

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Mieszkalny, wielorodzinny,		1.2 Rok budowy
1.3 Właściciel lub zarządca budynku	Wspólnota Mieszkaniowa Ul. Wrocławska 27 58-309 Wałbrzych	1.4 Adres budynku	Ok. 1935 Ul. Wrocławska 27 58-308 Wałbrzych 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 audytora koordynującego wykonywanie audytu, posiadane kwalifikacje,			
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
1			
5. Miejscowość: Świebodzice		data wykonania: czerwiec 2016 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 5 2.1.1. Ściany zewnętrzne mieszkań 6 2.1.2. Ściany zewnętrzne klatki schodowej 6 2.1.3. Przegrody poziome 6 2.1.4. Ściany wewnętrzne 7 2.1.5. Okna i drzwi 7 2.1.6. Podsumowanie 7 2.2. System grzewczy 7 2.2.1. Charakterystyka 7 2.2.2. Zapotrzebowanie na ciepło i taryfy 8 2.3. System c.w.u. 8 2.4. System wentylacji 9 3. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU. 9 3.1. Przegrody budowlane 9 3.2. System grzewczy..... 10 3.3. System c.w.u. i wentylacji 11			

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTIMALIZACJI.	11
5. OPTIMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.	11
5.1. Zmniejszenie strat przenikania przez przegrody	12
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych budynku	12
5.1.2. Docieplenie stropu pod strychem nieużytkowym	12
5.2. Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego	13
5.3. Podsumowanie	14
6. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI.	14
7. ZAŁĄCZNIKI.	16

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. Dane ogólne			
1	Konstrukcja / technologia budynku	Tradycyjny murowany	
2	Liczba kondygnacji	3	
3	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	1573,5	
4	Powierzchnia netto budynku [m ²]	672,61	
5	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	566,01	
6	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	106,6 – klatka schodowa	
7	Liczba mieszkań	15	
8	Liczba osób użytkujących budynek	32	
9	Sposób przygotowania ciepłej wody	indywidualny, termy gazowe	
10	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	indywidualne kotły gazowe	
11	Współczynnik kształtu [1/m]	0,29	
12	Inne dane charakteryzujące budynek		
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [W/m²K]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Ściany zewnętrzne mieszkań	1,35	0,24
2	Okna mieszkań	1,60	1,60
3	Okna klatki schodowej	1,60	1,60
4	Strop nad mieszkaniami	1,02	0,19
5	Strop piwnicy	1,15	1,15
6	Drzwi wejściowe do budynku	1,60	1,60
3. Sprawności składowe systemu grzewczego			
1	Sprawność wytwarzania η_g	0,91	0,91
2	Sprawność przesyłania η_d	1,00	1,00
3	Sprawność regulacji i wykorzystania η_e	0,88	0,88
4	Sprawność akumulacji η_s	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
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1	Sprawność wytwarzania	0,85	0,85
2	Sprawność przesyłania	0,80	0,80
3	Sprawność akumulacji	1,00	1,00
5. Charakterystyka systemu wentylacji			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nawietrzaki nieszczelności	nawietrzaki nieszczelności
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	964,8	964,8
4	Liczba wymian [1/h]	0,61	0,61
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	68,5	33,8
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	28,2	28,2
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] [kWh/rok]	456,3 126 755	162,7 45 204
4	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] [kWh/rok]	569,8 158 285	203,2 56 449
5	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. [GJ/rok] [kWh/rok]	128,2 35 607	128,2 35 607
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 ² rok]	223,94	79,86
9	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	279,65	99,73
10	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	0,0	0,0

7. Opłaty jednostkowe						
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie	[zł]	54,20	54,20		
2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł]	0,0	0,0		
3	Opłata za podgrzanie 1 m ³ c.w.u.	[zł]	14,5	14,5		
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 ² pow. użytkowej	[zł]	5,87	2,95		
6	Opłata abonamentowa	[zł]	750,0	750,0		
7	Inne	[zł]	-	-		
8. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego						
Planowane koszty całkowite dla budynku		[zł]	266 710,1	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię dla budynku	[%]	52,53
W tym planowane koszty dla części mieszkalnej – koszt kwalifikowany		[zł]	266 710,1	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię na cele ogrzewania	[%]	64,34
Roczna oszczędność kosztów energii		[zł]	19 871,5	Ograniczenie emisji gazów - emisja CO2	[%]	52,58

