

<b>1. Dane identyfikacyjne budynku</b>			
<b>1.1 Rodzaj budynku</b>	Mieszkalny wielorodzinny		<b>1.2 Rok budowy</b>
<b>1.3 Właściciel lub zarządca budynku</b>	Wspólnota Mieszkaniowa przy ul. Reja 4B w Wałbrzychu	<b>1.4 Adres budynku</b>	ul. Reja 4B 58-304 Wałbrzych Województwo Dolnośląskie
<b>2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:</b>			
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			
<b>3. Imię, nazwisko, adres audytora koordynującego wykonywanie audytu, posiadane kwalifikacje,</b>			
mgr inż. Piotr Rajca ul. Wojska Polskiego 5, 58-160 Świebodzice	inżynier budownictwa – uprawnienia budowlane NBP.V-7342/3/75/98 i 691/01/DUW kurs audytorów energetycznych KAPE/99/115	PESEL: 72061400352	Podpis:
<b>4. Współautorzy</b>			
<b>Lp.</b>	<b>4.1 Imię i nazwisko</b>	<b>4.2 Zakres udziału w audycie</b>	<b>4.3 Posiadane kwalifikacje</b>
1			
<b>5. Miejscowość:</b> Świebodzice		<b>data wykonania:</b> sierpień 2016 r.	
<b>6. Spis treści</b>			
<b>1. DANE OGÓLNE. ....5</b> <b>1.1 Podstawa formalna ..... 5</b> <b>1.2 Podstawa prawna ..... 5</b> <b>1.3 Przedmiot opracowania ..... 5</b> <b>2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA OBIEKTU. .... 5</b> <b>2.1 Opis techniczny konstrukcji ..... 5</b> 2.1.1. Ściany zewnętrzne ..... 5 2.1.2. Przegrody poziome .....6 2.1.3. Ściany wewnętrzne ..... 6 2.1.4. Okna i drzwi ..... 7 2.1.5. Podsumowanie ..... 7 <b>2.2. System grzewczy ..... 7</b> 2.2.1. Charakterystyka ..... 7 2.2.2. Zapotrzebowanie na ciepło i taryfy ..... 8 <b>2.3. System c.w.u. .... 8</b> <b>2.4. System wentylacji ..... 9</b> <b>3. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU. .... 9</b> <b>3.1. Przegrody budowlane ..... 9</b> <b>3.2. System grzewczy..... 10</b> <b>3.3. System c.w.u. i wentylacji ..... 11</b>			

<b>4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI.....</b>	<b>11</b>
<b>5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH. ....</b>	<b>11</b>
<b>5.1. Zmniejszenie strat przenikania przez przegrody.....</b>	<b>11</b>
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych .....	12
5.1.2. Docieplenie stropodachu niewentylowanego .....	12
5.1.3. Docieplenie stropu piwnic .....	13
<b>5.2. Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego .....</b>	<b>13</b>
<b>5.3. Podsumowanie .....</b>	<b>14</b>
<b>6. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI. ....</b>	<b>14</b>
<b>7. ZAŁĄCZNIKI.....</b>	<b>16</b>

**KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU**

<b>1. Dane ogólne</b>			
1	Konstrukcja / technologia budynku	Tradycyjny murowany	
2	Liczba kondygnacji	2	
3	Kubatura części ogrzewanej [ m <sup>3</sup> ]	1370,9	
4	Powierzchnia netto budynku [ m <sup>2</sup> ]	539,81	
5	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [ m <sup>2</sup> ]	498,51	
6	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [ m <sup>2</sup> ]	41,3 – klatka schodowa	
7	Liczba mieszkań	10	
8	Liczba osób użytkujących budynek	19	
9	Sposób przygotowania ciepłej wody	Kotły gazowe / kotły na paliwo stałe	
10	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Kotły gazowe / elektryczne	
11	Współczynnik kształtu [ l/m ]	0,60	
12	Inne dane charakteryzujące budynek		
<b>2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [ W/m<sup>2</sup>K ]</b>		<b>Stan przed termomodernizacją</b>	<b>Stan po termomodernizacji</b>
1	Ściany zewnętrzne	1,06	0,22
2	Ściany wewnętrzne	1,49	1,49
3	Okna mieszkań	1,60	1,60
4	Strop piwnic pod mieszkaniem	1,58	0,24
5	Stropodach niewentylowany	1,80	0,18
6	Okna klatki schodowej	1,60	1,60
7	Drzwi klatki schodowej	1,80	1,80
8	Posadzka na gruncie	1,32	1,32
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego dla paliwa gazowego / stałego</b>			
1	Sprawność wytwarzania $\eta_{Hg}$	0,91/0,82	0,91/0,82
2	Sprawność przesyłania $\eta_{Hd}$	1,00	1,00
3	Sprawność regulacji i wykorzystania $\eta_{He}$	0,88/0,77	0,88/0,77
4	Sprawność akumulacji $\eta_{Hs}$	1,00	1,00
5	Przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia $w_t$	1,00	1,00
6	Przerwy na ogrzewanie w ciągu doby $w_d$	1,00	1,00
<b>4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej gaz / energia elektr</b>			
1	Sprawność wytwarzania	0,85/0,96	0,85/0,96
2	Sprawność przesyłania	0,80	0,80
3	Sprawność akumulacji	1,00/0,85	1,00/0,85
<b>5. Charakterystyka systemu wentylacji</b>			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nawietrzaki nieszczelności	nawietrzaki nieszczelności
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m <sup>3</sup> /h]	849,6	849,6
4	Liczba wymian [1/h]	0,62	0,62
<b>6. Charakterystyka energetyczna budynku</b>			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	60,7	22,3
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	22,6	22,6
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] [kWh/rok]	454,3 126 208	105,4 29 288
4	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] [kWh/rok]	658,7 182 973	152,9 42 460
5	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. [GJ/rok] [kWh/rok]	80,6 22 399	80,6 22 399
6	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	--	--
7	Zamierzone zużycie ciepła na przygotowanie c.w.u. (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	--	--
8	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m <sup>2</sup> rok]	253,1	58,7
9	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m <sup>2</sup> rok]	363,30	84,29

10	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	0,0	0,0
<b>7. Opłaty jednostkowe</b>			
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie [zł]	47,80/35,20	47,80/35,20
2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	0,0	0,0
3	Opłata za podgrzanie 1 m <sup>3</sup> c.w.u. [zł]	22,0	16,50
4	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc [zł]	0,0	0,0
5	Opłata za ogrzanie 1 m <sup>2</sup> pow. użytkowej [zł]	4,55	1,18
6	Opłata abonamentowa [zł]	200,0/0,0	200,0/0,0
7	Inne [zł]	-	-
<b>8. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego</b>			
Planowane koszty całkowite [zł]		227 204,0	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%] 68,35
Roczna oszczędność kosztów energii [zł]		20 149,3	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię na cele ogrzewania [%] 76,80
			Ograniczenie emisji gazów - emisja CO2 [%] 61,43

9. Informacje dodatkowe - dla budynku		Stan przed termom.	Stan po termom.	Efekt termom.	
1	Zapotrzebowanie na energię pierwotną budynku [kWh/rok]	253 003	98 440	154 563	
2	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych związanych z użytkowaniem obiektu – emisja CO2 [Mg CO2/rok]	67,04	25,86	41,18	
3	Całkowita roczna ilość zaoszczędzonej energii cieplnej na cele ogrzewania [GJ/rok] [kWh/rok]	658,7 182 973	152,9 42 460	505,8 140 513	
4	Całkowita roczna ilość zaoszczędzonej energii cieplnej (energia końcowa) [GJ/rok] [kWh/rok]	740,7 205 753	234,9 65 240	505,8 140 513	68,29%

**WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA:**

1. Uwzględnienie w pierwszej kolejności jako możliwe do realizacji usprawnienia obejmujące docieplenie ścian zewnętrznych, docieplenie stropodachu niewentylowanego oraz docieplenie stropu piwnic,
2. Rezygnacja z usprawnień systemu grzewczego – usprawnienia realizowane indywidualnie przez mieszkańców.

