

Tytuł opracowania:

AUDYT ENERGETYCZNY

dla przedsięwzięcia termomodernizacyjnego
zgodnego z Ustawą z 18.12.1998 ze zm.

BUDYNKU

Jelenia Góra

ul. Obrońców Pokoju 10

Inwestor:	Gmina Jelenia Góra Plac Ratuszowy 58, 58-500 Jelenia Góra
Wykonawca: tytuł, imię i nazwisko adres tel.	Mgr inż. Robert Waluk ul. Skarbowców 123/7, 53-025 Wrocław 0.71 / 362 82 81, 0 606 267 293

Spis treści:

STRONA TYTUŁOWA	4
KARTA AUDYTU	5
1 DOKUMENTY I DANE ŹRÓDŁOWE WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU AUDYTU ORAZ WYTYCZNE INWESTORA	7
1.1 CEL PRACY	7
1.2 WYTYCZNE, UWAGI, SUGESTIE I OGRANICZENIA ZLECENIODAWCY	7
1.3 MATERIAŁY I DANE DO AUDYTU	7
2 INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA OBIEKTU.....	7
2.1 OGÓLNE DANE TECHNICZNE.....	7
2.2 UPROSZCZONA DOKUMENTACJA TECHNICZNA.....	8
2.3 OPIS TECHNICZNY PODSTAWOWYCH ELEMENTÓW	8
2.3.1 Ściany zewnętrzne kondygnacji nadziemnych.....	8
2.3.2 Dach, stropodach.....	8
2.3.3 Stropy.....	8
2.3.4 Podłoga.....	8
2.3.5 Okna i drzwi.....	9
2.4 CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU GRZEWczego	9
2.5 CHARAKTERYSTYKA KOTŁOWNI.....	9
2.6 CHARAKTERYSTYKA INSTALACJI CIEPŁEJ WODY	9
2.7 CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU WENTYLACJI	9
3 CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU, OKREŚLENIE POTRZEB CIEPLNYCH ORAZ KOSZTÓW OGRZEWANIA BUDYNKU W STANIE ISTNIEJĄCYM....	9
3.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I MOC CIEPLNĄ DO OGRZEWANIA.....	9
3.2 KOSZTY OGRZEWANIA	10
3.3 PORÓWNANIE AKTUALNEGO ZAPOTRZEBOWANIA CIEPŁA Z WYMAGANIAMI WG OSTATNICH PRZEPISÓW	11
3.4 OBLICZENIE ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO I MOC CIEPLNĄ NA POTRZEBY PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	11
4 OCENA AKTUALNEGO STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU	11
4.1 OCENA STANU TECHNICZNEGO I IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH.....	11
4.2 OCENA AKTUALNEGO STANU ORAZ ROZWIĄZAŃ INSTALACJI GRZEWczyCH.....	12
4.3 OCENA AKTUALNEGO STANU INSTALACJI CIEPŁEJ WODY	13
4.4 OCENA ISTNIEJĄCEGO STANU WENTYLACJI.....	13
5 WYKAZ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI ENERGETYCZNO-EKONOMICZNEJ RODZAJÓW USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.....	13
5.1 PRZEGLĄD MOŻLIWYCH USPRAWNIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH.....	13
5.2 WYKAZ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI RODZAJÓW USPRAWNIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH.....	13
5.2.1 Ocieplenie stropodachu wentylowanego.....	13
5.2.2 Wymiana starych okien.....	14

5.2.3	Wymiana starych drzwi wejściowych.....	14
6	DOKUMENTACJA WYKONANIA ALGORYTMU SŁUŻĄCEGO WSKAZANIU OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO.....	14
6.1	WSKAZANIE RODZAJÓW USPRAWNIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH MAJĄCYCH NA CELU ZMNIEJSZENIE ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO.....	14
6.2	OCENA OPLACALNOŚCI I WYBÓR USPRAWNIEŃ PROWADZĄCYCH DO ZMNIEJSZENIA STRAT CIEPŁA PRZEZ PRZENIKANIE PRZEZ PRZEGRODY BUDOWLANE.....	14
6.2.1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego.....	16
6.3	OCENA OPLACALNOŚCI I WYZNACZENIE OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERN. POLEGAJĄCEGO NA WYMIANIE OKIEN LUB DRZWI ORAZ POPRAWIE SYSTEMU WENTYLACJI.....	17
6.3.1	Wymiana starych okien.....	18
6.3.2	Wymiana starych drzwi wejściowych.....	19
6.4	ZESTAWIENIE OPTIMALNYCH USPRAWNIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH W KOLEJNOŚCI ROSNĄCEJ WARTOŚCI PROSTEGO CZASU ZWROTU NAKŁADÓW CHARAKTERYZUJĄCEGO KAŻDE USPRAWNIENIE (SPBT).....	20
6.5	WYKAZ WYBRANYCH DO OPTIMALIZACJI WARIANTÓW PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH	20
6.6	WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO I UZASADNIENIE TEGO WYBORU	21
7	OPIS TECHNICZNY OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO PRZEWIDZIANEGO DO REALIZACJI.....	24
8	DALSZE DZIAŁANIA INWESTORA	25
9	KLAUZULE I ZASTRZEŻENIA.....	25

ZAŁĄCZNIKI:

1)	Obliczenie strumienia powietrza wentylacyjnego	26
2)	Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku i zapotrzebowania budynku na moc cieplną dla stanu istniejącego	27
3)	Obliczenia j.w. dla wariantu I	31
4)	Obliczenia j.w. dla wariantu II	32
5)	Obliczenia j.w. dla wariantu III	33
6)	Obliczenia dla potrzeb przygotowania ciepłej wody użytkowej	38
7)	Określenie wielkości emisji zanieczyszczeń przed i po termomodernizacji	39
8)	Określenie nakładów inwestycyjnych	40
9)	Rzut budynku	41

Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
			1945
1.3 Właściciel lub zarządca (nazwa lub imię i nazwisko, adres)	Gmina Jelenia Góra, Urząd Miasta ul. Plac Ratuszowy nr 58 kod 58-500 miejscowość Jelenia Góra tel. 0.75/7546171 fax 0.75/7546159	1.4 Adres budynku	ul. Obrońców Pokoju 10 kod 58-500 miejscowość Jelenia Góra powiat jeleniogórski województwo dolnośląskie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:			
„ENERGO-BUD” ul. Skarbowców 123/7 53-025 Wrocław REGON 932963783			
3. Imię, nazwisko, adres oraz numer PESEL audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:			
Robert Waluk, ul. Skarbowców 123/7, 53-025 Wrocław PESEL 72051200159 tel. 0.71 / 362 82 81, 0 606 267 293			
mgr inż. ROBERT WALUK AUDYTOR ENERGETYCZNY z listy krajowej KAPE Krajowej Agencji Poszanowania Energii w Warszawie Uprawnienia nr 0107 z dnia 11.04.2000 ZARZĄDCA ENERGETYCZNY-Certyfikat CEM Certified Energy Manager AEE Association of Energy Engineers tel. 0.71/ 362 82 81, 0 606 267 293			
<i>Zarządca Energetyczny – Certyfikat CEM, AEE Autoryzowany audytor energetyczny z listy krajowej KAPE, listy BGK oraz z listy Ministerstwa Infrastruktury</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.	Dariusz Waluk	Inwentaryzacja techniczno-budowlana, bilans cieplny	doktor nauk technicznych
5. Miejscowość: Wrocław data wykonania opracowania: 02.03.2009 r.			
6. Spis treści:			
1. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne inwestora			str. 7
2. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku			str. 7
3. Charakterystyka energetyczna budynku, określenie potrzeb cieplnych oraz kosztów ogrzewania budynku w stanie istniejącym			str. 9
4. Ocena aktualnego stanu technicznego budynku			str. 11
5. Wykaz wybranych do optymalizacji rodzajów usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych			str. 13
6. Dokumentacja wykonania algorytmu służącego wskazaniu optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....			str. 14
7. Opis techniczny optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przewidzianego do realizacji			str. 24
8. Dalsze działania inwestora			str. 25
9. Klauzule i zastrzeżenia			str. 25
Załączniki			str. 26

Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne			
1.	Konstrukcja / technologia budynku	tradycyjna	
2.	Liczba kondygnacji	1÷4	
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	37758,0	
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	7283,4	
5.	Powierzchnia użytkowa [m ²]	7283,4	
6.	Liczba pomieszczeń	72	
7.	Liczba osób użytkujących budynek	780	
8.	Sposób przygotowania ciepłej wody	centralnie	
9.	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	kotłownia gazowa	
10.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,30	
11.	Inne dane charakteryzujące budynek		
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m ² K)]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Ściany zewnętrzne	0,964 / 1,151	0,964 / 1,151
2.	Dach / stropodach wentylowany	0,249 / 1,615	0,249 / 0,219
3.	Okna	1,600 / 3,100	1,600 / 1,450
4.	Drzwi wejściowe	1,900 / 5,100	1,900 / 1,550
5.	Podłoga	0,367	0,367
3. Sprawności składowe systemu ogrzewania			
1.	Sprawność wytwarzania	0,88	0,88
2.	Sprawność przesyłania	0,95	0,95
3.	Sprawność regulacji	0,78	0,76
4.	Sprawność wykorzystania	0,93	0,93
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	1,00	1,00
4. Charakterystyka systemu wentylacji			
1.	Rodzaj wentylacji	naturalna	naturalna
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	okna, kanały wyw.	okna, kanały wyw.
3.	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	19779	19779
4.	Liczba wymian [1/h]	0,5	0,5
5. Charakterystyka energetyczna budynku			
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	483,853	414,247
2.	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	23,227	23,227
3.	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	1715,33	1342,11
4.	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	2828,71	2271,30
5.	Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. [GJ/rok]	299,04	299,04
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego i na przygotowanie c.w.u. (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	b.d.	

7.	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [kWh/(m ³ rok)]	12,6	9,9
8.	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [kWh/(m ³ rok)]	20,8	16,7
9.	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [kWh/(m ² rok)]	107,9	86,6
6. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)			
1.	Opłata za 1GJ na ogrzewanie [zł]	50,21	50,21
2.	Opłata za 1MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	430,66	499,18
3.	Opłata za podgrzanie 1 m ³ wody użytkowej [zł]	10,63	10,64
4.	Opłata za 1MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc [zł]	430,66	499,18
5.	Opłata za ogrzanie 1 m ² pow. użytkowej miesięcznie [zł]	1,66	1,34
6.	Opłata abonamentowa [zł]	21,96	21,96
7.	Inne		
7. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
Planowana suma kredytu [zł]	286000	Miesięczna rata spłaty kredytu wraz z odsetkami [zł]	2328
Oprocentowanie kredytu [%]	5,5	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	17,8
Okres kredytowania [lata]	10	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	27988

Określenie planowanego efektu ekologicznego

8. Charakterystyka ekologiczna obiektu		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji	Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń	Procentowe zmniejszenie emisji zanieczyszczeń %
1.	Emisja SO ₂ [Mg/r]	0,000000	0,000000	0,000000	-
2.	Emisja NO ₂ [Mg/r]	0,117062	0,096200	0,020862	17,8
3.	Emisja CO [Mg/r]	0,032924	0,027056	0,005868	17,8
4.	Emisja CO ₂ [Mg/r]	179,617620	147,606384	32,011236	17,8
5.	Emisja pyłu [Mg/r]	0,001372	0,001127	0,000245	17,9
6.	Całkowite zużycie gazu rocznie [m ³]	91455	75156		
7.	Zużycie paliwa rocznie na c.o [m ³]	82711	66412		
8.	Zużycie paliwa rocznie na c.w.u. [m ³]	8744	8744		

Uwaga:

Jako efekt ekologiczny potraktowano różnicę emisji zanieczyszczeń – pomiędzy wielkością emisji w stanie istniejącym, a wielkością emisji zanieczyszczeń po zakończeniu inwestycji termomodernizacyjnej.

