

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU GIMNAZJUM NR 3

z Oddziałami Integracyjnymi im. Adama Mickiewicza

ul. B. Leśmiana 1

95 – 100 Zgierz



Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz

pl. Jana Pawła II 16

95 – 100 Zgierz

Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
	Gmina Miasto Zgierz		1979
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	ul.		ul. B. Leśmiana nr bud. 1
	kod	95-100 miejscowość Zgierz	kod 95-100 miejscowość Zgierz
	tel.	- fax -	powiat zgierski
			województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska			<i>Bllosowska</i>
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE
5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017			
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) 5			
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 6			
5. Ocena stanu technicznego budynku 7			
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku. 7			
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania 9			
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. 9			
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji. 9			
6. Uprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. 9			
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 10			
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło 10			
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. 11			
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. 19			
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 32			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 36			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych 40			
ZAŁĄCZNIKI 41			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła. 41			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją. 42			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. 44			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację 46			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. 46			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła. 46			
Z-7 Projektowana strata ciepła. 47			
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego. 49			
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu. 50			
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 51			
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 52			
Z-12 Sprawności systemu grzewczego. 53			
Z-13 Ciepła woda użytkowa. 54			
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne. 55			
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej 57			
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego 58			
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące 59			

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Uprzemysłowiona	Uprzemysłowiona
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	35 707	35 707
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	8 282	8 282
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	8 282	8 282
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	618	618
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralna	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdzielaniem dolnym	pompowy z rozdzielaniem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,336	0,336
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,100	0,204
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,571	0,171
3	Strop nad piwnicą	0,312	0,312
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,321	0,265
5	Okna, drzwi balkonowe	3,000	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	5,100	1,500
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,95	0,95
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,80	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,91	0,91	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,50	0,50	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	0,85	0,85	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna/ mechaniczna	naturalna/ mechaniczna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /h]	21 744	21 528	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,82	0,80	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	625,11	363,82	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	72,26	72,26	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	4 447,25	2 372,14	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	7 599,54	2 695,61	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	643,02	643,02	
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 ² rok)]	149,17	79,57	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	254,90	90,42	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	59,21	59,21	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	10 995,78	10 995,78	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	32,59	34,45	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej	[zł/(m ² m-c)]	5,36	2,09	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	5 610 805,18	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	59,50
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	5 610 805,18	Premia termomodernizacyjna	[zł]	897 728,83
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	322 386,14			

¹⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

²⁾ Podane koszty są kosztami szacunkowymi.

3. Podstawa opracowania.

3.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Gimnazjum Nr 3 w Zgierzu, ul. B. Leśmiana 1 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),
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 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).
5. 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).
6. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
7. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

9. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
10. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki ciepłe w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
11. Normy związane
12. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
13. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
14. Inwentaryzacja techniczna budynku.
15. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
16. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
17. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

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

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

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1979
Adres budynku	ul. B. Leśmiana 1, 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Uprzemysłowiona		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	3	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	35 707	1 429	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	8 282	539	
Współczynnik kształtu	0,336		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	2,7	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	618	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	16	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany		2658,18	0,571
Dach sala		557,22	0,543
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		3 913,95	1,100
Mur z luksferów		21,60	4,545
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		359,60	0,772
Strop nad piwnicą		674,15	0,312
Okna nowe	S	261,25	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	295,12	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	222,41	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	140,30	1,500
	SE	0,00	1,500

Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Okna stare	S	114,84	3,000
	SW	0,00	3,000
	W	16,36	3,000
	NW	0,00	3,000
	N	108,08	3,000
	NE	0,00	3,000
	E	95,81	3,000
	SE	0,00	3,000
Drzwi wejściowe metalowe		17,20	6,120
Drzwi wejściowe drewniane		4,14	3,000
Drzwi wejściowe nowe		13,76	1,700
Podłoga na gruncie sala		460,53	0,346
Podłoga na gruncie		1 126,48	0,321
Podłoga na gruncie w piwnicy		954,23	0,319

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Gimnazjum Nr 3, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. B. Leśmiana 1. Obiekt składa się z budynku głównego o trzech kondygnacjach nadziemnych i piwnicy użytkowej ogrzewanej, segmentów o dwóch kondygnacjach nadziemnych częściowo podpiwniczonych, sali gimnastycznej oraz basenu (w odrębnym opracowaniu). Budynek zbudowany w 1979 roku w technologii wielkopłytowej ze ścianami zewnętrznymi z prefabrykatów, nieocieplonymi. Stropy prefabrykowane typu „Żerań - 26”. Stropodach wentylowany, ocieplony płytami wełny mineralnej grubości 7 cm. Nad salą gimnastyczną zastosowano dach z płyt korytkowych, ocieplony płytami wełny mineralnej grubości 7 cm. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- dla dachów, stropodachów - 0,18 W/m²K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,23 W/m²K,

- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m²K,

- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m²K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- stropodach, dach - 0,543; 0,571 W/m²K,

- ściany zewnętrzne - 0,772; 1,100 W/m²K,

- strop nad piwnicą - 0,897 W/m²K,

- podłoga na gruncie - 0,319; 0,321; 0,346 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad nieogrzewaną piwnicą, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian poniżej gruntu. Nie wpłynie to bezpośrednio na zmniejszenie zużycia energii, ale spowoduje podniesienie temperatury w piwnicy i mniejsze straty energii przez strop piwnicy.

Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie. Zgodnie z Warunkami Technicznymi podłoga na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej 2,0 m²K/W, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian zewnętrznych do poziomu jednego metra poniżej gruntu.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród przezroczystych powinna wynosić:

- okna -1,1 W/m²K

- drzwi -1,5 W/m²K

W budynku część starej stolarki okiennej wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m²K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej, starej stolarki okiennej.

W budynku drzwi wejściowe główne wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K i są w dobrym stanie technicznym. Natomiast pozostałe drzwi metalowe i drewniane są w złym stanie technicznym. W związku z tym w opracowaniu przeanalizowana zostanie tylko częściowa wymiana drzwi zewnętrznych.

W budynku w elewacji wschodniej i w elewacji północnej zastosowano mur z luxferów. Luxfery są w złym stanie technicznym i powodują duże straty ciepła, w związku z tym w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana na okna spełniające wymagania Warunków

Technicznych - w elewacji północnej oraz ich zamurowanie w elewacji wschodniej.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii cieplnej. Węzeł jest w złym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu zostanie przeanalizowane jego dostosowanie do Systemu Zarządzania Energią (wymiana lub modernizacja, leżąca po stronie gestora sieci).

Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej 90/70°C z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych, bez zaworów podpionowych. Przewody poziome izolowane (zły stan izolacji), pionowe nieizolowane. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi oraz rury grzejne Faviera. Stan techniczny zarówno grzejników jak i instalacji jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana.

5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z miejskiej sieci ciepłowniczej, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii, będący w złym stanie technicznym. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w dalszej części opracowania nie będzie analizowana jej wymiana.

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W części szkolnej budynku zastosowano wentylację grawitacyjną, w średnim stanie technicznym, natomiast w węźle żywieniowym (kuchnia, jadalnia) wentylację mechaniczną wywiewną, w złym stanie technicznym. W pomieszczeniach tych występuje niedostateczna wymiana powietrza oraz zawilgocenie ścian, w związku z tym w dalszej części opracowania zostanie przeanalizowana modernizacja wentylacji węzła żywieniowego, polegająca na montażu centrali wentylacyjnej nawiewno-wywiewnej z rekuperacją.