**INFORMACJE DODATKOWE I OŚWIADCZENIA:**

- Brak możliwości podłączenia obiektu do sieci ciepłowniczej,
- Istniejący system zarządzania energią – zawory termostatyczne na grzejnikach oraz regulatory temperatury mieszkań (mieszkania z kotłami gazowymi).
- Wszystkie wyliczenia dotyczące emisji oraz redukcji CO2 dokonano na podstawie KOBIZE

## **1. DANE OGÓLNE**

### **1.1. PODSTAWA FORMALNA**

Opracowanie pn. **Audyt energetyczny. Budynek mieszkalny wielorodzinny – ul. Reja 4B w Wałbrzychu** zostało wykonane na zlecenie Wspólnoty Mieszkaniowej na podstawie zlecenia wykonania audytu energetycznego.

### **1.2. PODSTAWA PRAWNA**

Niniejszy audyt energetyczny został wykonany zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, zmiana z dnia 03.09.2015 oraz Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz wzorów świadectw charakterystyki energetycznej.

### **1.3. PRZEDMIOT OPRACOWANIA**

Przedmiotem niniejszego audytu energetycznego jest budynek mieszkalny wielorodzinny położony przy ul. Reja 4B 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**

Opisywany zespół budynków mieszkalnych wielorodzinnych został oddany do użytku ok. 1968 roku. Wykonany został w technologii tradycyjnej murowanej. Układ konstrukcyjny budynku mieszany.

Objęty opracowaniem budynek posiada 2 kondygnacje mieszkalne, 10 mieszkań. Obiekt zamieszkiwany jest przez 19 osób.

W budynku brak jest lokali usługowych.

Administratorem obiektu jest Miejski Zarząd Budynków Sp. z o.o. ul. Andersa 48, 58-304 Wałbrzych.

Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku została sporządzona w oparciu o :

- ◆ oględziny budynku,
- ◆ informacje przekazane przez zarządcę budynku.

### **2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI**

Przedmiotowy budynek jest w części podpiwniczony, stropodach płaski niewentylowany o konstrukcji masywnej żelbetowej pokryty papą termozgrzewalną. Podstawowe parametry techniczne analizowanego budynku mieszkalnego przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1. Parametry techniczne budynku.**

L.p.	Parametr	Jednostka	Obmiar
1	Uśredniona wysokość kondygnacji	[ m ]	2,75
2	Powierzchnia użytkowa mieszkań	[ m <sup>2</sup> ]	498,51

**2.1.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE BUDYNKU**

Ściany zewnętrzne budynku wykonane są jako murowane z bloków gazobetonowych na zaprawie cementowo-wapiennej. Uśredniony układ warstw ściany, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2. Układ warstw ścian zewnętrznych.**

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [ cm ]	$\lambda$ [ W/m <sup>2</sup> K ]
1	Bloki gazobetonowe	45,0	0,582

**2.1.2. PRZEGRODY POZIOME**

Strop nad piwnicą wykonany jest jako masywny żelbetowy pokryty dodatkowo warstwami ocieplającymi (izolacja akustyczna) i wykończeniowymi. Układ warstw stropu pomiędzy kondygnacjami powtarzalnymi, licząc od dołu do góry, przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3. Układ warstw stropu piwnicy.**

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [ cm ]	$\lambda$ [ W/m <sup>2</sup> K ]
1	Płyta żelbetowa	16,0	1,70
3	Płyty pilśniowe twarde	2,5	0,18
4	Posadzka cementowa	6,0	1,00

Stropodach niewentylowany wykonany na bazie stropu masywnego żelbetowego. Układ przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4. Układ warstw stropodachu.**

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [ cm ]	$\lambda$ [ W/m <sup>2</sup> K ]
1	Płyta żelbetowa	16,0	1,70
2	Płyty wiórowo-cementowa	0,06	0,23
3	Posadzka cementowa	6,0	1,00

**2.1.3. ŚCIANY WEWNĘTRZNE**

W audycie energetycznym rozpatrywano jedynie ściany wewnętrzne oddzielające strefy o różnej temperaturze obliczeniowej: klatka schodowa – mieszkania. Na podstawie dokonanych pomiarów określono jeden typ ścian.