Wielkość emisji zanieczyszczeń określono na podstawie paliwa – potrzebnego do wytworzenia niezbędnego ciepła dla przedmiotowego obiektu w standardowym sezonie grzewczym.

1 DOKUMENTY I DANE ŹRÓDŁOWE WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU AUDYTU ORAZ WYTTCZNE INWESTORA

1.1 Cel pracy

Celem pracy jest wykonanie audytu energetycznego Zespołu Szkół Technicznych „MECHANIK” (oprócz budynku C, tj. byłego internatu) przy ul. Obrońców Pokoju 10 w Jeleniej Górze. Opracowanie jest sporządzone zgodnie z wymaganiami rozporządzenia dotyczącego szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego budynku – na podstawie ustawy z dnia 18 grudnia 1998 r. o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Zlecniodawca postawił następujące cele opracowania audytu energetycznego:

1. Obniżenie zużycia ciepła
2. Zmniejszenie kosztów ogrzewania budynku
3. Wykorzystanie pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie z 18.12.98. ze zm. o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych
4. Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń

1.2 Wytyczne, uwagi, sugestie i ograniczenia zlecniodawcy

Zlecniodawca podał następujące wytyczne dotyczące poprawy istniejącego stanu:

1. Usprawnienia powinny być realizowane przy możliwie niewielkim zaangażowaniu własnych środków zlecniodawcy, tzn. przy możliwie maksymalnym wykorzystaniu środków zewnętrznych
2. Nie rozpatrywać modernizacji systemu grzewczego oraz ocieplenia ścian i podłogi z uwagi na brak możliwości.
3. Zastosować okna o parametrach $0,5 < a < 1,0$.
4. Wziąć pod uwagę przewidywane możliwe do wynegocjowania ceny podane przez Inwestora.

1.3 Materiały i dane do audytu

Przy opracowaniu audytu wykorzystano następujące materiały i dane:

1. Inwentaryzację budowlaną
2. Projekt kotłowni
3. Plan sytuacyjny
4. Zestawienia dotyczące kosztów eksploatacji ogrzewania
5. Zestawienia dotyczące kosztów eksploatacji wody
6. Wykaz przeprowadzonych dotychczas prac remontowych i modernizacyjnych
7. Informacje udzielone przez Dyrektora Zespołu Obsługi „OŚWIATA”, pracowników administracji, użytkowników i inwestora
8. Kalkulacje materiałowe inwestora
9. Wizje lokalne
10. Uzupełniające pomiary inwentaryzacyjne
11. Formularz danych do audytu
12. Orzeczenie techniczne dotyczące izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych
13. Obowiązujące aktualnie przepisy budowlane, normy, katalogi i cenniki lokalnych firm budowlano-instalacyjnych, materiały szkoleniowe Krajowej Agencji Poszanowania Energii i in. dotyczące przedmiotowego zagadnienia

2 INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA OBIEKTU

2.1 Ogólne dane techniczne

1) Dane ogólne

Przeznaczenie, rodzaj obiektu: użyteczności publicznej

Rok budowy:

1945

Technologia:	tradycyjna murowana
Kubatura ogrzewana:	37758,0 m ³
Powierzchnia ogrzewana:	7283,4 m ²
Liczba kondygnacji:	1÷4
Występuje stropodach wentylowany oraz dach konstrukcji drewnianej	
Liczba użytkowników:	780
Współczynnik kształtu:	0,29 m ⁻¹

2) Charakterystyka podstawowych przegród części ogrzewanej:

Przegroda	Powierzchnia przegród w osiach m ²	U W/(m ² *K)	Pow. okien m ²	U W/(m ² *K)	Pow. drzwi wejśc. m ²	U W/(m ² *K)
Ściana zewnętrzna	1827,3	0,964	227	1,6	19	1,9
	1665,7	1,151	588	3,1	20	5,1
Stropodach / dach	3267,3	0,249				
	205,1	1,615				
Podłoga	3346,7	0,367				

2.2 Uproszczona dokumentacja techniczna

Wymagany ustawą rzut budynku z zaznaczeniem stron świata zawarty jest w załączniku. Dokumentacja do wglądu u Inwestora.

2.3 Opis techniczny podstawowych elementów

Obiekt o bogatym wystroju architektonicznym, użytkowany obecnie dla potrzeb Zespołu Szkół Technicznych „MECHANIK” w Jeleniej Górze – zaprojektowany w technologii tradycyjnej murowanej. Wybudowany ok. roku 1945, później sukcesywnie remontowany i modernizowany. Układ konstrukcyjny mieszany.

2.3.1 Ściany zewnętrzne

Ściany zewnętrzne - murowane z cegły ceramicznej pełnej grubości 51 cm i 64 cm na zaprawie cementowo-wapiennej, otynkowane.

2.3.2 Dach, stropodach

Nad częścią występuje stropodach wentylowany. Pokrycie składa się z papy na deskowaniu pełnym ułożonym na drewnianej konstrukcji opartej na stropie drewnianym ostatniej kondygnacji. Przestrzeń międzystropowa jest wentylowana. Ocieplenie stanowi żużel grubości 6 cm. Wykończenie od spodu stanowi podsufitka z desek otynkowana zaprawą cementowo-wapienną na trzcinie.

Nad większością występuje dach konstrukcji drewnianej ze ślepym pułapem, ocieplony wełną mineralną grubości 15 cm. Pokrycie stanowi papa na deskowaniu pełnym. Wykończenie od spodu stanowi podsufitka z desek otynkowana.

2.3.3 Stropy

Stropy międzypiętrowe – ceramiczne typu masywnego z posadzką betonową grubości 5 cm na żużlu grubości ok. 12 cm. Stropy są otynkowane.

2.3.4 Podłoga

Podłoga - betonowa grubości 6 cm na styropianie grubości 4 cm, gruzobetonie grubości 20 cm i podsypce piaskowej.

2.3.5 Okna i drzwi

Stolarka okienna nietypowa. Występują okna drewniane oszklone podwójnie oraz wymienione w ostatnich latach okna jednoramowe oszklone szybą zespoloną.

Drzwi wejściowe przeważnie typowe. Występują drzwi drewniane oszklone pojedynczo oraz aluminiowe oszklone szybą zespoloną.

2.4 Charakterystyka systemu grzewczego

Instalacja centralnego ogrzewania jest typu tradycyjnego z rur stalowych czarnych łączonych przez spawanie prowadzonych po wierzchu. Wykonana została jako wodna z obiegiem wymuszonym, dwururowa z rozdziałem dolnym. Minimalna średnica gałązki wynosi 10 mm, minimalna średnica pionu 15 mm. Piony prowadzone są po wierzchu ścian. Izolacja przewodów poziomych jest w dobrym stanie technicznym.

Jako elementy grzejne służą głównie grzejniki członowe żeliwne oraz dodatkowo grzejniki stalowe. Grzejniki są częściowo osłonięte i obudowane, zainstalowane w większości przy ścianach zewnętrznych pod parapetami okien. Wyposażenie stanowią zawory grzejnikowe bez samoczynnej regulacji temperatury w pomieszczeniach.

Parametry instalacji 90/70 °C.

W roku 1994 przeprowadzono częściową modernizację systemu grzewczego. Zamontowano nową kotłownię gazową z automatyką pogodową oraz nowe urządzenia kontrolno-pomiarowe.

Sprawność systemu grzewczego:

- | | | |
|--------------------------------|-----------------|---|
| - wytwarzania ciepła | $\eta_w = 0,88$ | kotłownia gazowa |
| - wykorzystania ciepła | $\eta_e = 0,93$ | ogrzewanie tradycyjne, część grzejników z osłoną i obudową |
| - regulacji systemu grzewczego | $\eta_r = 0,78$ | $\eta_{co} = 0,87$, GLR = 0,71834 |
| - przesyłania ciepła | $\eta_p = 0,95$ | instalacja c.o. z przewodami izolowanymi w dobrym stanie technicznym. |

Budynek jest ogrzewany przez całą dobę we wszystkie dni tygodnia.

2.5 Charakterystyka kotłowni

Obiekt jest zasilany w ciepło z własnej kotłowni gazowej.

Istnieją kotły stalowe wodne niskotemperaturowe Fakot. Kotłownia zawiera system automatyki pogodowej. Wyposażenie stanowi standardowa armatura odcinająca oraz kontrolno-pomiarowa bez ciepłomierza. Zabezpieczenie kotła stanowi naczynie wzbiórcze przeponowe.

Nie stwierdzono oznak korozji i przecieków w kotłowni.

2.6 Charakterystyka instalacji ciepłej wody

Instalacja i armatura ciepłej wody typu tradycyjnego bez ciepłomierza c.w.u., wykonana z przewodów stalowych podwójnie ocynkowanych.

2.7 Charakterystyka systemu wentylacji

Wentylacja pomieszczeń - naturalna grawitacyjna. Występują kominy murowane.

3 CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU, OKREŚLENIE POTRZEB CIEPLNYCH ORAZ KOSZTÓW OGRZEWANIA BUDYNKU W STANIE ISTNIEJĄCYM

3.1 Zapotrzebowanie na ciepło i moc cieplną do ogrzewania

Obliczeń dla tzw. standardowego sezonu grzewczego dokonano metodą szczegółową z podziałem na strefy temperaturowe, m.in. przy wykorzystaniu najnowszej wersji programu komputerowego AUDYTOR (licencja nr 0596-261199).

Wartości obliczeniowe dotyczące średnich wieloletnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego przyjęto na podstawie danych IMiGW dla stacji meteorologicznej Jelenia Góra. Wartości obliczeniowe dotyczące wielkości wieloletnich średnich sum miesięcznych całkowitego promieniowania słonecznego na różnie zorientowane powierzchnie przyjęto na podstawie danych IMiGW dla stacji aktynometrycznej Jelenia Góra.

