłata stała za przesył (netto)	zł/(m-c)	3,0700
Energia elektryczna - opłata abonamentowa (netto)	zł/(m-c)	4,8000
Gaz płynny	zł/Mg	-
Olej opałowy	zł/Mg	-
Węgiel	zł/Mg	-
Koks	zł/Mg	-
Woda	zł/m <sup>3</sup>	-
Opłata za emisję zanieczyszczeń	zł/rok	-
<b>4.4.2 Koszt energii</b>		
Całkowity koszt energii na potrzeby CO	zł/rok	377 693,71
Jednostkowy koszt energii na potrzeby CO	zł/GJ	75,55
Całkowity koszt energii na potrzeby CWU	zł/rok	22 411,42
Jednostkowy koszt energii na potrzeby CWU	zł/osobę/mies.	2,42
<b>4.5 Charakterystyka systemu ogrzewania</b>		



Rodzaj instalacji	pompowy z rozdziałem dolnym
Sprawność wytwarzania	0,99
Sprawność przesyłania	0,96
Sprawność regulacji i wykorzystania	0,77
Sprawność akumulacji	1,00
4.6 Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej	
Rodzaj instalacji	podgrzewacze elektryczne
Opomiarowanie	brak
Izolacja pionów	-
4.7 Charakterystyka wentylacji	
Rodzaj i typ wentylacji	naturalna
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	12 756
4.8 Charakterystyka węzła cieplnego lub lokalnego źródła ciepła	
Typ wymienników (kotłów)	węzeł cieplny wymiennikowy
Opomiarowanie	licznik ciepła

## **5. Ocena stanu technicznego budynku**

Obiekt złożony jest z dwóch części połączonych funkcjonalnie i instalacyjnie. Pierwszą część stanowi wybudowany w 1963 r. budynek starej szkoły, natomiast drugą część budynek nowej szkoły wybudowany w 1991 r. Oba budynki tworzą zwartą całość i są wykonane w technologii tradycyjnej. Starsza część obiektu jest częściowo podpiwniczona, natomiast nowsza część jest całkowicie podpiwniczona. Wszystkie pomieszczenia piwniczne są ogrzewane. Ściany zewnętrzne budynku starej szkoły wykonane są z cegły pełnej o grubości 42 cm, ocieplone styropianem o grubości 10 cm, natomiast ściany zewnętrzne budynku nowej szkoły wykonane są z cegły kratówki o grubości 42cm, nieocieplone. Nad częścią dydaktyczną starej szkoły oraz zapleczem sali gimnastycznej zastosowano stropodach wentylowany, ocieplony supremą o grubości 5 cm, kryty papą, natomiast nad salą gimnastyczną i łącznikiem dach z płyt żelbetowych, nieocieplony, kryty papą. Nad budynkiem nowej szkoły zastosowano stropodach wentylowany, ocieplony wełną mineralną o grubości 5 cm, kryty papą oraz nad klatką schodową dach z płyt żelbetowych, nieocieplony, kryty papą. W nowej części budynku znajduje się wewnętrzne patio, do którego wejście prowadzi przez prześwit na poziomie parteru. Pod patio zlokalizowana jest ogrzewana piwnica. Strop nad piwnicą jest nieocieplony, w złym stanie technicznym, z zawilgoceniami widocznymi od strony piwnicy oraz na ścianach zewnętrznych okalających patio.

W budynku zastosowano stolarkę okienną o współczynniku przenikania ciepła równym  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  w dobrym stanie technicznym i jej wymiana nie będzie analizowana w dalszej części

opracowania oraz stolarkę okienną o współczynniku przenikania ciepła równym  $3,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ , która jest w złym stanie technicznym (okna zniszczone, źle osadzone, nieszczelne).

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła równym  $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , która jest w złym stanie technicznym. W nowej części obiektu zastosowano przeszklony wiatrołap, który jest w złym stanie technicznym.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w piwnicy budynku zainstalowano węzeł wymiennikowy, który jest własnością dostawcy ciepła. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna, z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników i instalacji jest zły.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych, zamontowanych bezpośrednio przy punktach poboru.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną w dobrym stanie technicznym..

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

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

- ocieplenie stropodachu nad starą częścią budynku,
- ocieplenie stropodachu nad nową częścią budynku,
- ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną, łącznikiem i klatką schodową,
- ocieplenie ścian zewnętrznych nowej części szkoły,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu nowej części szkoły,
- ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły,
- ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły,
- wymianę okien w starej części szkoły,
- wymianę drzwi,
- modernizację instalacji c.o.,
- montaż Systemu Zarządzania Energią.

## **7.Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego**

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

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

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią budynku. Ocieplenie stropodachu nad nową częścią budynku. Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną, łącznikiem i klatką schodową. Ocieplenie ścian zewnętrznych nowej części szkoły. Ocieplenie ścian poniżej gruntu nowej części szkoły. Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły. Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły. Wymiana okien w starej części szkoły Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Modernizacja instalacji c.o.. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

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

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

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

gdzie:

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

źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rU}$  dla  $n$ -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

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

gdzie:

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

$Q_{0z}, Q_{1z}$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,

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

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

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

dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo  $\text{zł/m}^3$  przeliczonej na zł/GJ,

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

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

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

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

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW\*miesiąc),

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

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

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

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

Liczbę stopniodni  $Sd$  oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

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

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

$Ld(m)$  - liczba dni ogrzewania w miesiącu  $m$ , podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,

$L_g$  - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

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

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

gdzie:

$t_{wo}$  - jak we wzorze (4),

$t_{zo}$  - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej,

określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C

A - jak we wzorze (3),

U<sub>c</sub> - jak we wzorze (3),

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

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
T <sub>e</sub> (m)	-5,4	-5,1	-1,3	5,5	11,7	11,8	6,7	1,6	-2,6
Ld(m)	31	28	31	30	20	20	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, T <sub>zew</sub> = - 24,0°C									
Obliczeniowa temperatura wewnętrzna, T <sub>wew</sub> = 20,0°C									
Liczba stopniodni 4580,4									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

## Usprawnienia dotyczące stropodachu nad starą częścią szkoły

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły granulatem wełny mineralnej o optymalnej grubości.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 1\,357,00 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,683 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 1\,357 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{granulat} & U_0 &= 1,464 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{\text{ogrz}}$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,07	1,750	2,433	0,411	220,72	0,025	225 262,00	37 796,99	5,960
0,08	2,000	2,683	0,373	200,15	0,022	226 347,60	39 407,35	5,744
0,09	2,250	2,933	0,341	183,09	0,020	227 433,20	40 743,18	5,582
0,10	2,500	3,183	0,314	168,71	0,019	228 518,80	41 869,19	5,458
0,11	2,750	3,433	0,291	156,43	0,017	229 604,40	42 831,20	5,361
0,12	3,000	3,683	0,272	145,81	0,016	230 690,00	43 662,61	5,283
0,13	3,250	3,933	0,254	136,54	0,015	231 775,60	44 388,33	5,222
0,14	3,500	4,183	0,239	128,38	0,014	232 861,20	45 027,30	5,172
0,15	3,750	4,433	0,226	121,14	0,013	233 946,80	45 594,21	5,131
0,16	4,000	4,683	0,214	114,67	0,013	235 032,40	46 100,59	5,098
0,17	4,250	4,933	0,203	108,86	0,012	236 118,00	46 555,64	5,072
0,18	4,500	5,183	0,193	103,61	0,012	237 203,60	46 966,80	5,050
0,19	4,750	5,433	0,184	98,84	0,011	238 289,20	47 340,11	5,034
0,20	5,000	5,683	0,176	94,50	0,011	239 374,80	47 680,59	5,020
0,21	5,250	5,933	0,169	90,51	0,010	240 460,40	47 992,37	5,010
0,22	5,500	6,183	0,162	86,85	0,010	241 546,00	48 278,94	5,003
0,23	5,750	6,433	0,155	83,48	0,009	242 631,60	48 543,23	4,998
0,24	6,000	6,683	0,150	80,36	0,009	243 717,20	48 787,75	4,995
0,25	6,250	6,933	0,144	77,46	0,009	244 260,00	49 014,64	4,983
0,26	6,500	7,183	0,139	74,76	0,008	245 481,30	49 225,73	4,987

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 25 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 25 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące stropodachu nad nową częścią szkoły

