

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU GIMNAZJUM NR 3

z Oddziałami Integracyjnymi im. Adama Mickiewicza

(część basenowa)

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	1979
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		ul.	B. Leśmiana nr bud. 1
	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku	kod 95-100 miejscowość Zgierz
	kod	95-100 miejscowość Zgierz		powiat zgierski
	tel.	- fax -		województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audit: "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>Barbara Kosowska</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.				8
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.				8
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.				8
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....				9
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło				9
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne				9
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.				17
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.				21
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.				21
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.				23
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				25
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.				29
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych.....				32
ZAŁĄCZNIKI.....				33
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła				33
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.				34
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji				36
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....				38
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.....				38
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.				38
Z-7 Projektowana strata ciepła.				39
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego				41
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.				42
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.				43
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....				44
Z-12 Sprawności systemu grzewczego.....				45
Z-13 Obliczenie efektywności energetycznej.....				46
Z-14 Obliczenie efektu ekologicznego				47
Z-15 Niezbędne roboty towarzyszące				48

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Mieszana	Mieszana
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	14 859	14 859
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	1 944	1 944
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	1 944	1 944
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	200	200
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	nie dotyczy	nie dotyczy
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,249	0,249
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,205	0,204
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,369	0,170
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,306	0,306
5	Okna, drzwi balkonowe	1,500	1,500
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	1,700	1,700
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,93	0,93
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,90	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	[-]	nie dotyczy	nie dotyczy	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	nie dotyczy	nie dotyczy	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	nie dotyczy	nie dotyczy	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	nie dotyczy	nie dotyczy	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /h]	21 523	21 523	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	2,49	2,49	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	165,55	108,68	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	-	-	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 657,15	1 007,11	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	4 122,81	1 168,99	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	147,17	147,17	
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)]	379,68	143,91	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	589,11	167,04	
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]	-	-	
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)]	11,40	3,58	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	2 764 348,39	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	71,65
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	2 764 348,39	Premia termomodernizacyjna	[zł]	364 807,20
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	182 403,60			

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 cieplne 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, ul. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Uprzemysłowiona		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	14 859	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	1 944	-	
Współczynnik kształtu	0,249		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2; 7,38	5,67	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	200	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	14	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany		279,14	0,369
Stropodach pełny		138,26	0,341
Dach basen		621,41	0,651
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		963,19	1,205
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		509,17	0,561
Okna nowe	S	12,14	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	80,21	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	43,19	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	0,00	1,500
	SE	0,00	1,500

Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Drzwi wejściowe nowe		5,60	1,700
Strop nad piwnicą		305,28	0,346
Podłoga na gruncie		113,13	0,306
Podłoga na gruncie w piwnicy		621,41	0,354

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek basenu przy Gimnazjum Nr 3, zlokalizowany w Zgierz, przy ul. B. Leśmiana 1. Obiekt składa się z części basenowej oraz zaplecza z łącznikiem szkolnym. Budynek wybudowany w 1979 roku w technologii mieszanej, ze ścianami z cegły pełnej, nieocieplonymi. Stropy prefabrykowane typu „Żerań - 26”. Stropodach wentylowany, ocieplony płytami wełny mineralnej grubości 12 cm. Nad basenem zastosowano dach z płyt panwiowych, ocieplony płytami wełny mineralnej grubości 6 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 - 0,341; 0,369; 0,651 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 1,205 W/m²K,
- strop nad piwnicą - 0,879 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,306; 0,354 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 oraz podłogi na gruncie.

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 starą stolarkę okienną 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.

W budynku drzwi wejściowe wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K i są w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana ich wymiana.

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 dobrym stanie technicznym. 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, W budynku zainstalowano grzejniki płytowe z zaworami z głowicami termostatycznymi, rury grzejne Faviera oraz grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny zarówno grzejników żeliwnych jak i rur grzejnych jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana wraz z montażem zaworów z głowicami termostatycznymi.

5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W części basenowej budynku zastosowano wentylację mechaniczną nawiewno - wywiewną, w złym stanie technicznym, natomiast w łączniku i zapleczu wentylację grawitacyjną, w dobrym stanie technicznym.