Bilans strat i zysków ciepła w sezonie jest następujący:

- Straty: 1002998 kWh
- Zyski: 720492 kWh

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku Q_h :

$$Q_h = 1715,33 \text{ GJ}$$

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania Q :

$$Q = Q_h \cdot W_t \cdot W_d / (\eta_w \cdot \eta_p \cdot \eta_r \cdot \eta_e) =$$

$$= 1715,33 \cdot 1,00 \cdot 1,00 / (0,88 \cdot 0,95 \cdot 0,78 \cdot 0,93)$$

$$Q = 2828,71 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną:

$$q_{moc} = 483853 \text{ W}$$

3.2 Koszty ogrzewania

Przy zużyciu energii na ogrzewanie w wysokości 2828710 MJ/a obliczeniowe zapotrzebowanie gazu wynosi (przy wartości opałowej 34,2 MJ/m³):

$$B_{g.c.o.} = 2828710 \text{ MJ} / 34,2 \text{ MJ/m}^3 = 82711 \text{ m}^3$$

Koszt roczny gazu do ogrzewania budynku w istniejących warunkach wynosi:

$$82711 \text{ m}^3/\text{a} \cdot 1,7172 \text{ zł/m}^3 = 142031 \text{ zł/a}$$

Przy istniejącym stanie średni koszt produkcji 1 GJ wynosi:

$$142031 \text{ zł/a} / 2828,71 \text{ GJ/a} = 50,21$$

$$O_z = 50,21 \text{ zł/GJ}$$

Opłata odpowiadająca kosztom stałym ponoszonym przez właściciela za 1 MW wynosi:

$$218,38 \text{ zł/m-c} / \Sigma q_{moc} \text{ MW} = 430,66$$

$$O_m = 430,66 \text{ zł/(MW, miesiąc)}$$

Miesięczna opłata abonamentowa wynosi:

$$A_b = 21,96 \text{ zł/miesiąc}$$

Przyjęto jako całkowity aktualny koszt ogrzewania wartość:

$$K_{og} = 50,21 \cdot 2828,71 + 430,66 \cdot 0,0483853 \cdot 12 + 21,96 \cdot 12 = 144794$$

$$K_{og} = 144794 \text{ zł} = 1,66 \text{ zł/m}^2 \text{p.u./m-c}$$

Uwaga: pominięto (jako niewielkie) związane z eksploatacją kotłowni koszty energii elektrycznej i wody. Przyjęto, że konserwację przeprowadza użytkownik.

Do obliczeń przyjęto wysokości opłat:

- opłaty zmienne:
 - cena za paliwo gazowe 1,0160 [zł/m³] + VAT 22 %
 - opłata przesyłowa zmienna 0,3915 [zł/m³] + VAT 22 %
- opłaty stałe:
 - opłata przesyłowa stała 179,00 [zł/m-c] + VAT 22 %
- opłata abonamentowa: 18,00 [zł/m-c] + VAT 22 %

Podane zużycie gazu na c.o. i c.w.u. w ostatnim sezonie wyniosło 89777 m³, czyli około 98 % wartości obliczonej dla standardowego sezonu ogrzewczego.

Przyczynę niewielkiej różnicy pomiędzy obliczonym a faktycznym zużyciem gazu stanowi fakt, że rzeczywiste warunki użytkowania były inne niż przewidują to wymagania normowe.

Mianowicie liczba stopniodni była mniejsza o ok. 5 % w stosunku do danych normowych. Stąd wynika uzasadniona różnica pomiędzy obliczeniowym zużyciem gazu i praktycznie pomierzoną wartością wg gazomierza.

3.3 Porównanie aktualnego zapotrzebowania ciepła z wymaganiami wg ostatnich przepisów

W stanie istniejącym $E = Q_h / V = 12,6 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$.

Wg ostatniego Rozporządzenia MI wskaźnik graniczny dla tego budynku powinien wynosić $E_o = 30,2 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$. Istniejący wskaźnik jest więc niższy od normatywnego.

3.4 Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej

Zapotrzebowanie mocy cieplnej na potrzeby przygotowania ciepłej wody wynosi:

$$q_{cw} = 23227 \text{ W}$$

Zapotrzebowanie ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody wynosi:

$$Q_{cw} = V_{cw} * 0,210$$

$$Q_{cw} = 299,04 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie na cele c.w.u. (przy wartości opałowej $34,2 \text{ MJ}/\text{m}^3$) wynosi:

$$B_{g \text{ c.w.u.}} = 299040 \text{ MJ} / 34,2 \text{ MJ}/\text{m}^3 = 8744 \text{ m}^3$$

Koszt ogrzewania na cele c.w.u. wynosi:

$$K_{og \text{ c.w.u.}} = 50,21 * 299,04 + 430,66 * 0,023227 * 12 = 15135$$

$$K_{og \text{ c.w.u.}} = 15135 \text{ zł} = 10,63 \text{ zł}/\text{m}^3$$

Do obliczeń przyjęto:

liczbę użytkowników	780
dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę dla użytkownika	5 dm^3
liczba godzin użytkowania instalacji w ciągu doby	18
liczba dni użytkowania instalacji w tygodniu	7
obliczeniowa temperatura ciepłej wody	55°C
obliczeniowa temperatura zimnej wody	5°C

4 OCENA AKTUALNEGO STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

4.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych

Ogólny stan techniczny ścian zewnętrznych jest dobry. Występujące usterki, to mostki termiczne na połączeniach i niewielkie uszkodzenia elewacji.

Stan techniczny nowych okien jednoramowych jest dobry, natomiast stan techniczny starych okien drewnianych jest zły. Występują drobne nieszczelności spowodowane wypaczeniem drewna, część została jednak uszczelniona przez użytkowników. Wielu okien nie można otworzyć. W okresie zimowym występuje wychładzanie pomieszczeń z uwagi na niekorzystny współczynnik przenikania ciepła.

Stan techniczny nowych drzwi wejściowych jest dobry, a starych dostateczny. Stwierdzono częściowo niesprawne samozamykacze. W okresie zimowym może występować nadmierny napływ chłodu, co wpływa na niedostateczne ogrzanie pomieszczeń.

Przegrody poziome - w stanie technicznym dostatecznym. Występują lokalne nierówności pokrycia oraz korozja obróbek.

Część przegród nie posiada wystarczającej izolacyjności cieplnej.

Współczynniki przenikania ciepła przegród są następujące:

ściany zewnętrzne 1	$U = 1,151 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$
ściany zewnętrzne 2	$U = 0,964 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$

stropodach wentylowany	$U = 1,615 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
dach	$U = 0,249 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
okna nowe	$U = 1,600 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
okna stare	$U = 3,100 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
drzwi wejściowe nowe	$U = 1,900 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
drzwi wejściowe stare	$U = 5,100 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
ściany wewnętrzne 1	$U = 1,266 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
ściany wewnętrzne 2	$U = 1,610 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
ściany wewnętrzne 3	$U = 2,210 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
podłoga	$U = 0,367 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Powyższe współczynniki są w większości znacznie gorsze od wartości granicznych wg aktualnie obowiązujących przepisów, wg których wymagane współczynniki U wynoszą:

- dla ścian zewnętrznych	$0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla ścian wewnętrznych kl.sch.	$3,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla stropodachu	$0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą	$0,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla okien i drzwi balkonowych	$1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla drzwi zewnętrznych	$2,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dodatkowo (wg Rozp. MI) wartość optymalnego oporu cieplnego przegrody zewnętrznej po termomodernizacji nie może być mniejsza niż:

dla ścian zewnętrznych	$4,00 \text{ (m}^2\text{K)/W}$
dla stropodachu i stropu pod poddaszem i nad przejazdem	$4,50 \text{ (m}^2\text{K)/W}$
dla stropu nad piwnicami nie ogrzewanymi	$2,00 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

Wskazane jest więc poprawienie izolacyjności termicznej niektórych przegród.

4.2 Ocena aktualnego stanu oraz rozwiązań instalacji grzewczych

Istniejąca instalacja jest typu tradycyjnego o średniej sprawności. Regulacja ogrzewania w dostosowaniu do temperatur zewnętrznych dokonywana jest centralnie poprzez automatykę pogodową na podstawie oceny aktualnych warunków.

Po oględzinach ogólny stan techniczny użytkowanej instalacji c.o. ocenia się jako dostateczny. Nie stwierdzono miejsc powstawania ubytków wody instalacyjnej. Poziome przewody zapewniające rozprowadzenie czynnika grzejnego do poszczególnych pionów są zaizolowane. Przewody w pionach prowadzone są po wierzchu. Zastrzeżenia budzą m.in.: duże przekroje, korozja części rur, zawory grzejnikowe bez samoczynnej regulacji, częściowo osłonięte i obudowane grzejniki, zbyt mała moc grzejników w niektórych pomieszczeniach.

Zastosowane grzejniki żeliwne charakteryzują się dość dużą wytrzymałością mechaniczną i odpornością na korozję, ale w przypadku stwierdzenia podczas dalszych prac lub podejrzeń niezadowolającego stanu, zaleca się przeprowadzić ocenę sieci wewnętrznej na podstawie badania wycinków instalacji c.o.. Szczególnie narażone i czułe na wszelkie zanieczyszczenia są zawory przygrzejnikowe.

Istniejące rozwiązanie kotłowni gazowej stwarza warunki do racjonalnego gospodarowania energią cieplną. Zastosowane kotły stosunkowo wysokiej sprawności są w stanie technicznym dobrym z zaizolowanymi przewodami, a wyposażenie w automatyczną regulację dostosowuje parametry zasilania instalacji do aktualnych warunków pogodowych.

Spełnienie aktualnych wymagań, doprowadzenie do obowiązujących standardów oraz stworzenie warunków do prowadzenia oszczędnej gospodarki energią cieplną jest możliwe poprzez wykonanie nowej instalacji c.o. systemu zamkniętego z odpowiednio izolowanymi przewodami oraz prawidłowo usytuowanymi grzejnikami z zaworami termostatycznymi.

Wskazane jest poprawienie sprawności cieplnej systemu grzewczego. Możliwe jest uzyskanie oszczędności zużycia ciepła poprzez modernizację instalacji oraz podniesienie sprawności regulacji. Będzie można wówczas zapewnić dużą niezawodność działania instalacji, elastyczność pracy, wysoką sprawność, stateczność hydrauliczną i cieplną. Usprawnienia umożliwią jednocześnie dostosowanie cieplne i hydrauliczne instalacji centralnego ogrzewania do zmniejszonych potrzeb cieplnych pomieszczeń budynku po poprawieniu izolacyjności termicznej przegród.

4.3 Ocena aktualnego stanu instalacji ciepłej wody

Instalacja c.w.u. i armatura typu tradycyjnego, częściowo zmodernizowana. Stan przewodów i armatury dostateczny. Izolacja urządzeń do przygotowania ciepłej wody jest w dobrym stanie technicznym.

4.4 Ocena istniejącego stanu wentylacji

Otwory wentylacyjne usytuowane zadowalająco. Użytkownicy nie wnoszą uwag. Nie stwierdzono za małego przewietrzania. Aktualne rozwiązanie systemu wentylacji utrudnia ewentualne wprowadzenie wentylacji mechanicznej zrównoważonej.