9. Informacje dodatkowe - dla budynku		Stan przed termom.	Stan po termom.	Efekt termom.
1	Zapotrzebowanie na energię pierwotną budynku [kWh/rok]	214 704	102 684	112 020
2	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych związanych z użytkowaniem obiektu – emisja CO2 [Mg CO2/rok]	32,94	15,62	17,32
3	Całkowita roczna ilość zaoszczędzonej energii cieplnej [GJ/rok]	699,7	333,1	366,6
		194 366	92 530	101 836
4	Całkowita roczna ilość zaoszczędzonej energii cieplnej na cele ogrzewania [GJ/rok]	569,8	203,2	366,6
		158 285	56 449	101 836

INFORMACJE DODATKOWE I OŚWIADCZENIA:

- Istniejący system zarządzania energią: automatyka kotłów oraz zawory z głowicami termostatycznymi przy grzejnikach - bez zmian.
- 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. Wrocławska 27 w Wałbrzychu** zostało wykonane na zlecenie Wspólnoty Mieszkaniowej na podstawie umowy o wykonanie audytu energetycznego i dokumentacji projektowo-kosztorysowej.

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. Wrocławska 27 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. 1935 roku. Wykonany został w technologii tradycyjnej murowanej. Układ konstrukcyjny budynku mieszany.

Objęty opracowaniem budynek posiada 3 kondygnacje, 15 mieszkań. Obiekt zamieszkiwany jest przez 32 osoby.

W budynku brak jest lokali użytkowych.

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,
- ♦ inwentaryzacja opracowana przez audytora,
- ♦ informacje przekazane przez zarządcę budynku.

2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

Przedmiotowy budynek podpiwniczony. Konstrukcja dachowa obiektu drewniana płaska z pokryciem z papy. Podstawowe parametry techniczne analizowanego budynku mieszkalnego przedstawiono w tabeli 1

Tabela 1. Parametry techniczne budynku.

L.p.	Parametr	Jednostka	Obmiar
1	Średnia wysokość kondygnacji	[m]	2,78
2	Powierzchnia użytkowa mieszkań	[m ²]	566,01

2.1.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE MIESZKAŃ

Ściany zewnętrzne mieszkań wykonane są jako murowane z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Układ warstw ściany, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Układ warstw ścian zewnętrznych mieszkań.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Cegła pełna	44,0	0,77

2.1.2. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE KLATKI SCHODOWEJ.

Ściany zewnętrzne klatki schodowej wykonane jako murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej z tynkiem cementowo-wapiennym. Układ warstw ściany, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Układ warstw ścian klatki schodowej

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Cegła pełna	44,0	0,77

2.1.3. PRZEGRODY POZIOME

Strop nad piwnicą wykonany jest jako masywny ceramiczny pokryty dodatkowo warstwami ocieplającymi (izolacja akustyczna) i wykończeniowymi. Układ warstw stropu, licząc od dołu do góry, przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Układ warstw stropu piwnicy.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Tynk cem-wap	2,0	0,82
2	Cegła ceramiczna	24,0	0,77
3	Zasyпка	8,0	0,28
4	Posadzka cementowa	5,0	1,00

Strop nad części mieszkalną pod poddaszem nieużytkowym wykonany jest jako drewniany z wypełnieniem pomiędzy belkami zasyпка żużlową stanowiącą izolację cieplną. Układ warstw, przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Układ warstw stropu pod poddaszem nieużytkowym.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Tynk cem-wap	2,0	0,82
2	Deska	2,5	0,16
3	Zasyпка	8,0	0,28
4	Pustka powietrzna	4,0	0,16
5	Deski	3,0	0,16