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

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

- ocieplenie stropodachu wentylowanego,
- ocieplenie stropodachu nad basenem,

- ocieplenie stropodachu pełnego,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- modernizację instalacji wentylacji mechanicznej,
- wymianę grzejników żeliwnych i rur grzejnych,
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- 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 stropodachu nad basenem. Ocieplenie stropodachu pełnego. Ocieplenie ścian zewnętrznych. Modernizacja wentylacji mechanicznej.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana grzejników żeliwnych i rur grzejnych. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. 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:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{0u} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}), \text{ [zł/rok]} \quad (2)$$

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/m^3 przeliczonej na zł/GJ,

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

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

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

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

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

dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),
dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW*miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),
dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem -składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, zł/(MW*miesiąc),

Ab₀, Ab₁- 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:

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

gdzie:

- U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, W/(m²*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, m²,
- S_d - 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,

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

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

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

gdzie:

- t_{wo} - jak we wzorze (4),
 t_{zo} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C
 A - jak we wzorze (3),
 U_c - jak we wzorze (3),

UWAGA: Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego przyjęto zgodnie z Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta 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
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, T _{emin} = - 20,0°C									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropodachu wentylowanego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu wentylowanego granulatem wełny mineralnej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	279,14	[m ²]	$R_0 =$	2,712	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 251	[m ²]	$U_0 =$	0,369	[W/(m ² *K)]
Materiał:	granulat		$\lambda =$	0,044	[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	1,136	3,848	0,260	23,16	0,003	27 610,00	735,09	37,560
0,06	1,364	4,076	0,245	21,87	0,003	28 915,20	832,92	34,716
0,07	1,591	4,303	0,232	20,72	0,003	30 220,40	920,41	32,834
0,08	1,818	4,530	0,221	19,68	0,002	31 525,60	999,13	31,553
0,09	2,045	4,758	0,210	18,74	0,002	32 830,80	1 070,32	30,674
0,10	2,273	4,985	0,201	17,88	0,002	34 136,00	1 135,03	30,075
0,11	2,500	5,212	0,192	17,10	0,002	35 441,20	1 194,09	29,681
0,12	2,727	5,439	0,184	16,39	0,002	36 746,40	1 248,21	29,439
0,13	2,955	5,667	0,176	15,73	0,002	38 051,60	1 298,00	29,316
0,14	3,182	5,894	0,170	15,13	0,002	39 356,80	1 343,94	29,285
0,15	3,409	6,121	0,163	14,56	0,002	40 662,00	1 386,47	29,328
0,16	3,636	6,348	0,158	14,04	0,002	41 967,20	1 425,96	29,431
0,17	3,864	6,576	0,152	13,56	0,002	43 272,40	1 462,72	29,584
0,18	4,091	6,803	0,147	13,10	0,002	44 577,60	1 497,02	29,778
0,19	4,318	7,030	0,142	12,68	0,002	45 882,80	1 529,10	30,006
0,20	4,545	7,258	0,138	12,28	0,002	47 188,00	1 559,18	30,265
0,21	4,773	7,485	0,134	11,91	0,001	48 493,20	1 587,43	30,548
0,22	5,000	7,712	0,130	11,56	0,001	49 798,40	1 614,01	30,854
0,23	5,227	7,939	0,126	11,23	0,001	51 103,60	1 639,07	31,178
0,24	5,455	8,167	0,122	10,92	0,001	52 408,80	1 662,74	31,520
0,25	5,682	8,394	0,119	10,62	0,001	53 714,00	1 685,12	31,875

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 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 14cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące stropodachu pełnego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	138,26	[m ²]	$R_0 = 2,930$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 139	[m ²]		
Materiał: styropapa			$U_0 = 0,341$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[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	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	4,180	0,239	10,56	0,001	29 035,02	1 211,67	23,963
0,06	1,500	4,430	0,226	9,97	0,001	29 657,20	1 256,82	23,597
0,07	1,750	4,680	0,214	9,44	0,001	30 279,38	1 297,15	23,343
0,08	2,000	4,930	0,203	8,96	0,001	30 901,56	1 333,39	23,175
0,09	2,250	5,180	0,193	8,52	0,001	31 523,74	1 366,13	23,075
0,10	2,500	5,430	0,184	8,13	0,001	32 145,92	1 395,85	23,030
0,11	2,750	5,680	0,176	7,77	0,001	32 768,09	1 422,96	23,028
0,12	3,000	5,930	0,169	7,45	0,001	33 390,27	1 447,78	23,063
0,13	3,250	6,180	0,162	7,15	0,001	34 012,45	1 470,60	23,128
0,14	3,500	6,430	0,156	6,87	0,001	34 634,63	1 491,64	23,219
0,15	3,750	6,680	0,150	6,61	0,001	35 256,81	1 511,10	23,332
0,16	4,000	6,930	0,144	6,37	0,001	35 878,99	1 529,16	23,463
0,17	4,250	7,180	0,139	6,15	0,001	36 501,17	1 545,97	23,611
0,18	4,500	7,430	0,135	5,94	0,001	37 123,35	1 561,64	23,772
0,19	4,750	7,680	0,130	5,75	0,001	37 745,53	1 576,29	23,946
0,20	5,000	7,930	0,126	5,57	0,001	38 367,71	1 590,02	24,130
0,21	5,250	8,180	0,122	5,40	0,001	38 989,88	1 602,91	24,324
0,22	5,500	8,430	0,119	5,24	0,001	39 612,06	1 615,03	24,527
0,23	5,750	8,680	0,115	5,09	0,001	40 234,24	1 626,46	24,737
0,24	6,000	8,930	0,112	4,94	0,001	40 856,42	1 637,24	24,954
0,25	6,250	9,180	0,109	4,81	0,001	41 478,60	1 647,44	25,178