5 WYKAZ WYBRANYCH DO OPTIMALIZACJI ENERGETYCZNO-EKONOMICZNEJ RODZAJÓW USPRAWNIEN I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

5.1 Przegląd możliwych usprawnień termomodernizacyjnych

Jako usprawnienia, które mogłyby być zastosowane w obiekcie rozpatrzono następujące:

- modernizacja systemu grzewczego,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie stropodachu wentylowanego,
- ocieplenie podłogi,
- uszczelnienie starych okien,
- wymiana starych okien,
- wymiana starych drzwi wejściowych,
- usprawnienia wentylacji.

Z powyższych możliwości wyeliminowano:

- modernizację systemu grzewczego, ze względu na brak zgody inwestora,
- ocieplenie ścian zewnętrznych, ze względu na brak zgody Konserwatora Zabytków,
- ocieplenie podłogi, z uwagi na brak możliwości oraz stosunkowo niewielki efekt,
- uszczelnienie starych okien, jako niemożliwe do wykonania przy obecnym ich stanie.

5.2 Wykaz wybranych do optymalizacji rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych

Poniżej wymieniono grupy usprawnień, które przyjęto do dalszej analizy. Następnie w grupach przeprowadzi się obliczenia optymalizacyjne, na podstawie których dokona się wyboru usprawnienia optymalnego w danej grupie – usprawnienia o najniższej wartości SPBT.

5.2.1 Ocieplenie stropodachu wentylowanego

Założono docieplenie stropodachu wentylowanego przez ułożenie w jego wnętrzu warstwy izolacji z materiału termoizolacyjnego typu ekofiber metodą wdmuchiwania. Przyjęto

do rozpatrzenia wariantowo grubość warstwy włókna celulozowego 17, 20 i 25 cm po konsolidacji. Optymalną grubość określi się wybierając tą, dla której prosty czas zwrotu nakładów przyjmie wartość minimalną.

5.2.2 Wymiana starych okien

Założono wymianę starych okien na okna o wyższych parametrach izolacyjności termicznej i mniejszej infiltracji. Przyjęto do rozpatrzenia okna rozwieralno-uchylne z funkcją rozszczelniania, o następujących parametrach: $U=1,55$ i $U=1,45$ (szyba $U=1,3$ i $U=1,1$; rama $U=1,6$) oraz $0,5 < a < 1,0$. Optymalny rodzaj okien określi się wybierając ten, dla którego prosty czas zwrotu nakładów przyjmie wartość minimalną.

5.2.3 Wymiana starych drzwi wejściowych

Założono wymianę starych drzwi wejściowych na drzwi o wyższych parametrach izolacyjności termicznej i mniejszej infiltracji. Przyjęto do rozpatrzenia drzwi o następujących parametrach: $U=2,6$; $U=1,65$ i $U=1,55$ (szyba $U=1,3$ i $U=1,1$; rama $U=1,8$) oraz $a=0,5$. Optymalny rodzaj drzwi określi się wybierając ten, dla którego prosty czas zwrotu nakładów przyjmie wartość minimalną.

6 DOKUMENTACJA WYKONANIA ALGORYTMU SŁUŻĄCEGO WSKAZANIU OPTYMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO

Analizę i wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przeprowadzono przy uwzględnieniu możliwości korzystania z kredytu.

Analizę ekonomiczną przeprowadzono w cenach stałych. Założono, że ewentualny kredyt udzielony byłby na 10 lat przy oprocentowaniu 5,5 %.

6.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło

Jako rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych, które mają na celu zmniejszenie strat ciepła przez przenikanie przez przegrody budowlane i zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przyjęto:

- ocieplenie stropodachu wentylowanego,
- wymianę starych okien,
- wymianę starych drzwi wejściowych.

6.2 Ocena opłacalności i wybór usprawnień prowadzących do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez przegrody budowlane

Przyjęto założenie, że optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez ściany, stropy i stropodachy są to usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną.

Wartość najmniejszą optymalnego oporu cieplnego przegrody zewnętrznej po termomodernizacji przyjęto zgodnie z wymogami odpowiednich przepisów.

Do wyznaczenia optymalnego usprawnienia skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = N_u / \sum_n \Delta O_{RU}, [\text{lata}]$$

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 usprawnienia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rU} dla n-tego źródła obliczono ze wzoru:

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

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie Q_{0u} , Q_{1u} , obliczono ze wzoru:

$$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot Sd \cdot A/R, \text{ [GJ/rok]}$$

Liczbę stopniodni Sd obliczono ze wzoru:

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

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

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{wo} - t_{zo})/R, \text{ [MW]}$$

6.2.1 Ocieplenie stropodachu wentylowanego

L.p.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Powierzchnia strat	m ²	205,1			
2	U ₀ , U ₁	W/(m ² *K)	1,615	0,219	0,190	0,155
3	Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej o $\lambda=0,043$	m	-	0,17	0,20	0,25
4	Zwiększenie oporu cieplnego	(m ² *K)/W	-	3,953	4,651	5,814
5	Opór cieplny	(m ² *K)/W	0,619	4,572	5,270	6,433
6	Liczba stopniodni	dzień*K/rok	3908,2			
7	Q _{0U} , Q _{1U}	GJ/a	111,883	15,148	13,142	10,766
8	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego	°C	20,0			
9	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	°C	-20,0			
10	q _{0u} , q _{1u}	MW	0,013254	0,001794	0,001557	0,001275
11	Roczna oszczędność kosztów ΔO_{ru}	zł/a	-	4 916	5 018	5 139
12	Powierzchnia izolowana	m ²	200			
13	Cena jednostkowa usprawnienia	zł/m ²	-	74,8	76,0	78,0
14	Koszt realizacji usprawnienia N _U	zł	-	14 960	15 200	15 600
15	SPBT=N _U /ΔO _{ru}	lata	-	3,04	3,03	3,04

Optymalnym rozwiązaniem jest ocieplenie materiałem izolacyjnym wdmuchiwanym typu ekofiber grubości 20 cm

Uwagi:

Ceny jednostkowe przyjęto na podstawie ofert lokalnych firm i kalkulacji inwestora.

Koszt realizacji 200 m² wybranego usprawnienia 15200 zł.

6.3 Ocena opłacalności i wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodern. polegającego na wymianie okien lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji

Przyjęto założenie, że 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.

Do wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = (N_{Ok} + N_w) / \sum_n (\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}), [\text{lata}]$$

gdzie:

N_{Ok} - planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,

N_w - planowane koszty związane z modernizacją wentylacji, zł

ΔO_{rOk} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok,

ΔO_{rW} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość łącznej rocznej oszczędności kosztów energii $\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}$ dla n-tego źródła obliczono ze wzoru:

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

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło Q_0 , Q_1 , w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, obliczono ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot Sd \cdot A_{Ok} \cdot U + Q_{inf}, [\text{GJ/rok}]$$

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło Q_0 , Q_1 , w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi obliczono ze wzoru:

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

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

$$q_0, q_1 = 10^{-6} \cdot A_{Ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U + 1,65 \cdot 10^{-8} \cdot a \cdot 1 \cdot (t_{wo} - t_{zo})^{5/3}, [\text{MW}]$$

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q_0 , q_1 w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okien lub drzwi obliczono ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} \cdot A_{Ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U + 3,4 \cdot 10^{-7} \cdot V_{obl} \cdot (t_{wo} - t_{zo}), [\text{MW}]$$

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

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

6.3.1 Wymiana starych okien

L.p.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Powierzchnia okien	m ²	588			
2	Współczynnik przenikania okien	W/(m ² *K)	3,10	1,55	1,45	
3	Liczba stopniodni	dzień*K/a	3908,2			
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{Ok} \cdot U$	GJ/a	615,502	307,751	287,896	
5	Współczynnik korekcyjny wentyl. c_r	-	1,10	1,00	1,00	
6	Współczynnik korekcyjny wentyl. c_m	-	1,20	1,00	1,00	
7	Współczynnik korekcyjny wyeksp.	-	1,00	1,00	1,00	
8	Strumień powietrza wentyl.	m ³ /h	14268			
9	$2,94 \cdot 10^{-5} \cdot c_r \cdot c_w \cdot V_{nom} \cdot S_d$	GJ/a	1803,349	1639,409	1639,409	
10	Q_0, Q_1	GJ/a	2 418,851	1 947,160	1 927,305	
11	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego	°C	20,0			
12	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	°C	-20,0			
13	$10^{-6} \cdot A_{Ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$	MW	0,072912	0,036456	0,034104	
14	$3,4 \cdot 10^{-7} \cdot V_{obl} \cdot (t_{wo} - t_{zo})$	MW	0,232854	0,194045	0,194045	
15	q_0, q_1	MW	0,305766	0,230501	0,228149	
16	Roczna oszczędność kosztów $\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw}$	zł/rok	-	24 073	25 082	
17	Cena jednostkowa okien	zł/m ²	-	583	590	
18	Koszt wymiany okien N_{Ok}	zł	-	342 804	346 920	
19	$SPBT = (N_{Ok} + N_w) / \Sigma(\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw})$	lata	-	14,24	13,83	

Optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie okien o $U=1,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Uwagi:

Ceny jednostkowe przyjęto na podstawie ofert lokalnych firm i kalkulacji inwestora.

Koszt realizacji 588 m² okien 346920 zł.

6.3.2 Wymiana starych drzwi wejściowych

L.p.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Powierzchnia drzwi	m ²	20			
2	Współczynnik przenikania drzwi	W/(m ² *K)	5,10	2,60	1,65	1,55
3	Liczba stopniodni	dzień*K/a	3020,2			
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{Ok} \cdot U$	GJ/a	26,616	13,569	8,611	8,089
5	Współczynnik przepływu	m ³ /(m h daPa ^{2/3})	3,5	0,5	0,5	0,5
6	Długość zewnętrznych szczelin	m	64,00			
7	$\Sigma [t_{wo} - t_e(m)]^{5/3} \cdot L_d(m)$	dzień*K/a	18093,5			
8	Q _{inf}	GJ/a	5,796	0,828	0,828	0,828
9	Q ₀ , Q ₁	GJ/a	32,412	14,397	9,439	8,917
10	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego	°C	16,0			
11	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	°C	-20,0			
12	$10^{-6} \cdot A_{Ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$	MW	0,003672	0,001872	0,001188	0,001116
13	$1,65 \cdot 10^{-8} \cdot a \cdot l \cdot (t_{wo} - t_{zo})^{5/3}$	MW	0,001451	0,000207	0,000207	0,000207
14	q ₀ , q ₁	MW	0,005123	0,002079	0,001395	0,001323
15	Roczna oszczędność kosztów $\Delta Q_{rOk} + \Delta Q_{rW}$	zł/rok	-	920	1 173	1 199
16	Cena jednostkowa drzwi	zł/m ²	-	995	1190	1200
17	Koszt wymiany drzwi N _{Ok}	zł	-	19 900	23 800	24 000
18	SPBT = (N _{Ok} + N _W)/Σ(ΔQ _{rOk} +ΔQ _{rW})	lata	-	21,63	20,29	20,02

Optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie drzwi o U=1,55 W/(m²K)

Uwagi:

Ceny jednostkowe przyjęto na podstawie ofert lokalnych firm i kalkulacji inwestora.

