

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Mieszkalny, wielorodzinny		1.2 Rok budowy
1.3 Właściciel lub zarządca budynku	Wspólnota Mieszkaniowa ul. Parkowa 17 58-302 Wałbrzych tel. (0-74) 66-66-646	1.4 Adres budynku	ul. Parkowa 17 58-302 Wałbrzych Powiat Wałbrzyski Województwo Dolnośląskie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:			
Pracownia Projektowa „KONSTRUKTOR” ul. Wojska Polskiego 5, 58-160 Świebodzice, biuro: ul. Broniewskiego 1B, 58-309 Wałbrzych tel./fax. (0-74) 665-96-96, 606 81-20-89 REGON: 890658291			
3. Imię, nazwisko, adres oraz numer PESEL audytora koordynującego wykonywanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis			
mgr inż. Piotr Rajca ul. Wojska Polskiego 5, 58-160 Świebodzice	inżynier budownictwa – uprawnienia budowlane NBGP.V-7342/3/75/98 i 691/01/DUW kurs audytorów energetycznych KAPE/99/115	PESEL: 72061400352	Podpis:
4. Współautorzy			
Lp.	4.1 Imię i nazwisko	4.2 Zakres udziału w audycie	4.3 Posiadane kwalifikacje
5. Miejscowość: Wałbrzych		data wykonania opracowania: sierpień 2012 r.	
6. Spis treści			
1. DANE OGÓLNE.5 1.1 Podstawa formalna 5 1.2 Podstawa prawna 5 1.3 Przedmiot opracowania 5 2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA OBIEKTU. 5 2.1 Opis techniczny konstrukcji 6 2.1.1. Ściany zewnętrzne 6 2.1.2. Ściany piwnic 7 2.1.3. Przegrody poziome 7 2.1.4. Ściany wewnętrzne 8 2.1.5. Okna i drzwi 8 2.1.6. Podsumowanie 9 2.2. System grzewczy 10 2.2.1. Charakterystyka 10 2.2.2. Zapotrzebowanie na ciepło i taryfy 10 2.3. System c.w.u. 11 2.4. System wentylacji 11 3. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU. 12 3.1. Przegrody budowlane 12 3.2. System grzewczy..... 13 3.3. System c.w.u. i wentylacji 13			

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI.....	13
5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.	14
5.1. Zmniejszenie strat przenikania przez przegrody.....	14
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych budynku	15
5.1.2. Zmiana zabudowy z luksferów na ściankę murowaną z docieplenie	15
5.1.3. Docieplenie stropu nad piwnicą	16
5.2. Zmniejszenie strat przenikania przez stolarkę okienną	16
5.2.1. Wymiana stolarki okiennej w mieszkaniach	16
5.2.2. Wymiana stolarki okiennej klatki schodowej	16
5.3. Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego	17
5.4. Podsumowanie	18
6. WYBÓR OPTYMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI.	18
7. SZCZEGÓŁOWE WYLICZENIE ROCZNYCH OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW OGRZEWANIA I OSZCZĘDNOŚCI ENERGII DLA OPTYMALNEGO WARIANTU MODERNIZACJI.....	21
8. ZAŁĄCZNIKI.....	22

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. Dane ogólne			
1	Konstrukcja / technologia budynku	Tradycyjna murowana	
2	Liczba kondygnacji	5	
3	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	1 624	
4	Powierzchnia netto budynku [m ²]	710,62	
5	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	649,52	
6	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	61,1 – klatka schodowa	
7	Liczba mieszkań	15	
8	Liczba osób użytkujących budynek	30	
9	Sposób przygotowania ciepłej wody	indywidualny, termy gazowe	
10	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Z kotłowni gazowej osiedlowej	
11	Współczynnik kształtu [1/m]	0,58	
12	Inne dane charakteryzujące budynek		
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [W/m²K]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Ściany zewnętrzne	1,33	0,24
2	Zabudowa z luksferów klatek schodowych	2,57	0,21
3	Stropodach	2,63	0,20
4	Strop piwnicy	1,66	1,66
5	Okna mieszkań	3,00 (1,60)	3,00 (1,60)
6	Okna klatek schodowych	1,60	1,60
7	Drzwi	1,60	1,60
3. Sprawności składowe systemu grzewczego			
1	Sprawność wytwarzania η_g	0,94	0,94
2	Sprawność przesylania η_d	0,94	0,94
3	Sprawność regulacji i wykorzystania η_e	0,87	0,93
4	Sprawność akumulacji η_s	0,95	0,95
5	Przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia w_t	1,00	1,00
6	Przerwy na ogrzewanie w ciągu doby w_d	0,95	0,95
4. Charakterystyka systemu wentylacji			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nawietrzaki nieszczelności stolarki	nawietrzaki nieszczelności stolarki
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	1875	1875
4	Liczba wymian [1/h]	1,15	1,15
5. Charakterystyka energetyczna budynku			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	85,4	40,9
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	30,2	30,2
3	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	660,1	284,8
4	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	858,7	346,6
5	Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. [GJ/rok]	71,0	71,0
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]	880,0	-
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]	112,90	48,71
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]	146,87	59,28
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]	367,22	148,22

6. Opłaty jednostkowe			
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie [zł]	53,03	53,03
2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	4655,36	4655,36
3	Opłata za podgrzanie 1 m ³ c.w.u. [zł]	12,83	12,83
4	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc [zł]	3650,0	3650,0
5	Opłata za ogrzanie 1 m ² pow. użytkowej [zł]	6,45	2,65
6	Opłata abonamentowa [zł]	-	-
7	Inne [zł]	-	-
7. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
Planowana suma kredytu [zł]	190 000,0	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	55,08
Planowane koszty całkowite [zł]	199 196,2	Premia termomodernizacyjna [zł]	31 871,4
Roczna oszczędność kosztów energii [zł]	29 643,1		

WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA:

1. Maksymalny zadeklarowany przez Inwestora udział środków własnych w koszcie planowanego zadania wynosi 15 000,0 zł,
2. Uwzględnienie w pierwszej kolejności jako możliwe do realizacji usprawnienia obejmujące docieplenie ścian zewnętrznych, zmiana zabudowy z luksferów na ścianki murowane ocieplone oraz docieplenie stropodachu.
3. Usprawnienia systemu grzewczego - montaż zaworów podpionowych oraz zaworów termostatycznych.