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu nad nową częścią szkoły granulatem wełny mineralnej o optymalnej grubości.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 536,00 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 1,398 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 536 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{granulat} & U_0 &= 0,715 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{\text{ogrz}}$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ}/\text{a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,07	1,750	3,148	0,318	67,39	0,007	84 152,00	5 302,28	15,871
0,08	2,000	3,398	0,294	62,43	0,007	84 848,80	5 613,89	15,114
0,09	2,250	3,648	0,274	58,15	0,006	85 545,60	5 882,79	14,542
0,10	2,500	3,898	0,257	54,42	0,006	86 242,40	6 117,20	14,098
0,11	2,750	4,148	0,241	51,14	0,006	86 939,20	6 323,35	13,749
0,12	3,000	4,398	0,227	48,23	0,005	87 636,00	6 506,07	13,470
0,13	3,250	4,648	0,215	45,64	0,005	88 332,80	6 669,12	13,245
0,14	3,500	4,898	0,204	43,31	0,005	89 029,60	6 815,53	13,063
0,15	3,750	5,148	0,194	41,21	0,005	89 726,40	6 947,72	12,915
0,16	4,000	5,398	0,185	39,30	0,004	90 423,20	7 067,67	12,794
0,17	4,250	5,648	0,177	37,56	0,004	91 120,00	7 177,00	12,696
0,18	4,500	5,898	0,170	35,97	0,004	91 816,80	7 277,06	12,617
0,19	4,750	6,148	0,163	34,50	0,004	92 513,60	7 368,98	12,554
0,20	5,000	6,398	0,156	33,16	0,004	93 210,40	7 453,71	12,505
0,21	5,250	6,648	0,150	31,91	0,004	93 907,20	7 532,08	12,468
0,22	5,500	6,898	0,145	30,75	0,003	94 604,00	7 604,76	12,440
0,23	5,750	7,148	0,140	29,68	0,003	95 300,80	7 672,36	12,421
0,24	6,000	7,398	0,135	28,67	0,003	95 997,60	7 735,39	12,410
0,25	6,250	7,648	0,131	27,74	0,003	96 480,00	7 794,30	12,378
0,26	6,500	7,898	0,127	26,86	0,003	97 176,80	7 849,48	12,380

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 25 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 25 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.



## Usprawnienia dotyczące dachu nad salą gimnastyczną, łącznikiem i klatką schodową

Rozpatruje się ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną, łącznikiem i klatką schodową styropapą o optymalnej grubości.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 297,00 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,679 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 297 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{styropapa} & U_0 &= 1,474 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{\text{ogrz}}$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ}/\text{a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,08	2,000	2,679	0,373	43,88	0,005	67 122,00	8 127,41	8,259
0,09	2,250	2,929	0,341	40,13	0,004	67 389,30	8 362,83	8,058
0,10	2,500	3,179	0,315	36,98	0,004	67 656,60	8 561,22	7,903
0,11	2,750	3,429	0,292	34,28	0,004	67 923,90	8 730,67	7,780
0,12	3,000	3,679	0,272	31,95	0,004	68 191,20	8 877,09	7,682
0,13	3,250	3,929	0,255	29,92	0,003	68 458,50	9 004,88	7,602
0,14	3,500	4,179	0,239	28,13	0,003	68 725,80	9 117,38	7,538
0,15	3,750	4,429	0,226	26,54	0,003	68 993,10	9 217,17	7,485
0,16	4,000	4,679	0,214	25,12	0,003	69 260,40	9 306,31	7,442
0,17	4,250	4,929	0,203	23,85	0,003	69 527,70	9 386,39	7,407
0,18	4,500	5,179	0,193	22,70	0,003	69 795,00	9 458,75	7,379
0,19	4,750	5,429	0,184	21,65	0,002	70 062,30	9 524,44	7,356
0,20	5,000	5,679	0,176	20,70	0,002	70 329,60	9 584,35	7,338
0,21	5,250	5,929	0,169	19,83	0,002	70 596,90	9 639,21	7,324
0,22	5,500	6,179	0,162	19,02	0,002	70 864,20	9 689,62	7,313
0,23	5,750	6,429	0,156	18,28	0,002	71 131,50	9 736,12	7,306
0,24	6,000	6,679	0,150	17,60	0,002	71 398,80	9 779,13	7,301
0,25	6,250	6,929	0,144	16,96	0,002	71 517,60	9 819,04	7,284
0,26	6,500	7,179	0,139	16,37	0,002	71 820,54	9 856,17	7,287
0,27	6,750	7,429	0,135	15,82	0,002	72 147,24	9 890,80	7,294

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 25 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 25 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące stropu nad prześwitem w nowej części szkoły

Rozpatruje się ocieplenie stropu nad prześwitem wełną mineralną lub styropianem o optymalnej grubości.

Pow. obliczeniowa =	39,00	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	0,937	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 39	[m <sup>2</sup> ]			
Materiał:	styropian		U <sub>0</sub> =	1,067 [W/(m <sup>2</sup> *K)]	
	λ =	0,040		[W/(m*K)]	

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

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,316	2,253	0,444	6,85	0,001	9 945,00	604,30	16,457
0,06	1,579	2,516	0,397	6,13	0,001	10 015,20	649,32	15,424
0,07	1,842	2,780	0,360	5,55	0,001	10 085,40	685,82	14,706
0,08	2,105	3,043	0,329	5,07	0,001	10 155,60	716,01	14,184
0,09	2,368	3,306	0,302	4,67	0,001	10 225,80	741,39	13,793
0,10	2,632	3,569	0,280	4,32	0,000	10 296,00	763,02	13,494
0,11	2,895	3,832	0,261	4,03	0,000	10 366,20	781,69	13,261
0,12	3,158	4,095	0,244	3,77	0,000	10 436,40	797,95	13,079
0,13	3,421	4,358	0,229	3,54	0,000	10 506,60	812,25	12,935
0,14	3,684	4,622	0,216	3,34	0,000	10 576,80	824,93	12,821
0,15	3,947	4,885	0,205	3,16	0,000	10 647,00	836,23	12,732
0,16	4,211	5,148	0,194	3,00	0,000	10 717,20	846,39	12,662
0,17	4,474	5,411	0,185	2,85	0,000	10 787,40	855,55	12,609
0,18	4,737	5,674	0,176	2,72	0,000	10 857,60	863,86	12,569
0,19	5,000	5,937	0,168	2,60	0,000	10 927,80	871,44	12,540
0,20	5,263	6,201	0,161	2,49	0,000	10 998,00	878,37	12,521
0,21	5,526	6,464	0,155	2,39	0,000	11 068,20	884,74	12,510
0,22	5,789	6,727	0,149	2,29	0,000	11 115,00	890,62	12,480
0,23	6,053	6,990	0,143	2,21	0,000	11 185,20	896,04	12,483
0,24	6,316	7,253	0,138	2,13	0,000	11 255,40	901,08	12,491

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 22 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad prześwitem wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 22 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące stropu pod patio

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod patio od zewnątrz styropianem XPS o grubości 5 cm oraz od wewnątrz wełną mineralną o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	49,00	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	0,564	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 49	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>1</sub> =	1,996	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Materiał:	wełna mineralna		U <sub>0</sub> =	1,772	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
	λ =	0,040	[W/(m*K)]	U <sub>1</sub> =	0,501 [W/(m <sup>2</sup> *K)]

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

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,389	3,385	0,295	5,73	0,001	21 070,00	2 242,58	9,395
0,06	1,667	3,663	0,273	5,29	0,001	21 153,30	2 276,60	9,292
0,07	1,944	3,940	0,254	4,92	0,001	21 236,60	2 305,83	9,210
0,08	2,222	4,218	0,237	4,60	0,001	21 319,90	2 331,20	9,145
0,09	2,500	4,496	0,222	4,31	0,000	21 403,20	2 353,44	9,094
0,10	2,778	4,774	0,209	4,06	0,000	21 486,50	2 373,09	9,054
0,11	3,056	5,052	0,198	3,84	0,000	21 569,80	2 390,58	9,023
0,12	3,333	5,329	0,188	3,64	0,000	21 653,10	2 406,25	8,999
0,13	3,611	5,607	0,178	3,46	0,000	21 736,40	2 420,37	8,981
0,14	3,889	5,885	0,170	3,30	0,000	21 819,70	2 433,15	8,968
0,15	4,167	6,163	0,162	3,15	0,000	21 903,00	2 444,78	8,959
0,16	4,444	6,440	0,155	3,01	0,000	21 986,30	2 455,40	8,954
0,17	4,722	6,718	0,149	2,89	0,000	22 050,00	2 465,15	8,945
0,18	5,000	6,996	0,143	2,77	0,000	22 138,20	2 474,13	8,948
0,19	5,278	7,274	0,137	2,67	0,000	22 221,50	2 482,41	8,952
0,20	5,556	7,552	0,132	2,57	0,000	22 304,80	2 490,09	8,957
0,21	5,833	7,829	0,128	2,48	0,000	22 388,10	2 497,23	8,965
0,22	6,111	8,107	0,123	2,39	0,000	22 471,40	2 503,87	8,975
0,23	6,389	8,385	0,119	2,31	0,000	22 554,70	2 510,08	8,986
0,24	6,667	8,663	0,115	2,24	0,000	22 638,00	2 515,88	8,998

