

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU**  
**hali sportowej wraz z łącznikiem i zapleczem**  
**Zespołu Szkół nr 1 w Błoniu**  
**przy ul. Łąki 2**

**Zamawiający: Starostwo Powiatu Warszawskiego Zachodniego**  
**ul. Poznańska 129/133**  
**05-850 Ożarów Mazowiecki**

**Termin zakończenia pracy: październik 2020 roku**

# 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
			1975
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Starostwo Powiatu Warszawskiego Zachodniego		ul. Łąki nr bud. 2
	ul. Poznańska nr 129/133	1.4 Adres budynku	kod 05-870 miejscowość Błonie
	kod 05-850 miejscowość Ożarów Mazowiecki		powiat warszawski zachodni
	tel. - fax -		województwo mazowieckie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: ..... Artur Mikołajuk Doradztwo Gospodarcze 04-305 Warszawa, ul. Hetmańska 28/10; REGON 146066394.....			
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 ewnergetycznego	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 Warszawa		data wykonania opracowania: Październik 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 (Zlecniodawcy) . ....		5	
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku.....		6	
5. Ocena stanu technicznego budynku.....		8	
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.....		8	
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego .....		9	
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło .....		9	
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. ....		9	
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. ....		17	
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.....		22	
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. ....		23	
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....		25	
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. ....		29	
ZAŁĄCZNIKI .....		31	
Z-1 Współczynniki przenikania ciepła przed modernizacją. ....		31	
Z-2 Współczynniki przenikania ciepła po modernizacji.....		32	
Z-3 Współczynnik strat ciepła przez wentylację. ....		34	
Z-4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. ....		34	
Z-5 Projektowana strata ciepła. ....		35	
Z-6 Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....		36	
Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....		37	
Z-8 Sprawności systemu grzewczego. ....		38	
Z-9 Ciepła woda użytkowa. ....		39	
Z-10 Oświetlenie wewnętrzne. ....		40	
Z-11 Instalacja fotowoltaiczna .....		42	
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej.....		43	
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego .....		44	
Z-14 Podsumowanie.....		45	

## **2. Karta audytu energetycznego budynku**

<b>1. Dane ogólne</b>		<b>Stan przed termomodernizacją</b>	<b>Stan po termomodernizacji</b>
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Uprzemysłowiona	Uprzemysłowiona
2.	Liczba kondygnacji	2	2
3.	Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]	5 751,11	5 751,11
4.	Powierzchnia użytkowa budynku [m <sup>2</sup> ]	950,75	950,75
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	50	50
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralnie	centralnie
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,540	0,540
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	1,018	0,193
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,893	0,140
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,424	0,424
5	Okna, drzwi balkonowe	2,040	0,900
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	2,400	1,300
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,95	0,95
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,88	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	1,00

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej						
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,88	0,88		
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,70	0,70		
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00		
4.	Sprawność akumulacji	[-]	0,85	0,85		
5. Charakterystyka systemu wentylacji						
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna/ mechaniczna		
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały		
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m³/h]	3 273	3 273		
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,68	0,80		
6. Charakterystyka energetyczna budynku						
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	141,29	70,01		
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	7,98	7,98		
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 008,13	375,18		
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 256,14	467,45		
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	54,98	54,98		
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/(m²rok)]	294,54	109,62		
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m²rok)]	367,00	136,57		
10. <sup>2)</sup>	Udział odnawialnych źródeł energii	[%	-	-		
7. Koszty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)						
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku <sup>3)</sup>	[zł/GJ]	54,32	54,32		
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc <sup>4)</sup>	[zł/(MW m-c)]	-	-		
3.	Koszt przygotowania 1 m³ ciepłej wody użytkowej <sup>3)</sup>	[zł/m³]	10,76	10,76		
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc <sup>4)</sup>	[zł/(MW m-c)]	-	-		
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m² powierzchni użytkowej	[zł/(m² m-c)]	5,98	2,23		
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-		
7.	Inne	[zł]	-	-		
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego						
Planowana kwota kredytu		[zł]	828 074,40	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	60,15
Planowane koszty całkowite		[zł]	828 074,40	Premia termomodernizacyjna	[zł]	132 491,90
Roczna oszczędność kosztów energii		[zł/rok]	42 841,56			

<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 15,6 kW
Z audytu energetycznego WYNIKA/ <del>NIE WYNIKA</del> <sup>5)</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 hali sportowej wraz z zapleczem i łącznikiem Zespołu Szkół nr 1 w Błoniu i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

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

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459 z późn. zmianami),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 29.04.2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. 2020, poz. 879).

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

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

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

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1975
Adres budynku	ul. Łąki 2 05-870 Błonie	Właściciel	Starostwo Powiatu Warszawskiego Zachodniego ul. Poznańska 129/133 Ożarów Mazowiecki
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Uprzemysłowiona		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	-	1; 2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	5 751,11	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	950,75	-	
Współczynnik kształtu	0,540		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2; 7,6	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	50	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	10	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	
Dach (hala sportowa)	432,00	1,051	
Stropodach	516,00	0,893	
Ściana zewnętrzna	615,00	1,018	
Okna	195,45	2,040	
Luxfery	71,29	4,545	
Drzwi wejściowe	6,18	2,400	
Podłoga na gruncie (hala sportowa)	432,00	0,425	
Podłoga na gruncie	516,00	0,424	
4.4 Charakterystyka energetyczna budynku			
Moc cieplna zamówiona na ogrzewanie	kW	141,29	
Moc cieplna zamówiona na przygotowanie cwu	kW	7,98	
Roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzewanie	GJ/rok	1 256,14	
Roczne zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie cwu	GJ/rok	54,98	
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)	-	
4.4.1 Opłaty jednostkowe			
Energia cieplna - opłata stała za moc zamówioną	zł/(MW*m-c)	-	

