



Egz. nr 2.

*Usługi techniczne w budownictwie
Jarosław Szymczak
Oś. Konstytucji 3 Maja 28/40, 63-200 Jarocin*

**EKSPERTYZA –KOSZT ZMIANY OGRZEWANIA
W BUDYNKU MIESZKALNYM JEDNORODZINNYM
I W MIESZKANIU BUDYNKU WIELORODZINNEGO**

Zleceniodawca:	Miasto i Gmina Pleszew Rynek 1, 63-300 Pleszew	
Adres inwestycji:	Teren miasta Pleszew	
Kategoria budynku	I i XIII	
Obiekt:	Termomodernizacja obiektów	
Branża:	Sanitarna	
Rodzaj opracowania:	EKSPERTYZA KOSZTÓW.	
Projektant:	mgr inż. Jarosław Szymczak uprawnienia nr WKP/0408/PWOS/17	
Data opracowania:	lipiec, 2020 r.	

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

I	Część opisowa opracowania.
1.	Podstawa opracowania.
2.	Opis techniczny obiektów będących przedmiotem ekspertyzy.
2.1	Budynek mieszkalny jednorodzinny.
2.2	Mieszkanie w budynku wielorodzinnym
3.	Opis przyjętych przedsięwzięć termomodernizacyjnych w celu ograniczenia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne rozpatrywanych obiektów.
3.1.	Budynek mieszkalny jednorodzinny.
3.2.	Mieszkanie w budynku wielorodzinnym.
4.	Analiza przyjętych przedsięwzięć termomodernizacyjnych.
5.	Analiza energetyczna i finansowa wymiany lokalnego źródła ciepła.
5.1.	Budynek mieszkalny jednorodzinny.
5.1.1	Bilans cieplny dla budynku.
5.1.2.	Określenie nakładów inwestycyjnych dla wariantu modernizacji źródła ciepła.
5.1.3.	Efekt energetyczny modernizacji analizowanego źródła ciepła.
5.1.4.	Określenie kosztów wytwarzania ciepła dla stanu przed i po modernizacji.
5.1.5	Wyznaczenie efektów ekonomicznych przed i po modernizacji.
5.2.	Mieszkanie w budynku wielorodzinnym.
5.2.1	Bilans cieplny dla mieszkania w budynku wielorodzinnym.
5.2.2.	Określenie nakładów inwestycyjnych dla wariantu modernizacji źródła ciepła.
5.2.3	Efekt energetyczny modernizacji analizowanego źródła ciepła.
5.2.4.	Określenie kosztów wytwarzania ciepła dla stanu przed i po modernizacji.
5.2.5.	Wyznaczenie efektów ekonomicznych przed i po modernizacji.
II	Audyt energetyczny - budynek mieszkalnego jednorodzinnego
Załączniki:	
1. Dokumentacja inwentaryzacji budowlanej obiektu,	
2. Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła dla budynku przed termomodernizacją,	
3. Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła dla budynku po termomodernizacją,	
4. Obliczenia kosztów 1 GJ energii wyprodukowanego z węgla	
III	Audyt energetyczny - mieszkanie w budynku wielorodzinnym
Załączniki:	
1. Dokumentacja inwentaryzacji budowlanej obiektu,	
2. Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła dla mieszkania przed termomodernizacją,	
3. Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła dla mieszkania po termomodernizacją,	
4. Obliczenia kosztów 1 GJ energii wyprodukowanego z węgla	
IV	Audyt energetyczny - modernizacja lokalnego źródła ciepła w budynku mieszkalnym jednorodzinnym.
V	Audyt energetyczny - modernizacja lokalnego źródła ciepła w mieszkaniu budynku wielorodzinnego.

I. Część opisowa opracowania.

Ekspertyza obejmuje koszt zmiany systemu ogrzewania z węglowego na gazowy w budynku mieszkalnym jednorodzinny oraz w mieszkaniu budynku wielorodzinnego.

1. Podstaw opracowania:

- Zlecenie Miasta i Gminy Pleszew z siedzibą w Pleszewie, Rynek 1.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (t.j. Dz.U. z 2013 r., poz. 1409, z 2014 r., poz. 40, z 2014 r. poz. 768, poz. 822, poz. 1133, poz. 1200, z 2015 r., poz. 200, poz. 443, poz. 774).
- Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (D. U. z dnia 18 września 2015 r. poz. 1422).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie Szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (D.U. z 2009 r. poz. 346).
- Norma PN-EN ISO 6946 – Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczeń.
- Norma PN-EN 12831; 2006 – Instalacje grzewcze w budynku. Metoda obliczeń projektowego obciążenia cieplnego.

2. Opis techniczny obiektów będących przedmiotem ekspertyzy.

2.1. Budynek mieszkalny jednorodzinny.

Budynek wybudowany został w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Oddany do użytkowania w roku 1978. Metoda wykonania budynku tradycyjna murowana. Budynek składa się z dwóch kondygnacji mieszkalnych (parter i piętro). Budynek jest w całości podpiwniczony. Wysokość w świetle poszczególnych kondygnacji wynosi:

- piwnica 165 cm,
- parter 245 cm,
- piętro 250 cm.

Ściany zewnętrzne budynku wykonane są w całości z cegły pełnej, grubość ściany z tynkami wewnętrznymi i zewnętrznymi wynosi 43 - 28 cm. Ściana grubości 28 cm w przedsionku. Ścianki wewnętrzne działowe wykonane są z cegły pełnej, grubość ścianek z obustronnymi tynkami to 15 i 28 cm. Stropy między kondygnacjami gęstożebrowe, ceramiczne typu AKERMAN gr 18 cm. Stropy od spodu tynkowane, warstwę wykończeniową stanowią terakota w pomieszczeniach łazienek oraz linoleum w pozostałych pomieszczeniach. Stropodach stanowi strop typ AKERMAN z tynkiem wewnętrznym. Warstwę zewnętrzną stanowią:

- papa asfaltowa
- warstwa żużla paleniskowego (izolacja cieplna)
- gładz cementowa
- papa asfaltowa (izolacja przeciwwilgociowa).