2.1.4. ŚCIANY WEWNĘTRZNE

W audycie energetycznym rozpatrywano jedynie ściany wewnętrzne oddzielające strefy o różnej temperaturze obliczeniowej, a więc mieszkania, klatkę schodową. Na podstawie dostępnej dokumentacji technicznej budynku określono jeden typy ścian wewnętrznych. Układ warstw ścian przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Układ warstw ścian piwnica – klatka schodowa.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Cegła	30,0	0,77

2.1.7. OKNA I DRZWI

W budynku znajduje się typowa PCV (wymieniona przez lokatorów) stolarka okienna. W mieszkaniach okna PCV dwuszybowe. Na klatce schodowej stolarka okienna PCV – wymieniona przez Wspólnotę w 2011r. – założony dla nich współczynnik przenikania ciepła wynosi $U = 1,60$ W/m²K.

Drzwi wejściowe do budynku aluminiowe wymienione przez Wspólnotę w 2012r. - $U = 2,0$ W/m²K.

Drzwi wejściowe do mieszkań - drewniane typowe, a założony dla nich współczynnik przenikania ciepła wynosi $U = 2,60$ W/m²K

2.1.8. PODSUMOWANIE

W załączniku I do niniejszej pracy zamieszczono elewacje pochodzące z inwentaryzacji budowlanej opracowanej dla celów audytu energetycznego. W tabeli 7 zestawiono powierzchnie całkowite ścian i stropów (nie odliczano powierzchni okien i drzwi) oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

Tabela 7. Współczynnik przenikania przegród budowlanych (nie odliczano powierzchni okien).

L.p.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m ²]	[W/m ² K]
1	Ściana zewnętrzna budynku	856,6	1,35
2	Strop pod strychem nieużytkowym	255,0	1,02
3	Strop piwnica	188,0	0,80
4	Ściany wewnętrzne	226,0	1,54

2.2. SYSTEM GRZEWczy

2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek zasilany jest w ciepło dla celów c.o. z indywidualnych kotłów na gazowych. Mieszkania oraz lokal usługowy posiadają indywidualne instalacje centralnego ogrzewania.

Ogrzewania zostały wykonane indywidualnie przez poszczególnych mieszkańców w latach 1990-2009. 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

$X = 1,00$ (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

$$\eta_{H,e} = 0,88 + 0,03 \cdot 1,00 - 0,03 = 0,88$$

Tabela 8. Składowe sprawności systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_g	0,91
2	Sprawność przesyłania ciepła	η_d	1,00
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	η_e	0,88
4	Sprawność akumulacji ciepła	η_s	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	1,00
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	W_d	1,00
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,8008

2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Taryfy opłat za gaz pokazuje tabela 9.

Tabela 9. Taryfy opłat za energię ciepłą z VAT.

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/MW/m-c]	0,0
Opłata abonamentowa	[zł/m-c]	750,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	54,20

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 10. Obliczeniowe zużycie energii analizowanego budynku w sezonie standardowym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego.

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	569,8
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,0685

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 kotłów dwufunkcyjnych gazowych, jest w zależności od potrzeb mieszkańców podgrzewana.

Przyjęto zgodnie z obowiązującymi przepisami:

- Zużycie ciepłej wody użytkowej – 1,6 dm³/m²*doba - mieszkania
- Czas użytkowania – 328,5 doby/rok - mieszkania

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.

- 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)

Obliczeniowe obciążenie cieplne na cele przygotowania ciepłej wody budynku – 28,2 kW

Obliczeniowe zapotrzebowanie na energię końcową dla potrzeb c.w.u. – 35607 kWh – 128,2 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 1m³ c.w.u. – 16,5 zł
- opłata za 1 MW opłata abonamentowa razem z opłatą za c.o. – 750,0 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 - $V_{ve,1,n} = 0,181 \text{ m}^3/\text{s}$

Dodatkowy strumień powietrza zewnętrznego infiltrującego

- dla mieszkań - $V_{inf.} = n \cdot V / 3600 = 0,2 \cdot 1573,5 / 3600 = 0,087 \text{ m}^3/\text{s}$

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego mieszkań wynosi – 964,8 m³/h.

3. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

3.1. PRZEGRODY BUDOWLANE

Budynek mieszkalny przy ul. Wrocławskiej jest eksploatowany od ponad 80 lat. W wyniku dokonanego przeglądu stwierdzono spękania ścian zewnętrznych wymagające wzmocnienia przed dociepleniem. W kilku miejscach stwierdzono ubytki okładziny oraz powierzchniowe spękania tynków. W 2013r. na budynku dokonano wymiany całego pokrycia papowego na nowe. Stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest zadowalający. W wyniku dokonanego przeglądu stwierdzono również niską izolacyjność cieplną ścian.



Fot. 1 – elewacja frontowa



Fot. 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 i drzwiowa w obrębie klatki schodowej PCV stanie technicznym bardzo dobrym.

Na strychu, piwnicach oraz pomieszczeniach przynależnych części wspólnych okna stare drewniane – nadają się do wymiany.

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

- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych budynku,
- ◆ docieplenie stropu pod strychem nieużytkowym

3.2. SYSTEM GRZEWczy

Analizowany budynek zasilany jest w ciepło dla celów c.o. z indywidualnych kotłów na gazowych. Mieszkania i lokal posiadają indywidualne instalacje centralnego ogrzewania.

Ogrzewania zostały wykonane indywidualnie przez poszczególnych mieszkańców w latach 1990-2009. Instalacje są wyposażone w zawory termostatyczne. 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.

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI

W tabeli 11 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 11. Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych budynku styropianem w systemie BSO.
2	Docieplenie stropu pod strychem nieużytkowym wełną mineralną z jednoczesnym usunięciem istniejącej zasypki żużlowej i wykonaniem nowej podłogi z płyt OSB.

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

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

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych z 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 BUDYNKU.

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych budynku styropianem w systemie BSO. W tabeli 12 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 dociepleniowych w regionie oraz kosztorysu inwestorskiego. W kosztach robót uwzględniono docieplenie ościeży oraz wykonanie nowych obróbek blacharskich itp. Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu $\lambda=0,04$.

A – powierzchnia ścian do obliczeń cieplnych, A'' – powierzchnia ścian do kosztów zadania

Tabela 12. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych budynku.

grubość dociepl.	Sd	A	Q _{ou}	Q _{1u}	q _{ou}	q _{1u}	N _u	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca	3900	A	287,68		0,0341		-	0,74	-
10,0		632,4		65,75		0,0078	211264,8	3,24	17,56
11,0				61,05		0,0072	213721,4	3,49	17,40
12,0		A''		56,97		0,0068	216178,0	3,74	17,29
13,0		758,2		53,40		0,0063	218634,6	3,99	17,22
14,0				50,25		0,0060	221091,1	4,24	17,18
15,0				47,45		0,0056	224366,5	4,49	17,23
16,0				44,95		0,0053	227642,0	4,74	17,30

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych mieszkań, spełniającą wymagania minimalnej wartości oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych - 4,0 m²K/W, będzie warstwa styropianu o grubości 14 cm i taką przyjęto do dalszych obliczeń.

5.1.2. DOCIEPLENIE STROPU POD STRYCHEM NIEUŻYTKOWYM.

Proponuje się wykonanie ocieplenia stropu drewnianego nad mieszkaniami a pod strychem nieużytkowym wełną mineralną z wykonaniem nowej podłogi z płyt OSB z jednoczesnym usunięciem istniejącej zasypki żużlowej. W tabeli 13 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia stropu. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót dociepleniowych w regionie. W kosztach robót uwzględniono usunięcie zasypki żużlowej oraz wykonanie paroizolacji z folii PCV i nowej podłogi z płyt OSB3/desek. Podczas obliczeń izolacyjności cieplnej stropu każdorazowo odejmowano wartość oporu cieplnego usuwanej zasypki żużlowej – wartość 0,286 Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej wełny $\lambda=0,035$.