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 17 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów pod najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych w nowej części szkoły

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych w nowej części szkoły styropianem lub wełną mineralną o optymalnej grubości

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 931,00 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,957 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 1\,217 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{styropian} & U_0 &= 1,045 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{\text{ogrz}}$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ}/\text{a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,316	2,272	0,440	162,14	0,018	296 948,00	17 463,30	17,004
0,06	1,579	2,536	0,394	145,31	0,016	298 549,32	18 780,98	15,896
0,07	1,842	2,799	0,357	131,65	0,015	300 470,89	19 850,86	15,136
0,08	2,105	3,062	0,327	120,33	0,013	302 712,74	20 736,84	14,598
0,09	2,368	3,325	0,301	110,81	0,012	305 274,84	21 482,57	14,210
0,10	2,632	3,588	0,279	102,68	0,011	308 157,21	22 118,92	13,932
0,11	2,895	3,851	0,260	95,67	0,011	311 359,84	22 668,31	13,735
0,12	3,158	4,114	0,243	89,55	0,010	314 882,74	23 147,42	13,603
0,13	3,421	4,378	0,228	84,16	0,009	318 725,89	23 568,92	13,523
0,14	3,684	4,641	0,215	79,39	0,009	322 889,32	23 942,63	13,486
0,15	3,947	4,904	0,204	75,13	0,008	327 981,50	24 276,22	13,510
0,16	4,211	5,167	0,194	71,30	0,008	329 807,00	24 575,84	13,420
0,17	4,474	5,430	0,184	67,85	0,008	334 931,21	24 846,42	13,480
0,18	4,737	5,693	0,176	64,71	0,007	340 375,68	25 091,98	13,565
0,19	5,000	5,957	0,168	61,85	0,007	346 140,42	25 315,85	13,673
0,20	5,263	6,220	0,161	59,24	0,007	352 225,42	25 520,77	13,802
0,21	5,526	6,483	0,154	56,83	0,006	358 630,68	25 709,06	13,950
0,22	5,789	6,746	0,148	54,62	0,006	365 356,21	25 882,65	14,116
0,23	6,053	7,009	0,143	52,57	0,006	372 402,00	26 043,21	14,299
0,24	6,316	7,272	0,138	50,66	0,006	379 768,05	26 192,16	14,499

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 16 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 16 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące ścian poniżej gruntu w nowej części szkoły

Rozpatruje się ocieplenie ścian poniżej gruntu w nowej części szkoły styropianem XPS lub styroporem o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	253,00	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	1,043	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 253	[m <sup>2</sup> ]	U <sub>0</sub> =	0,959	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
Materiał:	styropian XPS				
	λ =	0,032			[W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R <sub>i</sub>	U	Q <sub>i</sub>	q <sub>i</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,563	2,605	0,384	38,43	0,004	79 442,00	4 508,30	17,621
0,06	1,875	2,918	0,343	34,31	0,004	79 955,91	4 830,57	16,552
0,07	2,188	3,230	0,310	30,99	0,003	80 572,59	5 090,48	15,828
0,08	2,500	3,543	0,282	28,26	0,003	81 292,06	5 304,55	15,325
0,09	2,813	3,855	0,259	25,97	0,003	82 114,31	5 483,91	14,974
0,10	3,125	4,168	0,240	24,02	0,003	83 039,34	5 636,38	14,733
0,11	3,438	4,480	0,223	22,35	0,002	84 067,16	5 767,58	14,576
0,12	3,750	4,793	0,209	20,89	0,002	85 197,75	5 881,67	14,485
0,13	4,063	5,105	0,196	19,61	0,002	86 020,00	5 981,79	14,380
0,14	4,375	5,418	0,185	18,48	0,002	87 356,16	6 070,37	14,391
0,15	4,688	5,730	0,175	17,47	0,002	88 795,09	6 149,28	14,440
0,16	5,000	6,043	0,165	16,57	0,002	90 336,81	6 220,03	14,524
0,17	5,313	6,355	0,157	15,75	0,002	91 981,31	6 283,82	14,638
0,18	5,625	6,668	0,150	15,02	0,002	93 728,59	6 341,64	14,780
0,19	5,938	6,980	0,143	14,34	0,002	95 578,66	6 394,27	14,948
0,20	6,250	7,293	0,137	13,73	0,002	97 531,50	6 442,40	15,139
0,21	6,563	7,605	0,131	13,16	0,001	99 587,13	6 486,57	15,353
0,22	6,875	7,918	0,126	12,65	0,001	101 745,53	6 527,26	15,588
0,23	7,188	8,230	0,122	12,17	0,001	104 006,72	6 564,85	15,843
0,24	7,500	8,543	0,117	11,72	0,001	106 370,69	6 599,70	16,118

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 13 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 13 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

### 7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, polegający na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji jest to taki wariant, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

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

$$SPBT = (N_{ok} + N_w) / \sum (\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw}), \quad [\text{lata}] \quad (6)$$

gdzie:

- $N_{ok}$  – planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,
- $N_w$  – planowane koszty robót związane z modernizacją wentylacji, zł,
- $\Delta O_{rok}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- $\Delta O_{rw}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

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

$$\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- $Q_0, Q_1$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

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

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

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

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

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

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

$U$  - jak we wzorze (8),

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

- $V_{nom}$  - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,  $m^3/h$ ,
- $c_r$  - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
- $c_w$  - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

- $t_{w0}$  - jak we wzorze (4),
- $t_{z0}$  - jak we wzorze (5),
- $A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),
- $U$  - jak we wzorze (8),



$V_{obl}$  - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony przez współczynnik korekcyjny  $c_m$  zgodnie z tabelą 2,  $m^3/h$ ,

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi  $Q_{0inf}$ ,  $Q_{1inf}$ , oblicza się ze wzoru:

$$Q_{0inf} \cdot Q_{1inf} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)]^{5/3} Ld(m), \quad [GJ/rok] \quad (12)$$

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

$t_{wo}$ ,  $t_e(m)$ - jak we wzorze (4),

$Ld(m)$  - jak we wzorze (4).

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około 162  $m^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	$c_r$	$c_w$	Q	q	$\Delta O$	N	SPBT
	$W/m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,1	1,1	1,0	491,83	0,025	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	348,62	0,012	9 150,98	149 040,00	16,29
2	1,1	1,0	1,0	335,80	0,010	9 973,37	160 380,00	16,08
3	0,9	1,0	1,0	322,98	0,009	10 795,75	170 100,00	15,76

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U = 0,9 W/m^2K$  i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi zewnętrznych (o powierzchni około 31 m<sup>2</sup>) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c <sub>r</sub>	c <sub>w</sub>	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,0	1,1	1,0	92,64	0,010	-	-	-
1	1,5	1,0	1,0	69,17	0,008	1 499,32	51 150,00	34,12
2	1,4	1,0	1,0	67,94	0,008	1 578,01	52 700,00	33,40
3	1,3	1,0	1,0	66,71	0,007	1 656,69	54 250,00	32,75

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

#### 7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
3	Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły	22 050,00	8,94
4	Ocieplenie stropodachu nad nową częścią szkoły	96 480,00	12,38
5	Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły	11 115,00	12,48
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych w nowej części szkoły	329 807,00	13,42
7	Ocieplenie ścian poniżej gruntu w nowej części szkoły	86 020,00	14,38
8	Wymiana okien	170 100,00	15,76
9	Wymiana drzwi	54 250,00	32,75

### 7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
3	Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły	22 050,00	8,94
4	Ocieplenie stropodachu nad nową częścią szkoły	96 480,00	12,38
5	Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły	11 115,00	12,48
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych w nowej części szkoły	329 807,00	13,42
7	Ocieplenie ścian poniżej gruntu w nowej części szkoły	86 020,00	14,38
8	Wymiana okien	170 100,00	15,76
9	Wymiana drzwi	54 250,00	32,75
	Ogółem	1 085 599,60	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
3	Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły	22 050,00	8,94
4	Ocieplenie stropodachu nad nową częścią szkoły	96 480,00	12,38
5	Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły	11 115,00	12,48
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych w nowej części szkoły	329 807,00	13,42
7	Ocieplenie ścian poniżej gruntu w nowej części szkoły	86 020,00	14,38
8	Wymiana okien	170 100,00	15,76
	Ogółem	1 031 349,60	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
3	Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły	22 050,00	8,94
4	Ocieplenie stropodachu nad nową częścią szkoły	96 480,00	12,38
5	Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły	11 115,00	12,48
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych w nowej części szkoły	329 807,00	13,42
7	Ocieplenie ścian poniżej gruntu w nowej części szkoły	86 020,00	14,38
	Ogółem	861 249,60	