Posadzka na gruncie wykonana jest z warstwy gładzi cementowej, warstwy gruzobetonu oraz pasku. W pomieszczeniu przedsionka na warstwie gładzi cementowej ułożone

jest linoleum. Stolarka okienna jest w bardzo złym stanie. Wszystkie tynki cementowo – wapienne. Okna są drewniane, skrzynkowe, szklone podwójnie i pojedynczo. Okna nie posiadają uszczeltek, są spatrzone. Okna szklone pojedynczo są zamontowane w piwnicach. Stan okien powoduje niekontrolowany napływ powietrza do poszczególnych pomieszczeń budynku. Stolarka drzwiowa jest w bardzo złym stanie. Drzwi zewnętrzne są drewniane, nie posiadają uszczeltek oraz są spatrzone. Stan drzwi powoduje niekontrolowany napływ powietrza do poszczególnych pomieszczeń budynku. Ogrzewanie budynku jest centralne, pompowe za pomocą grzejników żeliwnych. Parametry pracy instalacji 80/60°C. Czynniki grzewcze przygotowywane są za pomocą kotła grzewczego zlokalizowanym w piwnicy. Kocioł typu UKS stalowy, zasypowy, z nadmuchem. Kocioł wyprodukowany w roku 2003, stan kotła zły. Czynniki grzewcze rozprowadzane są za pomocą rur stalowych czarnych ze szwem. Rurociągi nie posiadają izolacji cieplnej. Spaliny z kotła odprowadzane są za pomocą komina murowanego o wymiarach 14 * 27 cm. Ciepła woda przygotowywana jest centralnie za pomocą podgrzewacza pojemnościowego o pojemności 150 dm³. Czynniki grzewcze przygotowywane są za pomocą kotła który przygotowuje czynniki grzewcze również na potrzeby centralnego ogrzewania. Instalacja ciepłej wody użytkowej nie posiada instalacji cyrkulacyjnej. Instalacja wykonana jest z rur stalowych ocynkowanych ze szwem. Rurociągi nie posiadają izolacji cieplnej. Praca instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej nie jest regulowana. Jedynym parametrem jaki jest regulowany to temperatura czynnika grzewczego w kotle. Regulacja manualna.

2.2. Mieszkanie w budynku wielorodzinnym.

Budynek w którym zlokalizowane jest rozpatrywane mieszkanie wybudowany został w latach trzydziestych ubiegłego wieku. Brak informacji o dokładnej dacie oddania do użytkowania budynku. Metoda wykonania budynku tradycyjna murowana. Budynek składa się z dwóch kondygnacji mieszkalnych (parter i piętro). Budynek jest częściowo podpiwniczony. Mieszkanie zlokalizowane jest na parterze i posiada dwie przegrody zewnętrzne z oknami. Wysokość w świetle kondygnacji wynosi: 3,30 m. Ściany zewnętrzne budynku wykonane są w całości z cegły pełnej, grubość ścian z tynkami wewnętrznymi i zewnętrznymi wynosi 63 cm. Ścianki wewnętrzne działowe wykonane są z cegły pełnej, grubość ścianek z obustronnymi tynkami to 15 i 28 i 42 cm. Stropy między kondygnacjami gęstożebrowe, ceramiczne typu AKERMAN gr. 18 cm. Stropy od spodu tynkowane, warstwę wykończeniową stanowią terakota w pomieszczeniach łazienek oraz linoleum w pozostałych pomieszczeniach. Wszystkie tynki cementowo – wapienne. Posadzka na gruncie wykonana jest z warstwy gładzi cementowej, warstwy gruzobetonu oraz pasku. Na warstwie gładzi cementowej ułożone jest wykładzina dywanowa w pomieszczeniach pokoi oraz terakota w pomieszczeniu łazienki, kuchni, korytarza i przedsionka. Stolarka okienna jest w złym stanie. Okna PCV, szklone podwójnie. Okna nie posiadają uszczeltek, są spatrzone. Stan okien powoduje niekontrolowany napływ powietrza do poszczególnych pomieszczeń z oknami. Stolarka drzwiowa jest w złym stanie. Drzwi zewnętrzne mieszkania są drewniane, nie posiadają uszczeltek oraz są spatrzone. Stan drzwi powoduje niekontrolowany napływ powietrza do mieszkania.

Ogrzewanie budynku jest centralne, pompowe za pomocą grzejników płytowych. Parametry pracy instalacji 80/60°C. Czynniki grzewcze przygotowywane są za pomocą kotła grzewczego zlokalizowanego na poziomie mieszkania. Kocioł typu UKS stalowy, zasypowy, z nadmuchem. Kocioł wyprodukowany w roku 2005, stan kotła zły. Czynniki grzewcze rozprowadzane są za pomocą rur miedzianych. Rurociągi nie posiadają izolacji

cieplnej. Spaliny z kotła odprowadzane są za pomocą komina murowanego o wymiarach 14 * 27 cm. Ciepła woda przygotowywana jest centralnie za pomocą podgrzewacza pojemnościowego o pojemności 100 dm³. Czynnik grzewczy przygotowywany jest za pomocą kotła który przygotowuje czynnik grzewczy również na potrzeby centralnego ogrzewania. Instalacja ciepłej wody użytkowej nie posiada instalacji cyrkulacyjnej. Instalacja wykonana jest z rur stalowych ocynkowanych ze szwem. Rurociągi nie posiadają izolacji cieplnej. Praca instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej nie jest regulowana. Jedyne parametrem jaki jest regulowany to temperatura czynnika grzewczego w kotle. Regulacja manualna.

3. Opis przyjętych przedsięwzięć termomodernizacyjnych w celu ograniczenia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne rozpatrywanych obiektów.

W celu ograniczenia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne należy zastosować materiały izolacyjne oraz elementy budowlane które po zastosowaniu spełnić będą Warunki techniczne 2021. Warunki Techniczne 2021 są nowelizacją warunków technicznych, które dokonywane są co jakiś czas ze względu na rozwój technologiczny zachodzący w branży budowlanej. Zaleca się wprowadzać je co 5 lat. Ostatnie zmiany zostały wprowadzone w 2017 roku. Warunki techniczne dotyczące wskaźników przewodzenia ciepła oraz zapotrzebowania na energię, których zmiana obowiązywać będzie od 2021 roku, w znacznym stopniu będzie wpływać na sposób ogrzewania budynków. Wskaźnik E_p oznaczający roczne zapotrzebowanie na energię nie będzie możliwy do zachowania przy utrzymywaniu tradycyjnych kotłów węglowych jak i nowoczesnych olejowych a nawet gazowych. W roku 2021 wskaźnik E_p nie będzie mógł przekroczyć 70 kWh/m²/rok. Ze względów konstrukcyjnych trudny będzie do osiągnięcia w budynkach starszych podlegających termomodernizacji.

3.1. Budynek mieszkalny jednorodzinny.

W celu ograniczenia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne charakteryzujące się obecnie poniższymi wartościami współczynników przenikania ciepła:

Tabela nr 1.