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 11 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 11cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące stropodachu nad basenem

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu nad basenem styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	621,41	[m ²]	$R_0 = 1,801$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 622	[m ²]		
Materiał: styropapa			$U_0 = 0,651$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	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_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,08	2,000	2,259	0,443	87,87	0,011	142 925,31	3 132,04	45,633
0,09	2,250	2,509	0,399	79,11	0,010	144 975,98	3 795,23	38,200
0,10	2,500	2,759	0,362	71,94	0,009	147 026,65	4 338,21	33,891
0,11	2,750	3,009	0,332	65,96	0,008	149 077,31	4 790,96	31,116
0,12	3,000	3,259	0,307	60,90	0,008	151 127,98	5 174,24	29,208
0,13	3,250	3,509	0,285	56,56	0,007	153 178,65	5 502,90	27,836
0,14	3,500	3,759	0,266	52,80	0,007	155 229,32	5 787,84	26,820
0,15	3,750	4,009	0,249	49,51	0,006	157 279,98	6 037,24	26,052
0,16	4,000	4,259	0,235	46,60	0,006	159 330,65	6 257,35	25,463
0,17	4,250	4,509	0,222	44,02	0,006	161 381,32	6 453,06	25,009
0,18	4,500	4,759	0,210	41,71	0,005	163 431,99	6 628,20	24,657
0,19	4,750	5,009	0,200	39,62	0,005	165 482,65	6 785,86	24,386
0,20	5,000	5,259	0,190	37,74	0,005	167 533,32	6 928,53	24,180
0,21	5,250	5,509	0,182	36,03	0,005	169 583,99	7 058,25	24,026
0,22	5,500	5,759	0,174	34,46	0,004	171 634,66	7 176,70	23,916
0,23	5,750	6,009	0,166	33,03	0,004	173 685,32	7 285,30	23,841
0,24	6,000	6,259	0,160	31,71	0,004	175 735,99	7 385,22	23,796
0,25	6,250	6,509	0,154	30,49	0,004	177 786,66	7 477,47	23,776
0,26	6,500	6,759	0,148	29,36	0,004	179 837,33	7 562,89	23,779

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 25 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 25cm 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.

Pow. obliczeniowa =	963,19	[m ²]	R ₀ =	0,830	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 1 064	[m ²]	U ₀ =	1,205	[W/(m ² *K)]
Materiał:	styropian		λ =	0,040	[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	1,250	2,080	0,481	147,89	0,019	308 560,00	16 869,59	18,291
0,06	1,500	2,330	0,429	132,02	0,017	310 023,00	18 071,42	17,155
0,07	1,750	2,580	0,388	119,23	0,015	311 778,60	19 040,34	16,375
0,08	2,000	2,830	0,353	108,70	0,014	313 826,80	19 838,07	15,819
0,09	2,250	3,080	0,325	99,88	0,013	316 167,60	20 506,29	15,418
0,10	2,500	3,330	0,300	92,38	0,012	318 801,00	21 074,18	15,128
0,11	2,750	3,580	0,279	85,93	0,011	321 727,00	21 562,75	14,920
0,12	3,000	3,830	0,261	80,32	0,010	324 945,60	21 987,55	14,779
0,13	3,250	4,080	0,245	75,40	0,009	328 456,80	22 360,28	14,689
0,14	3,500	4,330	0,231	71,04	0,009	332 260,60	22 689,97	14,644
0,15	3,750	4,580	0,218	67,16	0,008	336 357,00	22 983,67	14,635
0,16	4,000	4,830	0,207	63,69	0,008	340 746,00	23 246,96	14,658
0,17	4,250	5,080	0,197	60,55	0,008	345 427,60	23 484,34	14,709
0,18	4,500	5,330	0,188	57,71	0,007	350 401,80	23 699,46	14,785
0,19	4,750	5,580	0,179	55,13	0,007	355 668,60	23 895,29	14,884
0,20	5,000	5,830	0,172	52,76	0,007	361 228,00	24 074,33	15,005
0,21	5,250	6,080	0,164	50,59	0,006	367 080,00	24 238,65	15,144
0,22	5,500	6,330	0,158	48,60	0,006	373 224,60	24 389,99	15,302
0,23	5,750	6,580	0,152	46,75	0,006	379 661,80	24 529,82	15,478
0,24	6,000	6,830	0,146	45,04	0,006	386 391,60	24 659,42	15,669
0,25	6,250	7,080	0,141	43,45	0,005	393 414,00	24 779,87	15,876