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

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

- ocieplenie stropodachu,

- ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę okien drewnianych,
- zamurowanie części luxferów,
- wymianę części luksferów,
- wymianę drzwi metalowych,
- wymianę drzwi drewnianych,
- modernizację instalacji wentylacji mechanicznej,
- wymianę instalacji c.o., grzejników oraz montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- wymianę węzła cieplnego,
- 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 wentylowanego. Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną. Ocieplenie ścian zewnętrznych. Ocieplenie ścian poniżej gruntu. Wymiana okien drewnianych. Zamurowanie części luxferów. Wymiana części luxferów. Wymiana drzwi drewnianych. Wymiana drzwi metalowych. Modernizacja wentylacji mechanicznej.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana orurowania. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Wymiana węzła cieplnego. 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,
- ΔO_{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 ΔO_{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 zł/m³ 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 wg 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, m^2 ,
- Sd - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień*K/rok,

Liczbę stopniodni S_d oblicza się wg 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_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °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, °C,
- $L_d(m)$ - 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.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q_{0u} , q_{1u} przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oblicza się wg 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 Ministerstwem Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta Łódź:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7
$L_d(m)$	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}\text{C}$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropodachu wentylowanego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu wentylowanego granulatem wełny mineralnej o optymalnej grubości

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 2658,18 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 1,751 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 2392 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał: granulata} & & U_0 &= 0,571 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,044 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{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]
0,05	1,136	2,887	0,346	294,07	0,037	368 368,00	14 457,46	25,479
0,06	1,364	3,114	0,321	272,60	0,034	370 281,60	16 082,83	23,023
0,07	1,591	3,341	0,299	254,06	0,032	372 195,20	17 487,09	21,284
0,08	1,818	3,569	0,280	237,88	0,030	374 108,80	18 712,50	19,992
0,09	2,045	3,796	0,263	223,64	0,028	376 022,40	19 791,17	19,000
0,10	2,273	4,023	0,249	211,01	0,026	377 936,00	20 747,97	18,216
0,11	2,500	4,251	0,235	199,72	0,025	379 849,60	21 602,45	17,584
0,12	2,727	4,478	0,223	189,59	0,024	381 763,20	22 370,20	17,066
0,13	2,955	4,705	0,213	180,43	0,023	383 676,80	23 063,77	16,635
0,14	3,182	4,932	0,203	172,12	0,022	385 590,40	23 693,43	16,274
0,15	3,409	5,160	0,194	164,53	0,021	387 504,00	24 267,62	15,968
0,16	3,636	5,387	0,186	157,59	0,020	389 417,60	24 793,36	15,707
0,17	3,864	5,614	0,178	151,21	0,019	391 331,20	25 276,53	15,482
0,18	4,091	5,841	0,171	145,33	0,018	393 244,80	25 722,11	15,288
0,19	4,318	6,069	0,165	139,89	0,018	402 334,40	26 134,31	15,395
0,20	4,545	6,296	0,159	134,84	0,017	411 424,00	26 516,75	15,516
0,21	4,773	6,523	0,153	130,14	0,016	420 513,60	26 872,54	15,648
0,22	5,000	6,751	0,148	125,76	0,016	429 603,20	27 204,38	15,792
0,23	5,227	6,978	0,143	121,66	0,015	438 692,80	27 514,60	15,944
0,24	5,455	7,205	0,139	117,82	0,015	447 782,40	27 805,25	16,104
0,25	5,682	7,432	0,135	114,22	0,014	456 872,00	28 078,12	16,271

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 18 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi $0,18 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 18cm 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

Rozpatruje się ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 557,22 [m²] R₀ = 1,841 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 558 [m²]

Materiał: styropapa U₀ = 0,543 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015r.

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔK_{ogr}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	3,091	0,324	57,57	0,007	103 085,70	2 960,21	34,824
0,06	1,500	3,341	0,299	53,26	0,007	105 760,36	3 286,46	32,181
0,07	1,750	3,591	0,278	49,55	0,006	108 435,01	3 567,28	30,397
0,08	2,000	3,841	0,260	46,33	0,006	111 109,67	3 811,55	29,151
0,09	2,250	4,091	0,244	43,50	0,005	113 784,32	4 025,96	28,263
0,10	2,500	4,341	0,230	40,99	0,005	116 458,98	4 215,68	27,625
0,11	2,750	4,591	0,218	38,76	0,005	119 133,64	4 384,74	27,170
0,12	3,000	4,841	0,207	36,76	0,005	121 808,29	4 536,34	26,852
0,13	3,250	5,091	0,196	34,95	0,004	124 482,95	4 673,05	26,638
0,14	3,500	5,341	0,187	33,32	0,004	127 157,60	4 796,96	26,508
0,15	3,750	5,591	0,179	31,83	0,004	129 832,26	4 909,79	26,444
0,16	4,000	5,841	0,171	30,47	0,004	132 506,92	5 012,96	26,433
0,17	4,250	6,091	0,164	29,22	0,004	135 181,57	5 107,67	26,466
0,18	4,500	6,341	0,158	28,06	0,004	137 856,23	5 194,90	26,537
0,19	4,750	6,591	0,152	27,00	0,003	140 530,88	5 275,52	26,638
0,20	5,000	6,841	0,146	26,01	0,003	143 205,54	5 350,25	26,766
0,21	5,250	7,091	0,141	25,10	0,003	145 880,20	5 419,70	26,917
0,22	5,500	7,341	0,136	24,24	0,003	148 554,85	5 484,43	27,087
0,23	5,750	7,591	0,132	23,44	0,003	151 229,51	5 544,89	27,274
0,24	6,000	7,841	0,128	22,70	0,003	153 904,16	5 601,50	27,476
0,25	6,250	8,091	0,124	21,99	0,003	156 578,82	5 654,61	27,690

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 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 16cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 3\,913,95 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,909 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 3\,987 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{styropian} & U_0 &= 1,100 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{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]
0,05	1,250	2,159	0,463	579,04	0,073	1 204 074,00	60 321,70	19,961
0,06	1,500	2,409	0,415	518,94	0,065	1 210 054,50	64 873,23	18,653
0,07	1,750	2,659	0,376	470,14	0,059	1 217 231,10	68 568,81	17,752
0,08	2,000	2,909	0,344	429,74	0,054	1 225 603,80	71 629,13	17,110
0,09	2,250	3,159	0,317	395,72	0,050	1 235 172,60	74 205,03	16,645
0,10	2,500	3,409	0,293	366,70	0,046	1 245 937,50	76 403,10	16,307
0,11	2,750	3,659	0,273	341,65	0,043	1 257 898,50	78 300,78	16,065
0,12	3,000	3,909	0,256	319,79	0,040	1 271 055,60	79 955,72	15,897
0,13	3,250	4,159	0,240	300,57	0,038	1 285 408,80	81 411,68	15,789
0,14	3,500	4,409	0,227	283,53	0,036	1 300 958,10	82 702,53	15,731
0,15	3,750	4,659	0,215	268,31	0,034	1 317 703,50	83 854,83	15,714
0,16	4,000	4,909	0,204	254,65	0,032	1 335 645,00	84 889,76	15,734
0,17	4,250	5,159	0,194	242,31	0,030	1 354 782,60	85 824,38	15,786
0,18	4,500	5,409	0,185	231,11	0,029	1 375 116,30	86 672,61	15,866
0,19	4,750	5,659	0,177	220,90	0,028	1 396 646,10	87 445,88	15,972
0,20	5,000	5,909	0,169	211,55	0,026	1 419 372,00	88 153,72	16,101
0,21	5,250	6,159	0,162	202,96	0,025	1 443 294,00	88 804,10	16,253
0,22	5,500	6,409	0,156	195,04	0,024	1 468 412,10	89 403,73	16,425
0,23	5,750	6,659	0,150	187,72	0,024	1 494 726,30	89 958,34	16,616
0,24	6,000	6,909	0,145	180,93	0,023	1 522 236,60	90 472,81	16,825
0,25	6,250	7,159	0,140	174,61	0,022	1 550 943,00	90 951,34	17,052