L.p.	Oznaczenie	Nazwa przegrody zewnętrznej	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² *K)]
1	2	3	4
1.	Dw1	Drzwi wewnętrzne – płyta pilśniowa z rdzeniem azurowym, drewniane	3,600
2.	Dz1	Drzwi zewnętrzne - drewniane	3,600
3.	Ok1	Okno (świetlik) zewnętrzny – drewniane, skrzynkowe, dwuskrzydłowe (szklone podwójnie)	3,200
4.	Ok2	Okno (świetlik) zewnętrzny – drewniane, skrzynkowe, dwuskrzydłowe (szklone	4,400

pojedynczo)			
5.	Pos1	Podłoga na gruncie w piwnicy, warstwa wierzchnia – beton zatarty	0,470
6.	Pos2	Podłoga na gruncie, warstwa wierzchnia – beton zatarty	0,547
6.	Sd1	Stropodach nad budynkiem głównym – kryty papą	0,636
8.	Sd2	Stropodach nad przybudówką - taras (pom. nr 11 wg. inwentaryzacji budynku)	0,921
9.	Str1	Strop – ciepło do dołu – strop nad pomieszczeniami piwnicznymi - terakota	1,568
10.	Str2	Strop – ciepło do dołu – strop nad pomieszczeniami piwnicznymi - linoleum	1,029
11.	Sw1	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 15 cm	2,210
12.	Sw2	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 28 cm	1,610
13.	Sz1	Ściana zewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 42 cm	1,405
14.	Sz2	Ściana zewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 28 cm	1,882
15.	SzPG	Ściana zewnętrzna przy gruncie - (cegła pełna) - gr. 42 cm	0,976

przegrody zostaną ocieplone warstwą styropianu lub wymieniony zostanie element zewnętrzny przegrody budowlanej. Ze względów konstrukcyjnych nie zostaną poddane termomodernizacji przegrody:

- podłoga na gruncie, warstwa wierzchnia – beton zatarty (pom. piwnicy oraz przedsionka), ponieważ niema możliwości wykonania dodatkowej izolacji cieplnej ze względu na wysokość pomieszczeń oraz wyrównania poziomu posadzki z innymi pomieszczeniami. Obecnie pomieszczenia piwnicy mają wysokość 1,65 m a pomieszczenie przedsionka 2,45 m, wykonanie dodatkowej izolacji związane byłoby z dodatkowym zmniejszeniem wysokości pomieszczeń a w przypadku przedsionka wykonanie stopnia w stosunku do pomieszczenia korytarza. Inne rozwiązanie polegałoby na rozebraniu obecnej posadzki i wykonanie nowe o odpowiednim współczynniku przenikania ciepła, zgodnie z WT 2021. Rozwiązanie takie wiązałoby się z dużym nakładem inwestycyjnym przy małym efekcie energetycznym.

- strop – ciepło do dołu – strop nad pomieszczeniami piwnicznymi – terakota oraz strop – ciepło do dołu – strop nad pomieszczeniami piwnicznymi – linoleum. Przyczyny nie możliwości wykonania termomodernizacji takie same jak w przypadku przegrody - podłoga na gruncie.

- ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 15 cm oraz ściana wewnętrzna - (cegła pełna) – gr. 28 cm. W tym przypadku konieczne byłoby zwiększenie grubości ścian co wiązałoby się ze zmniejszeniem powierzchni pomieszczeń, w tym przypadku łazienek na parterze

i piętrze. Również konieczna byłaby wymiana płytek ceramicznych na ścianach podlegających termomodernizacji. Tak jak w przypadkach powyżej związane byłoby to z dużymi nakładami finansowymi przy małym efekcie energetycznym.

- Drzwi wewnętrzne – płyta pilśniowa z rdzeniem ażurowym, drewniane.

Tak jak w przypadkach powyżej związane byłoby to z dużymi nakładami finansowymi przy małym efekcie energetycznym.

Przyjęte przedsięwzięcia termomodernizacyjne:

- ściana zewnętrzna gr. 42 cm i ściana zewnętrzna gr 28 cm – docieplenie styropianem gr. 14 cm o współczynniku $\lambda = 0,031 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ z warstwa tynku mineralnego, cienkowarstwowego.

- ściana zewnętrzna gr. 42 cm przy gruncie - docieplenie styropianem gr 11 cm o współczynniku $\lambda = 0,031 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ z warstwą izolacji przeciwwilgociowej.

- stropodach budynku głównego - docieplenie styropapą gr 16 cm o współczynniku $\lambda = 0,031 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$.

- stropodach budynku przybudówki – docieplenie styroporem gr 18 cm o współczynniku $\lambda = 0,031 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ z warstwa posadzki cementowej gr 4 cm. Przed ułożeniem warstwy docieplenia usunąć istniejąca posadzkę.

- wymiana istniejących okien na okna PCV, trzyszynowe z nawietrzakiem okiennym higrosterowanym.

- wymiana drzwi zewnętrznych istniejących na drewniane z warstwa izolacyjną.

Po wykonaniu termomodernizacji współczynniki przenikania ciepła uległy zmniejszeniu do wartości wymaganych przez Warunki techniczne 2021 r. Zestawienie w poniższej tabeli:

Tabela nr 2.

L.p.	Oznaczenie	Nazwa przegrody zewnętrznej	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² *K)]
1	2	3	4
1.	Dw1	Drzwi wewnętrzne – płyta pilśniowa z rdzeniem ażurowym, drewniane	3,600
2.	Dz1	Drzwi zewnętrzne - drewniane	1,300
3.	Ok1	Okno (świetlik) zewnętrzny – drewniane, skrzynkowe, dwuskrzydłowe (szklone podwójnie)	0,900
4.	Ok2	Okno (świetlik) zewnętrzny – drewniane, skrzynkowe, dwuskrzydłowe (szklone pojedynczo)	0,900
5.	Pos1	Podłoga na gruncie w piwnicy, warstwa wierzchnia – beton zatarty	0,470
6.	Pos2	Podłoga na gruncie, warstwa wierzchnia – beton zatarty	0,547
6.	Sd1	Dach nad budynkiem głównym –	0,148

		kryty papa	
8.	Sd2	Dach nad przybudówką - taras (pom. nr 11 wg. inwentaryzacji budynku)	0,149
9.	Str1	Strop – ciepło do dołu – strop nad pomieszczeniami piwnicznymi - terakota	1,568
10.	Str2	Strop – ciepło do dołu – strop nad pomieszczeniami piwnicznymi - linoleum	1,029
11.	Sw1	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 15 cm	2,210
12.	Sw2	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 28 cm	1,610
13.	Sz1	Ściana zewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 42 cm	0,198
14.	Sz2	Ściana zewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 28 cm	0,191
15.	SzPG	Ściana zewnętrzna przy gruncie - (cegła pełna) - gr. 42 cm	0,199

Drugim istotnym elementem termomodernizacji który ma duży wpływ na zmniejszenie zużycia energii przez budynek jest modernizacja systemu przygotowania czynnika grzewczego dla instalacji grzewczej budynku oraz instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej. Modernizacja systemu polegać będzie na wymianie istniejącego źródła ciepła tj. kotła węglowego, zasypowego, wodnego typu UKS na kocioł gazowy, kondensacyjny z zamkniętą komorą spalania, dwufunkcyjny. W celu określenia wielkości zużycia energii przed i po wykonaniu termomodernizacji niezbędne jest wykonanie obliczeń zapotrzebowania energii dla budynku w obu przypadkach z uwzględnieniem sprawności systemów. Poniższa tabela przedstawia sprawność elementów systemów grzewczych oraz zużycie energii przed i po modernizacji.