Dokumenty i dane źródłowe z których korzystał audytor:

1. Dane dotyczące zużycia ciepła na ogrzewanie budynku,
2. Dane dotyczące zapotrzebowania na moc cieplną na cele c.o.,
3. Informacja dotycząca powierzchni użytkowej, roku budowy oraz ilości zameldowanych osób,
4. Informacja dotycząca rzeczywistych kosztów ogrzewania budynku
5. Dane dotyczące dotychczas wykonanych usprawnień systemu grzewczego i przegród ,

1. DANE OGÓLNE

1.1. PODSTAWA FORMALNA

Opracowanie pn. **Audyt energetyczny. Budynek mieszkalny wielorodzinny przy ul. Parkowa 17 w Wałbrzychu** zostało wykonane na zlecenie Wspólnoty Mieszkaniowej na podstawie zlecenia o wykonanie audytów energetycznych.

1.2. PODSTAWA PRAWNA

Niniejszy audyt energetyczny został wykonany zgodnie z wytycznymi wykonywania tego typu opracowań, które zostały szczegółowo opisane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytu, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

1.3. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego audytu energetycznego jest wielorodzinny budynek mieszkalny położony przy ul. Parkowej 17 w Wałbrzychu.

W opracowaniu zaproponowano i przeanalizowano (pod kątem oszczędności energii oraz opłacalności) szereg przedsięwzięć termomodernizacyjnych odnoszących się do w/w budynku.

Opracowanie kończy się wyborem najbardziej optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – wariant wybrany zgodnie z algorytmem oceny opłacalności, który spełnia wszystkie warunki i kryteria określone w ustawie, przeznaczony do realizacji. Wybrany wariant spełnia wymagania określone w Ustawie z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów.

2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO – BUDOWLANA OBIEKTU

Budynek został oddany do użytku w 1969 roku. Wykonany został w technologii tradycyjne murowane z cegły ceramicznej pełnej.

Budynek posiada 5 kondygnacji mieszkalnych i 15 mieszkań. Przedmiotowy budynek stanowi segment skrajny lewy budynku czteroklatkowego. Obiekt zamieszkiwany jest przez 30 osób.

Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku została sporządzona w oparciu o :

- ◆ oględziny budynku,
- ◆ pomiary z natury wykonane w miesiącu marcu 2011,
- ◆ inwentaryzacja uproszczona kondygnacji powtarzalnych,
- ◆ informacje przekazane przez właściciela budynku.

2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

Przedmiotowy budynek jest podpiwniczony, stropodach dwuspadowy wentylowany pokryty papą. Podstawowe parametry techniczne analizowanego budynku mieszkalnego przedstawiono w tabeli 1

Tabela 1. Parametry techniczne budynku.

L.p.	Parametr	Jednostka	Obmiar
1	Wysokość kondygnacji	[m]	2,50
2	Powierzchnia użytkowa	[m ²]	649,52

2.1.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE

Ściany zewnętrzne budynku, wykonane są jako murowane z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej gr. 45cm. Układ warstw ściany przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Układ warstw ścian zewnętrznych bez blachy.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Mur z cegły pełnej	45,0	0,77

Część ścian klatki schodowej wykonana jest jako zabudowa z pustaków szklanych gr. 8cm. Układ warstw ściany przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Układ warstw ściany szczytowej.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Pustak szklany	8,0	0,364

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowano na końcu rozdziału.

2.1.2. ŚCIANY PIWNIC

Ściany zewnętrzne piwnicy są wykonane jako monolityczne żelbetowe o grubościach 35cm. Układ warstw ścian piwnicy, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Układ warstw ścian piwnicy.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Żelbet	35,0	1,70

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.3. PRZEGRODY POZIOME

Wszystkie stropy budynku wykonane są z płyt stropowych żelbetowych o grubości 24 cm pokrytych dodatkowo warstwami ocieplającymi i wykończeniowymi. Układ warstw stropu pomiędzy kondygnacjami powtarzalnymi, licząc od dołu do góry, przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Układ warstw stropu powtarzalnego.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Płyta żelbetowa	24,0	1,33
2	Płyta pilśniowa porowata	1,25	0,18
3	Jastyrych cementowy	3,5	1,00

Układ warstw stropu nad piwnicą jest niemal identyczny. Występuje w nim dodatkowa warstwa płyty pilśniowej. Pokazuje to tabela 5.

Tabela 5. Układ warstw stropu nad piwnicą.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Płyta żelbetowa	24,0	1,33
2	Płyta pilśniowa porowata	2,5	0,18
3	Jastrych cementowy	3,5	1,00
4	Wykładzina PCV	0,5	0,20

Strop nad ostatnią kondygnacją został ocieplony sporadycznie występującą wełną mineralną oraz gruzem. W związku ze sporadycznym występowaniem wełny mineralnej w obliczeniach jej nie uwzględniano. (tabela 6).