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi $0,23 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 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

Rozpatruje się ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] na głębokość 1 m styroporem lub styropianem XPS o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 359,60 [m²] R₀ = 1,295 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 384 [m²]

Materiał: styropor

U₀ = 0,772 [W/(m²*K)]

λ = 0,032 [W/(m*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,563	2,857	0,350	40,20	0,005	122 880,00	3 527,70	34,833
0,06	1,875	3,170	0,315	36,23	0,005	125 280,00	3 827,84	32,729
0,07	2,188	3,482	0,287	32,98	0,004	128 160,00	4 074,12	31,457
0,08	2,500	3,795	0,264	30,27	0,004	131 520,00	4 279,83	30,730
0,09	2,813	4,107	0,243	27,96	0,004	135 360,00	4 454,24	30,389
0,10	3,125	4,420	0,226	25,99	0,003	139 680,00	4 603,98	30,339
0,11	3,438	4,732	0,211	24,27	0,003	144 480,00	4 733,94	30,520
0,12	3,750	5,045	0,198	22,77	0,003	149 760,00	4 847,81	30,892
0,13	4,063	5,357	0,187	21,44	0,003	155 520,00	4 948,39	31,428
0,14	4,38	5,670	0,176	20,26	0,003	161 760,00	5 037,88	32,109
0,15	4,688	5,982	0,167	19,20	0,002	168 518,40	5 118,02	32,926
0,16	5,000	6,295	0,159	18,24	0,002	175 718,40	5 190,20	33,856
0,17	5,313	6,607	0,151	17,38	0,002	183 398,40	5 255,56	34,896
0,18	5,625	6,920	0,145	16,60	0,002	191 558,40	5 315,01	36,041
0,19	5,938	7,232	0,138	15,88	0,002	200 198,40	5 369,33	37,286
0,20	6,250	7,545	0,133	15,22	0,002	209 318,40	5 419,14	38,626
0,21	6,563	7,857	0,127	14,62	0,002	218 918,40	5 464,99	40,058
0,22	6,875	8,170	0,122	14,06	0,002	228 998,40	5 507,34	41,581
0,23	7,188	8,482	0,118	13,54	0,002	239 558,40	5 546,56	43,190
0,24	7,500	8,795	0,114	13,06	0,002	250 598,40	5 583,00	44,886
0,25	7,813	9,107	0,110	12,61	0,002	262 118,40	5 616,94	46,666

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 10 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. W kosztach przedsięwzięcia uwzględniono powierzchnię całej ściany poniżej gruntu na głębokość jednego metra (piwnica ogrzewana, nieogrzewana, podłoga na gruncie). Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się zamurowanie części ściany z luksferów [SZ-2] i ocieplenie wełną mineralną lub styropianem o optymalnej grubości metodą bezspoinową.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 14,40 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,220 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 15 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{ styropian} & U_0 &= 4,545 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{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	1,250	2,404	0,416	1,91	0,000	10 800,00	1 438,31	7,509
0,06	1,500	2,654	0,377	1,73	0,000	10 809,00	1 451,96	7,444
0,07	1,750	2,904	0,344	1,58	0,000	10 819,80	1 463,26	7,394
0,08	2,000	3,154	0,317	1,46	0,000	10 832,40	1 472,77	7,355
0,09	2,250	3,404	0,294	1,35	0,000	10 846,80	1 480,88	7,325
0,10	2,500	3,654	0,274	1,26	0,000	10 863,00	1 487,88	7,301
0,11	2,750	3,904	0,256	1,18	0,000	10 881,00	1 493,98	7,283
0,12	3,000	4,154	0,241	1,11	0,000	10 900,80	1 499,35	7,270
0,13	3,250	4,404	0,227	1,04	0,000	10 922,40	1 504,11	7,262
0,14	3,500	4,654	0,215	0,99	0,000	10 945,80	1 508,36	7,257
0,15	3,750	4,904	0,204	0,94	0,000	10 971,00	1 512,18	7,255
0,16	4,000	5,154	0,194	0,89	0,000	10 998,00	1 515,62	7,256
0,17	4,250	5,404	0,185	0,85	0,000	11 026,80	1 518,75	7,260
0,18	4,500	5,654	0,177	0,81	0,000	11 057,40	1 521,60	7,267
0,19	4,750	5,904	0,169	0,78	0,000	11 089,80	1 524,21	7,276
0,20	5,000	6,154	0,162	0,75	0,000	11 124,00	1 526,60	7,287
0,21	5,250	6,404	0,156	0,72	0,000	11 160,00	1 528,81	7,300
0,22	5,500	6,654	0,150	0,69	0,000	11 197,80	1 530,86	7,315
0,23	5,750	6,904	0,145	0,67	0,000	11 237,40	1 532,75	7,332
0,24	6,000	7,154	0,140	0,64	0,000	11 278,80	1 534,52	7,350
0,25	6,250	7,404	0,135	0,62	0,000	11 322,00	1 536,16	7,370

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi $0,23 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 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,
- ΔO_{rOk} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- ΔO_{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 ścienna) 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, m³/h,
 c_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
 c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q₀, q₁ 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, m³/(m*h*daPa^{2/3}),
 l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną q₀, q₁ w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ścienne, okna lub drzwi, oblicza się wg 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 drewnianych (o powierzchni około 335,09 m^2) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/ $m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,0	1,2	1,0	1 219,61	0,045	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	887,92	0,022	19 889,90	418 865,13	21,06
2	1,1	1,0	1,0	866,52	0,019	21 186,69	425 566,97	20,09
3	0,9	1,0	1,0	845,11	0,017	22 483,47	492 585,39	21,91

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1$ W/ $m^2 \cdot K$. Dlatego 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 metalowych (o powierzchni około 17,20 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c _r	c _w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	6,1	1,1	1,0	39,00	0,005	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	14,23	0,002	1 499,99	30 788,00	20,53
2	1,5	1,0	1,0	13,13	0,002	1 566,56	31 820,00	20,31
3	1,3	1,0	1,0	12,03	0,002	1 633,12	36 120,00	22,12

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,5 W/m²K. Dlatego 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 drewnianych (o powierzchni około 4,14 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c _r	c _w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,0	1,2	1,0	6,77	0,001	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	4,59	0,000	131,84	6 003,00	45,53
2	1,5	1,0	1,0	4,32	0,000	147,86	6 210,00	42,00
3	1,3	1,0	1,0	4,06	0,000	163,89	7 866,00	48,00