Tabela nr 3. Stan przed modernizacją systemu grzewczego

Sprawność elementów systemu grzewczego przed modernizacją	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku z uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]
1	2	3	4
- sprawność wytwarzania – 0,70 - sprawność przesyłania – 0,87 - sprawność regulacji i wykorzystania – 0,75 - sprawność akumulacji – 1,00	23,60	183,57	401,68

Tabela nr 4. Stan po modernizacją systemu grzewczego

Sprawność elementów systemu grzewczego po modernizacją	Obliczeniow a moc cieplna systemu grzewczego [kW]	Roczne zapotrzebowanie na ciepł do ogrzania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]	Roczne zapotrzebowanie na ciepł do ogrzania budynku z uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]
1	2	3	4
- sprawność wytwarzania – 0,94 - sprawność przesyłania – 0,95 - sprawność regulacji i wykorzystania – 0,93 - sprawność akumulacj – 1,00	8,54	53,33	64,25

Tabela nr 5. Stan przed modernizacją systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej

Sprawność elementów systemu grzewczego przed modernizacją	Obliczeniow a moc cieplna systemu grzewczego [kW]	Roczne zapotrzebowanie na ciepł do ogrzania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]	Roczne zapotrzebowanie na ciepł do ogrzania budynku z uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]
1	2	3	4
- sprawność wytwarzania – 0,70 - sprawność przesyłania – 0,60 - sprawność regulacji i wykorzystania – 1,00 - sprawność akumulacj – 0,75	14,49	-	47,05

Tabela nr 6. Stan po modernizacją systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej

Sprawność elementów systemu grzewczego po modernizacją	Obliczeniow a moc cieplna systemu grzewczego [kW]	Roczne zapotrzebowanie na ciepł do ogrzania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]	Roczne zapotrzebowanie na ciepł do ogrzania budynku z uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]
1	2	3	4
- sprawność wytwarzania – 0,94	6,00	-	19,71

- sprawność przesyłania – 0,80 - sprawność regulacji i wykorzystania – 1,00 - sprawność akumulacji – 1,00			
---	--	--	--

3.2. Mieszkanie w budynku wielorodzinnym.

W celu ograniczenia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne charakteryzujące się obecnie niższymi wartościami współczynników przenikania ciepła:

Tabela nr 7.

L.p.	Oznaczenie	Nazwa przegrody zewnętrznej	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² *K)]
1	2	3	4
1.	Dw1	Drzwi zewnętrzne mieszkania - drewniane	3,600
2.	Ok1	Okno (światlik) zewnętrzny – PCV (szklone podwójnie)	3,200
3.	Pod1	Podłoga na gruncie, warstwa wierzchnia – beton zatarty	0,456
4.	Str1	Strop – ciepło do góry – strop nad pomieszczeniami mieszkalnymi - linoleum	0,898
5.	Sw1	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 15 cm	2,210
6.	Sw2	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 28 cm	1,610
6.	Sw3	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 42 cm	1,248
8.	Sz1	Ściana zewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 63 cm	1,014

przegrody zostaną ocieplone warstwą styropianu lub wymieniony zostanie element zewnętrzny przegrody budowlanej. Ze względów konstrukcyjnych nie zostaną poddane termomodernizacji przegrody:

- podłoga na gruncie, warstwa wierzchnia – linoleum, w celu wykonania tej izolacji wymagane byłoby rozebranie istniejących posadzek w całym mieszkaniu ponieważ niema możliwości wykonania dodatkowej izolacji cieplnej na wierzchu istniejącej posadzki. Wiązałoby się to z dużym nakładem inwestycyjnym przy małym efekcie energetycznym.
- strop – ciepło do góry – strop nad pomieszczeniami mieszkania – linoleum. Przyczyną nie możliwości wykonania termomodernizacji takie same jak w przypadku przegrody - podłoga na gruncie.
- ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 15 cm, ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 28 cm oraz ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 42 cm W tym przypadku konieczne byłoby

zwiększenie grubości ścian, co wiązałoby się ze zmniejszeniem powierzchni pomieszczeń, w tym przypadku łazienki, korytarz i pokoju nr 6 (zgodnie z inwentaryzacją obiektu). Również konieczna byłaby wymiana płytek ceramicznych na ścianach podlegających termomodernizacji. Tak jak w przypadkach powyżej związane byłoby to z dużymi nakładami finansowymi przy małym efekcie energetycznym.

Przyjęte przedsięwzięcia termomodernizacyjne:

- ściana zewnętrzna gr. 63 cm - docieplenie styropianem gr 13 cm o współczynniku $\lambda = 0,031 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ z warstwa tynku mineralnego, cienkowsarstwowego.
- wymiana istniejących okien na okna PCV, trzyszybowe z nawietrzakiem okiennym higrosterowanym.
- wymiana drzwi wewnętrznych (mieszkania – zewnętrznych) istniejących na drewniane z warstwa izolacyjną.

Po wykonaniu termomodernizacji współczynniki przenikania ciepła uległy zmniejszeniu do wartości wymaganych przez Warunki techniczne 2021 r. Zestawienie w poniższej tabeli:

Tabela nr 8.

L.p.	Oznaczenie	Nazwa przegrody zewnętrznej	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² *K)]
1	2	3	4
1.	Dw1	Drzwi zewnętrzne mieszkania - drewniane	1,300
2.	Ok1	Okno (świetlik) zewnętrzny – PCV (szklone podwójnie)	0,900
3.	Pod1	Podłoga na gruncie, warstwa wierzchnia – beton zatarty	0,456
4.	Str1	Strop – ciepło do góry – strop nad pomieszczeniami mieszkalnymi - linoleum	0,898
5.	Sw1	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 15 cm	2,210
6.	Sw2	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 28 cm	1,610
6.	Sw3	Ściana wewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 42 cm	1,248
8.	Sz1	Ściana zewnętrzna - (cegła pełna) - gr. 63 cm	0,193

Drugim istotnym elementem termomodernizacji który ma duży wpływ na zmniejszenie zużycia energii przez mieszkanie jest modernizacja systemu przygotowania czynnika grzewczego dla instalacji grzewczej budynku oraz instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej. Modernizacja systemu polegać będzie na wymianie istniejącego źródła ciepła tj. kotła węglowego, zasypowego, wodnego typu UKS na kocioł gazowy, kondensacyjny z zamkniętą komorą spalania, dwufunkcyjny. W celu określenia wielkości zużycia energii przed i po wykonaniu termomodernizacji niezbędne jest wykonanie obliczeń

zapotrzebowania energii dla budynku w obu przypadkach z uwzględnieniem sprawności systemów. Poniższa tabela przedstawia sprawność elementów systemów grzewczych oraz zużycie energii przed i po modernizacji.