Koszt realizacji 20 m² wybranego usprawnienia 24000 zł.

6.4 Zestawienie optymalnych usprawnień termomodernizacyjnych w kolejności rosnącej wartości prostego czasu zwrotu nakładów charakteryzującego każde usprawnienie (SPBT)

Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło w wyniku zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, uszeregowane według rosnącej wartości SPBT, przedstawiono w poniższej tabeli. Określenie planowanych kosztów robót przedstawiono w załączniku.

L.p.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego albo wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty robót [zł]	SPBT [lata]
1	2	3	4
1.	Ocieplenie stropodachu wentylowanego – przez wdmuchanie warstwy materiału izolacyjnego typu ekofiber grubości 20 cm.	15 200	3,03
2.	Wymiana starych okien – na okna o współczynniku $U=1,45 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ oraz $0,5 < a < 1,0$.	346 920	13,83
3.	Wymiana starych drzwi wejściowych – na drzwi o współczynniku $U=1,55 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ oraz $a=0,5$.	24 000	20,02

6.5 Wykaz wybranych do optymalizacji wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Określenie wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych (kombinacji, zestawów usprawnień) dokonano wg zasady ich rozbudowywania. Rozpatrzono następujące warianty:

L.p.	Nazwa wariantu	Zakres, zestaw usprawnień
1.	Wariant I	ocieplenie stropodachu wentylowanego.
2.	Wariant II	- ocieplenie stropodachu wentylowanego, - wymiana starych okien.
3.	Wariant III	- ocieplenie stropodachu wentylowanego, - wymiana starych okien, - wymiana starych drzwi wejściowych.

6.6 Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i uzasadnienie tego wyboru

1) W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane i modernizacji systemu wentylacji, obliczono kolejno:

- a) planowane koszty całkowite N , w tym 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 obliczoną zgodnie z wzorem:

$$\Delta O_r = (w_{t0} \cdot w_{d0} \cdot Q_{0co} / \eta_0 + Q_{0cw}) \cdot O_{0z} - (w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{1co} / \eta_1 + Q_{1cw}) \cdot O_{1z}, \text{ [zł/rok]}$$

$$+ 12 \cdot [(q_{0m} + q_{0cw}) \cdot O_{0m} - (q_{1m} + q_{0cw}) \cdot O_{1m}] + 12 \cdot (Ab_0 - Ab_1)$$
- c) zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, zgodnie z warunkiem art. 2 pkt 1 lit. a) ustawy, z uwzględnieniem sprawności całkowitej,
- d) kwotę środków własnych i kwotę ewentualnego kredytu, przy której miesięczna rata kapitałowa wraz z odsetkami A dla 10-letniego okresu kredytowania nie będzie większa od równowartości 1/12 kwoty rocznych oszczędności uzyskanych w wyniku realizacji przedsięwzięcia; przy czym miesięczną ratę kapitałową wraz z odsetkami obliczono zgodnie ze wzorem:

$$A = 0,75 \cdot S \cdot \frac{q^m \cdot (q - 1)}{q^m - 1}, \text{ [zł/miesiąc]}$$

gdzie:

$q = (1 + r/12)$, przy czym r oznacza roczną stopę oprocentowania kredytu według oferty lokalnego banku,

m - maksymalny okres spłaty kredytu równy 120 miesiącom,

S - kwota kredytu nie większa niż 80% planowanych kosztów całkowitych, zł.

2) Następnie sprawdzono spełnienie warunków ustawy oraz spełnienie warunku kwoty środków własnych o wysokości nie większej niż maksymalna określona przez inwestora.

Rozpatrywano kolejny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego bez usprawnienia o największym wskaźniku SPBT.

Postępowanie powtarzano aż do znalezienia pierwszego wariantu spełniającego wszystkie warunki.

Wyniki analizy:

Nazwa wariantu	m	r	N zł	S zł	% udziału kredytu	% udziału własnego	A zł/miesiąc	Premia termo. zł
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wariant I	120	0,055	15 200	12 100	79,61	20,39	98	3 025
Wariant II			362 120	270 000	74,56	25,44	2 198	67 500
Wariant III			386 120	286 000	74,07	25,93	2 328	71 500

cd.

Nazwa wariant	W_{t0} W_{t1}	W_{d0} W_{d1}	Q_{0co} Q_{1co} GJ/rok	Q_{0cw} Q_{1cw} GJ/rok	η_0 η_1	O_z zł/GJ	O_m zł/(MW mc)	Ab zł	q_0 q_1 MW	q_{0cw} q_{1cw} MW	ΔO_r zł/rok	NPV zł
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
St. istn.	1,00	1,00	1715,33	299,04	0,6064	50,21	430,66	21,96	0,483853	0,023227		
I	1,00	1,00	1640,17	299,04	0,6064	50,21	442,28	21,96	0,470533	0,023227	6 223	59090
II			1360,12	299,04	0,5909		495,39		0,417600	0,023227	26 457	-46279
III			1342,11	299,04	0,5909		499,18		0,414247	0,023227	27 988	-52002

Uwagi:

Koszt planowany N realizacji poszczególnych usprawnień określono w załączniku.

Zakłada się, że wykonawca robót sporządza dokumentację w ramach ceny robót.

Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebow. na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu		Różnica między 1/12 rocznej oszczędności kosztów energii a miesięczną ratą kapitałową wraz z odsetkami
		[zł]	[zł/ rok]	[%]	<u>[zł, %]</u>	[zł, %]	[zł/miesiąc]
1	2	3	4	5	6		7
1	Wariant III • ocieplenie stropodachu wentylowanego, • wymiana starych okien, • wymiana starych drzwi wejściowych.	386 120	27 988	17,8	100 120	25,93	4,3
					286 000	74,07	
2	Wariant II • ocieplenie stropodachu wentylowanego, • wymiana starych okien.	362 120	26 457	16,8	92 120	25,44	6,8
					270 000	74,56	
3	Wariant I • ocieplenie stropodachu wentylowanego.	15 200	6 223	<u>4,0</u>	3 100	20,39	420,6
					12 100	79,61	

Przyjęto, że wariantem optymalnym jest pierwszy z kolejnych wariantów, dla którego wartości w kolumnach 4, 5, 6 i 7 spełniają odpowiednie wymagania.

Wariantem optymalnym jest wariant III

Uwaga: Wartości pogrubione i podkreślone nie spełniają wymagań ustawy.

Ostatecznie, na podstawie przeprowadzonej analizy i biorąc pod uwagę wytyczne zlecniodawcy stwierdzono, iż wariantem optymalnym w przedmiotowym budynku jest wariant III przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

Zostały spełnione wszystkie warunki ustawowe:

- oszczędność zapotrzebowania na ciepło wyniesie 17,8 %, czyli powyżej 15 %,
- wysokość niezbędnych środków własnych wyniesie 100120 zł, czyli 25,93 % kosztów całkowitych,
- wysokość ewentualnego kredytu wyniesie 286000 zł, czyli 74,07 % kosztów całkowitych,
- różnica między 1/12 rocznej oszczędności kosztów ciepła a miesięczną ratą kredytu wraz z odsetkami wyniesie 4,3 zł, czyli spłata jest możliwa z bieżących oszczędności kosztów ciepła,
- okres kredytowania wynosi 10 lat.

Wartość NPV wynosi -52002 zł, czyli jest ujemna.

Wariant ten spełnia warunki kredytowania wg kryteriów ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, ma dostateczne wskaźniki ekonomiczne. Pozwala uzyskać znaczne obniżenie zużycia energii i kosztów eksploatacyjnych oraz wymierne zmniejszenie emisji zanieczyszczeń. Obejmuje poprawę stanu technicznego przegród, a jednocześnie jego realizacja jest możliwa np. w oparciu o kredyt przy nie zwiększonych wydatkach (spłata kredytu i odsetek nastąpi z uzyskanych oszczędności).

Roczna oszczędność kosztów energii wyniesie 27988 zł.

Czas zwrotu nakładów wynosi ok. 13,8 lat.

Ponadto wariant tego przedsięwzięcia spełnia wszystkie wytyczne i oczekiwania Inwestora.

7 OPIS TECHNICZNY OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO PRZEWIDZIANEGO DO REALIZACJI

Wskazany optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przewidziany do realizacji obejmuje następujące prace:

- Ocieplenie stropodachu wentylowanego – przez wdmuchanie warstwy materiału izolacyjnego typu ekofiber grubości 20 cm. Do wykonania 200 m² za kwotę 15200 zł.
- Wymiana starych okien – na okna rozwieralno–uchylne z funkcją rozszczelniania, o parametrach $U=1,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ oraz $0,5 < a < 1,0$. Do zamontowania okna o łącznej powierzchni 588 m² za kwotę 346920 zł.
- Wymiana starych drzwi wejściowych – na drzwi o współczynniku $U=1,55 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ oraz $a=0,5$. Do zamontowania 20 m² drzwi za kwotę 24000 zł.

Całkowity koszt modernizacji wg rekomendowanego wariantu wyniesie zatem **386120 zł**.

8 DALSZE DZIAŁANIA INWESTORA

W celu zrealizowania określonego wyżej przedsięwzięcia konieczne jest wykonanie następujących czynności:

1. Zarezerwowanie przez inwestora środków własnych na realizację modernizacji oraz zapewnienie poręczenia na pozostałą część nakładów
2. Przygotowanie i złożenie wniosku kredytowego oraz przeprowadzenie postępowania dotyczącego uzyskania ewentualnego kredytu
3. Przygotowanie projektów modernizacji
4. Przeprowadzenie przetargu na wykonanie robót
5. Zawarcie umów z wykonawcami robót
6. Realizacja robót przy zapewnieniu odpowiedniego nadzoru i odbioru technicznego
7. Zakończenie całości przedsięwzięcia zgodnie z terminem określonym w umowie kredytowej i wystąpienie o wypłatę środków
8. Przeprowadzenie obserwacji i oceny rezultatów przeprowadzonej termomodernizacji

9 KLAUZULE I ZASTRZEŻENIA

- Przedmiot i cel wykonania audytu energetycznego oraz jego zakres określił zleceniodawca
- Niniejszy audyt energetyczny:
 - nie może być wykorzystany do żadnego innego celu niż określony w opracowaniu,
 - nie może być traktowany jako ekspertyza techniczna.
- Audytor nie odpowiada za wady ukryte, błędy i inne, których nie mógł stwierdzić na podstawie wizji, udostępnionej dokumentacji oraz materiałów i danych
- Autor opracowania przyjął w dobrej wierze informacje (zawarte w udostępnionej dokumentacji, a także udzielone przez inwestora i inne osoby zainteresowane) niezbędne do wykonania audytu
- W przypadku powstania niejasności należy zwrócić się do autora opracowania o dodatkowe informacje

ZAŁĄCZNIKI

Obliczenie strumienia powietrza wentylacyjnego

1. Pomieszczenia użytkowe			
Rodzaj pomieszczeń	Liczba pomieszczeń	Przyjęto m ³ /h	Strumień powietrza m ³ /h
Kuchnie	1	200	200
Łazienki	14	50	700
Oddzielne WC	0	30	0
Kubatura 37758,0 m ³			
Strumień powietrza = V * liczba wymian = V * 0,5 =			18879
Razem =			19779 m³/h

Stan istniejący

Wyniki - Ogólne

Nazwa projektu:	STAN ISTNIEJĄCY
Lokalizacja....:	ul. Obrońców Pokoju 10, oprócz bud.C
Projektant....:	dr inż. Dariusz Waluk
Data obliczeń :	Poniedziałek, 2 Marca 2009, 14:25

Miejscowość...	Jelenia Góra		
Strefa klim. :	3	Temp. zewnętrzna [°C]:	-20

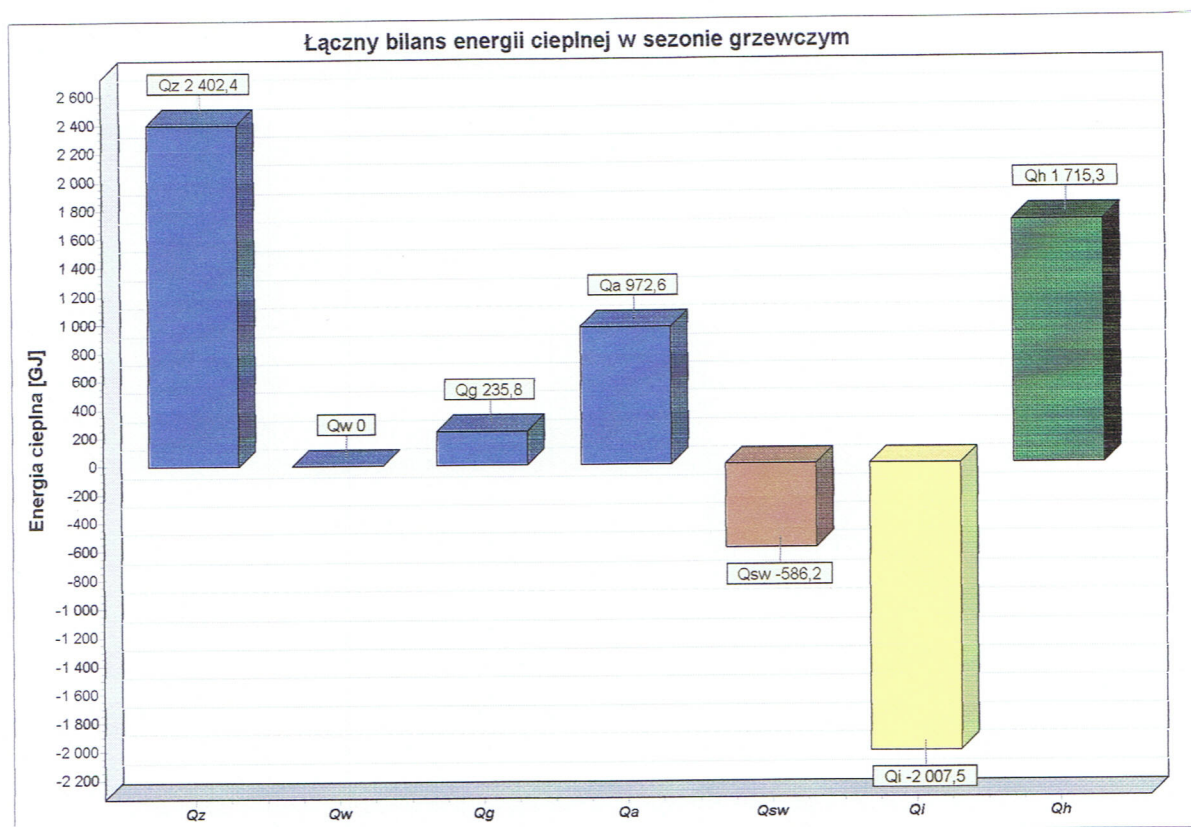
Pow.ogrz. [m2]:	7283	Kubatura ogrz.[m3]....:	37758
-----------------	------	-------------------------	-------

Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną..... Qo[W]:	483853
Zapotrzebowanie na moc cieplną dla wentylacji.. Qwent[W]:	114942
Dodatkowe zyski ciepła w pomieszczeniach..... Qzc[W]:	0
Zapotrzebowanie na m2 powierzchni ogrzewanej.. Qf, [W/m2]:	66.4
Zapotrzebowanie na m3 kubatury ogrzewanej..... Qv, [W/m3]:	12.8

Roczne zapotrzeb. na ciepło do ogrzewania...Qh, [GJ/rok]:	1715.33
Qh, [kWh/rok]:	476480
Wskaźnik sezonowego zapotrzeb. na ciepło EA, [MJ/m2*rok]:	235.5
EA, [kWh/m2*rok]:	65.4
Wskaźnik sezonowego zapotrzeb. na ciepło EV, [MJ/m3*rok]:	45.4
EV, [kWh/m3*rok]:	12.6

Wyniki - Bilans sezonowego zużycia energii cieplnej

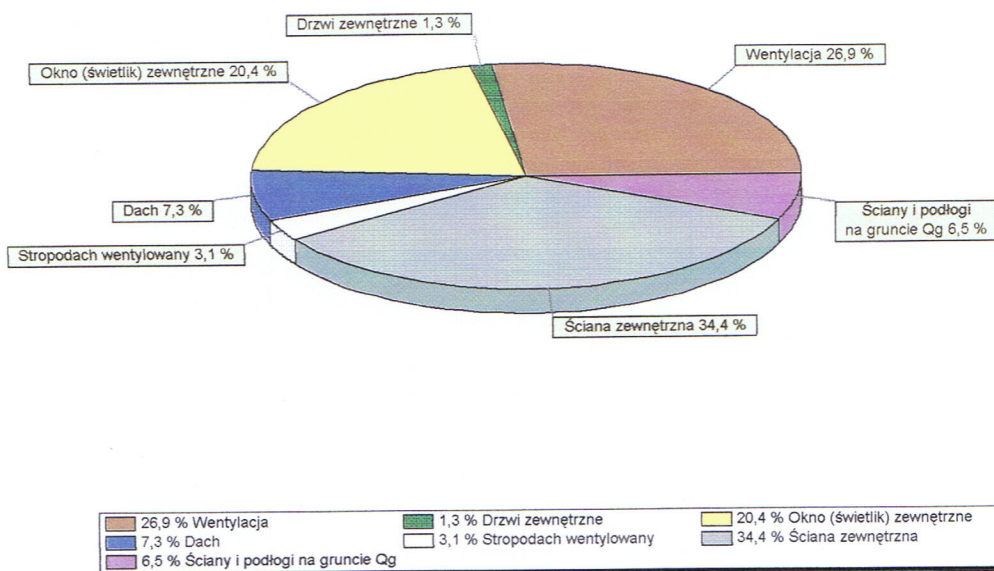
Miesiąc	Qz	Qw	Qg	Qa	Eta	Qsw	Qi	Qh
	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok		GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok
Wrzesień	24.90	0.00	3.16	10.08	0.455	17.68	45.21	9.54
Październik	236.29	0.00	23.39	95.66	0.612	94.75	280.33	125.70
Listopad	309.81	0.00	27.68	125.43	0.760	53.03	271.29	216.41
Grudzień	394.45	0.00	33.80	159.70	0.838	42.24	280.33	317.50
Styczeń	432.56	0.00	37.62	175.12	0.860	47.95	280.33	363.00
Luty	373.49	0.00	35.24	151.21	0.818	75.27	253.20	291.19
Marzec	348.72	0.00	37.62	141.18	0.739	111.88	280.33	237.49
Kwiecień	254.48	0.00	32.71	103.03	0.631	120.42	271.29	143.17
Maj	27.66	0.00	4.61	11.20	0.471	23.02	45.21	11.32
W sezonie	2402.36	0.00	235.83	972.61	0.731	586.23	2007.54	1715.33



Wyniki - Zestawienie sezonowych strat energii cieplnej

Opis	GJ/rok	kWh/rok	%
Drzwi zewnętrzne	46.04	12790	1.3
Okno (świetlik) zewnętrzne	738.22	205060	20.4
Dach	264.15	73374	7.3
Stropodach wentylowany	111.79	31054	3.1
Ściana zewnętrzna	1242.16	345044	34.4
Ściany i podłogi na gruncie	235.83	65508	6.5
Ciepło na wentylację	972.61	270168	26.9
Razem	3610.79	1002998	100.0

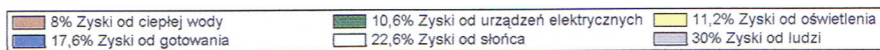
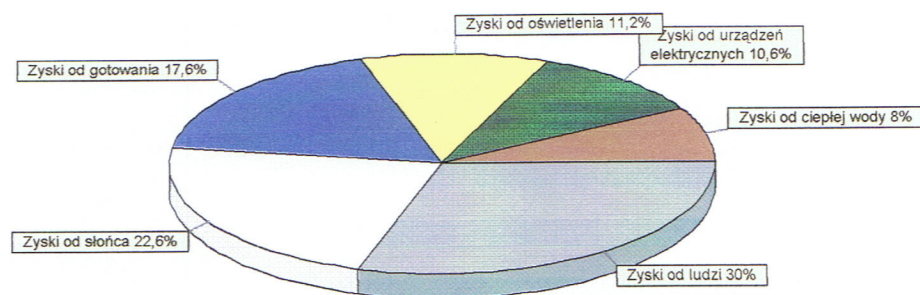
Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej



Wyniki - Zestawienie sezonowych zysków energii cieplnej

Opis	GJ/rok	kWh/rok	%
Zyski od słońca	586.23	162842	22.6
Zyski od ludzi	777.97	216104	30.0
Zyski od ciepłej wody	208.30	57862	8.0
Zyski od gotowania	455.74	126593	17.6
Zyski od oświetlenia	290.01	80559	11.2
Zyski od urządzeń elektrycznych .	275.51	76531	10.6
Razem	2593.77	720492	100.0

Szczegółowe zestawienie zysków energii cieplnej



Wariant I

Ocieplenie stropodachu wentylowanego

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania Q:

$$Q = Q_h * W_t * W_d / (\eta_w * \eta_p * \eta_r * \eta_e) =$$

$$= Q_h * 1,00 * 1,00 / (0,88 * 0,95 * 0,78 * 0,93); \quad \eta_{co} = 0,87; \quad GLR = 0,73863$$