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 W/m²K". 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 ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez

przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

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

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

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

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

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

gdzie:

- Sd - 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 ściennie, 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 ściennie, 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).

Jak wspomniano w części opisowej Audytu w części basenowej zastosowano wentylację mechaniczną nawiewno - wywiewną, która nie działa prawidłowo. W związku z tym proponuje się wymianę istniejących central wentylacyjnych na nowe centrale wentylacyjne, wyposażone w kompletną instalację nawiewno – wywiewną, zintegrowane 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 17 000 m^3/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 CO_2 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	$\rho \cdot c_p$	H_v	Sd	Q	ΔQ
	[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]	-	GJ	GJ
Obecnie	21 523	0,33	7 103	3 696,40	2 268,39	1 211,93
Docelowo	21 523	0,33	3 308	3 696,40	1 056,46	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

ΔQ	Oszczędność	Nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
1 211,93	78 181,57	1 344 700,00	17,20

7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	336 357,00	14,63
2	Modernizacja wentylacji mechanicznej	1 344 700,00	17,20
3	Ocieplenie stropodachu pełnego	32 768,09	23,03
4	Ocieplenie stropodachu nad basenem	177 786,66	23,78
5	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	39 356,80	29,28

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	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	336 357,00	14,63
2	Modernizacja wentylacji mechanicznej	1 344 700,00	17,20
3	Ocieplenie stropodachu pełnego	32 768,09	23,03
4	Ocieplenie stropodachu nad basenem	177 786,66	23,78
5	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	39 356,80	29,28
	Ogółem	1 930 968,55	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	336 357,00	14,63
2	Modernizacja wentylacji mechanicznej	1 344 700,00	17,20
3	Ocieplenie stropodachu pełnego	32 768,09	23,03
4	Ocieplenie stropodachu nad basenem	177 786,66	23,78
	Ogółem	1 891 611,75	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	336 357,00	14,63
2	Modernizacja wentylacji mechanicznej	1 344 700,00	17,20
3	Ocieplenie stropodachu pełnego	32 768,09	23,03
	Ogółem	1 713 825,09	

Tabela 7d. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	336 357,00	14,63
2	Modernizacja wentylacji mechanicznej	1 344 700,00	17,20
	Ogółem	1 681 057,00	

Tabela 7e. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	336 357,00	14,63
	Ogółem	336 357,00	

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 grzejniki żeliwne i rury grzejne są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano modernizację instalacji c.o., polegającą montażu nowych grzejników, zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi oraz montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istn.	Stan docelowy
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,1656	0,1656
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	2 657	2 657
3	Ogólna sprawność CO	-	0,6445	0,7366
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	4 122,80	3 084,25
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	265 962,39	204 469,85
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		61 492,54
9	Koszt modernizacji	zł		833 379,84
10	SPBT	lat		13,55