**Tabela 5. Układ warstw ścian wewnętrznych**

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [ cm ]	$\lambda$ [W/mK]
1	Mur z bloków gazobetonowych	24,0	0,582

#### 2.1.4. OKNA I DRZWI

W budynku znajduje się typowa PCV (wymieniona przez lokatorów). W mieszkaniach: okna PCV dwuszybowe.

Na klatce schodowej stolarka okienna nowa PCV wymieniona w 2011r.

Okna mieszkań  $U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Okna klatki schodowej  $U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Drzwi wejściowe nowe aluminiowe  $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Drzwi wejściowe do mieszkań - drewniane typowe, a założony dla nich współczynnik przenikania ciepła wynosi  $U = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### 2.1.5. PODSUMOWANIE

W załączniku I do niniejszej pracy zamieszczono rysunki pochodzące z inwentaryzacji budowlanej opracowanej dla celów audytu energetycznego. W tabeli 6 zestawiono powierzchnie całkowite ścian i stropów (nie odliczono powierzchni okien i drzwi) oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

**Tabela 6. Współczynnik przenikania przegród budowlanych (nie odliczono powierzchni okien).**

L.p.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
1	Ściany zewnętrzne	490,0	1,06
2	Stropodach niewentylowany	342,0	1,80
3	Strop piwnicy	60,0	1,58
4	Ściana wewnętrzna klatka - mieszkania	95,0	1,49
5	Posadzka na gruncie	249,0	1,32

## 2.2. SYSTEM GRZEWczy

### 2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek zasilany jest w ciepło dla celów c.o. z indywidualnych kotłów gazowych (40,0%) oraz na paliwo stałe (60,0%). Mieszkania posiadają indywidualne instalacje centralnego ogrzewania.

Ogrzewania zostały wykonane indywidualnie przez poszczególnych mieszkańców w latach 1995-2014. Instalacje są wyposażone w zawory termostatyczne. Instalacja c.o. działa prawidłowo i nie jest wymagana jej modernizacja.

Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015).

Sprawność regulacji przyjęto na podstawie wzoru:

$$\eta_{H,e} = \eta_{H,e}' + 0,03 \cdot X - 0,03$$

- $\eta_{H,e}' = 0,88$  (pkt 4.1.2.3, tab. 3 lp. 5c) – ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi w przypadku regulacji centralnej i miejscowej z zaworem termostatycznym o działaniu proporcjonalnym – dla gazu
- $\eta_{H,e}' = 0,77$  (pkt 4.1.2.3, tab. 3 lp. 5a) – ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi w przypadku regulacji centralnej bez miejscowej - dla węgla
- $X = 1,00$  (stosunek mocy grzejników usytuowanych przy ścianach zewnętrznych do sumy mocy cieplnej wszystkich grzejników w systemie grzewczym) – na podstawie oględzin stwierdzono, że wszystkie grzejniki usytuowane są przy ścianach zewnętrznych
- $\eta_{H,e} = 0,88 + 0,03 \cdot 1,00 - 0,03 = 0,88$
- $\eta_{H,e} = 0,77 + 0,03 \cdot 1,00 - 0,03 = 0,77$

**Tabela 7. Składowe sprawności systemu grzewczego.**

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Gaz (40,0%)	Węgiel (60,0%)	Wartość Średnioważona
1	Sprawność wytwarzania ciepła	$\eta_g$	0,91	0,82	0,856
2	Sprawność przesyłania ciepła	$\eta_d$	1,00	1,00	1,00
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	$\eta_e$	0,88	0,77	0,814
4	Sprawność akumulacji ciepła	$\eta_s$	1,00	1,00	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	$w_t$	1,00	1,00	1,00
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	$W_d$	1,00	1,00	1,00
7	<b>Sprawność całkowita systemu</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>0,8008</b>	<b>0,6314</b>	<b>0,6968</b>