Energia ciepłna - opłata stała za przesył	zł/(MW*m-c)	-
Energia ciepłna - opłata zmienna	zł/GJ	-
Energia ciepłna - abonament	zł/m-c	-
Energia ciepłna - CO (obliczone)	zł/(m <sup>2</sup> *m-c)	5,98
Energia ciepłna - CWU (obliczone)	zł/osobę/mies.	4,98
Energia ciepłna - CWU (obliczone)	zł/(m <sup>2</sup> *m-c)	0,26
Energia ciepłna - technologia	zł/GJ	-
Gaz - opłata zmienna	zł/kWh	0,02269
Gaz - opłata stała za przesył	zł/m-c	36,53
Gaz - abonament (netto)	zł/m-c	6,30
Energia elektryczna - za energię czynną (netto)	zł/kWh	0,3600
Energia elektryczna - składnik jakościowy (netto)	zł/kWh	0,0133
Energia elektryczna - opłata sieciowa (netto)	zł/kWh	0,1871
Energia elektryczna - opłata przejściowa (netto)	zł/(m-c)	0,0800
Energia elektryczna - opłata stała za przesył (netto)	zł/(kW)	21,13
Energia elektryczna - opłata abonamentowa (netto)	zł/(m-c)	5,00
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	-
4.4.2 Koszt energii		
Całkowity koszt energii na potrzeby CO	zł/rok	68 233,71
Jednostkowy koszt energii na potrzeby CO	zł/GJ	54,32
Całkowity koszt energii na potrzeby CWU	zł/rok	2 986,75
Jednostkowy koszt energii na potrzeby CWU	zł/osobę/mies.	4,98
4.5 Charakterystyka systemu ogrzewania		
Rodzaj instalacji	pompowy z rozdziałem dolnym	
Sprawność wytwarzania	0,95	
Sprawność przesyłania	0,96	
Sprawność regulacji i wykorzystania	0,88	
Sprawność akumulacji	1,00	
4.6 Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej		
Rodzaj instalacji	centralna	
Opomiarowanie	brak	
Izolacja pionów	-	
4.7 Charakterystyka wentylacji		
Rodzaj i typ wentylacji	naturalna	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	3 273	
4.8 Charakterystyka węzła cieplnego lub lokalnego źródła ciepła		
Typ wymienników (kotłów)	kocioł gazowy	
Opomiarowanie	brak	



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

Obiekt Zespołu Szkół nr 1 w Błoniu został wybudowany w 1975 roku w technologii uprzemysłowionej i złożony jest z budynku dydaktycznego, budynku warsztatów szkolnych oraz hali sportowej wraz zapleczem i łącznikiem pomiędzy halą i budynkiem dydaktycznym. Budynek dydaktyczny i budynek warsztatów szkolnych są poza zakresem opracowania. Ściany zewnętrzne pozostałej części obiektu wykonane są z prefabrykowanych płyt żelbetowych, ocieplone gazobetonem o grubości 12 cm. Nad zapleczem i łącznikiem zastosowano stropodach z płyt korytkowych, ocieplony wełną żuźlową o grubości 13 cm, kryty papą. Nad halą sportową zastosowano dach z płyt korytkowych, ocieplony płytą pilśniową, kryty papą. W budynku zastosowano stropy z prefabrykowanych płyt żelbetowych.

Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry.

W budynku zastosowano stolarkę okienną o współczynniku przenikania ciepła równym  $2,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ , która jest w złym stanie technicznym (okna wypaczone, nieszczelne, nieprawidłowo osadzone) oraz naświetla z luxferów o współczynniku przenikania ciepła równym  $4,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ , które również są w złym stanie technicznym. W budynku zastosowano stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła  $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , która jest w złym stanie technicznym.

Źródłem ciepła dla budynku jest kocioł gazowy zainstalowany w budynku warsztatów, pracujący na potrzeby całego obiektu. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna, z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym i jest w dobrym stanie technicznym. W budynku zainstalowano grzejniki płytowe z zaworami z głowicami termostatycznymi, które są w dobrym stanie technicznym.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest tego samego kotła gazowego, co ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną w dobrym stanie technicznym, z wyjątkiem hali sportowej w której zaobserwowano niedostateczne przewietrzanie pomieszczenia.

## **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 zapleczem i łącznikiem,

- ocieplenie dachu nad halą sportową,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- zamurowanie części luxferów i ocieplenie powstałej ściany,
- wymianę stolarki okiennej,
- wymianę części luxferów na stolarkę okienną,
- wymianę stolarki drzwiowej,
- modernizację wentylacji w hali sportowej.

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

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

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

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropodachu. Ocieplenie dachu. Ocieplenie ścian zewnętrznych. Zamurowanie luxferów i ocieplenie ściany. Wymiana stolarki okiennej. Wymiana luxferów. Wymiana stolarki drzwiowej. Modernizacja wentylacji.

### **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<sub>0</sub>, Ab<sub>1</sub>- miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła Q<sub>0u</sub>, Q<sub>1u</sub>, oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- U<sub>c</sub> - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, W/(m<sup>2</sup>\*K), przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
- A - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji, m<sup>2</sup>,
- S<sub>d</sub> - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień\*K/rok,

Liczbę stopniodni S<sub>d</sub> oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- t<sub>wo</sub> - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °C,
- t<sub>e</sub>(m) - średnia wieloletnia temperatura miesiąca m, przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, °C,
- L<sub>d</sub>(m) - liczba dni ogrzewania w miesiącu m, podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,
- L<sub>g</sub> - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q<sub>0u</sub>, q<sub>1u</sub> 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),

$U_c$  - jak we wzorze (3),

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

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-1,2	-0,9	4,4	6,3	12,2	12,8	8,2	2,9	0,8
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{zew} = - 20,0^{\circ}C$									
Obliczeniowa temperatura wewnętrzna, $T_{wew} = 20,0^{\circ}C$									
Liczba stopniodni 3 686									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

## Usprawnienia dotyczące stropodachu nad zapleczem i łącznikiem

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem styropapą o optymalnej grubości.

Pow. obliczeniowa =	516,00	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	1,120	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 516	[m <sup>2</sup> ]			
Materiał:	styropapa		U <sub>0</sub> =	0,893	[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]
0,06	1,500	2,620	0,382	62,71	0,008	109 392,00	4 560,75	23,986
0,07	1,750	2,870	0,348	57,25	0,007	110 217,60	4 857,45	22,690
0,08	2,000	3,120	0,320	52,66	0,007	111 043,20	5 106,60	21,745
0,09	2,250	3,370	0,297	48,76	0,006	111 868,80	5 318,80	21,033
0,10	2,500	3,620	0,276	45,39	0,006	112 694,40	5 501,68	20,484
0,11	2,750	3,870	0,258	42,46	0,005	113 520,00	5 660,94	20,053
0,12	3,000	4,120	0,243	39,88	0,005	114 345,60	5 800,88	19,712
0,13	3,250	4,370	0,229	37,60	0,005	115 171,20	5 924,81	19,439
0,14	3,500	4,620	0,216	35,57	0,004	115 996,80	6 035,32	19,220
0,15	3,750	4,870	0,205	33,74	0,004	116 822,40	6 134,49	19,044
0,16	4,000	5,120	0,195	32,09	0,004	117 648,00	6 223,97	18,902
0,17	4,250	5,370	0,186	30,60	0,004	118 473,60	6 305,13	18,790
0,18	4,500	5,620	0,178	29,24	0,004	119 299,20	6 379,06	18,702
0,19	4,750	5,870	0,170	27,99	0,004	120 124,80	6 446,70	18,634
0,20	5,000	6,120	0,163	26,85	0,003	120 950,40	6 508,81	18,583
0,21	5,250	6,370	0,157	25,80	0,003	121 776,00	6 566,05	18,546
0,22	5,500	6,620	0,151	24,82	0,003	122 601,60	6 618,96	18,523
0,23	5,750	6,870	0,146	23,92	0,003	123 427,20	6 668,03	18,510
0,24	6,000	7,120	0,140	23,08	0,003	124 252,80	6 713,64	18,508
0,25	6,250	7,370	0,136	22,30	0,003	125 078,40	6 756,17	18,513