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 dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO						Oszczędności		
	q _{CO}	Q _{CO}	η	w	Q _{CO} *w/η	Opłata CO			
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
0	0,1656	2 657,15	0,6445	1	4 122,81	265 962,39			
I+A	0,1087	1 007,11	0,7366	0,855	1 168,99	83 558,79	2 954	71,65	182 403,60
II+A	0,1112	1 024,61	0,7366	0,855	1 189,30	85 091,22	2 934	71,15	180 871,17
III+A	0,1112	2 225,49	0,7366	0,855	2 583,21	167 624,63	1 540	37,34	98 337,76
IV+A	0,1122	2 323,71	0,7366	0,855	2 697,22	174 504,52	1 426	34,58	91 457,87
V+A	0,1131	2 330,97	0,7366	0,855	2 705,65	175 124,25	1 417	34,37	90 838,14
A	0,1656	2 657,15	0,7366	0,855	3 084,26	204 469,85	1 039	25,19	61 492,54

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾		Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾		Premia termomodernizacyjna						
		[zł]	3			[zł/rok]	4	5	[zł]	6	7	8	9	
1	2													
1	I+A		2 764 348,39	182 403,60	71,65	0,00	2 764 348,39	0,00	552 869,68	442 295,74	364 807,20			
2	II+A		2 724 991,59	180 871,17	71,15	0,00	2 724 991,59	0,00	544 998,32	435 998,66	361 742,34			
3	III+A		2 547 204,93	98 337,76	37,34	0,00	2 547 204,93	0,00	509 440,99	407 552,79	196 675,52			
4	IV+A		2 514 436,84	91 457,87	34,58	0,00	2 514 436,84	0,00	502 887,37	402 309,89	182 915,74			
5	V+A		1 169 736,84	90 838,14	34,37	0,00	1 169 736,84	0,00	233 947,37	187 157,89	181 676,28			
6	A		833 379,84	61 492,54	25,19	0,00	833 379,84	0,00	166 675,97	133 340,77	122 985,08			

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 1 064 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 0,218 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 stropodachu wentylowanego
Ocieplenie stropodachu wentylowanego o powierzchni około 251 m² proponuje się wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej grubości minimum 14 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda \leq 0,044 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,170 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.
3. Ocieplenie stropodachu pełnego.
Ocieplenie stropodachu pełnego o powierzchni około 139 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 11 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,176 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.

4. Ocieplenie dachu nad basenem.

Ocieplenie dachu nad basenem o powierzchni około 622 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 25 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,154 W/m²*K. Przed przystąpieniem do przedsięwzięcia należy zdemontować istniejące w stropodachu płyty azbestowe oraz warstwę ocieplenia. 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. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:

- wymianę istniejących central wentylacyjnych na nowe centrale o łącznej wydajności około 17 000 m³, wyposażonych 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.

6. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 58 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 58 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.

7. 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 umożliwić 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 zużycia 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	2 764 348,39 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	364 807,20 zł
3	Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	182 403,60 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	15,16 lat

Bllosashe

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Oплата 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 оплата stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Oплата zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem оплата 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^2K/W	[W/m^2K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,369
	Szlichta cementowa	5,0	0,050	1,000	0,050	
	Płyty korytkowe	30,0	0,300	1,000	0,300	
	Pustka powietrzna	60,0	0,6			
	Płyty wełny mineralnej	12,0	0,12	0,052	2,308	
	Strop kanałowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,0200	0,820	0,024	
	R				2,512	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
R _T				2,712		
Stropodach pełny	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,341
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty wełny mineralnej	12,0	0,120	0,050	2,400	
	Strop kanałowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				2,790	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				2,930	
Dach nad basenem	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,651
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Płyty azbestowe	1,5	0,015	1,000	0,015	
	Płyty wełny mineralnej	6,0	0,06	0,052	1,154	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty korytkowe	6,0	0,060	1,700	0,035	
	R				1,396	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,536	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,205
	Mur z cegły pełnej	48,0	0,480	0,770	0,623	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,660	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,830	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,561
	Beton	50,0	0,500	1,700	0,294	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,396	
	Opór zastępczy gruntu				1,387	
	R _T				1,783	

Strop nad piwnicą	Terakota	2,5	0,025	1,000	0,025	0,879
	Gładź cementowa	4,0	0,040	1,000	0,040	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	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				0,797	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	R				1,137	
Podłoga na gruncie	Terakota	2,5	0,025	1,000	0,025	0,306
	Gładź cementowa	4,0	0,040	1,000	0,040	
	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				1,677	
	Opór zastępczy gruntu				1,587	
	R _T				3,264	
Podłoga na gruncie w piwnicy	Gładź cementowa	2,0	0,020	1,050	0,019	0,354
	Beton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Gruz	15,0	0,15	0,38	0,395	
	R				0,724	
	Opór zastępczy gruntu				2,101	
	R _T				2,825	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Drzwi wejściowe				1,700	1,0	1,700