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie

istniejących drzwi jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dlatego 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 w miejscu luxferów (o powierzchni około $7,20 \text{ m}^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	$\text{W/m}^2\text{K}$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	4,55	1,0	1,0	12,30	0,002	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	2,99	0,000	564,08	9 000,00	15,96
2	1,1	1,0	1,0	2,53	0,000	591,94	9 144,00	15,45
3	0,9	1,0	1,0	2,07	0,000	619,81	10 584,00	17,08

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie luxferów jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki okiennej o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dlatego 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 węźle żywieniowym zastosowano wentylację mechaniczną wywiewną, która nie działa prawidłowo, ze względu na zły stan techniczny wentylatorów. W tym celu przewidziano zainstalowanie centrali wentylacyjnej, wyposażonej w kompletną instalację nawiewno – wywiewną, zintergerowaną z Systemem Zarządzania Energią. W celu oszczędności energii przewidziano dodatkowo zainstalowanie wymiennika krzyżowego. Przyjęto, że w wyniku ogrzewania powietrza napływowego przez powietrze wypływowe nastąpi obniżenie zużycia ciepła o 67%. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej około $4000 \text{ m}^3/\text{h}$. Dodatkowo przewidziano zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnych czujek stężenia CO_2 , które po przekroczeniu założonego maksymalnego poziomu spowodują zwiększenie

obrotów wentylatora i doprowadzenie do zmniejszenia stężenia CO₂ w pomieszczeniu. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Przy powyższych założeniach oszczędność energii z powyższego rozwiązania wyniesie:

Strumień powietrza	V ₁	ρ*c _p	H _v	S _d	Q	ΔQ
	[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]	-	GJ	GJ
Obecnie	21 744	0,33	7 248	3 696,40	2 314,79	66,27
Docelowo	21 528	0,33	7 040	3 696,40	2 248,51	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

ΔQ	Oszczędność	Nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
66,27	4 643,74	150 000,00	32,30

7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	1 317 703,50	15,71
5	Wymiana okien	425 566,97	20,09
6	Wymiana drzwi metalowych	31 820,00	20,31
7	Ocieplenie dachu	132 506,92	26,43
8	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	139 680,00	30,34
9	Modernizacja wentylacji	150 000,00	32,30
10	Wymiana drzwi drewnianych	6 210,00	42,00

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. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	1 317 703,50	15,71
5	Wymiana okien	425 566,97	20,09
6	Wymiana drzwi metalowych	31 820,00	20,31
7	Ocieplenie dachu	132 506,92	26,43
8	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	139 680,00	30,34
9	Modernizacja wentylacji	150 000,00	32,30
10	Wymiana drzwi drewnianych	6 210,00	42,00
	Ogółem	2 616 847,18	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	1 317 703,50	15,71
5	Wymiana okien	425 566,97	20,09
6	Wymiana drzwi metalowych	31 820,00	20,31
7	Ocieplenie dachu	132 506,92	26,43
8	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	139 680,00	30,34
9	Modernizacja wentylacji	150 000,00	32,30
	Ogółem	2 610 637,18	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	1 317 703,50	15,71
5	Wymiana okien	425 566,97	20,09
6	Wymiana drzwi metalowych	31 820,00	20,31
7	Ocieplenie dachu	132 506,92	26,43
8	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	139 680,00	30,34
	Ogółem	2 460 637,18	

Tabela 7d. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	1 317 703,50	15,71
5	Wymiana okien	425 566,97	20,09
6	Wymiana drzwi metalowych	31 820,00	20,31
7	Ocieplenie dachu	132 506,92	26,43
	Ogółem	2 320 957,18	

Tabela 7e. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	1 317 703,50	15,71
5	Wymiana okien	425 566,97	20,09
6	Wymiana drzwi metalowych	31 820,00	20,31
	Ogółem	2 188 450,27	

Tabela 7f. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	1 317 703,50	15,71
5	Wymiana okien	425 566,97	20,09
	Ogółem	2 156 630,27	

Tabela 7g. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	1 317 703,50	15,71
	Ogółem	1 731 066,30	

Tabela 7h. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VIII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
3	Wymiana luxferów	9 144,00	15,45
	Ogółem	413 359,80	

Tabela 7g. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu IX

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
2	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	393 244,80	15,29
	Ogółem	404 215,80	

Tabela 7h. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu X

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie luxferów	10 971,00	7,26
	Ogółem	10 971,00	

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:

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

gdzie:

- N_{CO} – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- ΔO_{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 ΔO_{rCO} dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

$$\Delta O_{rCO} = (x_0 * w_{t0} * w_{d0} * Q_{OCO} * O_{0z} / \eta_0 - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{OCO} * O_{1z} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (18)$$

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Q_{OCO} – sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- η_0, η_1 – całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- w_{t0}, w_{t1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- w_{d0}, w_{d1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,
- O_{0z}, O_{1z} – jak we wzorze (2),
- y_0, y_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- q_{0m}, q_{1m} – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,
- Ab_0, Ab_1 – jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu grzewczego η_0, η_1 , oblicza się z zależności:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e, \quad (19)$$

gdzie:

- η_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,
- η_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,
- η_r – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_e – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu zarówno instalacja c.o jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników, zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi oraz montaż Systemu Zarządzania Energią wraz z dostosowaniem węzła cieplnego do jego wymagań..

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,6251	0,6251
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	4 447	4 447
3	Ogólna sprawność CO	-	0,5852	0,7524
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	7 600	5 054
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	449 968,76	299 228,98
8	Roczna opłata stała	zł/rok	82 481,54	82 481,54
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	250,78	250,78
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,3900	0,3900
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	643,02	643,02
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	66,84	70,66
13	Koszt ciepła CO	zł	532 450,31	381 710,53
14	Koszt ciepła CWU	zł	42 981,06	45 434,98
15	Koszt ciepła	zł	575 431,37	427 145,51
16	Oszczędność kosztów	zł		148 285,86
17	Koszt modernizacji	zł		2 993 958,00
18	SPBT	lat		20,19

¹⁾ Uwzględnienie systemu zarządzania energią

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

- 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 ΔO_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 _{CO}	Q _{CO}	η	w	Q _{CO} *w/η	Opłata CO	q _{CWU}	Q _{CWU}	Opłata CWU	Q _{CO+CWU}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok		zł/rok	
0	0,6251	4 447,25	0,5852	1	7 599,54	532 450,31	0,037	643,02	42 981,06	8 243	575 431,37				
I+A	0,3638	2 372,14	0,7524	0,855	2 695,61	207 610,25	0,056	643,02	45 434,98	3 339	253 045,23	4 904	59,50	322 386,14	
II+A	0,3641	2 374,06	0,7524	0,855	2 697,80	207 779,50	0,056	643,02	45 434,98	3 341	253 214,48	4 902	59,47	322 216,89	
III+A	0,3641	2 425,62	0,7524	0,855	2 756,38	211 248,02	0,056	643,02	45 434,98	3 399	256 683,00	4 843	58,76	318 748,37	
IV+A	0,3146	2 469,67	0,7524	0,855	2 806,44	207 681,41	0,056	643,02	45 434,98	3 449	253 116,39	4 793	58,15	322 314,98	
V+A	0,3229	2 533,99	0,7524	0,855	2 879,53	213 102,94	0,056	643,02	45 434,98	3 523	258 537,92	4 720	57,26	316 893,45	
VI+A	0,3812	2 558,67	0,7524	0,855	2 907,57	222 458,92	0,056	643,02	45 434,98	3 551	267 893,90	4 692	56,92	307 537,47	
VII+A	0,3945	2 741,00	0,7524	0,855	3 114,77	236 480,91	0,056	643,02	45 434,98	3 758	281 915,89	4 485	54,41	293 515,48	
VIII+A	0,5788	4 084,68	0,7524	0,855	4 641,69	351 209,25	0,056	643,02	45 434,98	5 285	396 644,23	2 958	35,89	178 787,14	
IX+A	0,5824	4 112,67	0,7524	0,855	4 673,49	353 563,83	0,056	643,02	45 434,98	5 317	398 998,81	2 926	35,50	176 432,56	
X+A	0,6249	4 445,87	0,7524	0,855	5 052,12	381 595,28	0,056	643,02	45 434,98	5 695	427 030,26	2 547	30,91	148 401,11	
A	0,6251	4 447,25	0,7524	0,855	5 053,69	381 710,53	0,056	643,02	45 434,98	5 697	427 145,51	2 546	30,89	148 285,86	