Tabela 6. Układ warstw stropu nad ostatnią kondygnacją.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Płyta żelbetowa	24,0	1,33
2	Wentylowana pustka powietrzna	40,0	-----
3	Płyta żelbetowa	8,0	1,70

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.4. ŚCIANY WEWNĘTRZNE

W audycie energetycznym rozpatrywano jedynie ściany wewnętrzne oddzielające strefy o różnej temperaturze obliczeniowej, a więc mieszkania, klatkę schodową, piwnice.

Tabela 7. Układ warstw ścian piwnica – klatka schodowa.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Mur z cegły pełnej	24,0	0,77

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.5. OKNA I DRZWI

W budynku znajduje się typowa drewniana, PCV (wymieniona przez lokatorów – ok. 90%). W mieszkaniach: okna i drzwi balkonowe drewniane lub PCV dwuszybowe. Na klatce schodowej stolarka okienna PCV wymieniona przez Inwestora w ostatnich latach. Zestawienie wszystkich rozmiarów stolarki okiennej wraz z ilością oraz wartościami współczynnika przenikania ciepła znajduje się w tabeli 8.

Tabela 8. Stolarka okienna.

L.p.	Stolarka	Miejsce posadowienia	Powierzchnia	Ilość [szt.]	U ¹⁾ [W/m ² K]	a ²⁰ [m ³ /mhdaPa ^{2/3}]
			[m ²]			
1	230 x 140	ściana frontowa	3,22	10	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
2	110 x 140	ściana frontowa	1,54	20	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
3	230 x 140	ściana tylna	3,22	10	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
4	110 x 140	ściana tylna	1,54	10	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
5	140 x 140	ściana tylna	1,96	10	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
6	90 x 225	ściana tylna	2,02	10	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
7	230 x 140	ściana klatki schodowej	3,22	4	1,6	0,5
8	230 x 210	ściana klatki schodowej - drzwi	4,83	1	1,6	0,5

Drzwi wejściowe do mieszkań drewniane typowe, a założony dla nich współczynnik przenikania ciepła wynosi $U = 3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.1.6. PODSUMOWANIE

W załączniku I do niniejszej pracy zamieszczono rzuty poziome kondygnacji typowej analizowanego budynku pochodzące z uproszczonej inwentaryzacji budowlanej opracowanej przez Pracownię Projektową „KONSTRUKTOR” w Świebodzicach. Załącznik zawiera również rysunki elewacji budynku opracowane podczas wykonywania inwentaryzacji elewacji budynku. W tabeli 9 zestawiono powierzchnie całkowite ścian i stropów (nie odliczono powierzchni okien i drzwi) oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

Tabela 9. Współczynnik przenikania przegród budowlanych (od powierzchni ścian nie odliczono powierzchni otworów okiennych i drzwiowych).

L.p.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m ²]	[W/m ² K]
1	Ściana zewnętrzna	780,9	1,33
2	Zabudowa z luksferów	13,8	2,57
3	Strop nad piwnicą	130,0	1,66
4	Stropodach wentylowany	191,0	2,63
5	Ściany wewnętrzne	192,0	1,71

2.2. SYSTEM GRZEWczy

2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek jest zasilany w energię cieplną na potrzeby c.o. z kotłowni gazowej zlokalizowanej w budynku sąsiednim. Właścicielem kotłowni jest Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Wałbrzychu.

Budynek jest wyposażony w tradycyjny typ instalacji c.o.. W mieszkaniach lokatorskich znajdują się żeliwne grzejniki. Na grzejnikach brak jest zamontowanych zaworów termostatycznych. Na pionach brak zamontowanych zaworów automatycznej regulacji podpionowej.

Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego na poziomach przedstawionych w tabeli 10.

Tabela 10. Składowe sprawności systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_g	0,94
2	Sprawność przesyłania ciepła	η_d	0,94
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	η_e	0,87
4	Sprawność akumulacji ciepła	η_s	0,95
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	1,00
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	W_d	0,95
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,7303

2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Taryfy opłat za energię kupowaną w PEC Wałbrzych. pokazuje tabela 11.

Tabela 11. Taryfy opłat za energię ciepłą.

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/m-c]	4655,36
Cena ciepła	[zł/GJ]	53,03

W tabeli 12 i 13 zamieszczono wielkość aktualnej mocy zamówionej oraz zużycie energii cieplnej z sezonów grzewczych 20011/2012 i 2010/2011.

Tabela 12 Zużycie energii analizowanego budynku w sezonie grzewczym 2011/2012

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	697,9
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,126

Tabela 13 Zużycie energii analizowanego budynku w sezonie grzewczym 2010/2011

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	733,3
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,126

Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła analizowanego budynku wyznaczone dla standardowego sezonu grzewczego wykonano przy użyciu programu CertoH.

Tabela 14. Obliczeniowe zużycie energii analizowanego budynku w sezonie standardowym.

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	645,0
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,0854

Zużycie energii cieplnej dla sezonu standardowego z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego (858,7) oraz zmierzone zużycie ciepła dla rzeczywistego sezonu grzewczego po przeliczeniu na warunki sezonu standardowego (806,6 GJ) odbiegają od siebie nieznacznie. Należy zatem uznać, że różnica zużycia energii dla sezonu standardowego z uwzględnieniem sprawności a zmierzonym zużyciem przeliczonym na warunki sezonu standardowego wynosząca ok. 6,1% mieści się w granicach dopuszczalnych.

2.3. SYSTEM c.w.u.

Analizowany budynek posiada indywidualny system zaopatrzenia w c.w.u. tzn., że do mieszkań dostarczana jest zimna woda wodociągowa gdzie, przy użyciu term gazowych, jest w zależności od indywidualnych potrzeb mieszkańców podgrzewana.