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 24 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 24 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące dachu nad halą sportową

Rozpatruje się ocieplenie dachu nad halą sportową styropapą o optymalnej grubości.

Pow. obliczeniowa =	432,00	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	0,951	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 432	[m <sup>2</sup> ]			
Materiał:	styropapa		U <sub>0</sub> =	1,051	[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]
0,07	1,750	2,701	0,370	50,93	0,006	94 478,40	5 090,89	18,558
0,08	2,000	2,951	0,339	46,62	0,006	95 040,00	5 325,28	17,847
0,09	2,250	3,201	0,312	42,98	0,005	95 601,60	5 523,05	17,310
0,10	2,500	3,451	0,290	39,87	0,005	96 163,20	5 692,17	16,894
0,11	2,750	3,701	0,270	37,17	0,005	96 724,80	5 838,45	16,567
0,12	3,000	3,951	0,253	34,82	0,004	97 286,40	5 966,21	16,306
0,13	3,250	4,201	0,238	32,75	0,004	97 848,00	6 078,77	16,097
0,14	3,500	4,451	0,225	30,91	0,004	98 409,60	6 178,68	15,927
0,15	3,750	4,701	0,213	29,27	0,004	98 971,20	6 267,97	15,790
0,16	4,000	4,951	0,202	27,79	0,003	99 532,80	6 348,24	15,679
0,17	4,250	5,201	0,192	26,45	0,003	100 094,40	6 420,79	15,589
0,18	4,500	5,451	0,183	25,24	0,003	100 656,00	6 486,69	15,517
0,19	4,750	5,701	0,175	24,13	0,003	101 217,60	6 546,81	15,461
0,20	5,000	5,951	0,168	23,12	0,003	101 779,20	6 601,88	15,417
0,21	5,250	6,201	0,161	22,19	0,003	102 340,80	6 652,51	15,384
0,22	5,500	6,451	0,155	21,33	0,003	102 902,40	6 699,21	15,360
0,23	5,750	6,701	0,149	20,53	0,003	103 464,00	6 742,43	15,345
0,24	6,000	6,951	0,144	19,79	0,002	104 025,60	6 782,54	15,337
0,25	6,250	7,201	0,139	19,11	0,002	104 630,40	6 819,87	15,342
0,26	6,500	7,451	0,134	18,46	0,002	105 235,20	6 854,69	15,352

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 24 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 24 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych styropianem lub wełną mineralną o optymalnej grubości

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 615,00 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,982 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 615 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{styropian} & U_0 &= 1,018 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,038 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

Izolacja	$\Delta R$	$R_i$	$U$	$Q_i$	$q_i$	Nu	$\Delta K_{\text{ogrz}}$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ/a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,316	2,298	0,435	85,22	0,011	167 280,00	6 199,91	26,981
0,06	1,579	2,561	0,390	76,47	0,010	167 927,00	6 675,51	25,156
0,07	1,842	2,825	0,354	69,34	0,009	168 704,00	7 062,50	23,887
0,08	2,105	3,088	0,324	63,43	0,008	169 611,00	7 383,52	22,972
0,09	2,368	3,351	0,298	58,45	0,007	170 646,00	7 654,12	22,295
0,10	2,632	3,614	0,277	54,19	0,007	171 812,00	7 885,31	21,789
0,11	2,895	3,877	0,258	50,52	0,006	173 106,00	8 085,12	21,410
0,12	3,158	4,140	0,242	47,31	0,006	174 531,00	8 259,53	21,131
0,13	3,421	4,404	0,227	44,48	0,006	176 084,00	8 413,09	20,930
0,14	3,684	4,667	0,214	41,97	0,005	177 767,00	8 549,33	20,793
0,15	3,947	4,930	0,203	39,73	0,005	179 580,00	8 671,03	20,710
0,16	4,211	5,193	0,193	37,72	0,005	181 425,00	8 780,39	20,663
0,17	4,474	5,456	0,183	35,90	0,005	183 558,00	8 879,21	20,673
0,18	4,737	5,719	0,175	34,25	0,004	185 759,00	8 968,93	20,711
0,19	5,000	5,982	0,167	32,74	0,004	188 090,00	9 050,76	20,782
0,20	5,263	6,246	0,160	31,36	0,004	190 550,00	9 125,69	20,881
0,21	5,526	6,509	0,154	30,09	0,004	193 139,00	9 194,56	21,006
0,22	5,789	6,772	0,148	28,92	0,004	195 858,00	9 258,08	21,155
0,23	6,053	7,035	0,142	27,84	0,003	198 707,00	9 316,85	21,328
0,24	6,316	7,298	0,137	26,84	0,003	201 684,00	9 371,38	21,521
0,25	6,579	7,561	0,132	25,90	0,003	204 792,00	9 422,11	21,735

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  $0,20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ". 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 zamurowania luxferów