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾		Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾		Premia termomodernizacyjna				
		[zł]	3			[zł]	4	5	6	7	8	9
1	2											
1	I+A	5 610 805,18	322 386,14	59,50	0,00	5 610 805,18	100,00	1 122 161,04	897 728,83	644 772,28		
2	II+A	5 604 595,18	322 216,89	59,47	0,00	5 604 595,18	100,00	1 120 919,04	896 735,23	644 433,78		
3	III+A	5 454 595,18	318 748,37	58,76	0,00	5 454 595,18	100,00	1 090 919,04	872 735,23	637 496,74		
4	IV+A	5 314 915,18	322 314,98	58,15	0,00	5 314 915,18	100,00	1 062 983,04	850 386,43	644 629,96		
5	V+A	5 182 408,27	316 893,45	57,26	0,00	5 182 408,27	100,00	1 036 481,65	829 185,32	633 786,90		
6	VI+A	5 150 588,27	307 537,47	56,92	0,00	5 150 588,27	100,00	1 030 117,65	824 094,12	615 074,94		
7	VII+A	4 725 024,30	293 515,48	54,41	0,00	4 725 024,30	100,00	945 004,86	756 003,89	587 030,96		
8	VIII+A	3 407 317,80	178 787,14	35,89	0,00	3 407 317,80	100,00	681 463,56	545 170,85	357 574,28		
9	IX+A	3 398 173,80	176 432,56	35,50	0,00	3 398 173,80	100,00	679 634,76	543 707,81	352 865,12		
10	X+A	3 004 929,00	148 401,11	30,91	0,00	3 004 929,00	100,00	600 985,80	480 788,64	296 802,22		
11	A	2 993 958,00	148 285,86	30,89	0,00	2 993 958,00	100,00	598 791,60	479 033,28	296 571,72		

¹⁾ Podana kwota jest wielkością szacunkową

²⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

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

Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Również pozostałe warianty mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni około 3 987 m² należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,215 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około 384 m² należy wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^*\text{K}$. W pierwszej kolejności należy usunąć istniejącą opaskę betonową. Następnie, po odkopaniu ściany należy pokryć ją dwukrotnie pionową warstwą izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz zamontować płyty ze styroporu lub styropianu XPS na głębokość 1m. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: odkopanie ściany, zasypanie i otworzenie nawierzchni oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
3. Ocieplenie stropodachu wentylowanego
Ocieplenie stropodachu wentylowanego o powierzchni około 2 392 m² proponuje się wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej grubości minimum 18 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda \leq 0,044 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,171 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź

lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Ocieplenie dachu.

Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną o powierzchni około 558 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 16 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,171 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

5. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 335,09 m² na okna z nawiewnikami higrosterowanymi o współczynniku przenikania $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

6. Wymianę drzwi metalowych o powierzchni około 17,20 m² i drzwi drewnianych o powierzchni około 4,14 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

7. Wymianę luxferów w elewacji północnej o powierzchni około 7,2 m² na okna z nawiewnikami higrosterowanymi o współczynniku przenikania $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji

uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja luxferów, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

8. Zamurowanie bloczkami gazobetonowymi luxferów w elewacji wschodniej o powierzchni około 15 m², a następnie ocieplenie ściany według uwag dotyczących ocieplenia ścian [SZ-1]. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja luxferów, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

9. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:

- montaż centrali wentylacyjnej o wydajności około 4000 m³, wyposażonej w kompletne instalacje nawiewno – wywiewne wraz z integracją z Systemem Zarządzania Energią,
- montaż wymiennika krzyżowego, w celu odzysku ciepła,
- zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnej czujek CO₂, które po przekroczeniu założonego stężenia spowodują zwiększenie obrotów wentylatora i doprowadzenie do zmniejszenia stężenia CO₂ w pomieszczeniu,,
- 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.

10. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 360 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 360 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- montaż instalacji zmieszania pompowego za węzłem cieplnym,
- regulację instalacji grzewczej,
- dostosowanie węzła cieplnego do pracy z Systemem Zarządzania Energią, (koszty leżące po stronie gestora sieci i są wyłączone poza projekt),
- dostosowanie instalacji c.o. do pracy z Systemem Zarządzania Energią,
- 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.

11. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia elektryczna, energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u, woda, 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 kosztach inwestycji uwzględniono inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia, w tym szkolenie w zakresie działania systemu.

System Zarządzania Energią powinien zapewnić:

- monitorowanie zużyć mediów: energii cieplnej, energii elektrycznej, wody,
- optymalizację parametrów pracy instalacji c.o. w celu zminimalizowania strat ciepła,
- oszczędne gospodarowanie czynnikami energetycznymi przy zachowaniu normatywnych parametrów pracy instalacji i obiektu,
- pomiar referencyjnych temperatur, temperatury zewnętrznej, temperatur zasilania i powrotu w pomieszczeniu źródła.
- rejestrację wyników pomiarów (minimum co 15 min), archiwizację danych, podgląd mierzonych wartości w czasie rzeczywistym, tworzenie raportów, graficzne odzwierciedlenie pomiarów oraz tworzenie wykresów do ich analizy,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych (za pośrednictwem Internetu),
- możliwość porównywania obiektu do innych obiektów objętych pomiarem w celu uzyskania oceny energochłonności obiektu,
- automatyczne tworzenie raportów o zużyciu w otwartych, publicznych formatach plików (np. PDF, XLS), w zadeklarowanych przez użytkownika profilach,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych za pośrednictwem Internetu,
- wizualizację danych aktualnych i historycznych oraz analizy porównawczej pomiędzy innymi obiektami objętymi pomiarem na ogólnodostępnym panelu zamontowanym w obiekcie,
- rejestrację użytkowników i parametryzację poziomów dostępowych w zależności od typu użytkownika,

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	5 610 805,18 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	897 728,83 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	322 386,14 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	17,40 lat



mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Oplata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	4 646,22	5 714,85
Przesył	zł(MW*m-c)	4 293,44	5 280,93
Razem oplata stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Oplata zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem oplata zmienna	zł/GJ	48,14	59,21
Abonament	zł/(pkt. *m-c)	0,00	0,00