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	0,170
	Szlichta cementowa	5,0	0,050	1,000	0,050	
	Płyty korytkowe	30,0	0,300	1,000	0,300	
	Pustka powietrzna	60,0	0,600		0,000	
	Płyty wełny mineralnej	12,0	0,120	0,052	2,308	
	Strop kanałowy	24,0	0,240		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,020	0,820	0,024	
	Wełna mineralna	14,0	0,140	0,044	3,182	
	R				5,694	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
	R _T				5,894	
Stropodach pełny	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,176
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty wełny mineralnej	12,0	0,120	0,050	2,400	
	Strop kanałowy	24,0	0,240		0,180	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	1,000	0,018	
	Styropapa	11,0	0,110	0,040	2,750	
	R				5,540	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				5,680	
	Dach basen	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	
Styropapa		25,0	0,25	0,040	6,250	
Płyty korytkowe		6,0	0,06	1,700	0,035	
R					6,369	
R _{si}					0,100	
R _{se}					0,040	
R _T					6,509	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018
	Mur z cegły pełnej	48,0	0,48	0,770	0,623	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				4,410	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,580	

Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,561
	Beton	50,0	0,5	1,700	0,294	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropor		0	0,032	0,000	
	R				0,396	
	Opór zastępczy gruntu				1,387	
	R _T				1,783	
Strop nad piwnicą	Terakota	2,50	0,03	1,00	0,03	0,879
	Gładź cementowa	4,00	0,04	1,00	0,04	
	Papa asfaltowa	1,50	0,02	0,18	0,08	
	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				0,797	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R _T				1,137	
Podłoga na gruncie	Terakota	2,5	0,025	1,000	0,025	0,306
	Gładź cementowa	4,0	0,04	1,000	0,040	
	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				1,677	
	Opór zastępczy gruntu				1,587	
	R _T				3,264	
Podłoga na gruncie w piwnicy	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,050	0,019	0,354
	Beton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	0,083	
	Beton	10,0	0,10	1,300	0,077	
	Gruz	15,0	0,15	0,380	0,395	
	R				0,724	
	Opór zastępczy gruntu				2,101	
	R _T				2,825	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe				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]	8 651		
Kubatura wentylacji naturalnej	[m ³]	4 360		
Kubatura wentylacji mechanicznej	[m ³]	4 291		
Liczba wymian wentylacji naturalnej	1/h	1		
Liczba wymian wentylacji mechanicznej	1/h	4		
Średni strumień powietrza wentylacji naturalnej	[m ³ /h]	4360,30		
Średni strumień powietrza wentylacji mechanicznej	[m ³ /h]	17 163,11		
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0	1,0
	c_w	-	1,0	1,0
	c_m	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /h]	21 523,41	21 523,41	
Skuteczność odzysku ciepła	-	-	0,7	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	7 102,73	3 307,96	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	2,49	2,49	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		8 651	0,5			4 325,5

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	4 360	4,7	20 493

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$	Φ	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]	
Stropodach wentylowany	279,14	0,369	1,0	103	40	4,12	
Dach basen	621,41	0,651	1,0	405		16,18	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	963,19	1,205	1,0	1 161		46,42	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	509,17	0,561	1,0	286		11,42	
Okna	135,53	1,500	1,0	203		8,13	
Drzwi wejściowe metalowe	5,60	1,700	1,0	10		0,38	
Strop nad piwnicą	305,28	0,346	1,0	106		4,23	
Podłoga na gruncie	113,13	0,306	1,0	35		1,39	
Podłoga na gruncie w piwnicy	621,41	0,354	1,0	220		8,80	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	89,48	0,190	1,0	17		0,68	
nadproża	65,93	0,600	1,0	40		1,58	
podokien	65,93	0,570	1,0	38		1,50	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				2 668		106,73	
Wentylacja		V_1	ρ^*c_p	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		4 326	0,34	1471	58,83		
OGÓLEM						163,17	