Obliczenia zapotrzebowania ciepła na cele c.w.u. przyjęto przy następujących założeniach:

- rozbiór ciepłej wody – 329 doba/rok
- rozbiór ciepłej wody 20 h/dobę

Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody – 30,2 kW

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u.– 71,0 GJ

Na podstawie danych dotyczących zużycia gazu dla celów c.w.u. i związanych z tym opłat przyjęto do dalszych obliczeń:

- opłata za podgrzanie 1m³ c.w.u. – 12,83 zł
- opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. – 3650,0 zł

2.4. SYSTEM WENTYLACJI

W analizowanym budynku występuje grawitacyjny system wentylacji poprzez kratki wentylacyjne znajdujące się w kuchniach i łazienkach. Przy obliczeniach strat ciepła przyjęto normowe ilości wymian w pomieszczeniach – minimalne krotności wymian powietrza 0,5 1/h.

Stopień szczelności obudowy budynku – średni (krotność wymiany powietrza $n_{50}=4$).

Dla obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło budynku przyjęto W analizowanym budynku występuje grawitacyjny system wentylacji poprzez kratki wentylacyjne znajdujące się w kuchniach i łazienkach. Przy obliczeniach strat ciepła przyjęto normowe ilości wymian w pomieszczeniach określone w PN – 83/B-03430 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania*. Obliczenia strumienia powietrza wentylacyjnego wykonano przy następujących założeniach:

- dla kuchni z oknem zewn. wyposażoną w kuchenkę gazową – $70 \text{ m}^3/\text{h}$ - 15szt.
- dla kuchni bez okna zewn. wyposażoną w kuchenkę gazową – $70 \text{ m}^3/\text{h}$
- dla łazienki z ustępem lub bez – $50 \text{ m}^3/\text{h}$ – 15 szt.
- dla oddzielnego ustępu – $30 \text{ m}^3/\text{h}$
- dla klatki schodowej – $75 \text{ m}^3/\text{h}$

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego wynosi – $1875 \text{ m}^3/\text{h}$.

3. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

3.1. PRZEGRODY BUDOWLANE

Budynek mieszkalny przy ul. Parkowej 17 w Wałbrzychu jest eksploatowany od prawie 50 lat. W wyniku dokonanego przeglądu nie stwierdzono znacznych uszkodzeń w okładzinach zewnętrznych betonowych. Stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest zadowalający.



Fotografia 1 . Widok elewacji frontowej



Fotografia 2. Widok elewacji tylnej

Podsumowując, budynek ze względu na okres kiedy został wybudowany, w sposób oczywisty nie spełnia obowiązujących obecnie wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród budowlanych określonych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 Dz. U. 2002 r. Nr 75 poz. 690 z późn. zmianami w *sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie*.

Stolarka okienna mieszkań (z wyjątkiem wymienionej przez lokatorów – ok. 90%) znajduje się w złym stanie technicznym i uzasadniona byłaby jej wymiana.

Stolarka okienna w obrębie klatek schodowych wykonana jest z PCV (stolarka wymieniona przez Inwestora) – stan techniczny bardzo dobry.

W związku z powyższym rozważa się następujące przedsięwzięcia termomodernizacyjne zmierzające do poprawienia izolacyjności cieplnej przegród budowlanych budynku:

- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych (w tym ściany klatki schodowej),
- ◆ zmiana zabudowy z luksferów na ściankę murowaną z gazobetonu z dociepleniem styropianem
- ◆ docieplenie stropodachu wentylowanego,
- ◆ wymianę stolarki okiennej w mieszkaniach na okna o lepszej izolacyjności termicznej (z wyłączeniem okien na klatkach schodowych),

3.2. SYSTEM GRZEWczy

Analizowany budynek jest zasilany w energię ciepłą na potrzeby c.o. z kotłowni gazowej zlokalizowanej w budynku sąsiednim. Właścicielem kotłowni jest Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Wałbrzychu.

Budynek jest wyposażony w tradycyjny typ instalacji c.o.. W mieszkaniach lokatorskich znajdują się żeliwne grzejniki. Na grzejnikach brak jest zamontowanych zaworów termostatycznych. Na pionach brak zamontowanych zaworów automatycznej regulacji podpionowej.

Stan techniczny instalacji c.o. zadowalający.

W związku z powyższymi przedsięwzięciami związanymi z systemem grzewczym, które rozważa się w niniejszej pracy są:

- ◆ montaż zaworów termostatycznych na grzejnikach oraz zaworów podpionowych na pionach instalacji c.o.,

3.3. SYSTEM c.w.u. I WENTYLACJI

Zaopatrzenie mieszkańców w ciepłą wodę zachodzi poprawnie. Podobnie jest z systemem wentylacji grawitacyjnej.

Do przedsięwzięć termomodernizacyjnych, które mogą zostać podjęte w systemie c.w.u. i wentylacji należy zaliczyć przede wszystkim:

- ♦ przebudowę systemu c.w.u. z zasilania indywidualnego na zasilanie centralne,
- ♦ przebudowę systemu wentylacji grawitacyjnej na system mechaniczny,

Wydaje się jednak, że koszt przeprowadzenia w/w przedsięwzięć byłby niewspółmiernie duży do uzyskanych dzięki nim oszczędności energii. Postanowiono więc już na tym etapie pracy odrzucić obydwa przedsięwzięcia.

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI

W tabeli 15 zestawiono wszystkie możliwe do zrealizowania w analizowanym budynku mieszkalnym usprawnienia o charakterze termomodernizacyjnym. Odrzucono kosztowne przedsięwzięcia termomodernizacyjne związane z modernizacją systemów c.w.u. i wentylacyjnego.