Tabela nr 9. Stan przed modernizacją systemu grzewczego

Sprawność elementów systemu grzewczego przed modernizacją	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku z uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]
1	2	3	4
- sprawność wytwarzania – 0,70 - sprawność przesyłania – 0,87 - sprawność regulacji i wykorzystania – 0,75 - sprawność akumulacji – 1,00	6,52	69,42	151,90

Tabela nr 10. Stan po modernizacją systemu grzewczego

Sprawność elementów systemu grzewczego po modernizacją	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku z uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]
1	2	3	4
- sprawność wytwarzania – 0,94 - sprawność przesyłania – 0,95 - sprawność regulacji i wykorzystania – 0,93 - sprawność akumulacji – 1,00	3,97	46,63	56,18

Tabela nr 11. Stan przed modernizacją systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej

Sprawność elementów systemu grzewczego przed modernizacją	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku z uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]
1	2	3	

- sprawność wytwarzania – 0,70 - sprawność przesyłania – 0,87 - sprawność regulacji i wykorzystania – 0,75 - sprawność akumulacji – 1,00	9,16	-	23,59
---	------	---	-------

Tabela nr 12. Stan po modernizacją systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej

Sprawność elementów systemu grzewczego po modernizacją	Obliczeniow a moc cieplna systemu grzewczego [kW]	Roczne zapotrzebowanie na ciepł do ogrzania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]	Roczne zapotrzebowanie na ciepł do ogrzania budynku z uwzględnienia sprawności systemu [GJ/rok]
1	2	3	4
- sprawność wytwarzania – 0,94 - sprawność przesyłania – 0,95 - sprawność regulacji i wykorzystania – 0,93 - sprawność akumulacji – 1,00	3,80	-	9,88

Wszystkie powyższe dane wynikają z Audytów energetycznych będącego integralną częścią opracowania. Audyty opracowano osobno dla każdego z obiektów. Audyty dotyczą termomodernizacji przegród zewnętrznych obiektów jak i źródła ciepła. Podstaw analizy finansowej termomodernizacji jest cena paliw na wyprodukowanie 1 GJ energii na rok. Które wynoszą:

- cena paliwa przed termomodernizacją (węgiel) – 48,61 zł/GJ (wycieszenie ceny za GJ z węgla zawarte jest w Audytach energetycznych
- cena paliwa po termomodernizacji (gaz). Cena ta składa się z kilku elementów tj. cena gazu – 38,31 zł/GJ, opłata dystrybucyjna – 12,30 zł za GJ, są to opłaty stałe do tego dochodzą opłat zmienne tj. opłata abonamentowa – 4,86 zł oraz opłata dystrybucyjna 17,87 zł.

4. Analiza wyników przyjętych przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Budynek mieszkalny jednorodzinny.

Analizując wynik w poszczególnych tabelach dotyczące budynku mieszkalnego jednorodzinnego można zauważyć bardzo duże zużycie energii na ogrzewanie budynku przed termomodernizacją wynoszące 183,57 GJ/rok i po termomodernizacji 53,33 GJ/rok. Kosztowo przedstawia się to w następujący sposób:

Koszt przed termomodernizacją – 183,57 GJ/rok * 48,61 zł/GJ = 8.923,34 zł,

Koszt po termomodernizacji – $53,33 \text{ GJ/rok} * (38,31+12,30) + 12*(4,86+17,87) = 2.971,79$ zł. Z powyższych wyliczeń, zużycie energii po termomodernizacji w stosunku do stanu przed termomodernizacją zmniejszyło się o 130,24 GJ/rok tj. o 71 % a finansowo 5.951,55 zł. Są to wynik wynikające tylko z termomodernizacji przegród zewnętrznych budynku. W audycie uwzględniono również modernizację (termomodernizację) źródła ciepła. Chcąc mieć pełen obraz strat energii i jej koszt należ w obliczeniach uwzględnić sprawność źródła ciepła. W tabeli nr 4 i 5 przedstawiono sprawność systemów grzewczych przed i po modernizacji. W tym przypadku w miejsce istniejącego od kilkunastu lat kotła węglowego zastosowany będzie kocioł gazowy, dwufunkcyjny, kondensacyjny z zamkniętą komorą spalania. Sprawność całkowita układu grzewczego przed termomodernizacją wynosi obecnie – $0,70*0,87*0,75 = 0,457$, sprawność całkowita układu grzewczego po termomodernizacji wynosić będzie – $0,94*0,95*0,93 = 0,830$. Biorąc pod uwagę sprawność układów grzewczych zużycie energii na ogrzanie budynku przed modernizacją wynosi: $183,57 \text{ GJ/rok}/0,457 = 401,68 \text{ GJ/rok}$ a po modernizacji wyniesie $53,33 \text{ GJ/rok}/0,830 = 64,25 \text{ GJ/rok}$.

Kosztowo przedstawia się to następujący sposób:

Cena przed termomodernizacją – $401,68 \text{ GJ/rok} * 48,61 \text{ zł/GJ} = 19.525,66 \text{ zł/rok}$,
Cena po termomodernizacji – $64,25 \text{ GJ/rok} * (38,31+12,30) + 12*(4,86+17,87) = 3.524,45$
Z powyższych wyliczeń, zużycie energii po termomodernizacji w stosunku do stanu przed termomodernizacją zmniejszyło się o 337,43 GJ/rok tj. o 84 % a finansowo o 16.001,21 zł/rok. Przygotowanie ciepłej wody użytkowej oparte jest na tym samym źródle ciepła co instalacja grzewcza w budynku. Koszt przygotowania ciepłej wody przed modernizacją systemu grzewczego wynoszą: $47,05 * 48,61 = 2.287,10 \text{ zł/rok}$, po modernizacji wynosić będą: $19,71 \text{ GJ/rok} * (38,31+12,30) + 12*(4,86+17,87) = 1.270,28 \text{ zł/rok}$. Z powyższych wyliczeń wynika, że zmniejszenie zużycia energii wynosi 27,34 GJ/rok tj. o 58 % a finansowo o 1.016,82 zł/rok. Reasumując ogólne zużycie energii przed termomodernizacją wynosi 448,73 GJ/rok, po termomodernizacji wynosić będzie: 83,96 GJ/rok. Zmniejszenie zużycia energii wynosi: 364,77 GJ/rok tj o 81,3 %. Finansowo o 17.018,03 zł/rok. Obliczeniowa moc grzewcza systemu grzewczego budynku i przygotowania ciepłej wody użytkowej wynosi obecnie 38,09 kW, po termomodernizacji wynosić będzie 14,54 kW.

Mieszkanie w budynku wielorodzinnym.

Analizując wynik w poszczególnych tabelach dotyczące mieszkania w budynku wielorodzinnym można zauważyć duże zużycie energii na ogrzewanie budynku przed termomodernizacją wynoszące 69,42 GJ/rok i po termomodernizacji 46,63 GJ/rok.