**Tabela 7d. Koszty modernizacji budynku wg wariantu IV**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
3	Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły	22 050,00	8,94
4	Ocieplenie stropodachu nad nową częścią szkoły	96 480,00	12,38
5	Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły	11 115,00	12,48
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych w nowej części szkoły	329 807,00	13,42
	Ogółem	775 229,60	

**Tabela 7e. Koszty modernizacji budynku wg wariantu V**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
3	Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły	22 050,00	8,94
4	Ocieplenie stropodachu nad nową częścią szkoły	96 480,00	12,38
5	Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły	11 115,00	12,48
	Ogółem	445 422,60	

**Tablica 7f. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu VI**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
3	Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły	22 050,00	8,94
4	Ocieplenie stropodachu nad nową częścią szkoły	96 480,00	12,38
	Ogółem	434 307,60	

**Tablica 7g. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu VII**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
3	Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły	22 050,00	8,94
	Ogółem	337 827,60	

**Tablica 7h. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu VIII**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	4,98
2	Ocieplenie dachu nad salą gim., łącznikiem i klatką schodową	71 517,60	7,28
	Ogółem	315 777,60	

**Tablica 7i. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu IX**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu nad starą częścią szkoły	244 260,00	
	Ogółem	244 260,00	

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

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

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

$$SPBT = \frac{N_{CO}}{\sum_n \Delta O_{rCO}}, [\text{lata}] \quad (16)$$

gdzie:

- $N_{CO}$  – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- $\Delta O_{rCO}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rCO}$  dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

$$\Delta O_{rCO} = (x_0 * w_{t0} * w_{d0} * Q_{OCO} * O_{0z} / \eta_0 - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{OCO} * O_{1z} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (17)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- $Q_{OCO}$  - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- $\eta_0, \eta_1$  - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (3),
- $w_{t0}, w_{t1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- $w_{d0}, w_{d1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,

- $O_{0z}, O_{1z}$  - jak we wzorze (2) Rozporządzenia,
- $y_0, y_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- $q_{0m}, q_{1m}$  - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,
- $Ab_0, Ab_1$  - jak we wzorze (2) Rozporządzenia.

Całkowitą sprawność systemu grzewczego  $\eta_0, \eta_1$ , oblicza się z zależności:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e, \quad (18)$$

gdzie:

- $\eta_w$  – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych, wodnych, niskotemperaturowych, gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_p$  – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_r$  – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_e$  – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej zarówno grzejniki jak i instalacja c.o. są w złym technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację systemu grzewczego polegającą na wymianie rurociągów i ich izolację, montażu nowych grzejników oraz zaworów z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano montaż Systemu Zarządzania Energią. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istn.	Stan po modern.
1	Obliczeniowa moc cieplna c.o.	MW	0,457	0,457
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	3 658,32	3 658,32
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,73	0,84
4	Obniżenie nocne		1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe		1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. z uwzgl. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	4 999,02	3 739,68
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	377 693,71	298 543,97
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		79 149,74
9	Koszt modernizacji	zł		1 248 800,00
10	SPBT	lat		15,78

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

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

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

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:



Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO						CWU			CO+CWU		Oszczędności		
	q <sub>CO</sub>	Q <sub>CO</sub>	η	w	Q <sub>CO</sub> *w/η	Oplata CO	q <sub>CWU</sub>	Q <sub>CWU</sub>	Oplata CWU	Q <sub>CO+CWU</sub>	KOSZT			
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
0	0,4569	3 658,32	0,7318	1	4 999,02	377 693,71	0,0344	152,23	22 411,42	5 151,25	400 105,13			
I+A	0,2804	2 146,42	0,8364	0,855	2 194,15	176 868,03	0,0344	152,23	22 411,42	2 346,38	199 279,45	2 804,87	54,45	200 825,68
II+A	0,2827	2 166,04	0,8364	0,855	2 214,21	178 450,83	0,0344	152,23	22 411,42	2 366,44	200 862,25	2 784,81	54,06	199 242,88
III+A	0,2985	2 291,23	0,8364	0,855	2 342,18	188 693,26	0,0344	152,23	22 411,42	2 494,41	211 104,68	2 656,84	51,58	189 000,45
IV+A	0,3070	2 363,40	0,8364	0,855	2 415,96	194 510,52	0,0344	152,23	22 411,42	2 568,19	216 921,94	2 583,07	50,14	183 183,19
V+A	0,3419	2 661,42	0,8364	0,855	2 720,60	218 507,52	0,0344	152,23	22 411,42	2 872,84	240 918,94	2 278,42	44,23	159 186,19
VI+A	0,3435	2 674,93	0,8364	0,855	2 734,42	219 594,51	0,0344	152,23	22 411,42	2 886,65	242 005,93	2 264,61	43,96	158 099,20
VII+A	0,3573	2 793,36	0,8364	0,855	2 855,48	229 119,76	0,0344	152,23	22 411,42	3 007,71	251 531,18	2 143,54	41,61	148 573,95
VIII+A	0,3608	2 823,48	0,8364	0,855	2 886,27	231 541,31	0,0344	152,23	22 411,42	3 038,50	253 952,73	2 112,75	41,01	146 152,40
IX+A	0,3781	2 973,25	0,8364	0,855	3 039,37	243 577,98	0,0344	152,23	22 411,42	3 191,60	265 989,40	1 959,65	38,04	134 115,73
A	0,4569	3 658,32	0,8364	0,855	3 739,68	298 543,97	0,0344	152,23	22 411,42	3 891,91	320 955,39	1 259,34	24,45	79 149,74

Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej)	Minimalna kwota kredytu <sup>*)</sup>	Premia termomodernizacyjna
		[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł] [%]	[zł]
1	2	3	4	5	6	7
1	I+A	2 334 399,60	200 825,68	54,45	1 167 199,80 50,00	373 503,94
2	II+A	2 280 149,60	199 242,88	54,06	1 140 074,80 50,00	364 823,94
3	III+A	2 110 049,60	189 000,45	51,58	1 055 024,80 50,00	337 607,94
4	IV+A	2 024 029,60	183 183,19	50,14	1 012 014,80 50,00	323 844,74
5	V+A	1 694 222,60	159 186,19	44,23	847 111,30 50,00	271 075,62
6	VI+A	1 683 107,60	158 099,20	43,96	841 553,80 50,00	269 297,22
7	VII+A	1 586 627,60	148 573,95	41,61	793 313,80 50,00	253 860,42
8	VIII+A	1 564 577,60	146 152,40	41,01	782 288,80 50,00	250 332,42
9	IX+A	1 493 060,00	134 115,73	38,04	746 530,00 50,00	238 889,60
10	A	1 248 800,00	79 149,74	24,45	624 400,00 50,00	199 808,00

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

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

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

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie stropodachu wentylowanego w starej części szkoły o powierzchni około 1357 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  i grubości minimum 25 cm. Po wykonaniu ocieplenia, należy załatać otwory w płycie dachowej i położyć 1 warstwę papy nawierzchniowej. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,144 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
2. Ocieplenie stropodachu wentylowanego w nowej części szkoły o powierzchni około 536 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  i grubości minimum 25 cm. Po wykonaniu ocieplenia, należy załatać otwory w płycie dachowej i położyć 1 warstwę papy nawierzchniowej. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,131 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
3. Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną, łącznikiem i klatką schodową w nowej części szkoły o powierzchni około 297 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego poszycia dachowego styropapy o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  i grubości minimum 25 cm. Po wykonaniu ocieplenia, należy położyć papę nawierzchniową. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,144 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
4. Ocieplenie ścian zewnętrznych w nowej części szkoły wraz z naświetlami w części piwnicznej o łącznej powierzchni około 1 217 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 16 cm metodą „lekka - mokra”. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,194 W/m<sup>2</sup>\*K. Dodatkowo w kosztach inwestycji uwzględniono zamurowanie i ocieplenie części ścian wiatrołapu o powierzchni około 30 m<sup>2</sup>, wraz

ze wstawieniem dwóch okien o wymiarach 100x140. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, wymianę rur spustowych, rynien, przełożenie instalacji odgromowej.