## 2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Taryfy opłat za ciepło pokazuje tabela 8.

**Tabela 8. Taryfy opłat za energię cieplną z VAT.**

Składnik taryfy	Jednostka	gaz (40,6%)	Węgiel (60%)	średnia
Moc zamówiona	[zł/m-c]	0,0	0,0	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	47,80	35,20	40,24
Abonament	[zł/m-c]	200,0	0,0	80,0

Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła analizowanego budynku wyznaczone dla standardowego sezonu grzewczego wykonano przy użyciu programu Certo 2015 – zgodnie z Rozporządzeniem MIR z dnia 27.02.2015:

**Tabela 9. Obliczeniowe zużycie energii analizowanego budynku w sezonie standardowym ze sprawnością systemu grzewczego.**

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	658,7
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,0607

## 2.3. SYSTEM c.w.u.

Analizowany budynek posiada indywidualny system zaopatrzenia w c.w.u. tzn., że dostarczana jest zimna woda wodociągowa gdzie, przy użyciu kotłów dwufunkcyjnych gazowych oraz podgrzewaczy elektrycznych, jest w zależności od potrzeb mieszkańców podgrzewana.

Przyjęto zgodnie z obowiązującymi przepisami:

- Zużycie ciepłej wody użytkowej – 1,6 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*doba
- Czas użytkowania – 328,5 doby/rok

Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczana do budynku dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej  $Q_{k,w}$  obliczono:

$$O_{k,w} = Q_{w,nd} / \eta_{w,tot}$$



Składowe sprawności systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.

**Dla kotłów gazowych – udział 40,0%**

- Sprawność wytwarzania– 85% (kotły kondensacyjne)
- Sprawność akumulacji – 100% (brak zasobników c.w.u.)
- Sprawność transportu – 80% (podgrzewanie wody dla grupy punktów poboru w jednym lokalu mieszkalnym)

**Dla podgrzewaczy elektrycznych – udział 60,0%**

- Sprawność wytwarzania– 96% (podgrzewacze elektryczne)
- Sprawność akumulacji – 85% (podgrzewacze wyprodukowane po 2005r.)
- Sprawność transportu – 80% (podgrzewanie wody dla grupy punktów poboru w jednym lokalu mieszkalnym)

**Obliczeniowe obciążenie cieplne na cele przygotowania ciepłej wody budynku – 22,6 kW**

**Obliczeniowe zapotrzebowanie na energię końcową dla potrzeb c.w.u.– 22399 kwh – 80,6 GJ**

**Obliczeniowe zapotrzebowanie na energię oraz obciążenie cieplne dla potrzeb ciepłej wody użytkowej – przed i po modernizacji – bez zmian**

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

- opłata za podgrzanie 1m<sup>3</sup> c.w.u. – 16,5 zł
- opłata za 1 MW opłata abonamentowa razem z opłatą za c.o. – 200,0 zł/m-c
- mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. – 0,0 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 do mocy cieplnej 0,5 1/h.

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

Podstawowy strumień powietrza wentylacji naturalnej do ciepła

- dla mieszkań -  $V_{ve,1,s} = 0,00032 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$

Uśredniony w czasie strumień powietrza zewnętrznego w strefie ogrzewanej

- dla mieszkań -  $V_{ve,1,n} = 0,160 \text{ m}^3/\text{s}$

Dodatkowy strumień powietrza zewnętrznego infiltrującego

- dla mieszkań -  $V_{inf} = n \cdot V / 3600 = 0,2 \cdot 1370,9 / 3600 = 0,076 \text{ m}^3/\text{s}$

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego mieszkań wynosi – 849,6 m<sup>3</sup>/h.

## 3. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

### 3.1. PRZEGRODY BUDOWLANE

Budynek mieszkalny przy ul. Reja jest eksploatowany od prawie 50 lat. W wyniku dokonanego przeglądu stwierdzono niewielkie spękania ścian oraz odspojenia tynków w części przyziemia budynku. Pokrycie dachowe z papy w stanie dobrym (po remoncie w 2013r.)

Stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest zadowalający. W wyniku dokonanego przeglądu stwierdzono niską izolacyjność cieplną ścian – ściany murowane bez żadnego docieplenia.



**Fotografia 1.** Elewacja frontowa i boczna



**Fotografia 2.** Elewacja tylna

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 w *sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie*.

Stolarka okienna w obrębie klatki schodowej PCV.

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

- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych,
- ◆ docieplenie stropodachu niewentylowanego,
- ◆ docieplenie stropu piwnic pod mieszkaniami,

### **3.2. SYSTEM GRZEWczy**

Analizowany budynek zasilany jest w ciepło dla celów c.o. z indywidualnych kotłów gazowych (40,0%) oraz na paliwo stałe (60,0%). Mieszkania posiadają indywidualne instalacje centralnego ogrzewania.

Ogrzewania zostały wykonane indywidualnie przez poszczególnych mieszkańców w latach 1995-2014. Instalacje są wyposażone w zawory termostaticzne. Instalacja c.o. działa prawidłowo i nie jest wymagana jej modernizacja.

### 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.

W budynku występuje wyłącznie wentylacja grawitacyjna. W uzgodnieniu z Zarządcą, ze względu na ewentualne znaczne koszty oraz trudności techniczne, już na obecnym etapie odstąpiono od usprawnień wentylacji budynku

## 4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI

W tabeli 10 zestawiono wszystkie możliwe do zrealizowania w analizowanym budynku mieszkalnym usprawnienia o charakterze termomodernizacyjnym. Odrzucono kosztowne przedsięwzięcie termomodernizacyjne związane z modernizacją systemu wentylacyjnego.

**Tabela 10.** Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych styropianem w systemie BSO.
2	Docieplenie stropodachu niewentylowanego wełną mineralną twardą z jednoczesnym wykonaniem pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej.
3	Docieplenie stropu piwnic pod mieszkaniem styropianem w systemie BSO.

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 i zmiana z 3 września 2015

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

gdzie:

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

### 5.1.1. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych budynku styropianem w systemie BSO. W tabeli 11 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót w regionie oraz kosztorysu inwestorskiego. W kosztach robót uwzględniono docieplenie ościeży oraz wykonanie nowych obróbek blacharskich wraz z montażem parapetów oraz izolację pionową przeciwwilgociową ścian. Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu  $\lambda=0,04$ .

**Tabela 11.** Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych.

grubość dociepl.	Sd	A	Q <sub>ou</sub>	Q <sub>1u</sub>	q <sub>ou</sub>	q <sub>1u</sub>	Nu	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m <sup>2</sup> ]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m <sup>2</sup> K/W]	[lata]
istniejąca	3900	426,8	152,44		0,0181		-	0,94	-
10,0				41,77		0,0050	146580,2	3,44	32,91
11,0				38,94		0,0046	148424,0	3,69	32,50
12,0				36,47		0,0043	150267,7	3,94	32,20
13,0				34,30		0,0041	152111,5	4,19	31,99
14,0				32,37		0,0038	154416,2	4,44	31,96
15,0				30,64		0,0036	157642,8	4,69	32,16
16,0				29,09		0,0035	160408,5	4,94	32,32

Optymalną warstwą docieplenia ścian, spełniającą wymagania minimalnej wartości oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych - 4,0 m<sup>2</sup>K/W, będzie warstwa styropianu o grubości 14 cm i taką przyjęto do dalszych obliczeń.

### 5.1.2. DOCIEPLENIE STROPODACHU NIEWENTYLOWANEGO

Proponuje się wykonanie ocieplenia stropodachu niewentylowanego wełną mineralną twardą z wykonaniem nowego pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej. W tabeli 12 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót w regionie oraz kosztorysu inwestorskiego. Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej wełny mineralnej  $\lambda=0,037$ .