Rozpatruje się ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów styropianem lub wełną mineralną o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	36,00	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	0,220	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 36	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>1</sub> =	1,304	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Materiał:	styropian		U <sub>0</sub> =	4,545	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
λ =	0,038	[W/(m*K)]	U <sub>1</sub> =	0,767	[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	1,316	2,620	0,382	4,38	0,001	43 200,00	2 592,84	16,661
0,06	1,579	2,883	0,347	3,98	0,000	43 228,00	2 614,53	16,534
0,07	1,842	3,147	0,318	3,64	0,000	43 263,00	2 632,59	16,434
0,08	2,105	3,410	0,293	3,36	0,000	43 302,00	2 647,87	16,354
0,09	2,368	3,673	0,272	3,12	0,000	43 348,00	2 660,95	16,290
0,10	2,632	3,936	0,254	2,91	0,000	43 399,00	2 672,29	16,240
0,11	2,895	4,199	0,238	2,73	0,000	43 456,00	2 682,21	16,202
0,12	3,158	4,462	0,224	2,57	0,000	43 518,00	2 690,95	16,172
0,13	3,421	4,726	0,212	2,43	0,000	43 587,00	2 698,72	16,151
0,14	3,684	4,989	0,200	2,30	0,000	43 660,00	2 705,68	16,136
0,15	3,947	5,252	0,190	2,18	0,000	43 740,00	2 711,93	16,129
0,16	4,211	5,515	0,181	2,08	0,000	43 812,00	2 717,59	16,122
0,17	4,474	5,778	0,173	1,98	0,000	43 903,00	2 722,73	16,125
0,18	4,737	6,041	0,166	1,90	0,000	44 000,00	2 727,43	16,132
0,19	5,000	6,304	0,159	1,82	0,000	44 102,00	2 731,73	16,144
0,20	5,263	6,568	0,152	1,75	0,000	44 210,00	2 735,69	16,160
0,21	5,526	6,831	0,146	1,68	0,000	44 324,00	2 739,34	16,181
0,22	5,789	7,094	0,141	1,62	0,000	44 443,00	2 742,72	16,204
0,23	6,053	7,357	0,136	1,56	0,000	44 568,00	2 745,86	16,231
0,24	6,316	7,620	0,131	1,50	0,000	44 699,00	2 748,79	16,261
0,25	6,579	7,883	0,127	1,45	0,000	44 835,00	2 751,52	16,295

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.

### 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,  $m^3/(m \cdot h \cdot daPa^{2/3})$ ,
- $l$  - 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:

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

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 195,45  $m^2$  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	2,0	1,1	1,0	505,18	0,019	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	424,74	0,013	4 369,68	179 814,00	41,15
2	1,1	1,0	1,0	412,29	0,011	5 045,91	193 495,50	38,35
3	0,9	1,0	1,0	399,84	0,010	5 722,14	205 222,50	35,86

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  $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien do wymiany luxferów o powierzchni około 35,29 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	4,55	1,0	1,0	51,19	0,006	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	14,72	0,002	1 981,05	33 525,50	16,92
2	1,1	1,0	1,0	12,47	0,002	2 103,15	35 290,00	16,78
1	0,9	1,0	1,0	10,22	0,001	2 225,25	37 054,50	16,65

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi o powierzchni około 6,18 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	2,4	1,2	1,0	17,77	0,002	-	-	-
1	1,5	1,0	1,0	13,82	0,002	214,33	11 618,40	54,21
2	1,4	1,0	1,0	13,63	0,002	225,02	11 680,20	51,91
3	1,3	1,0	1,0	13,43	0,002	235,71	11 742,00	49,82

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.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu w hali sportowej zamontowano wentylację grawitacyjną. Ponieważ występują problemy z obiegiem powietrza, proponuje się zastosowanie w tym pomieszczeniu naściennych agregatów wentylacyjno - grzewczych z odzyskiem ciepła. Przyjęto, że w wyniku ogrzewania powietrza napływowego przez powietrze wypływowe nastąpi obniżenie zużycia ciepła o minimum 75%. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej na około 2400 m<sup>3</sup>/h. Agregaty te powinny być wyposażone w czujki stężenia CO<sub>2</sub>, które po przekroczeniu założonego maksymalnego poziomu spowodują zwiększenie obrotów wentylatora i doprowadzenie do zmniejszenia stężenia CO<sub>2</sub> w pomieszczeniu.

Przy powyższych założeniach oszczędność energii z powyższego rozwiązania wyniesie:

Strumień powietrza	V <sub>1</sub> [m <sup>3</sup> /h]	ρ*c <sub>p</sub> [J/m <sup>3</sup> /K]	H <sub>v</sub> [W/K]	Sd -	Q GJ	ΔQ GJ
Obecnie	3 273	0,33	1 091	3 686,00	347,45	78,34
Docelowo	3 885	0,33	845	3 686,00	269,11	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

ΔQ	Oszczędność	Nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
78,34	4 255,63	120 540,00	28,32

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 dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
2	Ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów	43 812,00	16,12
3	Wymiana luxferów na okna	37 054,50	16,65
4	Ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem	124 252,80	18,51
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych	181 425,00	20,66
6	Modernizacja wentylacji	120 540,00	28,32
7	Wymiana okien	205 222,50	35,86
8	Wymiana drzwi	11 742,00	49,82

### 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 dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
2	Ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów	43 812,00	16,12
3	Wymiana luxferów na okna	37 054,50	16,65
4	Ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem	124 252,80	18,51
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych	181 425,00	20,66
6	Modernizacja wentylacji	120 540,00	28,32
7	Wymiana okien	205 222,50	35,86
8	Wymiana drzwi	11 742,00	49,82
	Ogółem	828 074,40	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
2	Ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów	43 812,00	16,12
3	Wymiana luxferów na okna	37 054,50	16,65
4	Ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem	124 252,80	18,51
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych	181 425,00	20,66
6	Modernizacja wentylacji	120 540,00	28,32
7	Wymiana okien	205 222,50	35,86
	Ogółem	816 332,40	



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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
2	Ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów	43 812,00	16,12
3	Wymiana luxferów na okna	37 054,50	16,65
4	Ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem	124 252,80	18,51
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych	181 425,00	20,66
6	Modernizacja wentylacji	120 540,00	28,32
	Ogółem	611 109,90	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
2	Ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów	43 812,00	16,12
3	Wymiana luxferów na okna	37 054,50	16,65
4	Ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem	124 252,80	18,51
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych	181 425,00	20,66
	Ogółem	490 569,90	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
2	Ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów	43 812,00	16,12
3	Wymiana luxferów na okna	37 054,50	16,65
4	Ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem	124 252,80	18,51
	Ogółem	309 144,90	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
2	Ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów	43 812,00	16,12
3	Wymiana luxferów na okna	37 054,50	16,65
	Ogółem	184 892,10	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
2	Ocieplenie ściany powstałej po zamurowaniu luxferów	43 812,00	16,12
	Ogółem	147 837,60	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad halą sportową	104 025,60	15,34
	Ogółem	104 025,60	