Kosztowo przedstawia się to w następujący sposób:

Koszt przed termomodernizacją – $69,42 \text{ GJ/rok} * 48,61 \text{ zł/GJ} = 3.374,51 \text{ zł/rok}$,
Koszt po termomodernizacji – $46,63 \text{ GJ/rok} * (38,31+12,30) + 12*(4,86+17,87) = 2.632,70$ zł/rok. Z powyższych wyliczeń, zużycie energii po termomodernizacji w stosunku do stanu przed termomodernizacją zmniejszyło się o 22,79 GJ/rok tj. o 32,8 % a finansowo o 741,81 zł/rok. Są to wynik wynikające tylko z termomodernizacji przegród zewnętrznych mieszkania. W audycie uwzględniono również modernizację (termomodernizację) źródła ciepła. Chcąc mieć pełen obraz strat energii i jej koszt należ w obliczeniach uwzględnić sprawność źródła ciepła. W tabeli nr 9 i 10 przedstawiono sprawność systemów grzewczych przed i po modernizacji. W tym przypadku w miejsce istniejącego od kilkunastu lat kotła węglowego zastosowany będzie kocioł gazowy, dwufunkcyjny, kondensacyjny z zamkniętą komorą spalania. Sprawność całkowita układu grzewczego

przed termomodernizacją wynosi obecnie – $0,70 \cdot 0,87 \cdot 0,75 = 0,457$, sprawność całkowita układu grzewczego po termomodernizacji wynosić będzie – $0,94 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 0,830$. Biorąc pod uwagę sprawność układów grzewczych zużycie energii na ogrzanie budynku przed modernizacją wynosi: $69,42 \text{ GJ/rok} / 0,457 = 151,90 \text{ GJ/rok}$ a po modernizacji wyniesie $46,63 \text{ GJ/rok} / 0,830 = 56,18 \text{ GJ/rok}$.

Kosztowo przedstawia się to następujący sposób:

Cena przed termomodernizacją – $151,90 \text{ GJ/rok} \cdot 48,61 \text{ zł/GJ} = 7.383,86 \text{ zł/rok}$,

Cena po termomodernizacji – $56,18 \text{ GJ/rok} \cdot (38,31 + 12,30) + 12 \cdot (4,86 + 17,87) = 3.116,03$

Z powyższych wyliczeń, zużycie energii po termomodernizacji w stosunku do stanu przed termomodernizacją zmniejszyło się o $95,72 \text{ GJ/rok}$ tj. o 63 % a finansowo

o $4.267,83 \text{ zł}$. Przygotowanie ciepłej wody użytkowej oparte jest na tym samym źródle ciepła co instalacja grzewcza w mieszkaniu. Koszt przygotowania ciepłej wody

przed modernizacją systemu grzewczego wynoszą: $23,59 \cdot 48,61 = 1.146,71 \text{ zł/rok}$,

po modernizacji wynosić będą: $9,88 \text{ GJ/rok} \cdot (38,31 + 12,30) + 12 \cdot (4,86 + 17,87) = 722,79$

zł/rok . Z powyższych wyliczeń wynika, że zmniejszenie zużycia energii wynosi $13,71$

GJ/rok tj. o 58,1 % a finansowo o $423,92 \text{ zł/rok}$. Reasumując ogólne zużycie energii

przed termomodernizacją wynosi $175,49 \text{ GJ/rok}$, po termomodernizacji wynosić będzie:

$66,06 \text{ GJ/rok}$. Zmniejszenie zużycia energii wynosi: $109,43 \text{ GJ/rok}$ tj o 62,3 %. Finansowo

o $4.691,75 \text{ zł/rok}$. Obliczeniowa moc grzewcza systemu grzewczego budynku

i przygotowania ciepłej wody użytkowej wynosi obecnie $15,67 \text{ kW}$, po termomodernizacji wynosić będzie $7,77 \text{ kW}$.

Analizując powyższe obliczenia oraz Audyty energetyczne dla obu obiektów można stwierdzić, że poza termomodernizacją przegród zewnętrznych obiektów konieczne jest również zmodernizowanie źródła ciepła. Wykonanie samej termomodernizacji przegród zewnętrznych poprawia bilans energetyczny obiektów jednakże koszty poniesione na te prace termomodernizacyjne są wysokie, zwracają się w dłuższym okresie czasu. Modernizacja systemu grzewczego i przygotowania ciepłej wody użytkowej powoduje, że ilość produkowanej energii jest kontrolowana i uzależniona od potrzeb obiektów bez niepotrzebnego przegrzewania ich. Praca kotła po modernizacji uzależniona jest od parametrów powietrza zewnętrznego i przyjętej przez mieszkańców obiektu temperatury wewnętrznej. Ciepła woda z racji tego, że przygotowywana jest w kotle dostarczana jest do punktu czerpalnego tylko w razie jej potrzeby bez akumulacji w zasobniku ciepłej wody użytkowej. Koszt wykonania pełnej (możliwej) termomodernizacji budynku mieszkalnego jednorodzinnej wynosi: $115.158,59 \text{ zł}$, a mieszkania: $37.973,06 \text{ zł}$. Czas zwrotu poniesionych nakładów finansowych z oszczędności wynikających z termomodernizacji wynosi odpowiednio $4,05 \text{ lat}$ i $5,75 \text{ lat}$. Nadmienić również trzeba, że biorąc kredyt na termomodernizację otrzymuje się tzw. Premię termomodernizacyjną w wysokości minimum 15 % wartości kredytu.

5. Analiza energetyczna i finansowa wymiany lokalnego źródła ciepła.

Jak już zauważono powyżej duży efekt termomodernizacyjny daje wymiana samego źródła ciepła. W dalszej części opracowania przedstawiony zostanie koszt modernizacji lokalnego źródła ciepła oraz efekt ekonomiczny modernizacji. Do analizy przyjęto rozpatrywane powyżej budynki przy pełnej termomodernizacji. Analiza przeprowadzona zostanie na podstawie Audytów energetycznych lokalnych źródeł ciepła zawartych w dalszej części opracowania.

5.1. Budynek mieszkalny jednorodzinny.

Obecnie w budynku zainstalowany jest kocioł grzewczy stalowy, węglowy, zasypowy o mocy 40 kW. Ciepła woda przygotowywana jest w podgrzewaczu pojemnościowym o pojemności 150 dm³. Jedyną automatykę jaką posiada kocioł to regulacja temperatury wody w kotle, regulacja manualna. Po modernizacji zamontowany będzie Kocioł gazowy jednofunkcyjny, kondensacyjny z zamkniętą komorą spalania o mocy 40 kW. Do przygotowania ciepłej wody zamontowany zostanie podgrzewacz o poj. 150 dm³ zespolony z kotłem. Praca kotła w pełni zautomatyzowana, uzależniona od temperatury zewnętrznej i wewnętrznej, przygotowanie ciepłej wody użytkowej w priorytecie.

5.1.1. Bilans cieplny dla budynku.

Bilans cieplny dla budynku mieszkalnego jednorodzinnego przyjęto z audytu energetycznego z pełną termomodernizacją. Zapotrzebowanie na moc cieplną i ciepło dla budynku przedstawiono w tabeli nr 1

Tabela nr 13.

L.p.	Wyszczególnienie odbiorców	q _{co} [kW]	Q _{co} [GJ/rok]	q _{cwu} [kW]	Q _{cwu} [GJ/rok]
1	2	3	4	5	6
1.	Budynek mieszkalny jednorodzinny	23,60	401,68	14,49	47,05

5.1.2. Określenie nakładów inwestycyjnych dla wariantu modernizacji źródła ciepła.

Niezbędny elementem analizy finansowej modernizacji źródła ciepła jest koszt modernizacji. Całkowite nakłady inwestycyjne dla modernizacji oszacowano na podstawie wstępnego doboru podstawowych urządzeń technologicznych oraz kosztów zakupu które przedstawiono poniżej. Zestawienie kosztów przedstawiono w tabeli nr 2.