Tabela 13. Wybór optymalnej grubości docieplenia stropu.

grubość dociepl.	Sd	A	Q _{ou}	Q _{1u}	q _{ou}	q _{1u}	N _u	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca	2760	255,0	62,02		0,0104		-	0,98	-
12,0				14,75		0,0025	38005,2	4,12	14,83
13,0				13,79		0,0023	38556,0	4,41	14,75
14,0				12,95		0,0022	39106,8	4,69	14,70
15,0				12,21		0,0020	39519,9	4,98	14,64
16,0				11,55		0,0019	39933,0	5,27	14,60
17,0				10,95		0,0018	40759,2	5,55	14,72
18,0				10,42		0,0017	41585,4	5,84	14,87

Optymalną warstwą docieplenia stropu, spełniającą wymagania minimalnej wartości oporu cieplnego dla stropów - $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, będzie warstwa wełny mineralnej o grubości 16 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*.

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

gdzie:

N_{co} - planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia; [zł],

ΔO_{rco} - roczna oszczędność kosztów energii; [zł/rok],

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

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

gdzie:

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

η_o, η_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

$$\eta = \eta_w \times \eta_p \times \eta_r \times \eta_c \quad (14)$$

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

5.4. POSUMOWANIE

W tabeli 14 zestawiono wyłonione 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 stropu pod strychem nieużytkowym wełną mineralną gr. 16cm ($\lambda=0,035$) z jednoczesnym usunięciem istniejącej zasyпки żużlowej i wykonaniem nowej podłogi z płyt OSB/desek.	39 933,0	14,60
2.	Docieplenie ścian zewnętrznych budynku (w tym ściany klatki schodowej) 14 cm warstwą styropianu ($\lambda=0,04$) w systemie BSO	221 091,1	17,18
3.	Kosz opracowania audytu energetycznego i dokumentacji projektowo-kosztorysowej	5 658,0 zł	

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

$$\Delta O_{rco} = (w_{to} * w_{do} * Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) * O_{0z} - (w_{t1} * w_{d1} * Q_{lco} / \eta_1 + Q_{lcw}) * O_{0z} + 12 * [(q_{0m} + q_{0cw}) * Q_{om} - (q_{1m} + q_{cw}) * Q_{1m}] + 12 * (Ab_0 - Ab_1) ; [zł/rok]$$

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

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{ocwu}) - (w_{d1} w_{t1} Q_{lco} / \eta_1 + Q_{lcw} / \eta_{lcwu})}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw})} \times 100 \quad [\%]$$

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 ¹⁾	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczęd. zapotrzeb. na energię z uwzględnieniem sprawności ΔQ
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
A	1+2	266 710,1	19 871,5	52,53
B	1	45 619,0	3 851,1	10,18

- 1) numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 14. W nakładach uwzględniono również koszty opracowania audytu energetycznego oraz projektu termomodernizacji budynku (łączny koszt ok. 5686 zł)
- 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 powinno wynosić co najmniej 25%. W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 52,53% - wymagania Ustawy są spełnione (w w/w okresie w budynku prowadzono modernizację systemu grzewczego w obrębie poszczególnych mieszkań)

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

Lp.	Rodzaj usprawnienia
1.	Docieplenie stropu pod strychem nieużytkowym wełną mineralną gr. 16cm ($\lambda=0,035$) z jednoczesnym usunięciem istniejącej zasypki żużlowej i wykonaniem nowej podłogi z płyt OSB/desek.
2.	Docieplenie ścian zewnętrznych budynku (w tym ściany klatki schodowej) 14 cm warstwą styropianu ($\lambda=0,04$) w systemie BSO

Informacje dla Inwestora

- Oszczędność c.o. bez uwzględniania c.w.u. – 64,34%
- Stawka c.o. na 1m² powierzchni użytkowej po termomodernizacji – 2,95zł/m²

7. ZAŁĄCZNIKI

- Załącznik I *Rysunki budowlane budynku mieszkalnego położonego przy
Ul. Wrocławskiej 27 w Wałbrzychu,*
- Załącznik II *Wydruki danych i wyników obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła
oraz obciążenia cieplnego dla stanu istniejącego oraz wybranego
wariantu przedsięwzięć termomodernizacyjnych – program Certo 2015*

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.