Tabela 15. Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych styropianem w systemie BSO.
2	Zmiana zabudowy z pustaków szklanych na ściankę gazobetonowa z dociepleniem styropianem w systemie BSO.
3	Docieplenie stropodachu wentylowanego granulatem z wełny mineralnej poprzez wdmuchanie do przestrzeni wentylowanej
4	Docieplenie stropu nad piwnicą styropianem w systemie BSO
5	Wymiana stolarki okiennej mieszkań z wyłączeniem okien na klatce schodowej
6	Montaż zaworów termostatycznych oraz podpiwnowych

W dalszej części pracy przeprowadzono analizę ekonomiczną poszczególnych propozycji termomodernizacyjnych

5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

5.1. ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEGRODY

Dobranie optymalnych grubości dodatkowej izolacji przegrody budowlanej dokonuje się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalną grubość docieplenia uważa się grubość dla której prosty czas zwrotu nakładów SPBT, wynikający z poniesionych kosztów i uzyskanych oszczędności, przyjmuje wartość minimalną. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego.

$$SPBT = N_u / \Delta O_{rU}; [\text{lata}] \quad (3)$$

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla wybranej przegrody; [zł],
- ΔO_{rU} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania usprawnienia termomodernizacyjnego [zł/rok],

5.1.1. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych (w tym ścian klatki schodowej) styropianem w systemie BSO. W tabeli 16 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia ścian. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót budowlanych wykonywanych w ostatnich latach (w koszcie docieplenia uwzględniono docieplenie ościeży, obróbki blacharskie oraz niezbędny remont balkonów).

Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu $\lambda=0,04$.

Tabela 16. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych.

grubość dociepl.	Sd	A	Qou	Q1u	qou	q1u	Nu	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca	3900	598,99	268,44		0,0319		-	0,752	-
10,0				62,07		0,0074	146848,4	3,252	11,93
11,0				57,64		0,0068	148142,2	3,502	11,78
12,0				53,80		0,0064	149436,0	3,752	11,67
13,0				50,44		0,0060	151376,8	4,002	11,64
14,0				47,47		0,0056	152670,6	4,252	11,58
15,0				44,83		0,0053	156552,0	4,502	11,73
16,0				42,47		0,0050	160433,5	4,752	11,90

Optymalną warstwą docieplenia ścian spełniającą warunek minimalnej wartości oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych $4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, będzie warstwa styropianu o grubości 14 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań.

5.1.2. ZMIANA ZABUDOWY Z PUSTAKÓW SZKLANYCH

Proponuje się zmianę istniejącej zabudowy z pustaków szklanych na nowa wykonaną z bloczków gazobetonowych gr. 12cm z dociepleniem styropianem w systemie BSO. W tabeli 17 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia ściany. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót budowlanych wykonywanych w ostatnich latach.

Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu $\lambda=0,04$.

Tabela 17. Zmiana zabudowy z pustaków szklanych.

grubość dociepl.	Sd	A	Qou	Q1u	qou	q1u	Nu	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca	2760	13,80	8,46		0,0014		-	0,389	-
12,0				1,03		0,0002	4426,5	3,182	9,56
13,0				0,96		0,0002	4456,3	3,432	9,52
14,0				0,89		0,0001	4486,1	3,682	9,50
15,0				0,84		0,0001	4530,8	3,932	9,53
16,0				0,79		0,0001	4560,6	4,182	9,53
17,0				0,74		0,0001	4724,6	4,432	9,81
18,0				0,70		0,0001	4858,7	4,682	10,04

Optymalną warstwą docieplenia ścian spełniającą warunek minimalnej wartości oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych $4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, będzie warstwa styropianu o grubości 16 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań.

5.1.3. DOCIEPLENIE STOPODACHU WENTYLOWANEGO

Proponuje się wykonanie docieplenia stropodachu wentylowanego (pustka powietrzna od ok. 30 do 45 cm) przy użyciu technologii wdmuchiwania granulatu z wełny mineralnej.

W tabeli 18 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości warstwy granulatu z wełny mineralnej.

Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej granulatu z wełny mineralnej $\lambda=0,039$.

Tabela 18. Wybór optymalnej grubości docieplenia stropodachu.

grubość dociepl.	Sd	A	Q _{ou}	Q _{1u}	q _{ou}	q _{1u}	Nu	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca			169,27		0,0201		-	0,380	-
14,0	3900	191,00		17,70		0,0021	18336,0	3,636	2,03
15,0				16,64		0,0020	19100,0	3,869	2,10
16,0				15,69		0,0019	19864,0	4,101	2,17
17,0				14,85		0,0018	20437,0	4,334	2,22
18,0				14,09		0,0017	21965,0	4,566	2,37
19,0				13,41		0,0016	23302,0	4,799	2,51

Zgodnie z obliczeniami najkrótszy okres zwrotu będzie miała warstwa granulatu z wełny grubości 14 cm, jednak zgodnie z Rozporządzeniem (wartość optymalnego oporu cieplnego stropodachów nie może być mniejsza niż 4,5 m²K/W) przyjęto do dalszych obliczeń jako optymalną warstwę granulatu z wełny mineralnej gr. 18cm.