5. Ocieplenie ścian zewnętrznych poniżej gruntu w nowej części szkoły o powierzchni około 253 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami ze styropianu XPS o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 13 cm wraz z wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej i odtworzeniem opaski wokół budynku. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,196 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
6. Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły o powierzchni około 39 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 22 cm metodą „lekka - mokra”. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,149 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
7. Ocieplenie stropu pod patio w nowej części szkoły o powierzchni około 49 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami ze styropianu XPS o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 5 cm od zewnątrz stropu wraz z wykonaniem nowego drenażu i położeniem płyt tarasowych oraz dodatkowo od wewnątrz pomieszczenia płytami z wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 17 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,149 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
8. Wymianę okien w starej części szkoły o powierzchni około 162 m<sup>2</sup> (50 szt.) na okna o współczynniku przenikania  $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  z nawiewnikami higrosterowalnymi, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
9. Wymianę drzwi o powierzchni około 31 m<sup>2</sup> (7 szt.) na drzwi o współczynniku przenikania  $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  z nawiewnikami higrosterowalnymi, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

10. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę rurociągów,
- wymianę grzejników na grzejniki płytowe (ok. 333 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (ok. 333 szt.),
- montaż zaworów grzejnikowych odcinających powrotnych,
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- regulację instalacji grzewczej,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe.

11. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia elektryczna wytwarzana w instalacji PV, z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwiać bieżącą kontrolę oraz zmianę parametrów pracy instalacji c.o. w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy, w sposób zapewniający optymalne zużycie energii z jednoczesnym zachowaniem komfortu cieplnego w okresie użytkowania budynku. W zakresie systemu grzewczego System Zarządzania Energią będzie odpowiedzialny za sterowanie zdalnie obniżeniami temperatury dziennymi i tygodniowymi oraz dostosowywaniem temperatury wewnętrznej do panujących warunków zewnętrznych.

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Współczynniki przenikania ciepła przed termomodernizacją

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_i$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Stropodach (stara część)</b>	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	1,464
	Płyta żelbetowa	10,0	0,100	1,700	0,059	
	Pustka powietrzna	130,0	1,300		0,000	
	Suprema	5,0	0,050	0,230	0,217	
	Podkład cementowy	5,0	0,050	1,050	0,048	
	Strop żelbetowy	35,0	0,350	1,700	0,206	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,010	0,820	0,012	
	$R$				0,483	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,100	
	$R_T$				0,683	
	<b>Stropodach (nowa część)</b>	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	
Płyta żelbetowa		10,0	0,100	1,700	0,059	
Pustka powietrzna		130,0	1,300		0,000	
Wełna mineralna		5,0	0,050	0,052	0,962	
Podkład cementowy		5,0	0,050	1,050	0,048	
Strop żelbetowy		30,0	0,300	1,700	0,176	
Tynk cem.-wapienny		1,0	0,010	0,820	0,012	
$R$					1,198	
$R_{si}$					0,100	
$R_{se}$					0,100	
$R_T$					1,398	
<b>Dach nad salą, łącznikiem, klatką schodową</b>		Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056
	Suprema	5,0	0,050	0,230	0,217	
	Podkład cementowy	5,0	0,050	1,050	0,048	
	Strop żelbetowy	35,0	0,350	1,700	0,206	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,010	0,820	0,012	
	$R$				0,539	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1] (stara część)</b>	Tynk cem.wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,307
	Mur z cegły pełnej	42,0	0,420	0,770	0,545	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Tynk cem.wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				3,082	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2] (nowa część)</b>	Tynk cem.wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	1,045
	Mur z cegły kratówki	42,0	0,420	0,560	0,750	
	Tynk cem.wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				0,787	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				0,957	

<b>Ściana poniżej gruntu [SG-1] (stara część)</b>	Mur z cegły pełnej	55,0	0,550	0,770	0,714	0,632
	Tynk cem. -wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,733	
	Opór zastępczy gruntu				0,850	
	R <sub>se</sub>				0,000	
	R <sub>T</sub>				1,583	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2] (nowa część)</b>	Mur z betonu	50,0	0,500	1,300	0,385	0,959
	Tynk cem. -wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,403	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	R <sub>se</sub>				0,000	
	R <sub>T</sub>				1,043	
<b>Strop nad prześwitem (nowa część)</b>	Płytki ceramiczne	1,5	0,015	1,050	0,014	1,067
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Styropian	2,0	0,020	0,045	0,444	
	Podkład cementowy	5,0	0,050	1,000	0,050	
	Strop żelbetowy	30,0	0,300	1,700	0,176	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,010	0,820	0,012	
	R				0,727	
	R <sub>si</sub>				0,170	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				0,937	
<b>Strop pod patio (nowa część)</b>	Płytki ceramiczne	1,5	0,015	1,050	0,014	1,772
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	1,9	0,019	0,140	0,136	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Strop żelbetowy	30,0	0,300	1,700	0,176	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,010	0,820	0,012	
	R				0,424	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				0,564	
<b>Podłoga na gruncie</b>	Płytki ceramiczne	1,5	0,015	1,050	0,014	0,401
	Gładź cement.	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	1,9	0,019	0,140	0,136	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	Beton	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Piasek średni	20,0	0,200	0,400	0,500	
	Grunt	20,0	0,200	1,740	0,115	
	R				0,923	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R <sub>T</sub>				2,492	
<b>Podłoga na gruncie (sala gimnastyczna)</b>	Wykładzina	0,7	0,007	0,200	0,035	0,398
	Płyta wiórowa	1,5	0,015	0,100	0,150	
	Pustka powietrzna	3,2	0,032		0,160	
	Płyta pilśniowa	1,9	0,019	0,140	0,136	
	Beton	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Piasek średni	10,0	0,100	0,400	0,250	
	Grunt	20,0	0,200	1,740	0,115	
	R				0,946	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R <sub>T</sub>				2,515	

<b>Podłoga na gruncie (piwnica)</b>	Lastriko	3,0	0,030	0,720	0,042	0,350
	Gładź cement.	6,5	0,065	1,000	0,065	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	Beton	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Piasek średni	20,0	0,200	0,400	0,500	
	Grunt	20,0	0,200	1,740	0,115	
	R				0,849	
	Opór zastępczy gruntu				2,006	
<b>R<sub>T</sub></b>				2,855		
<b>Okna stare</b>				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				2,600	1,2	3,120
<b>Okna nowe</b>				1,600	1,0	1,600
<b>Drzwi wejściowe</b>				2,500	1,2	3,000



## Z-2 Współczynniki przenikania ciepła po termomodernizacji

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Stropodach (stara część)</b>	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	0,144
	Wetna mineralna	0,0	0,00	0,040	0,000	
	Płyta żelbetowa	10,0	0,10	1,700	0,059	
	Pustka powietrzna	130,0	1,30		0,000	
	Suprema	5,0	0,05	0,230	0,217	
	Podkład cementowy	5,0	0,05	1,050	0,048	
	Strop żelbetowy	35,0	0,35	1,700	0,206	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,01	0,820	0,012	
	Wetna mineralna	25,0	0,25	0,040	6,250	
	$R$				6,733	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,100	
	$R_T$				6,933	
<b>Stropodach (nowa część)</b>	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	0,131
	Płyta żelbetowa	10,0	0,10	1,700	0,059	
	Pustka powietrzna	130,0	1,30	0,000	0,000	
	Wetna mineralna	5,0	0,05	0,052	0,962	
	Podkład cementowy	5,0	0,05	1,050	0,048	
	Strop żelbetowy	30,0	0,30	1,700	0,176	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,01	0,820	0,012	
	Wetna mineralna	25,0	0,25	0,040	6,250	
	$R$				7,448	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,100	
$R_T$				7,648		
<b>Dach nad salą, łącznikiem i klatką schodową</b>	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	0,144
	Suprema	5,0	0,05	0,230	0,217	
	Podkład cementowy	5,0	0,05	1,050	0,048	
	Strop żelbetowy	35,0	0,35	1,700	0,206	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,01	0,820	0,012	
	Styropapa	25,0	0,25	0,040	6,250	
	$R$				6,789	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
$R_T$				6,929		
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1] (stara część)</b>	Tynk cem.wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	0,307
	Mur z cegły pełnej	42,0	0,42	0,770	0,545	
	Styropian	10,0	0,10	0,040	2,500	
	Tynk cem.wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	
	$R$				3,082	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
$R_T$				3,252		
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2] (nowa część)</b>	Tynk cem.wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	0,194
	Mur z cegły kratówki	42,0	0,42	0,560	0,750	
	Tynk cem.wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	
	Styropian	16,0	0,16	0,038	4,211	
	$R$				4,997	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
$R_T$				5,167		