**Tabela 12.** Wybór optymalnej grubości docieplenia stropodachu płaskiego.

grubość dociepl.	Sd	A	Q <sub>ou</sub>	Q <sub>1u</sub>	q <sub>ou</sub>	q <sub>1u</sub>	Nu	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m <sup>2</sup> ]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m <sup>2</sup> K/W]	[lata]
istniejąca	3900	342,0	207,43		0,0246		-	0,56	-
14,0				26,56		0,0032	56068,8	4,34	7,70
15,0				25,00		0,0030	56364,3	4,61	7,68
16,0				23,62		0,0028	56696,8	4,88	7,67
17,0				22,38		0,0027	56955,3	5,15	7,65
18,0				21,26		0,0025	57250,8	5,42	7,64
19,0				20,25		0,0024	58358,9	5,69	7,75
20,0				19,33		0,0023	59467,0	5,96	7,86

Optymalną warstwą docieplenia stropodachu, spełniającą wymagania minimalnej wartości oporu cieplnego, będzie warstwa wełny mineralnej o grubości 18 cm i taką przyjęto do dalszych obliczeń.

### 5.1.3. DOCIEPLENIE STROPU PIWNIC

Proponuje się wykonanie ocieplenia stropu piwnic pod mieszkaniami styropianem w systemie BSO bez wykonywania tynku zewnętrznego (malowanie). W tabeli 13 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót w regionie oraz kosztorysu inwestorskiego. Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej dla styropianu  $\lambda=0,04$ .

**Tabela 13.** Wybór optymalnej grubości docieplenia stropu piwnic.

grubość dociepl.	Sd	A	Q <sub>ou</sub>	Q <sub>1u</sub>	q <sub>ou</sub>	q <sub>1u</sub>	Nu	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m <sup>2</sup> ]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m <sup>2</sup> K/W]	[lata]
istniejąca	2800	60,0	22,93		0,0038		-	0,63	-
10,0				4,63		0,0008	6415,2	3,13	8,45
11,0				4,29		0,0007	6531,8	3,38	8,44
12,0				4,00		0,0007	6616,1	3,63	8,42
13,0				3,74		0,0006	6713,3	3,88	8,43
14,0				3,51		0,0006	6804,0	4,13	8,44
15,0				3,31		0,0005	6998,4	4,38	8,59
16,0				3,13		0,0005	7192,8	4,63	8,75

Optymalną warstwą docieplenia stropu, spełniającą wymagania minimalnej wartości oporu cieplnego, będzie warstwa styropianu o grubości 14 cm i taką przyjęto do dalszych obliczeń.

### 5.2. 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 i zmiana z 3 września 2015.

$$SPBT = N_{co} / \Delta O_{ro}; [\text{lata}]$$

$N_{co}$  - planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego; [zł],

$\Delta O_{ro}$  - roczna oszczędność kosztów energii; [zł/rok],

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{ro}$  źródła oblicza się ze wzoru:

$$\Delta O_{ro} = (x_0 * w_{to} * w_{do} * Q_{oco} * O_{oz} / \eta_o - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{oco} * O_{tz} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1); [\text{zł/rok}]$$

$Q_{oco}$  - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termom.; [GJ/rok],

$\eta_o, \eta_1$  - całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po termomodernizacji

$w_{to}, w_{t1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia określone na podstawie załącznika nr 1 do Rozporządzenia, tu obydwie: 1,

$w_{do}, w_{d1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie dnia określone na podstawie załącznika nr 1 do w/w Rozporządzenia; tu przed 1,0 i po 1,00

$$\eta = \eta_w \times \eta_p \times \eta_r \times \eta_c$$

**W związku z wcześniejszą modernizacją systemu grzewczego na obecnym etapie odstąpiono od usprawnień związanych z systemem grzewczym budynku.**

### 5.3. POSUMOWANIE

W tabeli 14 zestawiono wyłonię powyżej zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania analizowanego budynku na ciepło w wyniku zmniejszenia strat przegrody zewnętrzne.