5.1.4. DOCIEPLENIE STROPU NAD PIWNICĄ

W porozumieniu z Właścicielem budynku ze względu na problemy z wykonaniem docieplenia stropu piwnic - znaczne bo aż o kilkunastocentymetrowe obniżenie wysokości ciągów komunikacyjnych piwnic (obecna wysokość 220cm), dużą ilość prowadzonych przewodów instalacji c.o., wod.-kan. oraz gazowych kolidujących z ewentualnym dociepleniem a także problemami z obniżeniem wysokości boksów piwnicznych lokatorów budynku już na obecnym etapie zrezygnowano z powyższego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

5.2. ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEZ STOLARKĘ OKIENNĄ

Wybranie optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego polegającego na wymianie okien (optymalny współczynnik przenikania ciepła) odbywa się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalne usprawnienie uważa się takie usprawnienie dla którego prosty czas nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku.

$$SPBT = N_{Ok} / \Delta AO_{rok}; [\text{lata}] \quad (8)$$

gdzie:

N_{Ok} - planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi; [zł],
 ΔAO_{ru} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi; [zł/rok],

$$\Delta AO_{rok} = (x_o * O_{0u} * O_{0z} - x_1 * O_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_o * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_o - Ab_1) [\text{zł/rok}] \quad (9)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na ciepło przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego; tu przed i po - 1,0 (brak zmian);
- Q_{0U}, Q_{1U} - roczne zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego [GJ/rok];
- O_{0Z}, O_{1Z} - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia (tu opłata za ciepło i zmienna opłata za usługi przesyłowe) [zł/GJ];
- y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego; tu przed i po - 1,0 (brak zmian);
- q_{0U}, q_{1U} - roczne zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego [MW];
- O_{0m}, O_{1m} - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia (tu opłata za zamówioną moc cieplną i stała opłata za usługi przesyłowe) [zł/MW*miesiąc];
- Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [zł]

$$Q_{0u}, Q_{0l} = (8,64 * S_d * A_{ok} * U + 2,94 * c_r * c_w * V_{nom} * S_d) * 10 \quad [GJ/rok] \quad (10)$$

- A_{ok} - powierzchnia całkowita okien przed i po termomodernizacji m²;
- U - współczynnik przenikania ciepła okna przewidzianego do wymiany; [W/m²K]
- R - całkowity opór cieplny ocenianej przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji [m²K/W]
- S_d - liczba stopniodni obliczona wg wzoru (6); [dzień x K/rok],
- V_{nom} - strumień powietrza wentylacyjnego; - 1875[m³/h]
- c_r - współczynnik korekcyjny; tu przed i po $c_r=1,0$
- c_w - współczynnik korekcyjny; tu przed i po $c_w=1,0$

5.2.1. Wymiana stolarki okiennej w mieszkaniach.

Z uwagi na fakt wymiany części stolarki okiennej przez lokatorów (ok. 90%) oraz brakiem możliwości finansowania wymiany stolarki okiennej pozostałym lokatorom już na obecnym etapie postanowiono zrezygnować z powyższego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i nie uwzględniano go w dalszych rozważaniach. Zaleca się jedynie zachęcania do dokonywania wymiany pozostałej stolarki okiennej w obrębie mieszkań na stolarkę o lepszej izolacyjności cieplnej bezpośrednio przez mieszkańców. Przy wymianie stolarki należy zwrócić szczególną uwagę na zachowanie odpowiedniego dopływu (nawiewu) świeżego powietrza. Przy wymianie stolarki okiennej należy zwracać uwagę na zamontowanie w oknach nawietrzników okiennych w celu zapewnienia dopływu odpowiedniej ilości powietrza wentylacyjnego.

5.3. POPRAWA SPRAWNOŚCI CIEPLNEJ SYSTEMU GRZEWczego

Wybranie optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego odbywa się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalne usprawnienie uważa się takie usprawnienie dla którego dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku.

$$SPBT = N_{co} / \sum \Delta O_{rco}; [lata] \quad (12)$$

gdzie:

- N_{co} - planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego; [zł],
 ΔO_{rco} - roczna oszczędność kosztów energii; [zł/rok],

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rco} źródła oblicza się ze wzoru:

$$\Delta O_{rco} = (x_0 \cdot w_{to} \cdot w_{do} \cdot Q_{oco} \cdot O_{oz} / \eta_o - x_1 \cdot w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{oco} \cdot O_{tz} / \eta_1) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0m} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1m} \cdot O_{1m}) + 12 \cdot (A_{b0} - A_{b1}) ; [\text{zł/rok}] \quad (13)$$

gdzie:

- Q_{oco} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją [GJ/rok],
 η_o, η_1 - całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po termomodernizacji obliczana ze wzoru (14),
 w_{to}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia określone na podstawie tabeli 6 części 3 załącznika nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku; tu obydwa: 1,
 w_{do}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie dnia określone na podstawie tabeli 6 części załącznika nr 1 do w/w Rozporządzenia; tu obydwa 0,95
 q_o, q_1 - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku

$$\eta = \eta_g \times \eta_d \times \eta_e \times \eta_s \quad (14)$$

W tabeli 19 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na określeniu poprawy sprawności systemu grzewczego.

Koszt usprawnień określono na podstawie rzeczywistych cen robót budowlanych.

- Montaż zaworów termostatycznych na grzejnikach - 6 000,0 zł
- Montaż zaworów automatycznej regulacji podpionowej - 8 000,0 zł

Tabela 19. Poprawa sprawność systemu grzewczego.

Rodzaj usprawnienia	η_g	η_d	η_e	η_s	η	Q_{oco}	q_o	q_1	N_{bo}	ΔO_{rco}	SPBT
						[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[zł/rok]	[zł]
zawory term i podpion	0,94	0,94	0,93	0,95	0,78066	660,10	0,0854	0,0799	14000,0	3245,61	4,31

5.4. POSUMOWANIE

W tabelach 20 zestawiono wyłonione powyżej zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania analizowanego budynku na ciepło w wyniku zmniejszenia strat przegrody zewnętrzne oraz instalacji grzewczej.

Tabela 20. Zoptymalizowane usprawnienia zmniejszające straty ciepła przez przegrody.