<b>Ściana poniżej gruntu [SG-1]</b> (stara część)	Mur z cegły pełnej	55,0	0,55	0,770	0,714	0,632
	Tynk cem. -wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	
	R				0,733	
	Opór zastępczy gruntu				0,850	
	R <sub>T</sub>				1,583	
<b>Ściana poniżej gruntu [SG-2]</b> (nowa część)	Mur z betonu	50,0	0,50	1,300	0,385	0,196
	Tynk cem. -wap.	1,5	0,02	0,820	0,018	
	Styropian XPS	13,0	0,13	0,032	4,063	
	R				4,465	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	R <sub>T</sub>				5,105	
<b>Strop nad prześwitem</b> (nowa część)	Płytki ceramiczne	1,5	0,02	1,050	0,014	0,149
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Styropian	2,0	0,02	0,045	0,444	
	Podkład cementowy	5,0	0,05	1,000	0,050	
	Strop żelbetowy	30,0	0,30	1,700	0,176	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,01	0,820	0,012	
	Styropian	22,0	0,22	0,038	5,789	
	R				6,517	
	R <sub>si</sub>				0,170	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				6,727	
<b>Strop pod patio</b> (nowa część)	Płyta tarasowa	1,5	0,02	1,050	0,014	0,149
	Mata drenażowa	0,1	0,00	0,200	0,005	
	Styropian XPS	5,0	0,05	0,032	1,563	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Jastyrych cement.	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Strop żelbetowy	30,0	0,30	1,700	0,176	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,01	0,820	0,012	
	Włna mineralna	17,0	0,17	0,036	4,722	
	R				6,578	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
R <sub>T</sub>				6,718		
<b>Podłoga na gruncie</b>	Płytki ceramiczne	1,5	0,02	1,050	0,014	0,401
	Gładź cement.	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	1,9	0,02	0,140	0,136	
	Papa asfaltowa	0,5	0,01	0,180	0,028	
	Beton	10,0	0,10	1,000	0,100	
	Piasek średni	20,0	0,20	0,400	0,500	
	Grunt	20,0	0,20	1,740	0,115	
	R				0,923	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R <sub>T</sub>				2,492	
<b>Podłoga na gruncie</b> (sala gimnastyczna)	Wykładzina	0,7	0,01	0,200	0,035	0,398
	Płyta wiórowa	1,5	0,02	0,100	0,150	
	Pustka powietrzna	3,2	0,03	0,000	0,160	
	Płyta pilśniowa	1,9	0,02	0,140	0,136	
	Beton	10,0	0,10	1,000	0,100	
	Piasek średni	10,0	0,10	0,400	0,250	
	Grunt	20,0	0,20	1,740	0,115	
	R				0,946	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R <sub>T</sub>				2,515	

<b>Podłoga na gruncie</b>	Lastriko	3,0	0,03	0,720	0,042	0,350
	Gładź cement.	6,5	0,07	1,000	0,065	
	Papa asfaltowa	0,5	0,01	0,180	0,028	
	Beton	10,0	0,10	1,000	0,100	
	Piasek średni	20,0	0,20	0,400	0,500	
	Grunt	20,0	0,20	1,740	0,115	
	R				0,849	
	Opór zastępczy gruntu				2,006	
	R <sub>T</sub>				2,855	
<b>Okna wymienione</b>				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				0,900	1,000	0,900
<b>Okna nowe</b>				1,600	1,000	1,600
<b>Drzwi wejściowe</b>				1,300	1,000	1,300

**Z-3 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.**

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana $V_{ve}$	[m <sup>3</sup> ]	15 131,68		
Powierzchnia ogrzewana $A_f$	[m <sup>2</sup> ]	4 826,16		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup> ]	0,56*10 <sup>-3</sup>		
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /s]	2,70		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m <sup>3</sup> /s]	0,84	0,84	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m <sup>3</sup> /s]	3,54	3,54	
Współczynniki korekcyjne	$c_r$	-	1,0	1,0
	$c_w$	-	1,0	1,0
	$c_m$	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /s]	3,54	3,54	
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /h]	12 756	12 756	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	4 252	4 252	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,84	0,84	

**Z-4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.**

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m <sup>3</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	-	-	[m <sup>3</sup> /h]
Strumień higieniczny		15 132	0,5			7 565,8

## Z-5 Projektowana strata ciepła

### Projektowana strata ciepła przed modernizacją

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_{tr}$	$\Delta\Theta$	$\Phi$
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Stropodach	1 357,00	1,464	1,0	1 987	44	87,41
Stropodach	536,00	0,715	1,0	383		16,87
Dach	297,00	1,474	1,0	438		19,26
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 474,00	0,307	1,0	453		19,94
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	931,00	1,045	1,0	973		42,82
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	390,00	0,632	1,0	246		10,84
Ściana poniżej gruntu [SG-2]	253,00	0,959	1,0	243		10,67
Okna stare	162,00	3,120	1,0	505		22,24
Okna nowe	817,00	1,600	1,0	1 307		57,52
Drzwi wejściowe	31,00	3,000	1,0	93		4,09
Strop nad prześwitem	39,00	1,067	1,0	42		
Strop pod patio	49,00	1,772	1,0	87		3,82
Podłoga na gruncie	464,00	0,401	1,0	186		8,19
Podłoga na gruncie	169,00	0,398	1,0	67		2,96
Podłoga na gruncie	1565,00	0,350	0,6	329		14,47
Mostki liniowe	l	y				
	[m]	[W/mK]				
	2362,98	0,200	1,0	473		20,79
Ogółem				7 812		343,73
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		7 566	0,34	2572	113,18	
<b>OGÓŁEM</b>					<b>456,92</b>	

Projektowana strata ciepła po modernizacji

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_{tr}$	$\Delta\Theta$	$\Phi$
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]		
Stropodach	1357,00	0,144	1,0	196	44	8,61
Stropodach	536,00	0,131	1,0	70		3,08
Dach	297,00	0,144	1,0	43		1,89
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1474,00	0,307	1,0	453		19,94
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	931,00	0,194	1,0	180		7,93
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	390,00	0,632	1,0	246		10,84
Ściana poniżej gruntu [SG-2]	253,00	0,196	1,0	50		2,18
Okna	162,00	0,900	1,0	146		6,42
Okna nowe	817,00	1,600	1,0	1 307		57,52
Drzwi wejściowe	31,00	1,300	1,0	40		1,77
Strop nad prześwitem	39,00	0,149	1,0	6		0,26
Strop pod patio	49,00	0,149	1,0	7		0,32
Podłoga na gruncie	464,00	0,401	1,0	186		8,19
Podłoga na gruncie	169,00	0,398	1,0	67		2,96
Podłoga na gruncie	1565,00	0,350	0,6	329		14,47
Mostki liniowe	l	y				
	[m]	[W/mK]				
	2362,98	0,200	1,0	473		20,79
Ogółem				3 799		167,17
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		7 566	0,34	2572	113,18	
OGÓŁEM						280,36

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

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem	
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-5,4	-5,1	-1,3	5,5	11,7	11,8	6,7	1,6	-2,6		
Różnica temperatur	[°C]	25,4	25,1	21,3	14,5	8,3	8,2	13,3	18,4	22,6		
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	20	20	31	30	31	252	
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	1,728	1,728	2,678	2,592	2,678	21,773	
Straty	$H_{tr}, H_{ve}$											
Stropodach	[MJ]	135 149	120 628	113 334	74 663	28 492	28 149	70 767	94 745	120 251	786 177	
Stropodach	[MJ]	26 087	23 284	21 876	14 412	5 500	5 433	13 660	18 288	23 211	151 750	
Dach	[MJ]	29 773	26 574	24 967	16 448	6 277	6 201	15 590	20 872	26 491	173 194	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	30 835	27 522	25 858	17 035	6 501	6 422	16 146	21 617	27 436	179 374	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	66 212	59 098	55 524	36 579	13 959	13 791	34 670	46 417	58 913	385 162	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	16 765	14 964	14 059	9 262	3 534	3 492	8 779	11 753	14 917	97 525	
Ściana poniżej gruntu [SG-2]	[MJ]	16 504	14 731	13 840	9 118	3 479	3 437	8 642	11 570	14 684	96 005	
Okna stare	[MJ]	34 386	30 691	28 835	18 996	7 249	7 162	18 005	24 106	30 595	200 026	
Okna nowe	[MJ]	88 931	79 376	74 576	49 130	18 748	18 523	46 566	62 344	79 127	517 320	
Drzwi wejściowe	[MJ]	6 327	5 647	5 306	3 495	1 334	1 318	3 313	4 435	5 629	36 804	
Strop nad prześwitem	[MJ]	2 830	2 526	2 374	1 564	597	590	1 482	1 984	2 518	16 465	
Strop pod patio	[MJ]	5 908	5 273	4 955	3 264	1 246	1 231	3 094	4 142	5 257	34 369	
Podłoga na gruncie	[MJ]	12 669	11 307	10 624	6 999	2 671	2 639	6 634	8 881	11 272	73 695	
Podłoga na gruncie	[MJ]	4 572	4 081	3 834	2 526	964	952	2 394	3 205	4 068	26 597	
Podłoga na gruncie	[MJ]	22 372	19 969	18 761	12 360	4 717	4 660	11 715	15 684	19 906	130 142	
Mostki liniowe	[MJ]	32 151	28 697	26 962	17 762	6 778	6 696	16 835	22 539	28 607	187 028	
Straty przez przegrody	[MJ]	531 471	474 369	445 683	293 612	112 045	110 695	278 290	372 583	472 884	3 091 632	
Wentylacja	[MJ]	289 267	258 187	242 574	159 806	60 983	60 249	151 466	202 788	257 379	1 682 698	
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	820 738	732 556	688 256	453 417	173 028	170 944	429 756	575 371	730 263	4 774 330	
Zyski słoneczne	[MJ]	36 863	49 516	81 820	130 202	170 601	109 054	65 399	33 487	21 904	698 845	
Zyski wewnętrzne	[MJ]	60 754	54 875	60 754	58 794	60 754	58 794	60 754	58 794	60 754	535 027	
Razem zyski	[MJ]	97 617	104 391	142 574	188 996	231 355	167 848	126 153	92 281	82 658	1 233 873	
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1189	0,1425	0,2072	0,4168	1,3371	0,9819	0,2935	0,1604	0,1132	0,2584	
Typ budynku		bardzo ciężki (370 000)										
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	4 826										
Pojemność cieplna	[J/K]	1 785 679 200										
Stała czasowa	[h]	41										
Metoda obliczeniowa		miesięczna										
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1										
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15										
Parametr numeryczny $a_H$		3,74										
Parametr numeryczny $a_H + 1$		4,74										
$\eta$		0,9997	0,9994	0,9978	0,9776	0,6628	0,7962	0,9928	0,9991	0,9997		
Zyski ciepła	[MJ]	97 588	104 329	142 261	184 756	153 350	133 645	125 241	92 199	82 636	1 116 005	
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	723 150	628 227	545 995	268 662	19 678	37 299	304 515	483 173	647 626	3 658 325	

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

Wyszczególnienie		Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca		[°C]	-5,4	-5,1	-1,3	5,5	11,7	11,8	6,7	1,6	-2,6	
Różnica temperatur		[°C]	25,4	25,1	21,3	14,5	8,3	8,2	13,3	18,4	22,6	
Liczba dni w miesiącu			31	28	31	30	20	20	31	30	31	252
Liczba sekund w mies.		[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	1,728	1,728	2,678	2,592	2,678	21,773
Przegroda	Htr Hve											
Stropodach	195,73	[MJ]	13 316	11 885	11 166	7 356	2 807	2 773	6 972	9 335	11 848	77 459
Stropodach	70,09	[MJ]	4 768	4 256	3 998	2 634	1 005	993	2 497	3 343	4 242	27 736
Dach	42,87	[MJ]	2 916	2 603	2 445	1 611	615	607	1 527	2 044	2 595	16 964
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	453,25	[MJ]	30 835	27 522	25 858	17 035	6 501	6 422	16 146	21 617	27 436	179 374
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	180,18	[MJ]	12 258	10 941	10 279	6 772	2 584	2 553	6 418	8 593	10 907	71 305
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	246,43	[MJ]	16 765	14 964	14 059	9 262	3 534	3 492	8 779	11 753	14 917	97 525
Ściana poniżej gruntu [SG-2]	49,56	[MJ]	3 371	3 009	2 827	1 862	711	702	1 765	2 363	3 000	19 611
Okna stare	145,80	[MJ]	9 919	8 853	8 318	5 480	2 091	2 066	5 194	6 954	8 826	57 700
Okna nowe	1307,20	[MJ]	88 931	79 376	74 576	49 130	18 748	18 523	46 566	62 344	79 127	517 320
Drzwi wejściowe	40,30	[MJ]	2 742	2 447	2 299	1 515	578	571	1 436	1 922	2 439	15 949
Strop nad prześwittem	5,80	[MJ]	394	352	331	218	83	82	207	277	351	2 294
Strop pod patio	7,29	[MJ]	496	443	416	274	105	103	260	348	441	2 886
Podłoga na gruncie	186,22	[MJ]	12 669	11 307	10 624	6 999	2 671	2 639	6 634	8 881	11 272	73 695
Podłoga na gruncie	67,21	[MJ]	4 572	4 081	3 834	2 526	964	952	2 394	3 205	4 068	26 597
Podłoga na gruncie	328,85	[MJ]	22 372	19 969	18 761	12 360	4 717	4 660	11 715	15 684	19 906	130 142
Mostki liniowe	472,60	[MJ]	32 151	28 697	26 962	17 762	6 778	6 696	16 835	22 539	28 607	187 028
Straty przez przegrody		[MJ]	258 476	230 705	216 753	142 795	54 492	53 835	135 344	181 202	229 982	1 503 584
Wentylacja	4 251,96	[MJ]	289 267	258 187	242 574	159 806	60 983	60 249	151 466	202 788	257 379	1 682 698
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	547 742	488 892	459 327	302 601	115 475	114 084	286 810	383 990	487 361	3 186 282
Zyski słoneczne		[MJ]	36 051	48 361	80 092	127 478	167 092	106 744	63 993	32 747	21 479	684 036
Zyski wewnętrzne		[MJ]	60 754	54 875	60 754	58 794	60 754	58 794	60 754	58 794	60 754	535 027
Razem zyski		[MJ]	96 805	103 236	140 846	186 272	227 846	165 539	124 747	91 541	82 233	1 219 064
Stosunek zysków do przenoszenia			0,1767	0,2112	0,3066	0,6156	1,9731	1,4510	0,4349	0,2384	0,1687	0,3826
Typ budynku			bardzo ciężki (370 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m <sup>2</sup> ]	4 826									
Pojemność cieplna		[J/K]	1 785 679 200									
Stała czasowa		[h]	62									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub>			1									
Stała czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>		[h]	15									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub>			5,11									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1			6,11									
η			0,9999	0,9997	0,9983	0,9660	0,4989	0,6535	0,9919	0,9995	0,9999	
Zyski ciepła		[MJ]	96 793	103 207	140 613	179 936	113 676	108 179	123 737	91 495	82 225	1 039 861
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	450 949	385 684	318 715	122 665	1 799	5 905	163 073	292 495	405 136	2 146 421



## Z-8 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			miejska sieć ciepłownicza
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,99	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,77	brak regulacji centralnej i miejscowej
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,732	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	1,00	praca ciągła

### Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			miejska sieć ciepłownicza
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,99	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody w dobrym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,836	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	0,95	obniżenie nocne

**Z-9 Ciepła woda użytkowa.**

Wyszczególnienie	Jednostka	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm <sup>3</sup>	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A <sub>f</sub>	m <sup>2</sup>	4 826,16	4826,16
Liczba użytkowników	osoba	771	771
Zużycie jednostkowe	dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> doła)	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doła	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	40 594,9	40 594,9
	GJ/rok	146,1	146,1
Sprawność wytwarzania	-	0,960	0,960
Sprawność przesyłu	-	1,000	1,000
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,960	0,960
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	42 286,3	42 286,3
	GJ/rok	152,2	152,2
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m <sup>3</sup> /h	0,343	0,343
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	1,841	1,841
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m <sup>3</sup> wody	GJ/m <sup>3</sup>	0,196	0,196
Max. moc c.w.u.	kW	34,4	34,4
Średnia moc c.w.u.	kW	18,7	18,7
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m <sup>2</sup> *rok)	8,8	8,8

## Z-10 Oświetlenie wewnętrzne.

W budynku zastosowano oświetlenie w ilości 598 sztuk opraw o łącznej mocy 43 624 W, które po modernizacji są w dobrym stanie technicznym i ich wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

Zużycie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia wyliczono zgodnie z "Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej".

Roczne zapotrzebowanie na energię do oświetlenia ocenianego budynku wyliczono według wzoru:

$$E_L = LENI \cdot A_f \quad [\text{kWh/rok}]$$

gdzie:

$LENI$  - roczne jednostkowe zużycie energii do oświetlenia [kWh/rok],

$A_f$  - powierzchnia użytkowa pomieszczeń, w których modernizowane jest oświetlenie [m<sup>2</sup>].