Tabela nr 14. (cena brutto)

L.p.	Wyszczególnienie urządzeń	Ilość [szt]	Cena jednostkowa [zł/szt]	Koszt całkowity [zł]
1	2	3	4	5
1.	Kocioł gazowy, kondensacyjny, z zamkniętą komorą spalania, pełną automatyką pogodową o mocy 40,0 kW	1	11.900,00	11.900,00
	Podgrzewacz ciepłej wody użytkowej, wykonanie nierdzewne, izolowany termicznie o poj. 150 dm ³	1	3,200,0	3,200,0
	Wkład kominowy dwuścienny 130/80 mm	1 kpl	1.830,00	1.830,00
	Pozostała armatura i izolacje cieplne	-	-	900,00
Razem (M)				17.830,00

Robocizna (R) (20% od M)	3,566,00
Koszty pośrednie (Ko) (60% od R)	2.139,60
Zysk (Z) (15% od R i Ko)	855,84
Łączne nakłady inwestycyjne	24.391,44

5.1.3. Efekt energetyczny modernizacji analizowanego źródła ciepła.

Efekt energetyczny wynika z różnicy sprawności istniejącego źródła ciepła i przewidzianego do zamontowania. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 3.

Tabela nr 15.

L.p.	Wyszczególnienie	Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
1	2	3	4
1.	Zapotrzebowanie na moc cieplną źródła [kW]	40,0	40,0
2.	Moc cieplna zainstalowana [kW]	40,0	40,0
3.	Zapotrzebowanie na ciepło źródła [GJ/rok]	448,73	448,73
4.	Sprawność eksploatacyjna [%]	57,2	96,0
5.	Zużycie energii pierwotnej [GJ/rok]	784,49	467,43
6.	Efekt energetyczny [%]	-	94,4

5.1.4. Określenie kosztów wytwarzania ciepła dla stanu przed i po modernizacji.

- koszty wytwarzania ciepła przed termomodernizacją.

Przed modernizacją systemu grzewczego paliwem w kotle grzewczym jest węgiel o wartości opałowej 22,0 MJ/kg.

$$K_z = K_r * \frac{S_d - u_{cw} * (S_d - S_{d_r})}{S_{d_r}} \text{ [zł/rok]}$$

gdzie:

K_z – koszty zmienne w roku standardowym

K_r – 28.900 – koszty zmienne w roku rzeczywistym (opał)

S_{d_r} – 3.846 – liczba stopniocdni w sezonie rzeczywistym

S_d – 4.307,5 - liczba stopniocdni w sezonie standardowym

U_{cw} – udział produkcji ciepłej wody użytkowej w całkowitej produkcji w roku rzeczywistym – 0,105

$$K_z = 28.900,00 * \frac{4.307,5 - 0,105 * (4.307,5 - 3846)}{3.846} = 32.003,73 \text{ zł/rok}$$

- koszty wytwarzania ciepła po modernizacji.

W rozpatrywanym przypadku modernizacyjnym nastąpi zwiększenie sprawności wytwarzania energii cieplnej dzięki zastosowaniu nowego kotła gazowego wyposażonego w nowoczesny

układ regulacji pracy kotła z jednoczesną regulacją pogodową oraz priorytetowym podgrzewem c.w.u.. W celu wyznaczenia kosztów zakupu gazu ziemnego konieczne jest wyznaczenie godzinowego i rocznego zużycia.

roczne zużycie gazu wynosi:

$$B_{\text{rok}} = \frac{\Sigma Q}{Q_i * \eta} = \frac{448,73}{0,0354 * 0,96} = 13.355,06 \text{ m}^3/\text{rok}$$

gdzie:

ΣQ – 448,73 GJ/rok – całkowite, obliczeniowe zapotrzebowanie na energię cieplną

Dla zasilania obiektu,

Q_i – 35,4 MJ/m³ = 0,0354 GJ/m³ – średnia wartość opałowa gazu ziemnego,

η – sprawność eksploatacyjna źródła ciepła po jego modernizacji – 0,96

maksymalne godzinowe zużycie gazu:

$$B_{\text{max}} = \frac{\Sigma q * 3600}{Q_i * \eta} = \frac{40,0 * 3600}{35400 * 0,96} = 4,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

gdzie:

Σq – 40,0 kW – całkowite obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną dla zasilania obiektu,

Q_i – 35.400 kJ/m³ – średnia wartość opałowa gazu ziemnego,

η – sprawność eksploatacyjna źródła ciepła po jego modernizacji – 0,96

roczne koszty zużycia gazu po termomodernizacji kotłowni będą wynosiły:

$$13.355,06 * 1,337 + 12 * 17,87 + 12 * 4,86 = 18.128,47 \text{ zł/rok}$$

5.1.5. Wyznaczenie efektów ekonomicznych przed i po modernizacji.

Tabela nr 16.

L.p.	Wariant przedsięwzięcia modernizacyjnego	Koszt/efekt [zł/rok]	
1	Stan przed modernizacją	Koszt wytwarzania ciepła	32.003,73
2	Stan po modernizacji	Koszt wytwarzania ciepła	18.128,47
		Efekt ekonomiczny	13.875,26

Prost czas zwrotu SPBT określono z zależności:

$$SPBT = N/\Delta Q$$

gdzie:

ΔQ – minimalny efekt ekonomiczny po termomodernizacji,

N – planowany koszt całkowity przedsięwzięcia modernizacyjnego

$$SPBT = 24.391,44 \text{ zł}/13.875,26 \text{ zł/rok} - 1,76 \text{ lat}$$

Tabela nr 17.

L.p.	Wariant przedsięwzięcia modernizacyjnego	Planowany koszt całkowity	Efekt ekonomiczny	Efekt energetyczny
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
1	Montaż nowego kotła gazowego	24.391,44	13.875,26	40,4

Analizując powyższe obliczenia potwierdza się, że sama modernizacja systemu grzewczego bez termomodernizowania przegród zewnętrznych jest bardzo opłacalne. Biorąc dodatkowo kredyt termomodernizacyjny można otrzymać premię termomodernizacyjną w wysokości min. 15 %, co w tym przypadku wynosi około 3.658,72 zł. Zwrot poniesionych kosztów z szacowanych oszczędności nastąpi po około dwóch latach eksploatacji nowego źródła ciepła.

5.2. Mieszkanie w budynku wielorodzinnym.

Obecnie w mieszkaniu zainstalowany jest kocioł grzewczy stalowy, węglowy, zasypowy o mocy 16 kW. Ciepła woda przygotowywana jest w podgrzewaczu pojemnościowym o pojemności 150 dm³. Jedyną automatykę jaką posiada kocioł to regulacja temperatury wody w kotle, regulacja manualna. Po modernizacji zamontowany będzie Kocioła gazowy dwufunkcyjny, kondensacyjny z zamkniętą komorą spalania o mocy 24 kW.