## **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	Opłata CO	q <sub>CWU</sub>	Q <sub>CWU</sub>	Opłata 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	0,1413	1 008,13	0,8026	1	1 256,14	68 233,71	0,0080	54,98	2 986,75	1 311,13	71 220,46			
I	0,0700	375,18	0,8026	1	467,45	25 392,15	0,0080	54,98	2 986,75	522,44	28 378,90	788,69	60,15	42 841,56
II	0,0703	377,29	0,8026	1	470,08	25 534,99	0,0080	54,98	2 986,75	525,07	28 521,74	786,06	59,95	42 698,72
III	0,0792	447,18	0,8026	1	557,17	30 265,26	0,0080	54,98	2 986,75	612,15	33 252,01	698,98	53,31	37 968,45
IV	0,0792	523,54	0,8026	1	652,31	35 433,37	0,0080	54,98	2 986,75	707,29	38 420,12	603,84	46,05	32 800,34
V	0,1002	687,26	0,8026	1	856,30	46 514,08	0,0080	54,98	2 986,75	911,28	49 500,83	399,85	30,50	21 719,63
VI	0,1157	808,40	0,8026	1	1 007,23	54 712,79	0,0080	54,98	2 986,75	1 062,22	57 699,54	248,91	18,98	13 520,92
VII	0,1209	848,60	0,8026	1	1 057,31	57 433,16	0,0080	54,98	2 986,75	1 112,30	60 419,91	198,83	15,16	10 800,55
VIII	0,1272	897,71	0,8026	1	1 118,51	60 757,20	0,0080	54,98	2 986,75	1 173,49	63 743,95	137,64	10,50	7 476,51

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	828 074,40	42 841,56	60,15	414 037,20	132 491,90
					50,00	
2	II	816 332,40	42 698,72	59,95	408 166,20	130 613,18
					50,00	
3	III	611 109,90	37 968,45	53,31	305 554,95	97 777,58
					50,00	
4	IV	490 569,90	32 800,34	46,05	245 284,95	78 491,18
					50,00	
5	V	309 144,90	21 719,63	30,50	154 572,45	49 463,18
					50,00	
6	VI	184 892,10	13 520,92	18,98	92 446,05	29 582,74
					50,00	
7	VII	147 837,60	10 800,55	15,16	73 918,80	23 654,02
					50,00	
8	VIII	104 025,60	7 476,51	10,50	52 012,80	16 644,10
					50,00	
*) Minimalna kwota kredytu obliczona jako 50% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, zgodnie z art. 3 ust. 2 ustawy.						

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

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

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem o powierzchni około 516 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego poszycia styropapy o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  i o grubości minimum 24 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,140 W/m<sup>2</sup>\*K. Następnie należy położyć jedną warstwę papy nawierzchniowej. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
2. Ocieplenie dachu nad halą sportową o powierzchni około 432 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego poszycia styropapy o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  i o grubości minimum 24 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,144 W/m<sup>2</sup>\*K. Następnie należy położyć jedną warstwę papy nawierzchniowej. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
3. Ocieplenie ścian zewnętrznych o powierzchni około 615 m<sup>2</sup> należy 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. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,193 W/m<sup>2</sup>\*K. Dodatkowo w kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wykonanie izolacji przeciwwilgociowej oraz ocieplenie cokołów i ściany poniżej gruntu na głębokość 0,3 metra styropianem XPS o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia  $\lambda \leq 0,032 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ . Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, wymianę rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, przełożenie instalacji odgromowej, wykonanie opaski betonowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.
4. Ocieplenie ścian zewnętrznych powstałych po zamurowaniu części luxferów o powierzchni około 36 m<sup>2</sup> należy 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. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,181 W/m<sup>2</sup>\*K.

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

5. Wymianę okien o powierzchni około 195,45 m<sup>2</sup> (42 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.
6. Wymianę części luxferów o powierzchni około 35,29 m<sup>2</sup> (10 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.
7. Wymianę drzwi o powierzchni około 6,18 m<sup>2</sup> (2 szt.) na drzwi o współczynniku przenikania  $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
8. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:
  - montaż ściennych agregatów wentylacyjno - grzewczych o wydajności około 2400 m<sup>3</sup>, wyposażonych w system odzysku ciepła o skuteczności minimum 75%, oraz czujniki stężenia CO<sub>2</sub>,
  - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Współczynniki przenikania ciepła przed modernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	d <sub>1</sub>	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
Dach	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,18	0,028	1,051
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	3,8	0,038	0,060	0,633	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,18	0,028	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,010	0,820	0,012	
	R				0,811	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				0,951	
Stropodach	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,18	0,028	0,893
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,300	0,062	
	Gładź cementowa	1,5	0,015	1,000	0,015	
	Wełna żuźłowa	13,0	0,130	0,200	0,650	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,18	0,028	
	Strop żelbetowy	24,0	0,240	0,000	0,180	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,980	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,120	
	Ściana zewnętrzna	Tynk cem.wap.	2,5	0,025	0,820	
Płyta żelbetowa		24,0	0,240	1,333	0,180	
Gazobeton		12,0	0,120	0,210	0,571	
Tynk cem.wap.		2,5	0,025	0,820	0,030	
R					0,812	
R <sub>si</sub>					0,130	
R <sub>se</sub>					0,040	
R <sub>T</sub>					0,982	
Podłoga na gruncie (hala sportowa)	Parkiet	2,5	0,025	0,160	0,156	0,425
	Pustka powietrzna	3,2	0,032		0,160	
	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				0,781	
	R <sub>si</sub>				0,000	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R <sub>T</sub>				2,350	
Podłoga na gruncie	Płytki ceramiczne	1,0	0,010	1,000	0,010	0,424
	Gładź cement.	3,5	0,035	1,000	0,035	
	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				0,788	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R <sub>T</sub>				2,357	
Okna				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,700	1,2	2,040
Luxfery				4,545	1,0	4,545
Drzwi wejściowe				2,000	1,2	2,400



## Z-2 Współczynniki przenikania ciepła po modernizacji.

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>Dach</b>	Papa asfaltowa	0,5	0,01	0,180	0,028	0,144
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	3,8	0,04	0,060	0,633	
	Papa asfaltowa	0,5	0,01	0,180	0,028	
	Płyty korytkowe	8,0	0,08	1,000	0,080	
	Tynk cem.-wapienny	1,0	0,01	0,820	0,012	
	Styropapa	24,0	0,24	0,040	6,000	
	R				6,811	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				6,951	
<b>Stropodach</b>	Papa asfaltowa	0,5	0,01	0,180	0,028	0,140
	Płyty korytkowe	8,0	0,08	1,300	0,062	
	Gładź cementowa	1,5	0,02	1,000	0,015	
	Wełna żuźlowa	13,0	0,13	0,200	0,650	
	Papa asfaltowa	0,5	0,01	0,180	0,028	
	Strop żelbetowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,02	0,820	0,018	
	Styropapa	24,0	0,24	0,040	6,000	
	R				6,980	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				7,120	
<b>Ściana zewnętrzna</b>	Tynk cem.wap.	2,5	0,03	0,820	0,030	0,193
	Płyta żelbetowa	24,0	0,24	1,333	0,180	
	Gazobeton	12,0	0,12	0,210	0,571	
	Stryropian	16,0	0,16	0,038	4,211	
	Tynk cem.wap.	2,5	0,03	0,820	0,030	
	R				5,023	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				5,193	
<b>Ściana zewnętrzna (po luxferach)</b>	Tynk cem.wap.	2,0	0,02	0,820	0,024	0,181
	Błoczki bet. komórk.	38,0	0,38	0,350	1,086	
	Tynk cem.wap.	2,0	0,02	0,820	0,024	
	Styropian	16,0	0,16	0,038	4,211	
	R				5,345	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				5,515	