Roczne jednostkowe zużycie energii do oświetlenia  $LENI$  obliczono na podstawie wzoru:

$$LENI = P_N/1000 \cdot t \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{rok})]$$

gdzie:

$P_N$  - jednostkowa moc opraw oświetlenia podstawowego w analizowanych pomieszczeniach [W/m],

$t$  - czas użytkowania oświetlenia [h/rok].

**Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabelach poniżej:**

Powierzchnia użytkowa $A_f$	Moc zainstalowanych opraw oświetleniowych $P_{rzecz}$	Moc jednostkowa $P_N$		Czas użytkowania oświetlenia $t$
		przed modernizacją	po modernizacji	
[m <sup>2</sup> ]	[W]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[h/rok]
4 826,16	43 624	9,04	9,04	2 000

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	18,08	18,08
Zużycie energii do oświetlenia E <sub>L</sub>	[kWh/rok]	87 256,97	87 256,97
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,53	0,53
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	46 246,20	46 246,20

## Z-11 Energia pomocnicza

Zapotrzebowanie na energię pomocniczą przed modernizacją

Rodzaj systemu	Rodzaj urządzenia pomocniczego	Moc jednostkowa	Czas pracy	Powierzchnia użytkowa	Energia pomocnicza		Koszty eksploatacyjne
		[W/m <sup>2</sup> ]	[h/rok]	[m <sup>2</sup> ]	[kWh/rok]	[GJ/rok]	[zł/rok]
instalacja c.o.	Pompy obiegowe ogrzewania w budynku o A <sub>F</sub> ponad 250 m <sup>2</sup>	0,25	4 500	4 826,16	5 429,43	19,55	2 877,60
	Regulacja węzła cieplnego	0,07	8 760	4 826,16	2 959,40	10,65	1 568,48
ogółem					8 388,83	30,20	4 446,08

Zapotrzebowanie na energię pomocniczą po modernizacji

Rodzaj systemu	Rodzaj urządzenia pomocniczego	Moc jednostkowa	Czas pracy	Powierzchnia użytkowa	Energia pomocnicza		Koszty eksploatacyjne
		[W/m <sup>2</sup> ]	[h/rok]	[m <sup>2</sup> ]	[kWh/rok]	[GJ/rok]	[zł/rok]
instalacja c.o.	Pompy obiegowe ogrzewania w budynku o A <sub>F</sub> ponad 250 m <sup>2</sup>	0,25	4 500	4 826,16	5 429,43	19,55	2 877,60
	Regulacja węzła cieplnego	0,07	8 760	4 826,16	2 959,40	10,65	1 568,48
ogółem					8 388,83	30,20	4 446,08

## Z-12 Instalacja fotowoltaiczna

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się montaż instalacji fotowoltaicznej pracującej na potrzeby podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. Celem systemu jest pozyskanie energii elektrycznej z energii słonecznej przy użyciu technologii krzemowej polikrystalicznej lub monokrystalicznej. Instalacja fotowoltaiczna wyposażona będzie w inwertery zamieniające prąd stały na prąd zmienny, które podłączone zostaną w taki sposób, aby dostarczać energię do wewnętrznej instalacji elektrycznej budynku. W przypadku braku energii wytwarzanej z paneli fotowoltaicznych, nastąpi doprowadzenie energii z sieci energetycznej. W projekcie zostaną zainstalowane panele fotowoltaiczne o mocy 28 kWp. System zostanie zainstalowany na dachu budynku. Instalacja zostanie wpięta do rozdzielni prądu. Rocznie zaoszczędzone będzie około 26 500 kWh energii elektrycznej, wykorzystanej na potrzeby podgrzewaczy elektrycznych c.w.u..

Ocena proponowanego przedsięwzięcia:

Wyszczególnienie		Jednostka	
Moc instalacji		[kW]	28
Energia		[kWh/rok]	26 500
	cena	[zł/kWh]	0,53
	koszt	[zł]	14 045,00
Oszczędność	energii	[kWh/rok]	26 500
	kosztu	[zł]	14 045,00
Koszt inwestycji		[zł]	182 000,00
SPBT		[lata]	12,96

### Z-13 Obliczenie efektywności ekologicznej

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Upewnieniami do Emisji za rok 2020 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE). Ze względu na to, iż obecna ciepłownia węglowa, z której zasilany jest węzeł ciepłny znajdujący się w budynku, zostanie w ramach modernizacji przekształcona w ciepłownię opalaną biomasą, dla stanu przed modernizacją przyjęto wskaźnik emisji WE dla węgla kamiennego równy 94,10 kg/GJ, natomiast dla stanu po modernizacji przyjęto wskaźnik WE równy 0.

nośnik energii	Roczna redukcja emisji CO <sub>2</sub>									
	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO <sub>2</sub>	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO <sub>2</sub>	emisja CO <sub>2</sub>	
	GJ	MWh	kg/ GJ; kg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; kg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
sieć miejska	6 498,73	-	94,10	611,53	329,12	-	0,00	0,00		
energia elektryczna	-	137,94	765,0	105,52		111,43	765,0	85,24		
ogółem				<b>717,05</b>				<b>85,24</b>	<b>631,81</b>	<b>88,11</b>

## Z-14 Podsumowanie

	Powierzchnia użytkowa [m <sup>2</sup> ]		4 826,16		
	Powierzchnia użytkowa przedszkola [m <sup>2</sup> ]		0,00		
	Procentowy udział powierzchni przedszkolnej		0,00		
Lp.	Zakres	Jednostka	Obmiar	Cena jednostkowa [zł]	Nakłady brutto [zł]
1.	Ocieplenie stropodachu starej części szkoły granulatem o grubości 25 cm	[m <sup>2</sup> ]	1 357,00	180,00	244 260,00
2.	Ocieplenie stropodachu nowej części szkoły granulatem o grubości 25 cm	[m <sup>2</sup> ]	536,00	180,00	96 480,00
3.	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną, łącznikiem i klatką schodową styropapą o grubości 25 cm	[m <sup>2</sup> ]	297,00	240,80	71 517,60
4.	Ocieplenie ścian zewnętrznych nowej części szkoły styropianem o grubości 16 cm	[m <sup>2</sup> ]	1 217,00	271,00	329 807,00
5.	Ocieplenie ścian zewnętrznych poniżej gruntu nowej części szkoły styropianem XPS o grubości 13 cm	[m <sup>2</sup> ]	253,00	340,00	86 020,00
6.	Ocieplenie stropu pod patio od zewnątrz styropianem XPS o grubości 10 cm i od wewnątrz wełną mineralną o grubości 12 cm	[m <sup>2</sup> ]	49,00	450,00	22 050,00
7.	Ocieplenie stropu nad prześwitem w nowej części szkoły styropianem o grubości 22 cm	[m <sup>2</sup> ]	39,00	285,00	11 115,00
8.	Wymiana okien	[m <sup>2</sup> ]	162,00	1 050,00	170 100,00
9.	Wymiana drzwi	[m <sup>2</sup> ]	31	1 750,00	54 250,00
10.	Modernizacja instalacji c.o.: wymiana i izolacja rurociągów, wymiana grzejników, montaż zaworów termostatycznych	[szt.]	333	3 600,00	1 198 800,00
11.	Montaż instalacji PV	[kW]	28	6 500,00	182 000,00
12.	Montaż Systemu Zarządzania Energią	[kpl]	1		50 000,00
	Ogółem nakłady dla całości obiektu	[zł]			2 516 399,60
	Nakłady na część przedszkolną	[zł]			0,00
	Ogółem nakłady bez części przedszkolnej	[zł]			2 516 399,60

Wskaźniki projektu		Przed modernizacją	Po modernizacji	Oszczędność	Oszczędność [%]
Energia końcowa dla całości obiektu	[GJ]	5 495,58	2 595,31	2 900,27	52,77
Energia końcowa bez części przedszkolnej	[GJ]	5 495,58	2 595,31	2 900,27	52,77
Emisja CO <sub>2</sub> dla całości obiektu	[Mg]	717,05	85,24	631,81	88,11
Emisja CO <sub>2</sub> bez części przedszkolnej	[Mg]	717,05	85,24	631,81	88,11
Energia pierwotna dla całości obiektu (h+w)	[kWh]	1 932 061,72	138 782,08	1 793 279,64	92,82
Energia pierwotna bez cz. przedszkolnej (h+w)	[kWh]	1 932 061,72	138 782,08	1 793 279,64	92,82
EP <sub>h+w</sub> dla całości obiektu	[kWh/m <sup>2</sup> rok]		28,76		
EP <sub>h+w</sub> bez części przedszkolnej	[kWh/m <sup>2</sup> rok]		28,76		
EP <sub>L</sub> dla całości obiektu	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	54,24	54,24	0,00	
EP <sub>L</sub> bez części przedszkolnej	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	54,24	54,24	0,00	