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[zł]	[lata]
1	Docieplenie stropodachu wentylowanego granulatem z wełny mineralnej gr. 18cm poprzez wdmuchanie do przestrzeni wentylowanej	21 965,0	2,37
2	Zmiana istniejącej zabudowy z pustaków szklanych na ściankę z bloczków gazobetonowych gr. 12cm z dociepleniem styropianem gr. 16cm w systemie BSO,	4 560,6	9,53
3	Docieplenie ścian zewnętrznych 14 cm warstwą styropianu w systemie BSO	152 670,6	11,58
4	Wymiana instalacji c.o. wraz z montażem zaworów podpionowych i termostatycznych	14 000,0	4,31

Tabela 21. Sprawność systemu grzewczego.

Rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych		Współczynnik sprawności
Wytwarzanie ciepła – brak usprawnień	η_g	0,94
Przesyłanie ciepła – brak usprawnień	η_d	0,94
Regulacji systemu grzewczego – montaż zaworów podpionowych oraz termostatycznych	η_e	0,93
Wykorzystanie ciepła – brak usprawnień	η_s	0,95
Przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia – brak usprawnień	w_t	1,00
Przerwy na ogrzewanie w okresie dnia – brak usprawnień	w_d	0,95
Sprawność całkowita systemu	η	0,7807

6. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI

W celu wyznaczenia optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie *szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego, a także części audytu remontowego*, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego oblicza się kolejno:

- ♦ planowane koszty całkowite N (w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji projektowej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii),
- ♦ kwotę rocznych oszczędności ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia

$$\Delta O_{rco} = (w_{to} * w_{do} * Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) * O_{0z} - (w_{tl} * w_{dl} * Q_{lco} / \eta_l + Q_{lcw}) * O_{0z} + 12 * [(q_{0m} + q_{ocw}) * Q_{om} - (q_{1m} + q_{cw}) * Q_{1m}] + 12 * (Ab_0 - Ab_1) ; [zł/rok] \quad (15)$$

gdzie:

- Q_{oco} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją; [GJ/rok],
- Q_{lco} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło po termomodernizacji; [GJ/rok],
- η_o, η_l - całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po termomodernizacji obliczana ze wzoru (11),
- w_{to}, w_{tl} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia określone na podstawie tabeli 6 części 3 załącznika nr 1 do Rozporządzenia; tu obydwie: 1,
- w_{do}, w_{dl} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie dnia określone na podstawie tabeli 6 części załącznika nr 1 do w/w Rozporządzenia; tu obydwie 0,95
- q_{om}, q_{lm} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku
- q_{ou}, q_{lu} - roczne zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego [MW];

- ♦ zmniejszenie (w%) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją z uwzględnieniem sprawności całkowitej,

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) - (w_{dl} w_{tl} Q_{lco} / \eta_l + Q_{lcw})}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw})} \times 100 [\%] \quad (16)$$

Za optymalną kombinację przedsięwzięć termomodernizacyjnych uznaje się taką kombinację, która spełnia wymagania Ustawy z dnia 21 listopada 2008 roku o *wspieraniu termomodernizacji i remontów*:

- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wynosi co najmniej 10 % - gdy modernizuje się jedynie system grzewczy,
- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wynosi co najmniej 15 % - w budynkach, w których modernizację systemu grzewczego przeprowadzono po 1984r.,
- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych wynosi co najmniej 25 % - dla pozostałych budynków,

Wysokość premii termomodernizacyjnej stanowi 20% wykorzystanej kwoty kredytu zaciągniętego na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego z zastrzeżeniem:

Wysokość premii termomodernizacyjnej nie może wynosić więcej niż:

- 16 % kosztów poniesionych na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i
- Dwukrotności przewidywanych rocznych oszczędności kosztów energii, ustalonych na podstawie audytu energetycznego.

Wykaz kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych z wartościami obliczonych dla nich parametrów opisanych powyższymi formułami matematycznymi w tabeli 22.

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło analizowanego budynku oraz maksymalne zapotrzebowanie mocy ciepła przed termomodernizacją i po realizacji każdej z zaproponowanych kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych wykonano programem Certo H. Wydruki danych i wyników obliczeń programu dla każdej z zaproponowanych kombinacji znajdują się w załączniku II do pracy.

Tabela 22. Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

L.p.	Kombinacja przedsięwzięć ¹⁾	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczęd. zapotrzeb. na energię z uwzględnieniem sprawności ΔQ	Optymalna kwota kredytu i udziału własnego	Premia termomodernizacyjna		
						20% kredytu	16% kosztów	2x rocznej oszczęd.
		[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł, %]	[zł]	[zł]	[zł]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1+2+3+4	199 196,2	29 643,1	55,08	190 000,0 zł (95,38%) 9 196,2 zł (4,62%)	38 000,0	31 871,4	59 286,2
B	1+2+4	46 525,6	14 247,1	26,75	46 525,6 zł (100,0%) 0,0 zł (0,0%)	9 305,1	7 444,1	28 494,2
C	1+4	41 965,0	14 054,9	26,46	41 965,0 zł (100,0%) 0,0 zł (0,0%)	8 393,0	6 714,4	28 109,8
D	4	17 000,0	2 937,8	5,96	17 000,0 zł (100,0%) 0,0 zł (0,0%)	3 400,0	2 720,0	5 875,6

¹⁾ numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 19.
W nakładach uwzględniono również koszty opracowania audytu energetycznego oraz ewentualnego projektu (łącznie koszt ok. 6000,0 zł)
Podane wartości kosztów całkowitych zadania są wartościami „brutto”

ZGODNIE Z DOKONANYMI OBLICZENIAMI WYMAGANA WYSOKOŚĆ ŚRODKÓW WŁASNYCH INWESTORA WYNOŚI 9 196,2 ZŁ CO STANOWI WARTOŚĆ 4,62 % ZADANIA.