5.2.1. Bilans cieplny dla mieszkania w budynku mieszkalnym wielorodzinnym.

Bilans cieplny dla mieszkania w budynku wielorodzinnym przyjęto z audytu energetycznego z pełną termomodernizacją. Zapotrzebowanie na moc cieplną i ciepło dla budynku przedstawiono w tabeli nr 1

Tabela nr 18.

L.p.	Wyszczególnienie odbiorców	q _{co} [kW]	Q _{co} [GJ/rok]	q _{cwu} [kW]	Q _{cwu} [GJ/rok]
1	2	3	4	5	6
1.	Mieszkanie w budynku wielorodzinnym	6,52	151,90	9,15	23,59

5.2.2. Określenie nakładów inwestycyjnych dla wariantu modernizacji źródła ciepła.

Niezbędny elementem analizy finansowej modernizacji źródła ciepła jest koszt modernizacji. Całkowite nakłady inwestycyjne dla modernizacji oszacowano na podstawie wstępnego doboru podstawowych urządzeń technologicznych oraz kosztów zakupu które przedstawiono poniżej. Zestawienie kosztów przedstawiono w tabeli nr 2.

Tabela nr 19. (cena brutto)

L.p.	Wyszczególnienie urządzeń	Ilość [szt]	Cena jednostkowa [zł/szt]	Koszt całkowity [zł]
1	2	3	4	5
1.	Kocioł gazowy, kondensacyjny, z zamkniętą komorą spalania, pełną automatyką pogodową o mocy 24,0 kW, dwufunkcyjny	1	11.900,00	9.000,00
	Wkład kominowy dwuścienny 130/80 mm	1 kpl	1.830,00	1.830,00
	Pozostała armatura i izolacje cieplne	-	-	300,00
Razem (M)				11.130,00
Robocizna (R) (20% od M)				2.226,00
Koszty pośrednie (Ko) (60% od R)				1.335,60
Zysk (Z) (15% od R i Ko)				534,24
Łączne nakłady inwestycyjne				15.225,84

5.2.3. Efekt energetyczny modernizacji analizowanego źródła ciepła.

Efekt energetyczny wynika z różnicy sprawności istniejącego źródła ciepła i przewidzianego do zamontowania. Wyniki przedstawiono w tabeli nr 3.

Tabela nr 20.

L.p.	Wyszczególnienie	Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
1	2	3	4
1.	Zapotrzebowanie na moc cieplną źródła [kW]	15,0	15,0
2.	Moc cieplna zainstalowana [kW]	15,0	15,0
3.	Zapotrzebowanie na ciepło źródła [GJ/rok]	175,49	175,49
4.	Sprawność eksploatacyjna [%]	60,0	96,0
5.	Zużycie energii pierwotnej [GJ/rok}	292,60	182,80
6.	Efekt energetyczny [%]	-	62,5

5.2.4. Określenie kosztów wytwarzania ciepła dla stanu przed i po modernizacji.

- koszty wytwarzania ciepła przed termomodernizacją.

Przed modernizacją systemu grzewczego paliwem w kole grzewczym był węgiel o wartości opałowej 22,0 MJ/kg.

$$K_z = K_r * \frac{Sd - u_{cw} * (Sd - Sd_r)}{Sd_r} \text{ [zł/rok]}$$

gdzie:

K_z – koszty zmienne w roku standardowym

K_r – 8.774,50 – koszty zmienne w roku rzeczywistym (opał)

Sd_r – 3846 – liczba stopniocdni w sezonie rzeczywistym

Sd – 4.307,5 - liczba stopniocdni w sezonie standardowym

U_{cw} – udział produkcji ciepłej wody użytkowej w całkowitej produkcji w roku rzeczywistym – 0,105

$$K_z = 8.774,50 * \frac{4.307,5 - 0,105 * (4.307,5 - 3846)}{3.846} = 9.651,95 \text{ zł/rok}$$

- koszty wytwarzania ciepła po modernizacji.

W rozpatrywanym przypadku modernizacyjnym nastąpi zwiększenie sprawności wytwarzania energii cieplnej dzięki zastosowaniu nowego kotła gazowego wyposażonego w nowoczesny układ regulacji pracy kotła z jednoczesną regulacją pogodową oraz priorytetowym podgrzewem c.w.u.. W celu wyznaczenia kosztów zakupu gazu ziemnego konieczne jest wyznaczenie godzinowego i rocznego zużycia.

roczne zużycie gazu wynosi:

$$B_{\text{rok}} = \frac{\Sigma Q}{Q_i * \eta} = \frac{175,49}{0,0354 * 0,96} = 5.163,90 \text{ m}^3/\text{rok}$$

gdzie:

ΣQ – 175,49 GJ/rok – całkowite, obliczeniowe zapotrzebowanie na energię cieplną dla zasilania obiektu,

Q_i – 35.4 MJ/m³ = 0,0354 GJ/m³ – średnia wartość opałowa gazu ziemnego,

η_i – sprawność eksploatacyjna źródła ciepła po jego modernizacji – 0,96

maksymalne godzinowe zużycie gazu:

$$B_{\text{max}} = \frac{\Sigma q * 3600}{Q_i * \eta} = \frac{24,0 * 3600}{35400 * 0,96} = 2,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

gdzie:

Σq – 24,0 kW – całkowite obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną dla zasilania obiektu,

Q_i – 35.400 kJ/m³ – średnia wartość opałowa gazu ziemnego,

η_i – sprawność eksploatacyjna źródła ciepła po jego modernizacji – 0,96

roczne koszt zużycia gazu po termomodernizacji kotłowni będą wynosiły:

$$5.163,90 * 1,337 + 12*17,87 + 12*4,86 = 7.176,89 \text{ zł/rok}$$

5.2.5. Wyznaczenie efektów ekonomicznych przed i po modernizacji.

Tabela nr 21.

L.p.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Koszt/efekt [zł/rok]	
1	2	3	
1	Stan przed modernizacją	Koszt wytwarzania ciepła	9.651,95
2	Stan po modernizacji	Koszt wytwarzania ciepła	7.176,89
		Efekt ekonomiczny	2.475,06

Prost czas zwrotu SPBT określono z zależności:

$$SPBT = N/\Delta Q$$

gdzie:

ΔQ – minimalny efekt ekonomiczny po termomodernizacji,

N – planowany koszt całkowity przedsięwzięcia modernizacyjnego

$$SPBT = 15.225 \text{ zł}/13.875,26 \text{ zł/rok} - 6,15 \text{ lat}$$

Tabela nr 22.

L.p.	Wariant przedsięwzięcia modernizacyjnego	Planowany koszt całkowity	Efekt ekonomiczny	Efekt energetyczny
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
1	Montaż nowego kotła gazowego	15.225,84	2.475,06	25,60

Analizując powyższe obliczenia potwierdza się, że sama modernizacja systemu grzewczego bez termomodernizowania przegród zewnętrznych jest opłacalna. Biorąc dodatkowo kredyt termomodernizacyjny można otrzymać premię termomodernizacyjną w wysokości min. 15 % co w tym przypadku wynosi około 2.283,88 zł. Zwrot poniesionych kosztów z szacowanych oszczędności nastąpi po około sześciu latach eksploatacji nowego źródła ciepła.