<b>Podłoga na gruncie (hala sportowa)</b>	Parkiet	2,5	0,03	0,160	0,156	0,425
	Pustka powietrzna	3,2	0,03	0,000	0,160	
	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				0,781	
	R <sub>si</sub>				0,000	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R <sub>T</sub>				2,350	
<b>Podłoga na gruncie</b>	Płytki ceramiczne	1,0	0,01	1,000	0,010	0,424
	Gładź cement.	3,5	0,04	1,000	0,035	
	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				0,788	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R <sub>T</sub>				2,357	
<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 po luxferach</b>				0,900	1,000	0,900
<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	[m <sup>3</sup> ]	4 845,06	
Powierzchnia ogrzewana $A_f$ wentylacji naturalnej	[m <sup>2</sup> ]	551,14	
Powierzchnia ogrzewana $A_f$ wentylacji mechanicznej	[m <sup>2</sup> ]	399,61	
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup> ]	0,42*10 <sup>-3</sup> ; 0,56*10 <sup>-3</sup>	
Średni strumień powietrza wentylacji naturalnej	[m <sup>3</sup> /s]	0,64	0,31
Średni strumień powietrza wentylacji mechanicznej	[m <sup>3</sup> /s]	-	0,50
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m <sup>3</sup> /s]	0,27	0,27
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m <sup>3</sup> /s]	0,91	1,08
Współczynniki korekcyjne	$c_r$	-	1,0
	$c_w$	-	1,0
	$c_m$	-	1,0
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /s]	0,91	1,08
	[m <sup>3</sup> /h]	3 273	3 885
Skuteczność odzysku ciepła	[%]	-	75
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	1 091	845
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,68	0,80

### 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		4 845	0,5			2 422,5

## Z-5 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła przed modernizacją

Przegroda	A	U	b <sub>u</sub>	H <sub>t</sub>	ΔΘ	Φ
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Dach	432,00	1,051	0,9	409	40	16,35
Stropodach	516,00	0,893	1,0	461		18,42
Ściana zewnętrzna	615,00	1,018	1,0	626		25,04
Okna	195,45	2,040	1,0	399		15,95
Luxfery	71,29	4,545	1,0	324		12,96
Drzwi wejściowe	6,22	2,400	1,0	15		0,60
Podłoga na gruncie (hala sportowa)	432,00	0,425	1,0	184		7,35
Podłoga na gruncie	516,00	0,424	1,0	219		8,76
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
	364,32	0,200				1,0
Ogółem				2 709		108,34
Wentylacja		V <sub>l</sub>	ρ*c <sub>p</sub>	H <sub>v</sub>		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		2 423	0,34	824	32,95	
OGÓŁEM						141,29

### Projektowana strata ciepła po modernizacji

Przegroda	A	U	b <sub>u</sub>	H <sub>t</sub>	ΔΘ	Φ
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Dach	432,00	0,144	0,9	56	40	2,24
Stropodach	516,00	0,140	1,0	72		2,90
Ściana zewnętrzna	615,00	0,193	1,0	118		4,74
Ściana po luxferach	36,00	0,181	1,0	7		0,26
Okna	195,45	0,900	1,0	176		7,04
Okna po luxferach	35,29	0,900	1,0	32		1,27
Drzwi wejściowe	6,22	1,300	1,0	8		0,32
Podłoga na gruncie (hala sportowa)	432,00	0,425	1,0	184		7,35
Podłoga na gruncie	516,00	0,424	1,0	219		8,76
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
	364,32	0,150	1,0	55		2,19
Ogółem				927		37,06
Wentylacja	V <sub>l</sub>		ρ*c <sub>p</sub>	H <sub>v</sub>		
	[m <sup>3</sup> /h]		[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
	2 423		0,34	824	32,95	
OGÓŁEM						70,01

**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]	-1,2	-0,9	4,4	6,3	12,2	12,8	8,2	2,9	0,8	
Różnica temperatur		[°C]	21,2	20,9	15,6	13,7	7,8	7,2	11,8	17,1	19,2	
Liczba dni w miesiącu			31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.		[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	$H_{tr}, H_{ve}$											
Dach	408,80	[MJ]	23 212	20 669	17 081	14 517	1 377	1 272	12 920	18 119	21 022	130 190
Stropodach	460,56	[MJ]	26 151	23 286	19 243	16 355	1 552	1 433	14 556	20 413	23 684	146 673
Ściana zewnętrzna	625,99	[MJ]	35 545	31 651	26 156	22 229	2 109	1 947	19 784	27 746	32 192	199 358
Okna	398,71	[MJ]	22 640	20 159	16 659	14 158	1 343	1 240	12 601	17 672	20 504	126 978
Luxfery	324,01	[MJ]	18 398	16 383	13 538	11 506	1 092	1 008	10 240	14 361	16 662	103 189
Drzwi wejściowe	14,93	[MJ]	848	755	624	530	50	46	472	662	768	4 754
Podłoga na gruncie (hala sportowa)	183,81	[MJ]	10 437	9 294	7 680	6 527	619	572	5 809	8 147	9 453	58 540
Podłoga na gruncie	218,95	[MJ]	12 432	11 070	9 148	7 775	738	681	6 920	9 704	11 259	69 729
Mostki liniowe	72,86	[MJ]	4 137	3 684	3 044	2 587	246	227	2 303	3 230	3 747	23 205
Straty przez przegrody		[MJ]	153 801	136 951	113 174	96 184	9 127	8 425	85 606	120 055	139 291	862 615
Wentylacja	1 091,00	[MJ]	61 949	55 163	45 585	38 742	3 676	3 393	34 481	48 357	56 105	347 452
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	215 750	192 114	158 760	134 926	12 803	11 818	120 088	168 411	195 397	1 210 067
Zyski słoneczne		[MJ]	9 251	13 039	19 315	30 192	38 639	25 832	15 914	8 424	4 801	165 406
Zyski wewnętrzne		[MJ]	11 968	10 810	11 968	11 582	11 968	11 582	11 968	11 582	11 968	105 400
Razem zyski		[MJ]	21 219	23 849	31 284	41 774	50 607	37 414	27 883	20 006	16 770	270 806
Stosunek zysków do przenoszenia			0,0984	0,1241	0,1971	0,3096	3,9527	3,1658	0,2322	0,1188	0,0858	0,2238
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m <sup>2</sup> ]	951									
Pojemność cieplna		[J/K]	247 195 000									
Stała czasowa		[h]	18									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$			1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$		[h]	15									
Parametr numeryczny $a_H$			2,20									
Parametr numeryczny $a_H + 1$			3,20									
$\eta$			0,9946	0,9912	0,9775	0,9467	0,2437	0,2984	0,9690	0,9920	0,9959	
Zyski ciepła		[MJ]	21 104	23 639	30 580	39 548	12 336	11 165	27 019	19 845	16 702	201 937
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	194 647	168 475	128 179	95 378	468	653	93 069	148 566	178 695	1 008 130

## 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]	-1,2	-0,9	4,4	6,3	12,2	12,8	8,2	2,9	0,8	
Różnica temperatur		[°C]	21,2	20,9	15,6	13,7	7,8	7,2	11,8	17,1	19,2	
Liczba dni w miesiącu			31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.		[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve											
Dach (sala gimnastyczna)	55,93	[MJ]	3 176	2 828	2 337	1 986	188	174	1 768	2 479	2 876	17 813
Stropodach	72,47	[MJ]	4 115	3 664	3 028	2 573	244	225	2 290	3 212	3 727	23 079
Ściana zewnętrzna	118,43	[MJ]	6 725	5 988	4 948	4 205	399	368	3 743	5 249	6 090	37 716
Ściana po luxferach	6,53	[MJ]	371	330	273	232	22	20	206	289	336	2 079
Okna	175,90	[MJ]	9 988	8 894	7 350	6 246	593	547	5 559	7 797	9 046	56 020
Okna po luxferach	31,76	[MJ]	1 803	1 606	1 327	1 128	107	99	1 004	1 408	1 633	10 115
Drzwi wejściowe	8,09	[MJ]	459	409	338	287	27	25	256	358	416	2 575
Podłoga na gruncie (hala sportowa)	183,81	[MJ]	10 437	9 294	7 680	6 527	619	572	5 809	8 147	9 453	58 540
Podłoga na gruncie	218,95	[MJ]	12 432	11 070	9 148	7 775	738	681	6 920	9 704	11 259	69 729
Mostki liniowe	54,65	[MJ]	3 103	2 763	2 283	1 941	184	170	1 727	2 422	2 810	17 404
Straty przez przegrody		[MJ]	52 610	46 846	38 713	32 901	3 122	2 882	29 283	41 066	47 646	295 069
Wentylacja	845,00	[MJ]	47 981	42 724	35 307	30 006	2 847	2 628	26 706	37 453	43 455	269 109
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	100 591	89 570	74 020	62 907	5 969	5 510	55 989	78 520	91 101	564 178
Zyski słoneczne		[MJ]	9 297	12 832	19 666	30 715	39 456	26 219	16 095	8 460	5 064	167 803
Zyski wewnętrzne		[MJ]	11 968	10 810	11 968	11 582	11 968	11 582	11 968	11 582	11 968	105 400
Razem zyski		[MJ]	21 266	23 642	31 635	42 297	51 424	37 801	28 064	20 043	17 032	273 203
Stosunek zysków do przenoszenia			0,2114	0,2639	0,4274	0,6724	8,6147	6,8603	0,5012	0,2553	0,1870	0,4843
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m <sup>2</sup> ]	951									
Pojemność cieplna		[J/K]	247 195 000									
Stała czasowa		[h]	39									
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>			3,58									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1			4,58									
η			0,9970	0,9938	0,9722	0,9057	0,1160	0,1456	0,9562	0,9944	0,9980	
Zyski ciepła		[MJ]	21 202	23 495	30 756	38 310	5 967	5 505	26 834	19 931	16 998	188 998
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	79 389	66 076	43 263	24 597	2	5	29 155	58 589	74 103	375 179

## Z-8 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego przed modernizacją

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,95	kocioł gazowy
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody w dobrym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,81	
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 po modernizacji

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,95	kocioł gazowy
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody w dobrym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,81	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	1,00	praca ciągła

**Z-9 Ciepła woda użytkowa.**

Wyszczególnienie	Jednostka	
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19
Gęstość wody	$\text{kg/dm}^3$	1
Powierzchnia pomieszczeń $A_f$	$\text{m}^2$	950,75
Liczba użytkowników	osoba	50
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	0,80
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doba	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	$\text{kWh/rok}$	7 997,2
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	28,8
Sprawność wytwarzania	-	0,880
Sprawność przesyłu	-	0,700
Sprawność akumulacji	-	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000
Sprawność całkowita	-	0,524
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{kWh/rok}$	15 273,4
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	55,0
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	$\text{m}^3/\text{h}$	0,022
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	3,588
Zużycie ciepła na ogrzanie $1 \text{ m}^3$ wody	$\text{GJ/m}^3$	0,360
Max. moc c.w.u.	$\text{kW}$	8,0
Średnia moc c.w.u.	$\text{kW}$	2,2
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	16,1



## Z-10 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie w ilości 16 sztuk opraw o mocy 4x18W, 36 sztuk opraw o mocy 2x36W, 49 sztuk o mocy 40 W oraz w hali sportowej 16 opraw LED. Łączna moc opraw zainstalowanych wynosi 8 904 W. Zainstalowane oprawy są w złym stanie technicznym i kwalifikują się do wymiany, z wyjątkiem opraw LED w hali sportowej.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przeanalizowano 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]
950,75	8 904	9,37	6,86	2 000

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	18,74	13,72
Zużycie energii do oświetlenia E <sub>L</sub>	[kWh/rok]	17 817,06	13 040,00
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,60	0,60
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	10 690,23	7 824,00
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	4 777,06	
	[%]	26,81	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	2 866,23	
Nakłady inwestycyjne	[zł]	65 650,00	
SPBT	[lata]	22,90	

Z przeprowadzonej analizy wynika, że przedsięwzięcie modernizacyjne polegające na wymianie oświetlenia wewnętrznego zwróci się w ciągu 22,90 lat. W ramach modernizacji proponuje się wymianę istniejących opraw oświetleniowych na oprawy LEDowe wraz z pracami instalacyjnymi i odtworzeniowymi w pomieszczeniach. Zainstalowane oprawy muszą spełniać wymagania obowiązujących norm dotyczących oświetlenia pomieszczeń.