**Tabela 14.** Zoptymalizowane usprawnienia zmniejszające straty ciepła przez przegrody.

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[ zł ]	[ lata ]
1.	Docieplenie stropodachu niewentylowanego 18 cm warstwą wełny mineralnej twardej ( $\lambda=0,037$ ) z wykonaniem nowego pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej oraz niezbędnych obróbek blacharskich	57 250,8	7,64
2.	Docieplenie stropu piwnic pod mieszkaniami 14 cm warstwą styropianu ( $\lambda=0,04$ ) w systemie BSO (bez tynku) - malowanie	6 804,0	8,44
3.	Docieplenie ścian zewnętrznych budynku (w tym ściany klatki schodowej) 14 cm warstwą styropianu ( $\lambda=0,04$ ) w systemie BSO z wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej pionowej	154 416,2	31,96
4	Pozostałe koszty – koszt opracowania audytu energetycznego oraz dokumentacji projektowej	7 626,0	
5	Pozostałe koszty – koszt opracowania audytu powykonawczego	1 107,0	

Wszystkie przyjęto koszty poszczególnych usprawnień i dokumentacji są wartościami brutto (z VAT)

## 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 *szczególne zakresu i form audytu energetycznego, a także części audytu remontowego i zmiana z 3 września 2015*, 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 dok. proj. oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii),
- ♦ kwotę rocznych oszczędności  $\Delta O_r$  przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia

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

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



$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{cw0}) - (w_{d1} w_{t1} Q_{lco} / \eta_1 + Q_{lcw} / \eta_{lcw})_1}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{cw0})} \times 100$$

Wykaz kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych z wartościami obliczonych dla nich parametrów opisanych powyższymi formułami matematycznymi w tabeli 15.

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło analizowanego budynku oraz maksymalne zapotrzebowanie mocy ciepła dla stanu istniejącego oraz po realizacji każdej z zaproponowanych kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych wykonano programem Certo 2015. Wydruki danych i wyników obliczeń programu dla stanu istniejącego oraz wybranego wariantu znajdują się w załączniku II do pracy.

**Tabela 15.** Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

L.p.	Kombinacja przedsięwzięć <sup>1)</sup>	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczęd. zapotrzeb. na energię z uwzględnieniem sprawności $\Delta Q$
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
A	1+2+3	227 204,0	20 149,3	68,35
B	1+2	72 787,8	13 132,6	44,55
C	1	65 983,8	11 804,3	40,04

1) numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 14.

2) Podane wartości kosztów całkowitych zadania są wartościami „brutto”

**Zgodnie z Ustawą z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych powinno wynosić co najmniej 25%. W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 68,35% - wymagania Ustawy są spełnione.**

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

Lp.	Rodzaj usprawnienia
1.	Docieplenie stropodachu niewentylowanego 18 cm warstwą wełny mineralnej twardej ( $\lambda=0,037$ ) z wykonaniem nowego pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej oraz niezbędnych obróbek blacharskich
2.	Docieplenie stropu piwnic pod mieszkaniami 14 cm warstwą styropianu ( $\lambda=0,04$ ) w systemie BSO (bez tynku) - malowanie
3.	Docieplenie ścian zewnętrznych budynku (w tym ściany klatki schodowej) 14 cm warstwą styropianu ( $\lambda=0,04$ ) w systemie BSO z wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej pionowej

Informacje dla Inwestora

- Oszczędność c.o. bez uwzględniania c.w.u. – 76,80%
- Stawka c.o. na 1m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej po termomodernizacji – 1,18 zł/m<sup>2</sup>

## 7. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik I	Rysunki budowlane budynku przy ul. Reja 4B w Wałbrzychu
Załącznik II	<i>Wydruki danych i wyników obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła oraz obciążenia cieplnego dla stanu istniejącego oraz wybranego wariantu przedsięwzięć termomodernizacyjnych – program Certo 2015</i>



---

**LITERATURA:**

1. PN-EN-ISO-6946: 1998r. „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń.”
2. PN-EN-13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków – obliczenie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
3. PN-ISO-9836: 1997r. „Właściwości użytkowe w budownictwie. Określanie i obliczanie wskaźników powierzchniowych i kubaturowych.”
4. PN-82/B-02402. „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.”
5. PN-82/B-02403. „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. – z późniejszymi zmianami
7. 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) oraz zmiana z dnia 03.09.2015.
8. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów.
9. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku i części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.