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	279,14	0,170	1,0	47	40	1,89
Stropodach pełny	138,26	0,176	1,0	24		0,97
Dach basen	621,41	0,154	1,0	95		3,82
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	963,19	0,218	1,0	210		8,41
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	509,17	0,561	1,0	286		11,42
Okna nowe	135,53	1,500	1,0	203		8,13
Drzwi wejściowe	5,60	1,500	1,0	8		0,34
Strop nad piwnicą	305,28	0,278	1,0	85		3,39
Podłoga na gruncie	113,13	0,306	1,0	35		1,39
Podłoga na gruncie w piwnicy	621,41	0,354	1,0	220		8,80
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	89,48	0,050	1,0	4		0,18
nadproża	65,93	0,200	1,0	13		0,53
podokien	65,93	0,220	1,0	15		0,58
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				1 246		49,85
Wentylacja		V_l	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		4 326	0,34	1471		58,83
OGÓŁEM						108,68

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	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	12,14	8,50	0,67	956	894	1 773	1 915	2 425	1 610	1 331	622	475	12 001
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	80,21	56,14	0,67	2 977	3 458	7 642	11 054	14 959	9 033	5 920	2 771	2 168	59 982
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	43,19	30,23	0,67	1 413	1 569	3 420	5 157	6 310	4 187	2 601	1 360	1 145	27 161
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	135,53	94,87		5 346	5 920	12 834	18 126	23 695	14 830	9 852	4 753	3 788	99 144
OGÓLEM	135,53	94,87		5 346	5 920	12 834	18 126	23 695	14 830	9 852	4 753	3 788	99 144

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

	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	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	12,14	8,50	0,67	956	894	1 773	1 915	2 425	1 610	1 331	622	475	12 001
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	80,21	56,14	0,67	2 977	3 458	7 642	11 054	14 959	9 033	5 920	2 771	2 168	59 982
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	43,19	30,23	0,67	1 413	1 569	3 420	5 157	6 310	4 187	2 601	1 360	1 145	27 161
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	135,53	94,87		5 346	5 920	12 834	18 126	23 695	14 830	9 852	4 753	3 788	99 144
OGÓLEM	135,53	94,87		5 346	5 920	12 834	18 126	23 695	14 830	9 852	4 753	3 788	99 144

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. 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
Straty	H_{tr}, H_{re}										
Stropodach wentylowany	[MJ]	5 789	5 229	4 604	3 308	289	316	3 694	4 322	5 320	32 870
Stropodach pełny	[MJ]	2 654	2 397	2 111	1 517	133	145	1 694	1 981	2 439	15 071
Dach basen	[MJ]	22 758	20 556	18 098	13 005	1 136	1 241	14 522	16 990	20 916	129 222
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	65 275	58 958	51 909	37 300	3 259	3 560	41 652	48 731	59 991	370 635
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	16 064	14 510	12 775	9 180	802	876	10 251	11 993	14 764	91 214
Okna	[MJ]	11 435	10 328	9 093	6 534	571	624	7 296	8 536	10 509	64 926
Drzwi wejściowe metalowe	[MJ]	535	484	426	306	27	29	342	400	492	3 040
Mostki liniowe	[MJ]	5 295	4 783	4 211	3 026	264	289	3 379	3 953	4 866	30 065
Strop nad piwnicą	[MJ]	5 945	5 369	4 727	3 397	297	324	3 793	4 438	5 463	33 753
Podłoga na gruncie	[MJ]	1 949	1 761	1 550	1 114	97	106	1 244	1 455	1 791	11 068
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	12 375	11 177	9 841	7 071	618	675	7 896	9 238	11 373	70 263
Straty przez przegrody	[MJ]	150 075	135 551	119 345	85 757	7 492	8 184	95 762	112 037	137 926	852 128
Wentylacja	[MJ]	399 503	360 841	317 700	228 287	19 944	21 785	254 921	298 246	367 162	2 268 390
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	549 577	496 392	437 045	314 044	27 437	29 969	350 683	410 284	505 088	3 120 518
Zyski słoneczne	[MJ]	5 346	5 920	12 834	18 126	23 695	14 830	9 852	4 753	3 788	99 144
Zyski wewnętrzne	[MJ]	54 890	49 578	54 890	53 119	8 853	8 853	54 890	53 119	54 890	393 080
Razem zyski	[MJ]	60 236	55 498	67 723	71 245	32 548	23 683	64 742	57 872	58 677	492 224
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1096	0,1118	0,1550	0,2269	1,1863	0,7903	0,1846	0,1411	0,1162	0,1577
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	1 944									
Pojemność cieplna	[J/K]	505 440 000									
Stała czasowa	[h]	14									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy		1									
$a_{H,0}$		15									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	1,96									
Parametr numeryczny a_H		2,96									
Parametr numeryczny $a_H + 1$											
η		0,9882	0,9878	0,9780	0,9571	0,6041	0,7363	0,9700	0,9814	0,9869	
Zyski ciepła	[MJ]	59 528	54 821	66 231	68 189	19 663	17 437	62 797	56 795	57 910	463 371
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	490 050	441 571	370 814	245 855	7 774	12 532	287 886	353 489	447 178	2 657 148