Q = 2704,77 GJ

Wyniki - Ogólne

Nazwa projektu:	Wariant 1
Lokalizacja...:	ul. Obrońców Pokoju 10, oprócz bud.C
Projektant....:	dr inż. Dariusz Waluk
Data obliczeń :	Poniedziałek, 2 Marca 2009, 14:30

Miejscowość...	Jelenia Góra		
Strefa klim. :	3	Temp. zewnętrzna [°C]:	-20

Pow.ogrz. [m2]:	7283	Kubatura ogzr.[m3]...:	37758
-----------------	------	------------------------	-------

Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną..... Qo[W]:	470533
Zapotrzebowanie na moc cieplną dla wentylacji.. Qwent[W]:	114942
Dodatkowe zyski ciepła w pomieszczeniach..... Qzc[W]:	0
Zapotrzebowanie na m2 powierzchni ogrzewanej.. Qf, [W/m2]:	64.6
Zapotrzebowanie na m3 kubatury ogrzewanej..... Qv, [W/m3]:	12.5

Roczne zapotrzeb. na ciepło do ogrzewania...Qh, [GJ/rok]:	1640.17
Qh, [kWh/rok]:	455602
Wskaźnik sezonowego zapotrzeb. na ciepło EA, [MJ/m2*rok]:	225.2
EA, [kWh/m2*rok]:	62.6
Wskaźnik sezonowego zapotrzeb. na ciepło EV, [MJ/m3*rok]:	43.4
EV, [kWh/m3*rok]:	12.1

Wariant II

Ocieplenie stropodachu wentylowanego + Wymiana starych okien

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania Q:

$$Q = Q_h \cdot W_i \cdot W_d / (\eta_w \cdot \eta_p \cdot \eta_r \cdot \eta_e) =$$

$$= Q_h \cdot 1,00 \cdot 1,00 / (0,88 \cdot 0,95 \cdot 0,76 \cdot 0,93); \quad \eta_{co} = 0,87; \quad GLR = 0,82112$$

Q = 2301,78 GJ

Wyniki - Ogólne

Nazwa projektu:	Wariant 2
Lokalizacja....:	ul. Obrońców Pokoju 10, oprócz bud.C
Projektant.....:	dr inż. Dariusz Waluk
Data obliczeń :	Poniedziałek, 2 Marca 2009, 14:32

Miejscowość...	Jelenia Góra		
Strefa klim. :	3	Temp. zewnętrzna [°C]:	-20

Pow.ogrz. [m2]:	7283	Kubatura ogrz.[m3]....:	37758
-----------------	------	-------------------------	-------

Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną..... Qo[W]:	417600
Zapotrzebowanie na moc cieplną dla wentylacji.. Qwent[W]:	114942
Dodatkowe zyski ciepła w pomieszczeniach..... Qzc[W]:	0
Zapotrzebowanie na m2 powierzchni ogrzewanej.. Qf, [W/m2]:	57.3
Zapotrzebowanie na m3 kubatury ogrzewanej..... Qv, [W/m3]:	11.1

Roczne zapotrzeb. na ciepło do ogrzewania...Qh, [GJ/rok]:	1360.12
Qh, [kWh/rok]:	377810
Wskaźnik sezonowego zapotrzeb. na ciepło EA, [MJ/m2*rok]:	186.7
EA, [kWh/m2*rok]:	51.9
Wskaźnik sezonowego zapotrzeb. na ciepło EV, [MJ/m3*rok]:	36.0
EV, [kWh/m3*rok]:	10.0

Wariant III

*Ocieplenie stropodachu wentylowanego + Wymiana starych okien
+ Wymiana starych drzwi wejściowych*

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku Q_h :

$$Q_h = 1342,11 \text{ GJ}$$

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania Q :

$$\begin{aligned} Q &= Q_h \cdot W_t \cdot W_d / (\eta_w \cdot \eta_p \cdot \eta_r \cdot \eta_e) = \\ &= Q_h \cdot 1,00 \cdot 1,00 / (0,88 \cdot 0,95 \cdot 0,76 \cdot 0,93); \quad \eta_{co} = 0,87; \text{ GLR} = 0,82780 \\ Q &= 2271,30 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną:

$$q_{moc} = 414247 \text{ W}$$

Obliczenie kubaturowego wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło:

$$E = Q_h / V$$

$$E = 9,9 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$$

W rozpatrywanym wariantcie średni koszt produkcji 1 GJ wyniesie:

$$\begin{aligned} O_z &= [(Q \text{ MJ} / 34,2 \text{ MJ/m}^3) \cdot 1,7172 \text{ zł/m}^3] / Q \text{ GJ} = 50,21 \\ O_z &= 50,21 \text{ zł/GJ} \end{aligned}$$

Opłata odpowiadająca kosztom stałym ponoszonym przez właściciela za 1 MW wyniesie:

$$218,38 \text{ zł/m-c} / \Sigma q_{moc} \text{ MW} = 499,18$$

$$O_m = 499,18 \text{ zł/(MW, miesiąc)}$$

Miesięczna opłata abonamentowa wyniesie:

$$A_b = 21,96 \text{ zł/miesiąc}$$

Zapotrzebowanie gazu na cele c.o. (przy wartości opałowej $34,2 \text{ MJ/m}^3$) wyniesie:

$$B_{g.c.o.} = 2271300 \text{ MJ} / 34,2 \text{ MJ/m}^3 = 66412 \text{ m}^3$$

Przyjęto jako koszt całkowity ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym:

$$K_{og} = 50,21 \cdot 2271,30 + 499,18 \cdot 0,414247 \cdot 12 + 21,96 \cdot 12 = 116787$$

$$K_{og} = 116787 \text{ zł} = 1,34 \text{ zł/m}^2 \text{ p.u./m-c}$$

Zapotrzebowanie ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej:

$$Q_{cw} = 299,04 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie mocy cieplnej na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej:

$$q_{cw} = 23227 \text{ W}$$

Zapotrzebowanie gazu na cele c.w.u. (przy wartości opałowej $34,2 \text{ MJ/m}^3$) wyniesie:

$$B_{g.c.w.u.} = 23227 \text{ MJ} / 34,2 \text{ MJ/m}^3 = 8744 \text{ m}^3$$

Koszt ogrzewania na cele c.w.u. wyniesie:

$$K_{og.c.w.u.} = 50,21 \cdot 299,04 + 499,18 \cdot 0,023227 \cdot 12 = 15154$$

$$K_{og.c.w.u.} = 15154 \text{ zł} = 10,64 \text{ zł/m}^3$$

Wyniki - Ogólne

Nazwa projektu:	Wariant 3
Lokalizacja....:	ul. Obrońców Pokoju 10, oprócz bud.C
Projektant.....:	dr inż. Dariusz Waluk
Data obliczeń :	Poniedziałek, 2 Marca 2009, 14:40

Miejscowość...	Jelenia Góra		
Strefa klim. :	3	Temp. zewnętrzna [°C]:	-20

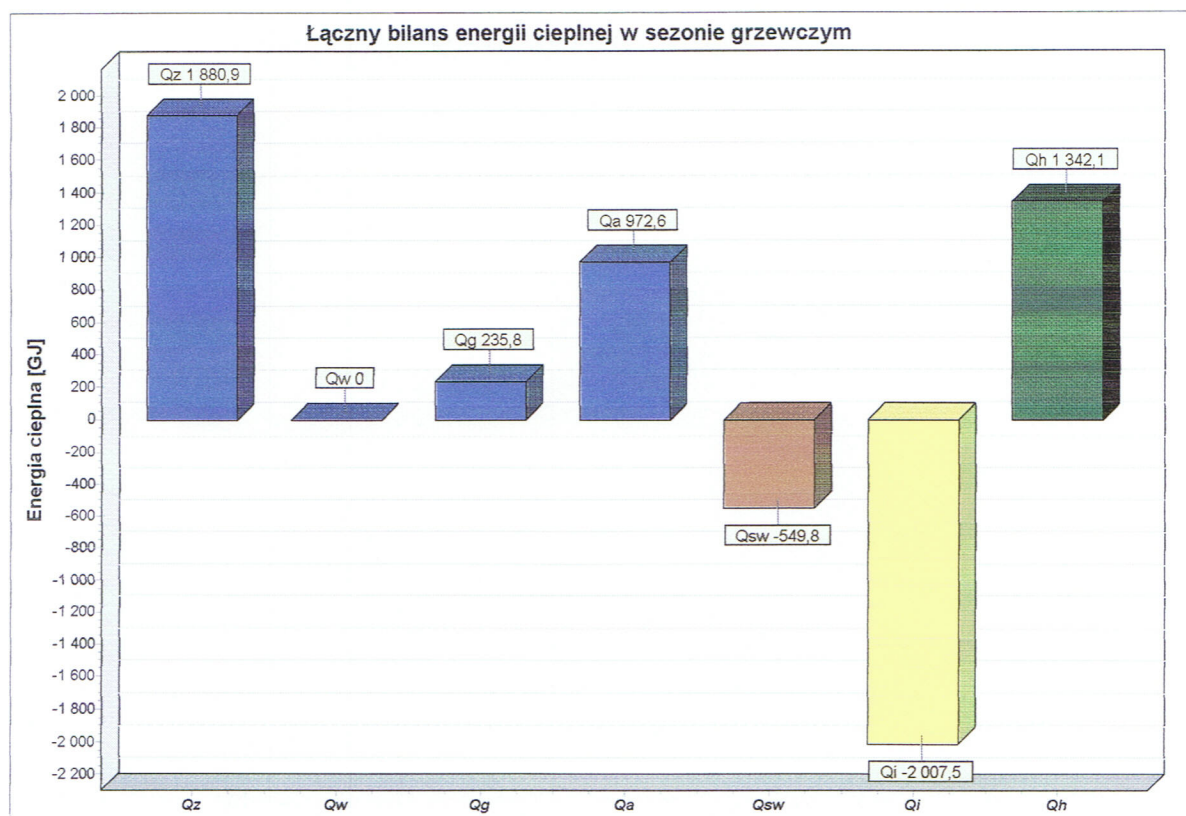
Pow.ogrz. [m2]:	7283	Kubatura ogrz.[m3]....:	37758
-----------------	------	-------------------------	-------

Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną..... Q_o [W]:	414247
Zapotrzebowanie na moc cieplną dla wentylacji.. Q_{went} [W]:	114942
Dodatkowe zyski ciepła w pomieszczeniach..... Q_{zc} [W]:	0
Zapotrzebowanie na m2 powierzchni ogrzewanej.. Q_f , [W/m2]:	56.9
Zapotrzebowanie na m3 kubatury ogrzewanej..... Q_v , [W/m3]:	11.0

Roczne zapotrzeb. na ciepło do ogrzewania... Q_h , [GJ/rok]:	1342.11
Q_h , [kWh/rok]:	372808
Wskaźnik sezonowego zapotrzeb. na ciepło EA, [MJ/m2*rok]:	184.3
EA, [kWh/m2*rok]:	51.2
Wskaźnik sezonowego zapotrzeb. na ciepło EV, [MJ/m3*rok]:	35.5
EV, [kWh/m3*rok]:	9.9