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,571
	Szlichta cementowa	5,0	0,050	1,000	0,050	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Pustka powietrzna	60,0	0,6			
	Płyty wełny mineralnej	7,0	0,07	0,052	1,346	
	Strop kanałowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,02	0,820	0,024	
	R				1,551	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
	R _T				1,751	
Dach sala	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,543
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty wełny mineralnej	7,0	0,07	0,052	1,346	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	R				1,701	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,841	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,100
	Gazobeton	24,0	0,240	0,380	0,632	
	Żelbet	12,0	0,120	1,700	0,071	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,739	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,909	
Mur z luksferów	Mur z pustaków szklanych	5,0	0,050		0,050	4,545
	R				0,050	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,220	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,772
	Żelbet	24,0	0,240	1,700	0,141	
	Gazobeton	12,0	0,120	0,380	0,316	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,559	
	Opór zastępczy gruntu				0,736	
	R _T				1,295	

Strop nad piwnicą	PCW	1,9	0,019	0,220	0,086	0,897
	Gładź cementowa	4,0	0,040	1,000	0,040	
	Styropian	2,0	0,020	0,045	0,444	
	Strop kanałowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,0200	0,820	0,024	
	R				0,775	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	R				1,115	
Podłoga na gruncie sala	Klepka	2,2	0,022	0,220	0,100	0,346
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Pustka powietrzna	3,0	0,03		0,160	
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	15,0	0,15	1,05	0,143	
	Piasek	30,0	0,3	0,40	0,750	
	R				1,350	
	Opór zastępczy gruntu				1,539	
	R _T				2,889	
Podłoga na gruncie	PCW	1,9	0,019	0,220	0,086	0,321
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Podkład cementowy	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Styropian	2,0	0,020	0,045	0,444	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	15,0	0,15	1,05	0,143	
	Piasek	30,0	0,3	0,40	0,750	
	R				1,729	
	Opór zastępczy gruntu				1,386	
	R _T				3,115	
	Podłoga na gruncie w piwnicy	Lastico	2,0	0,020	1,050	
Podkład cementowy		3,5	0,035	1,000	0,035	
Styropian		2,0	0,020	0,045	0,444	
Papa asfaltowa		1,5	0,015	0,180	0,083	
Beton		15,0	0,15	1,05	0,143	
Piasek		30,0	0,3	0,40	0,750	
R					1,475	
Opór zastępczy gruntu					1,660	
R _T					3,135	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Okna drewniane			2,500	1,2	3,000	
Drzwi wejściowe nowe			1,700	1,0	1,700	
Drzwi wejściowe drewniane			2,500	1,2	3,000	
Drzwi wejściowe metalowe			5,100	1,2	6,120	

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,171
	Szlichta cementowa	5,0	0,050	1,000	0,050	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Pustka powietrzna	60,0	0,600		0,000	
	Płyty wełny mineralnej	7,0	0,070	0,052	1,346	
	Strop kanałowy	24,0	0,240		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,020	0,820	0,024	
	Wełna mineralna	18,0	0,180	0,044	4,091	
	R				5,641	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,100	
	R _T				5,841	
Dach sala	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,171
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty wełny mineralnej	7,0	0,07	0,052	1,346	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty korytkowe	8,0	0,08	1,000	0,080	
	Styropapa	16,0	0,16	0,040	4,000	
	R				5,701	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R _T				5,841	
	Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	
Gazobeton		24,0	0,24	0,380	0,632	
Żelbet		12,0	0,12	1,700	0,071	
Styropian		15,0	0,15	0,040	3,750	
Tynk cem.-wapienny		1,5	0,015	0,820	0,018	
R					4,489	
Rsi					0,130	
Rse					0,040	
R _T					4,659	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] po luksferach	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,204
	Ściana z gazobetonu	36,0	0,36	0,380	0,947	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,734	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R _T				4,904	

Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,200
	Żelbet	24,0	0,24	1,700	0,141	
	Gazobeton	12,0	0,12	0,380	0,316	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropor	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				3,684	
	Opór zastępczy gruntu				1,319	
	R _T				5,003	
Strop nad piwnicą	PCW	1,90	0,02	0,22	0,09	0,897
	Gładź cementowa	4,00	0,04	1,00	0,04	
	Styropian	2,0	0,02		0,444	
	Strop kanałowy	24,0	0,24	0,000	0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,02	0,820	0,024	
	R				0,775	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
R _T				1,115		
Podłoga na gruncie sala	Kleпка	2,2	0,022	0,220	0,100	0,278
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Pustka powietrzna	3,0	0,030	0,000	0,160	
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	15,0	0,150	1,050	0,143	
	Piasek	30,0	0,300	0,400	0,750	
	R				1,350	
	Opór zastępczy gruntu				2,254	
R _T				3,604		
Podłoga na gruncie	PCW	1,9	0,019	0,220	0,086	0,265
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Podkład cementowy	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Styropian	2,0	0,02	0,045	0,444	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	15,0	0,15	1,050	0,143	
	Piasek	30,0	0,3	0,400	0,750	
	R				1,729	
	Opór zastępczy gruntu				2,042	
R _T				3,771		
Podłoga na gruncie w piwnicy	Lastico	2,0	0,02	1,050	0,019	0,313
	Podkład cementowy	3,5	0,04	1,000	0,035	
	Styropian	2,0	0,02	0,045	0,444	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	0,083	
	Beton	15,0	0,15	1,050	0,143	
	Piasek	30,0	0,30	0,400	0,750	
	R				1,475	
	Opór zastępczy gruntu				1,719	
R _T				3,194		
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Okna wymienione				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe wymienione				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe nowe				1,7	1,000	1,700

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	26 501		
Powierzchnia ogrzewana A_f wentylacja naturalna	[m ²]	7 749		
Powierzchnia ogrzewana A_f wentylacja mechaniczna	[m ²]	533		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³ ; 0,42*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza wentylacji naturalnej	[m ³ /s]	4,34	4,34	
Średni strumień powietrza wentylacji mechanicznej	[m ³ /s]	0,22	0,17	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	1,47	1,47	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	6,04	5,98	
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0	1,0
	c_w	-	1,0	1,0
	c_m	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	6,04	5,98	
Skuteczność odzysku ciepła	-	0,67	-	0,5
Strumień powietrza	[m ³ /s]	6,04	5,98	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	21 744	21 528	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	7 248,00	7 040,49	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,82	0,81	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		26 501	0,5			13 250,5

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	7 749	4,7	36 420

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przeграда	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Stropodach wentylowany	2 658,18	0,571	1,0	1 518	40	60,74
Dach sala	557,22	0,543	1,0	303		12,11
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	3 913,95	1,100	1,0	4 307		172,28
Mur z luksferów	21,60	4,545	1,0	98		3,93
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	359,60	0,772	1,0	278		11,11
Strop nad piwnicą	674,15	0,312	0,67	141		5,64
Okna nowe	919,08	1,500	1,0	1 379		55,14
Okna stare	335,09	3,000	1,0	1 005		40,21
Drzwi wejściowe metalowe	17,20	6,120	1,0	105		4,21
Drzwi wejściowe drewniane	4,14	3,000	1,0	12		0,50
Drzwi wejściowe nowe	13,76	1,700	1,0	23		0,94
Podłoga na gruncie sala	460,53	0,346	1,0	159		6,38
Podłoga na gruncie	1126,48	0,321	1,0	362		14,47
Podłoga na gruncie w piwnicy	954,23	0,319	1,0	304		12,18
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	1074,34	0,190	1,0	204		8,16
nadproża	788,69	0,600	1,0	473		18,93
podokien	788,69	0,570	1,0	450		17,98
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				11 122	444,90	
Wentylacja		V_1	ρ^*c_p	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		13 251	0,34	4505	180,21	
OGÓLEM						625,11