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

	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Wyszczególnienie											
Srednia temp. miesiaca	[°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 miesiacu		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]	2 664	2 406	2 118	1 522	133	145	1 700	1 989	2 448	15 125
Stropodach pełny	[MJ]	1 369	1 237	1 089	782	68	75	874	1 022	1 258	7 774
Dach basen	[MJ]	5 370	4 850	4 271	3 069	268	293	3 427	4 009	4 935	30 492
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	11 829	10 684	9 407	6 759	591	645	7 548	8 831	10 871	67 165
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	16 064	14 510	12 775	9 180	802	876	10 251	11 993	14 764	91 214
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	12 375	11 177	9 841	7 071	618	675	7 896	9 238	11 373	70 263
Okna	[MJ]	11 435	10 328	9 093	6 534	571	624	7 296	8 536	10 509	64 926
Podłoga na gruncie	[MJ]	1 949	1 761	1 550	1 114	97	106	1 244	1 455	1 791	11 068
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	472	427	376	270	24	26	301	353	434	2 683
Mostki liniowe	[MJ]	1 809	1 634	1 439	1 034	90	99	1 154	1 351	1 663	10 272
Strop nad piwnicą	[MJ]	4 765	4 304	3 789	2 723	238	260	3 041	3 557	4 379	27 056
Straty przez przegrody	[MJ]	70 574	63 744	56 123	40 328	3 523	3 849	45 033	52 687	64 861	400 722
Wentylacja	[MJ]	186 061	168 055	147 963	106 321	9 289	10 146	118 725	138 903	170 999	1 056 460
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	256 635	231 799	204 086	146 649	12 812	13 995	163 758	191 589	235 860	1 457 182
Zyski słoneczne	[MJ]	5 346	5 920	12 834	18 126	23 695	14 830	9 852	4 753	3 788	99 144
Zyski wewnętrzne	[MJ]	54 890	49 578	54 890	53 119	8 853	8 853	54 890	53 119	54 890	393 080
Razem zyski	[MJ]	60 236	55 498	67 723	71 245	32 548	23 683	64 742	57 872	58 677	492 224
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2347	0,2394	0,3318	0,4858	2,5404	1,6923	0,3954	0,3021	0,2488	0,3378
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	1 944									
Pojemność ciepła	[J/K]	505 440 000									
Stała czasowa	[h]	31									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy		1									
$a_{H,0}$		15									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	3,06									
Parametr numeryczny a_H		4,06									
Parametr numeryczny $a_H + 1$											
η		0,9908	0,9903	0,9768	0,9401	0,3795	0,5360	0,9637	0,9819	0,9892	
Zyski ciepła	[MJ]	59 684	54 961	66 150	66 980	12 351	12 693	62 389	56 822	58 047	450 076
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	196 951	176 838	137 936	79 668	461	1 302	101 368	134 768	177 813	1 007 105

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,93	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	przewody w dobrym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,645	
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	0,93	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	0,74	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Z-13 Obliczenie efektywności energetycznej

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

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	4 122,81	1 145 225,00	1 145,23
zużycie po modernizacji	1 168,99	324 719,44	324,72
oszczędność	2 953,82	820 505,56	820,51
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	0,00	0,00	0,00
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	0,00	0,00	0,00
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	4 122,81	1 145 225,00	1 145,23
zużycie po modernizacji	1 168,99	324 719,44	324,72
oszczędność	2 953,82	820 505,56	820,51
oszczędność %	71,65		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	4 535,09	1 259 747,50	1 259,75
zużycie po modernizacji	1 285,89	357 191,39	357,19
oszczędność	3 249,20	902 556,11	902,56
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	0,00	0,00	0,00
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	0,00	0,00	0,00
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	4 535,09	1 259 747,50	1 259,75
zużycie po modernizacji	1 285,89	357 191,39	357,19
oszczędność	3 249,20	902 556,11	902,56
oszczędność %	71,65		

Z-14 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	4 122,81	-	94,96	391,50	1 168,99	-	94,96	111,01		
				391,50				111,01	280,49	71,65

Z-15 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 orynowania,
- 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, zadaszenia, drabiny, kraty) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- 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.