Wyniki - Bilans sezonowego zużycia energii cieplnej

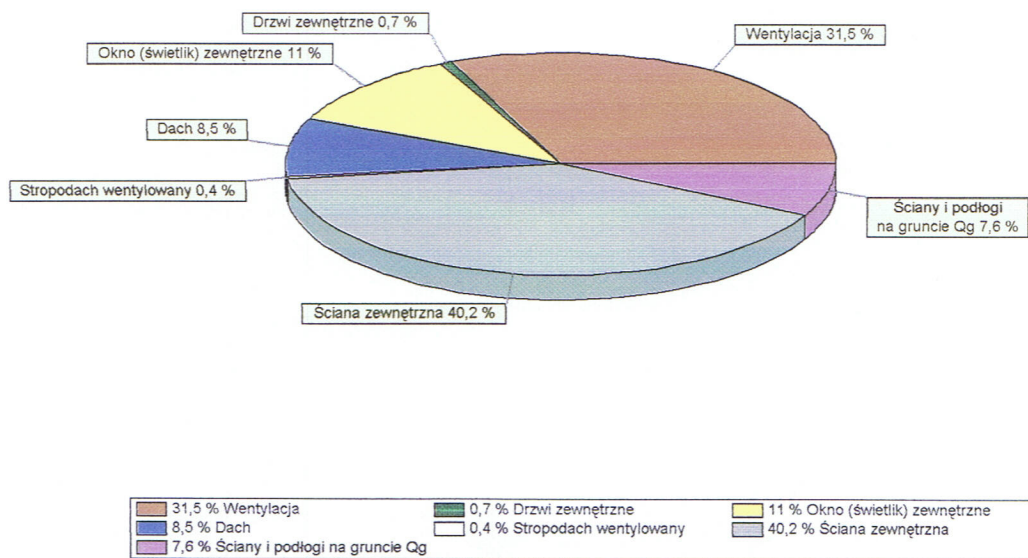
Miesiąc	Qz	Qw	Qg	Qa	Eta	Qsw	Qi	Qh
	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok		GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok
Wrzesień	19.49	0.00	3.16	10.08	0.411	16.58	45.21	7.32
Październik	185.00	0.00	23.39	95.66	0.561	88.87	280.33	96.89
Listopad	242.56	0.00	27.68	125.43	0.708	49.74	271.29	168.24
Grudzień	308.83	0.00	33.80	159.70	0.792	39.62	280.33	248.95
Styczeń	338.67	0.00	37.62	175.12	0.816	44.97	280.33	285.83
Luty	292.42	0.00	35.24	151.21	0.772	70.60	253.20	228.86
Marzec	273.03	0.00	37.62	141.18	0.690	104.93	280.33	185.80
Kwiecień	199.25	0.00	32.71	103.03	0.582	112.94	271.29	111.44
Maj	21.66	0.00	4.61	11.20	0.429	21.59	45.21	8.79
W sezonie	1880.92	0.00	235.83	972.61	0.683	549.84	2007.54	1342.11



Wyniki - Zestawienie sezonowych strat energii cieplnej

Opis	GJ/rok	kWh/rok	%
Drzwi zewnętrzne	20.89	5804	0.7
Okno (światlik) zewnętrzne	341.12	94755	11.0
Dach	264.15	73374	8.6
Stropodach wentylowany	12.60	3500	0.4
Ściana zewnętrzna	1242.16	345044	40.2
Ściany i podłogi na gruncie	235.83	65508	7.6
Ciepło na wentylację	972.61	270168	31.5
Razem	3089.35	858153	100.0

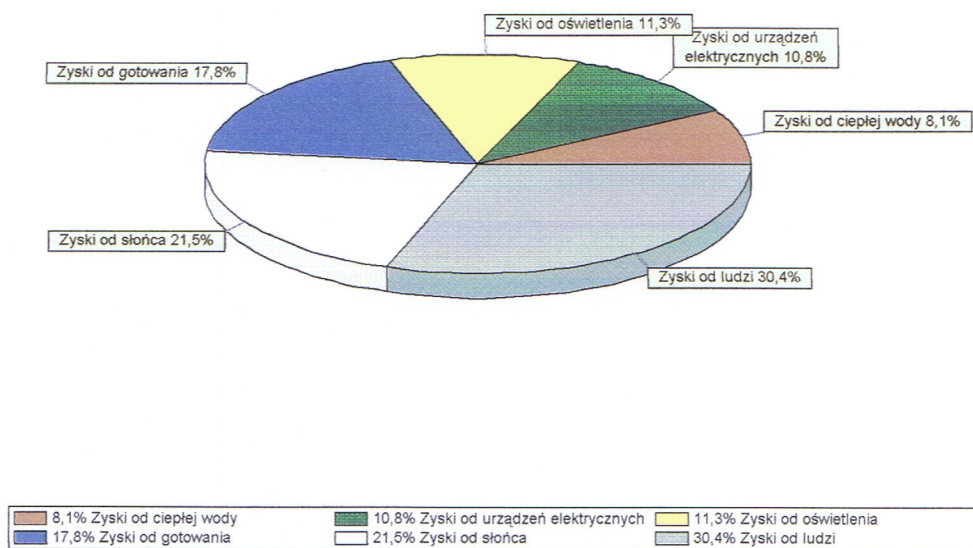
Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej



Wyniki - Zestawienie sezonowych zysków energii cieplnej

Opis	GJ/rok	kWh/rok	%
Zyski od słońca	549.84	152733	21.5
Zyski od ludzi	777.97	216104	30.4
Zyski od ciepłej wody	208.30	57862	8.1
Zyski od gotowania	455.74	126593	17.8
Zyski od oświetlenia	290.01	80559	11.3
Zyski od urządzeń elektrycznych .	275.51	76531	10.8
Razem	2557.38	710383	100.0

Szczegółowe zestawienie zysków energii cieplnej



**Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną
na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku**

Stan istniejący

Opis	Oznaczenie	Wielkość	Jednostki
1	2	3	4
Liczba użytkowników	U	780	osób
Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę dla użytkownika	q_c	0,005	m ³ /d
Liczba godzin użytkowania instalacji w ciągu doby	τ	18	h/d
Liczba dni użytkowania instalacji w ciągu roku	D	365	d
Współczynnik godzinowej nierównomierności rozbioru	N_h	1,835	-
Obliczeniowa temperatura ciepłej wody	t_c	55	°C
Obliczeniowa temperatura zimnej wody	t_z	5	°C
Cena 1 m ³ zimnej wody	C_{zw}	5,40	zł/m ³
Średnie dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę	$q_{d\ \acute{s}r}$	3,900	m ³ /d
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę	$q_{h\ \acute{s}r}$	0,217	m ³ /h
Obliczeniowa moc cieplna średnia godzinowa	$\Phi_{h\ \acute{s}r}$	12,658	kW
Roczne zużycie c.w.u.	V_{cw}	1424	m ³
Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.	Q_{cwu}	299,04	GJ
Roczny koszt przygotowania c.w.u. (podgrzania)	$K_{R\ cw}$	15135	zł
Roczny koszt wody zimnej	$K_{R\ zw}$	7690	zł
Sumaryczny koszt c.w.u.	K_R	22825	zł
Średni koszt 1 m ³ c.w.u.	$K_{\acute{s}r}$	16,03	zł/m ³
Średni koszt podgrzania 1 m ³ c.w.u.	$K_{P\ \acute{s}r}$	10,63	zł/m ³
Obliczeniowa moc cieplna maksymalna godzinowa	$\Phi_{h\ max}$	23,227	kW

Określenie wielkości emisji zanieczyszczeń**Stan przed i po termomodernizacji**

L.p.	Substancja	Jednostka wskaznika	Wskaźnik emisji	Roczna ilość spalonego paliwa B	Roczna emisja substancji $E=B \cdot w$	Roczna emisja substancji	Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń $E_0 - E_1$	Procentowe zmniejszenie emisji zanieczyszczeń $(E_0 - E_1) / E_0 \cdot 100\%$	Roczna ilość spalonego paliwa B
1	2	3	w	$[10^6 \text{ m}^3]$	[kg]	[ton]	[ton/rok]	[%]	$[\text{m}^3]$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stan istniejący - gaz ziemny									
1	SO ₂	kg/10 ⁶ m ³	2*s	0,091455	0,000	0,000000	-	-	91455
2	NO ₂	kg/10 ⁶ m ³	1280	0,091455	117,062	0,117062	-	-	91455
3	CO	kg/10 ⁶ m ³	360	0,091455	32,924	0,032924	-	-	91455
4	CO ₂	kg/10 ⁶ m ³	1964000	0,091455	179617,620	179,617620	-	-	91455
5	pył	kg/10 ⁶ m ³	15	0,091455	1,372	0,001372	-	-	91455
Stan po termomodernizacji (Wariant III) - gaz ziemny									
1	SO ₂	kg/10 ⁶ m ³	2*s	0,075156	0,000	0,000000	0,000000	-	75156
2	NO ₂	kg/10 ⁶ m ³	1280	0,075156	96,200	0,096200	0,020862	17,8	75156
3	CO	kg/10 ⁶ m ³	360	0,075156	27,056	0,027056	0,005868	17,8	75156
4	CO ₂	kg/10 ⁶ m ³	1964000	0,075156	147606,384	147,606384	32,011236	17,8	75156
5	pył	kg/10 ⁶ m ³	15	0,075156	1,127	0,001127	0,000245	17,9	75156

Uwagi:

Przyjęto $s = 0 \text{ mg/m}^3$ przy wartości opałowej gazu $34,2 \text{ MJ/m}^3$

Wskaźnik unosu substancji zanieczyszczających powstających przy spalaniu gazu przyjęto na podstawie Materiałów informacyjno-instruktażowych Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, "Wskaźniki emisji substancji zanieczyszczających wprowadzanych do powietrza z procesów spalania paliw".

Obliczenie nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych usprawnień

1. Nakłady inwestycyjne dla poszczególnych usprawnień; oferowane ceny modernizacji przyjęto na podstawie kalkulacji inwestora, analizy lokalnych cen rynkowych, ofert dostawców i wykonawców

1.1 Ocieplenie stropodachu wentylowanego (optymalną grubością 20 cm, cena 76 zł/m²):

$$200 \text{ m}^2 * 76 \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{15200 \text{ zł}}}$$

1.2 Wymiana starych okien (optymalny wariant $U=1,45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $0,5 < a < 1,0$, cena 590 zł/m²):

$$588 \text{ m}^2 * 590 \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{346920 \text{ zł}}}$$

1.3 Wymiana starych drzwi wejściowych (optymalny wariant $U=1,55 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, $a=0,5$, cena 1200 zł/m²)

$$20 \text{ m}^2 * 1200 \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{24000 \text{ zł}}}$$