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Stropodach wentylowany	2658,18	0,171	1,0	455	40	18,20
Dach sala	557,22	0,171	1,0	95		3,82
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	3913,95	0,215	1,0	840		33,61
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	21,60	0,204	1,0	4		0,18
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	359,60	0,200	1,0	72		2,88
Strop nad piwnicą	674,15	0,312	0,64	211		8,42
Okna nowe	919,08	1,500	1,0	1 379		55,14
Okna wymienione	335,09	1,100	1,0	369		14,74
Drzwi wejściowe	17,20	1,500	1,0	26		1,03
Drzwi wejściowe	4,14	1,500	1,0	6		0,25
Drzwi wejściowe nowe	13,76	1,700	1,0	23		0,94
Podłoga na gruncie sala	460,53	0,278	1,0	128		5,11
Podłoga na gruncie	1126,48	0,265	1,0	299		11,95
Podłoga na gruncie w piwnicy	954,23	0,313	1,0	299		11,95
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	1074,34	0,050	1,0	54		2,15
nadproża	788,69	0,200	1,0	158		6,31
podokien	788,69	0,220	1,0	174		6,94
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				4 590	183,61	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		13 251	0,34	4505	180,21	
OGÓŁEM						363,82

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	1	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]	[m ²]	-	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Okna stare													
S	114,84	80,39	0,75	10 121	9 469	18 773	20 284	25 684	17 054	14 099	6 584	5 036	127 103
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	16,36	11,45	0,75	680	790	1 745	2 524	3 416	2 063	1 352	633	495	13 698
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	108,08	75,66	0,75	3 959	4 394	9 580	14 446	17 678	11 730	7 286	3 810	3 207	76 090
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	95,81	67,07	0,75	4 100	4 748	11 553	15 881	21 883	11 744	7 636	3 690	2 967	84 202
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	335,09	234,56		18 860	19 400	41 651	53 136	68 660	42 591	30 373	14 716	11 705	301 093
Okna nowe													
S	261,25	182,88	0,67	20 569	19 242	38 151	41 222	52 196	34 658	28 653	13 380	10 234	258 305
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	295,12	206,58	0,67	10 955	12 723	28 117	40 672	55 043	33 236	21 784	10 197	7 976	220 703
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	222,41	155,69	0,67	7 277	8 078	17 612	26 557	32 497	21 564	13 394	7 003	5 895	139 876
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	140,30	98,21	0,67	5 364	6 211	15 114	20 776	28 627	15 364	9 990	4 827	3 882	110 154
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	919,08	643,36		44 165	46 254	98 994	129 227	168 363	104 821	73 820	35 408	27 987	729 039
OGÓLEM	1 254,17	877,92		63 025	65 654	140 645	182 363	237 024	147 412	104 194	50 124	39 692	1 030 132

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]	[m ²]	-	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okna nowe													
S	376,09	263,27	0,67	29 611	27 701	54 921	59 342	75 141	49 892	41 248	19 262	14 733	371 851
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	311,48	218,04	0,67	11 563	13 428	29 676	42 927	58 095	35 079	22 991	10 762	8 419	232 940
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	337,69	236,38	0,67	11 049	12 265	26 740	40 322	49 341	32 741	20 336	10 633	8 950	212 378
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	236,11	165,28	0,67	9 026	10 452	25 435	34 963	48 175	25 855	16 812	8 124	6 533	185 375
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	1 261,37	882,96		61 249	63 846	136 772	177 555	230 752	143 567	101 388	48 781	38 635	1 002 543
OGÓLEM	1 261,37	882,96		61 249	63 846	136 772	177 555	230 752	143 567	101 388	48 781	38 635	1 002 543

Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
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	$H_{tr}H_{ve}$										
Stropodach wentylowany	[MJ]	85 409	77 144	67 921	48 805	4 264	4 658	54 499	63 762	78 495	484 958
Dach sala	[MJ]	17 023	15 375	13 537	9 727	850	928	10 862	12 708	15 645	96 656
Ściana zewnętrzna [SZ-I]	[MJ]	242 250	218 807	192 647	138 429	12 094	13 210	154 579	180 851	222 640	1 375 506
Mur z lukseferów	[MJ]	5 522	4 988	4 392	3 156	276	301	3 524	4 123	5 075	31 356
Ściana poniżej gruntu [SG-I]	[MJ]	15 623	14 112	12 424	8 928	780	852	9 969	11 664	14 359	88 711
Strop nad piwnicą	[MJ]	7 935	7 167	6 310	4 534	396	433	5 063	5 924	7 293	45 057
Okna	[MJ]	77 542	70 038	61 665	44 310	3 871	4 229	49 479	57 889	71 265	440 289
Okna stare	[MJ]	56 543	51 071	44 965	32 310	2 823	3 083	36 080	42 212	51 966	321 054
Drzwi wejściowe metalowe	[MJ]	5 921	5 348	4 708	3 383	296	323	3 778	4 420	5 441	33 618
Drzwi wejściowe drewniane	[MJ]	699	631	556	399	35	38	446	522	642	3 967
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	1 316	1 188	1 046	752	66	72	840	982	1 209	7 471
Mostki liniowe	[MJ]	63 384	57 250	50 405	36 219	3 164	3 456	40 445	47 319	58 253	359 894
Podłoga na gruncie sala	[MJ]	8 968	8 100	7 131	5 124	448	489	5 722	6 695	8 242	50 919
Podłoga na gruncie	[MJ]	20 343	18 374	16 177	11 624	1 016	1 109	12 981	15 187	18 696	115 506
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	17 122	15 465	13 616	9 784	855	934	10 926	12 782	15 736	97 220
Straty przez przegrody	[MJ]	625 600	565 058	497 501	357 486	31 232	34 115	399 193	467 038	574 957	3 552 180
Wentylacja	[MJ]	403 597	364 539	320 956	230 627	20 149	22 009	257 533	301 303	370 925	2 291 638
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	1 029 198	929 598	818 457	588 113	51 381	56 124	656 726	768 341	945 882	5 843 819
Zyski słoneczne	[MJ]	63 025	65 654	140 645	182 363	237 024	147 412	104 194	50 124	39 692	1 030 132
Zyski wewnętrzne	[MJ]	97 548	88 108	97 548	94 401	15 734	15 734	97 548	94 401	97 548	698 569
Razem zyski	[MJ]	160 573	153 762	238 193	276 764	252 757	163 145	201 742	144 525	137 240	1 728 701
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1560	0,1654	0,2910	0,4706	4,9193	2,9069	0,3072	0,1881	0,1451	0,2958
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	8 282									
Pojemność cieplna	[J/K]	2 153 213 400									
Stała czasowa	[h]	33									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		3,18									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		4,18									
η		0,9977	0,9973	0,9859	0,9496	0,2023	0,3363	0,9836	0,9960	0,9982	
Zyski ciepła	[MJ]	160 204	153 341	234 837	262 825	51 122	54 871	198 438	143 946	136 986	1 396 571
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	868 994	776 257	583 620	325 288	259	1 253	458 288	624 395	808 895	4 447 248

Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesięczą	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
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										
Stropodach wentylowany	[MJ]	25 595	23 118	20 354	14 626	1 278	1 396	16 332	19 108	23 523	145 330
Dach sala	[MJ]	5 366	4 846	4 267	3 066	268	293	3 424	4 006	4 931	30 466
Ściana zewnętrzna [SZ-I]	[MJ]	47 254	42 681	37 578	27 002	2 359	2 577	30 153	35 277	43 429	268 311
Mur z lukseferów	[MJ]	248	224	197	142	12	14	158	185	228	1 407
Ściana poniżej gruntu [SG-I]	[MJ]	4 043	3 652	3 215	2 310	202	220	2 580	3 018	3 716	22 957
Strop nad piwnicą	[MJ]	11 844	10 698	9 419	6 768	591	646	7 557	8 842	10 885	67 249
Okna	[MJ]	77 542	70 038	61 665	44 310	3 871	4 229	49 479	57 889	71 265	440 289
Okna stare	[MJ]	20 732	18 726	16 487	11 847	1 035	1 131	13 229	15 478	19 054	117 720
Drzwi wejściowe metalowe	[MJ]	1 451	1 311	1 154	829	72	79	926	1 083	1 334	8 240
Mostki liniowe	[MJ]	21 653	19 558	17 219	12 373	1 081	1 181	13 817	16 165	19 900	122 946
Drzwi wejściowe drewniane	[MJ]	349	315	278	200	17	19	223	261	321	1 983
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	1 316	1 188	1 046	752	66	72	840	982	1 209	7 471
Podłoga na gruncie sala	[MJ]	7 188	6 493	5 716	4 108	359	392	4 587	5 366	6 606	40 816
Podłoga na gruncie	[MJ]	16 804	15 177	13 363	9 602	839	916	10 722	12 545	15 443	95 411
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	16 806	15 179	13 365	9 603	839	916	10 724	12 546	15 445	95 424
Straty przez przegrody	[MJ]	258 191	233 205	205 324	147 538	12 890	14 080	164 751	192 751	237 290	1 466 019
Wentylacja	[MJ]	394 242	356 090	313 516	225 281	19 682	21 499	251 564	294 319	362 327	2 238 521
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	652 434	589 295	518 840	372 819	32 572	35 578	416 315	487 070	599 618	3 704 540
Zyski słoneczne	[MJ]	61 249	63 846	136 772	177 555	230 752	143 567	101 388	48 781	38 635	1 002 543
Zyski wewnętrzne	[MJ]	97 548	88 108	97 548	94 401	15 734	15 734	97 548	94 401	97 548	698 569
Razem zyski	[MJ]	158 797	151 954	234 320	271 956	246 485	159 300	198 935	143 182	136 182	1 701 112
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2434	0,2579	0,4516	0,7295	7,5675	4,4775	0,4778	0,2940	0,2271	0,4592
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	8 282									
Pojemność ciepłota	[J/K]	2 153 213 400									
Stać czasowa	[h]	52									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stać czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		4,44									
Parametr numeryczny a _H + 1		5,44									
η		0,9986	0,9982	0,9837	0,9186	0,1321	0,2231	0,9799	0,9969	0,9989	
Zyski ciepła	[MJ]	158 569	151 678	230 494	249 829	32 568	35 542	194 943	142 740	136 036	1 332 400
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	493 864	437 617	288 346	122 991	4	36	221 372	344 330	463 582	2 372 140

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,80	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	regulacja centralna, brak regulacji miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,59	
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			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	przewody poziome i pionowe izolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,75	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Z-13 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	Obecne	Docelowe
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm ³	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A _f	m ²	8 282	8281,59
Liczba użytkowników	osoba	618	618
Zużycie jednostkowe	dm ³ /(m ² 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	69 660,0	69 660,0
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	250,8	250,8
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,500	0,500
Sprawność akumulacji	-	0,850	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,390	0,390
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	178 615,3	178 615,3
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	643,0	643,0
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m ³ /h	0,275	0,275
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	1,943	1,943
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody	GJ/m ³	0,488	0,488
Max. moc c.w.u.	kW	72,26	72,26
Średnia moc c.w.u.	kW	37,2	37,2
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m ² *rok)	21,6	21,6

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 1 072 sztuki opraw o mocy 72 W, 106 sztuk opraw o mocy 36 W oraz żarowe w ilości 176 sztuk opraw o mocy 40 W.

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 [m²].

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:

Rodzaj opraw oświetleniowych	Jednostkowa moc opraw oświetleniowych W	Ilość szt	Moc opraw oświetleniowych W
przed modernizacją	72	1024	73 728
	40	176	7 040
	36	106	3 816
po modernizacji	45	1024	46 080
	25	176	4 400
	25	106	2 650

Powierzchnia użytkowa A_f	Moc zainstalowanych opraw oświetleniowych P_{rzecz}	Moc jednostkowa P_N		Czas użytkowania oświetlenia t
		przed modernizacją	po modernizacji	
[m ²]	[W]	[W/m ²]	[W/m ²]	[h/rok]
8 282	84 584	10,2	6,4	1 000

	Jednostka	Przed modernizacji	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	kWh/m ² rok	10,21	6,42
Zużycie energii do oświetlenia	kWh/rok	84 584,00	53 130,00
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	0,59	0,59
Koszt energii elektrycznej	zł/rok	49 904,56	31 346,70
Oszczędność energii elektrycznej	zł/kWh	31 454,00	
	%	37,19	
Oszczędność kosztów	zł/rok	18 557,86	
Nakłady inwestycyjne ¹⁾	zł	715 275,08	
SPBT	lata	38,54	

1) W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia

Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, drzwi, luxferów, wymiana wentylacji, wymiana instalacji c.o., montaż Systemu Zarządzania Energią, wymiana oświetlenia wewnętrznego).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- ciepło sieciowe z ciepłowni węglowej – 1,3.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa:			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	8 242,56	2 289 600,00	2 289,60
zużycie po modernizacji	3 338,63	927 397,22	927,40
oszczędność	4 903,93	1 362 202,78	1 362,20
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	304,37	84 546,00	84,55
zużycie po modernizacji	191,13	53 092,00	53,09
oszczędność	113,23	31 454,00	31,45
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	8 546,93	2 374 146,00	2 374,15
zużycie po modernizacji	3 529,76	980 489,22	980,49
oszczędność	5 017,16	1 393 656,78	1 393,66
oszczędność %	58,70		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	10 715,33	2 976 480,00	2 976,48
zużycie po modernizacji	4 340,22	1 205 616,39	1 205,62
oszczędność	6 375,11	1 770 863,61	1 770,86
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	913,10	253 638,00	253,64
zużycie po modernizacji	573,39	159 276,00	159,28
oszczędność	339,70	94 362,00	94,36
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	11 628,42	3 230 118,00	3 230,12
zużycie po modernizacji	4 913,61	1 364 892,39	1 364,90
oszczędność	6 714,81	1 865 225,61	1 865,22
oszczędność %	57,74		

Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2016 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE)

	Roczna redukcja emisji CO ₂									
	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	emisja CO ₂	
	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
sieć miejska	8 242,56	-	94,96	782,71	3 338,63	-	94,96	317,04		
energia elektryczna	-	84,55	0,832	70,35	-	53,09	0,832	44,17		
				853,06				361,21	491,85	57,66

Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące

W ramach przedsięwzięcia należy przeprowadzić niezbędne roboty towarzyszące, stanowiące element prac remontowych i modernizacyjnych, w tym m.in.:

- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orynnowania,
- wykonanie opaski fundamentowej,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszania, drabiny, kraty) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
- obróbkę nowych okien i drzwi,
- weryfikacja drożności istniejących kanałów wentylacji grawitacyjnej wraz z ewentualnym ich udrożnieniem i wymianą kratek na zdejmowane,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.