## Z-11 Instalacja fotowoltaiczna

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się montaż instalacji fotowoltaicznej pracującej potrzeby budynku (np. oświetlenie, urządzenia biurowe). Celem systemu jest pozyskanie energii elektrycznej z energii słonecznej przy użyciu technologii krzemowej polikrystalicznej lub monokrystalicznej. Instalacja fotowoltaiczna wyposażona będzie w inwertery zamieniające prąd stały na prąd zmienny, które podłączone zostaną w taki sposób, aby dostarczać energię do wewnętrznej instalacji elektrycznej budynku. W przypadku braku energii wytwarzanej z paneli fotowoltaicznych, nastąpi doprowadzenie energii z sieci energetycznej. W projekcie zostaną zainstalowane panele fotowoltaiczne o mocy 15,6 kWp. System zostanie zainstalowany na dachu budynku. Instalacja zostanie wpięta do rozdzielni prądu. Rocznie zaoszczędzone będzie około 14 000 kWh energii elektrycznej.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Wyszczególnienie		Jednostka	
Moc instalacji		[kWp]	15,6
Energia		[kWh/rok]	14 000
	cena	[zł/kWh]	0,60
	koszt	[zł]	8 400,00
Oszczędność	energii	[kWh/rok]	14 000
	kosztu	[zł]	8 400,00
Koszt inwestycji		[zł]	101 400,00
SPBT		[lata]	12,07

## Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana luxferów, wymiana drzwi, modernizacja wentylacji, wymiana oświetlenia wewnętrznego, montaż instalacji PV).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- gaz ziemny - 1,1
- energia elektryczna - 3,0

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
<b>Energia końcowa</b>			
<i><b>energia cieplna</b></i>			
zużycie przed modernizacją	1 311,13	364 202,13	364,20
zużycie po modernizacji	522,44	145 121,99	145,12
oszczędność	788,69	219 080,14	219,08
<i><b>energia elektryczna oświetlenie</b></i>			
zużycie przed modernizacją	64,14	17 817,06	17,82
zużycie po modernizacji	46,94	13 040,00	13,04
oszczędność	17,20	4 777,06	4,78
<i><b>energia elektryczna PV</b></i>			
zużycie przed modernizacją	0,00	0,00	0,00
zużycie po modernizacji	-50,40	-14 000,00	-14,00
oszczędność	50,40	14 000,00	14,00
<i><b>ogółem energia cieplna</b></i>			
zużycie przed modernizacją	1 311,13	364 202,13	364,20
zużycie po modernizacji	522,44	145 121,99	145,12
oszczędność	<b>788,69</b>	<b>219 080,14</b>	<b>219,08</b>
<i><b>ogółem energia elektryczna</b></i>			
zużycie przed modernizacją	64,14	17 817,06	17,82
zużycie po modernizacji	-3,46	-960,00	-0,96
oszczędność	<b>67,60</b>	<b>18 777,06</b>	<b>18,78</b>
<i><b>ogółem energia końcowa</b></i>			
zużycie przed modernizacją	1 375,27	382 019,19	382,02
zużycie po modernizacji	518,98	144 161,99	144,16
oszczędność	<b>856,29</b>	<b>237 857,19</b>	<b>237,86</b>
oszczędność %		<b>62,26</b>	

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
<b>Energia pierwotna</b>			
<i><b>energia ciepła</b></i>			
zużycie przed modernizacją	1 442,24	400 622,34	400,62
zużycie po modernizacji	574,68	159 634,19	159,63
oszczędność	867,56	240 988,15	240,99
<i><b>energia elektryczna oświetlenie</b></i>			
zużycie przed modernizacją	192,42	53 451,17	53,45
zużycie po modernizacji	140,83	39 120,00	39,12
oszczędność	51,59	14 331,17	14,33
<i><b>energia elektryczna PV</b></i>			
zużycie przed modernizacją	0,00	0,00	0,00
zużycie po modernizacji	-151,20	-42 000,00	-42,00
oszczędność	151,20	42 000,00	42,00
<i><b>ogółem energia pierwotna</b></i>			
zużycie przed modernizacją	1 634,66	454 073,51	454,07
zużycie po modernizacji	564,32	156 754,19	156,75
<b>oszczędność</b>	<b>1 070,35</b>	<b>297 319,32</b>	<b>297,32</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>65,48</b>		

### Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2020 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE)

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	
gaz ziemny	1 311,13	-	55,33	72,54	522,44	-	55,33	28,91		
energia elektryczna	-	17,82	765,0	13,63	-	-0,96	765,0	-0,73		
				<b>86,18</b>				<b>28,17</b>	<b>58,00</b>	<b>67,31</b>

## Z-14 Podsumowanie

Lp.	Zakres	Jednostka	Obmiar	Cena jednostkowa [zł]	Nakłady brutto [zł]
1.	Ocieplenie dachu nad halą sportową styropapą o grubości 24 cm	[m <sup>2</sup> ]	432,00	240,80	104 025,60
2.	Ocieplenie stropodachu nad zapleczem i łącznikiem styropapą o grubości 24 cm	[m <sup>2</sup> ]	516,00	240,80	124 252,80
3.	Ocieplenie ścian zewnętrznych styropianem o grubości 16 cm (powierzchnia netto)	[m <sup>2</sup> ]	615,00	295,00	181 425,00
4.	Zamurowanie luxferów i ocieplenie powstałej ściany styropianem o grubości 16 cm (powierzchnia netto)	[m <sup>2</sup> ]	36,00	1217,00	43 812,00
5.	Wymiana okien	[m <sup>2</sup> ]	195,45	1050,00	205 222,50
6.	Wymiana luxferów na okna	[m <sup>2</sup> ]	35,29	1050,00	37 054,50
7.	Wymiana drzwi	[m <sup>2</sup> ]	6,18	1900,00	11 742,00
8.	Modernizacja instalacji wentylacji	[kpl]	1		120 540,00
9.	Wymiana oświetlenia na oprawy LED	[szt.]	101	650,00	65 650,00
10.	Montaż instalacji PV	[kW]	15,6	6 500,00	101 400,00
	OGÓŁEM				995 124,40

Oszczędność energii końcowej	[GJ]	856,29
	[MWh]	237,86
	[%]	62,26
Redukcja emisji CO <sub>2</sub>	[Mg]	58,00
	[%]	67,31
Wskaźnik EP <sub>(h+w)</sub>	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	167,90