**Zgodnie z Ustawą z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termom. powinno wynosić co najmniej 25%
W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 55,08% - wymagania Ustawy są spełnione.**

Z tabeli oraz wymagań ustawy wynika, że optymalną kombinacją przedsięwzięć termomodernizacyjnych jest kombinacja oznaczona literą **A** tzn. przewidującą wykonanie:

- ◆ Docieplenie stropodachu wentylowanego granulatem z wełny mineralnej gr. 18m poprzez wdmuchanie do przestrzeni wentylowanej (**1**),
- ◆ Wymiana istniejącej zabudowy klatki schodowej z pustaków szklanych na ściankę wykonana z gazobetonu gr. 12cm z dociepleniem styropianem gr. 16cm w systemie BSO (**2**),
- ◆ Docieplenie ścian zewnętrznych 14 cm warstwą styropianu w systemie BSO (**3**),
- ◆ Montaż zaworów podpionowych i termostatycznych (**4**),

Informacje dla Inwestora

- Oszczędność c.o. bez uwzględniania c.w.u. – 59,64%
- Stawka c.o. na 1m² powierzchni użytkowej po termomodernizacji – 2,65zł/m²

7. WYLICZENIE ROCZNYCH OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW OGRZEWANIA I OSZCZĘDNOŚCI ENERGII DLA OPTIMALNEGO WARIANTU MODERNIZACJI

Roczna oszczędność energii

(wg obliczeń uzyskanych dla sezonu standardowego):

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) - (w_{d1} w_{t1} Q_{1co} / \eta_1 + Q_{1cw})}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw})} \times 100 ; [\%]$$

$$Q_{oco} = 660,1 \text{ [GJ/rok]}$$

$$Q_{oc1} = 284,8 \text{ [GJ/rok]}$$

$$\eta_o = 0,7303$$

$$\eta_1 = 0,78066$$

$$w_d = 0,95$$

$$w_t = 1,00$$

$$Q_{ocw}, Q_{1cw} \text{ – obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u} = 71,0 \text{ [GJ/rok]}$$

$$\Delta Q = ((0,95 \cdot 1,0 \cdot 660,1 / 0,7303 + 71,0) - (0,95 \cdot 1,0 \cdot 284,8 / 0,78066 + 71,0)) \cdot 100 / (0,95 \cdot 1,00 \cdot 660,1 / 0,7303 + 71,0)$$

$$\Delta Q = 55,08 \%$$

Roczna oszczędność kosztów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody

(wg obliczeń uzyskanych dla sezonu standardowego):

$q_o = 85,4 \text{ [kW]}$ – wartość uzyskana z obliczeń dla sezonu standardowego (przed termomodernizacją)

$q_1 = 40,9 \text{ [kW]}$ – wartość uzyskana z obliczeń dla sezonu standardowego (po termomodernizacji)

$$O_z \text{ c.o.} = 53,03 \text{ [zł/GJ]}$$

$$O_m \text{ c.o.} = 4655,36 \text{ [zł/MW*m.-c]}$$

$$O_z \text{ cw.u.} = 36,0 \text{ [zł/GJ]}$$

$$O_m \text{ c.o.} = 3650,0 \text{ [zł/MW*m.-c]}$$

Koszt ogrzewania i cwu – stan istniejący

$$K_o = w_{do} \cdot w_{to} \cdot Q_{oco} / \eta_o \cdot O_z + 12 \cdot O_m \cdot q_{om} + 12 \cdot A_b + Q_{ocw} \cdot O_{zcwu} + 12 \cdot O_{mcwu} \cdot q_{ocw} + 12 \cdot A_{bcwu}$$

$$K_o = 1,00 \cdot 0,95 \cdot 660,1 / 0,7303 \cdot 53,03 + 12 \cdot 4655,36 \cdot 0,0854 + 71,0 \cdot 36,0 +$$

$$12 \cdot 3650,0 \cdot 0,0302$$

$$K_o = 54\,185,7 \text{ zł}$$

Koszt ogrzewania i cwu – stan po termomodernizacji

$$K_1 = w_{d1} \cdot w_{t1} \cdot Q_{1co} / \eta_1 \cdot O_z + 12 \cdot O_m \cdot q_{1m} + 12 \cdot A_b + Q_{ocw} \cdot O_{zcwu} + 12 \cdot O_{mcwu} \cdot q_{ocw} + 12 \cdot A_{bcwu}$$

$$K_1 = 1,00 \cdot 0,95 \cdot 284,8 / 0,78066 \cdot 53,03 + 12 \cdot 4655,36 \cdot 0,0409 + 71,0 \cdot 36,0 +$$

$$12 \cdot 3650,0 \cdot 0,0302$$

$$K_1 = 24\,542,7 \text{ zł}$$

$$\Delta K = K_o - K_1 = 54\,185,7 \text{ zł} - 24\,542,7 \text{ zł} = 29\,643,1 \text{ zł}$$

8. ZAŁĄCZNIKI

- Załącznik I *Rysunki budowlane budynku mieszkalnego położonego przy ul. Parkowej 17 w Wałbrzychu,*
- Załącznik II *Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła oraz maksymalnego obciążenia cieplnego dla poszczególnych kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych – program CertoH*

LITERATURA:

1. PN-EN-ISO-6946: „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń.”
2. PN-EN-12831:2006 Instalacje grzewcze w budynkach, Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.
3. PN-EN-13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków – obliczenie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
4. PN-ISO-9836: „Właściwości użytkowe w budownictwie. Określanie i obliczanie wskaźników powierzchniowych i kubaturowych.”
5. PN-82/B-02402. „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.”
6. PN-82/B-02403. „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. – tekst jednolity: Dz.U. z 2002 r. Nr 75 poz. 690)
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r.. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytu , a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 poz. 346).
9. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów.