

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU URZĘDU MIASTA ZGIERZA

Plac Jana Pawła II 16

95 – 100 Zgierz



Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz

pl. Jana Pawła II 16

95 – 100 Zgierz

Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

| | | | | |
|--|---------------------------------|--|--|-------------------------------|
| 1. Dane identyfikacyjne budynku | | | | |
| 1.1 Rodzaj budynku | Budynek użyteczności publicznej | | 1.2 Rok budowy | 1824 |
| 1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji) | Gmina Miasto Zgierz | | 1.4 Adres budynku | plac Jana Pawła II nr bud. 16 |
| | pl. Jana Pawła II nr 16 | | | kod 95-100 miejscowość Zgierz |
| | kod 95-100 miejscowość Zgierz | | | powiat zgierski |
| | tel. - fax - | | | województwo łódzkie |
| 2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283..... | | | | |
| 3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska <i>Bllosowska</i> | | | | |
| 4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje | | | | |
| Lp. | Imię i nazwisko | Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego | Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia) | |
| 1. | mgr inż. Barbara Kosowska | Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna | Kurs audytorów energetycznych FPE | |
| 5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017 | | | | |
| 6. Spis treści | | | | |
| 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1 | | | | |
| 2. Karta audytu energetycznego budynku 2 | | | | |
| 3. Podstawa opracowania. 4 | | | | |
| 3.1 Cel i zakres opracowania 4 | | | | |
| 3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu 4 | | | | |
| 3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecniodawcy) 5 | | | | |
| 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 6 | | | | |
| 5. Ocena stanu technicznego budynku 7 | | | | |
| 5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku 7 | | | | |
| 5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania 8 | | | | |
| 5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. 8 | | | | |
| 5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji 8 | | | | |
| 6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. 8 | | | | |
| 7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 9 | | | | |
| 7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło 9 | | | | |
| 7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. 9 | | | | |
| 7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. 14 | | | | |
| 7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. 18 | | | | |
| 7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku 18 | | | | |
| 8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 19 | | | | |
| 9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 21 | | | | |
| 10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych 22 | | | | |
| ZAŁĄCZNIKI 23 | | | | |
| Z-1 Ceny jednostkowe ciepła 23 | | | | |
| Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją 24 | | | | |
| Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji 25 | | | | |
| Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację 26 | | | | |
| Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego 26 | | | | |
| Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła 26 | | | | |
| Z-7 Projektowana strata ciepła 27 | | | | |
| Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego 28 | | | | |
| Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu 29 | | | | |
| Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 30 | | | | |
| Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 31 | | | | |
| Z-12 Sprawności systemu grzewczego 32 | | | | |
| Z-13 Ciepła woda użytkowa 33 | | | | |
| Z-14 Obliczenie efektywności energetycznej 34 | | | | |
| Z-15 Obliczenie efektu ekologicznego 35 | | | | |
| Z-16 Niezbędne roboty towarzyszące 36 | | | | |

2. Karta audytu energetycznego budynku

| 1. Dane ogólne | | Stan przed termomodernizacją | Stan po termomodernizacji |
|--|--|------------------------------|-----------------------------|
| 1. | Konstrukcja/technologia budynku | Tradycyjna | Tradycyjna |
| 2. | Liczba kondygnacji | 4 | 4 |
| 3. | Kubatura części ogrzewanej [m ³] | 10 516 | 10 516 |
| 4. | Powierzchnia netto budynku [m ²] | 2 266,9 | 2 266,9 |
| 5. | Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²] | 0 | 0 |
| 6. | Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²] | 2 266,9 | 2 266,9 |
| 7. | Liczba lokali mieszkalnych | 0 | 0 |
| 8. | Liczba osób użytkujących budynek | 176 | 176 |
| 9. | Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej | podgrzewacze elektryczne | podgrzewacze elektryczne |
| 10. | Rodzaj systemu grzewczego budynku | pompowy z rozdziałem dolnym | pompowy z rozdziałem dolnym |
| 11. | Współczynnik kształtu A/V [1/m] | 0,340 | 0,340 |
| 12. | Inne dane charakteryzujące budynek | - | - |
| 2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)] | | | |
| 1 | Ściany zewnętrzne | 0,284 | 0,284 |
| 2 | Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami | 1,431 | 0,175 |
| 3 | Strop nad piwnicą | 0,816 | 0,816 |
| 4 | Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych | 0,335 | 0,335 |
| 5 | Okna, drzwi balkonowe | 1,500 | 1,500 |
| 6 | Drzwi zewnętrzne/bramy | 1,700 | 1,700 |
| 7 | Inne | - | - |
| 3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu | | | |
| 1. | Sprawność wytwarzania [-] | 0,94 | 0,94 |
| 2. | Sprawność przesyłu [-] | 0,90 | 0,90 |
| 3. | Sprawność regulacji i wykorzystania [-] | 0,93 | 0,93 |
| 4. | Sprawność akumulacji [-] | 1,00 | 1,00 |
| 5. | Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-] | 1,00 | 1,00 |
| 6. | Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-] | 1,00 | 1,00 |

| 4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej | | | | | |
|--|---|----------------------------|--|-------------------------------|------------|
| 1. | Sprawność wytwarzania | [-] | 0,99 | 0,99 | |
| 2. | Sprawność przesyłu | [-] | 1,00 | 1,00 | |
| 3. | Sprawność regulacji i wykorzystania | [-] | 1,00 | 1,00 | |
| 4. | Sprawność akumulacji | [-] | 1,00 | 1,00 | |
| 5. Charakterystyka systemu wentylacji | | | | | |
| 1. | Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna) | | naturalna/ klimatyzatory | mechaniczna/ klimatyzatory | |
| 2. | Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza | | okna /kanały | okna /kanały | |
| 3. | Strumień powietrza zewnętrznego | [m ³ /h] | 6 938 | 7 236 | |
| 4. | Krotność wymian powietrza | [1/h] | 1,00 | 1,22 | |
| 6. Charakterystyka energetyczna budynku | | | | | |
| 1. | Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego | [kW] | 160,62 | 113,19 | |
| 2. | Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej | [kW] | 10,92 | 10,92 | |
| 3. | Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) | [GJ/rok] | 1 244,40 | 492,46 | |
| 4. | Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) | [GJ/rok] | 1 581,60 | 625,90 | |
| 5. | Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej | [GJ/rok] | 69,34 | 69,34 | |
| 6. | Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) | [GJ/rok] | - | - | |
| 7. | Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) | [GJ/rok] | - | - | |
| 8. | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) | [kWh/(m ² rok)] | 152,48 | 60,34 | |
| 9. | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) | [kWh/(m ² rok)] | 193,80 | 76,70 | |
| 10. | Udział odnawialnych źródeł energii | [%] | - | - | |
| 7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu) | | | | | |
| 1. | Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku | [zł/GJ] | 54,47 | 54,47 | |
| 2. | Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc | [zł/(MW m-c)] | - | - | |
| 3. | Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej | [zł/m ³] | 42,62 | 42,62 | |
| 4. | Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc | [zł/(MW m-c)] | - | - | |
| 5. | Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej | [zł/(m ² m-c)] | 4,27 | 2,35 | |
| 6. | Miesięczna opłata abonamentowa | [zł/m-c] | - | - | |
| 7. | Inne | [zł] | - | - | |
| 8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego | | | | | |
| Planowana kwota kredytu ¹⁾ | [zł] | 695 704,60 | Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię | [%] | 57,89 |
| Planowane koszty całkowite ²⁾ | [zł] | 695 704,60 | Premia termomodernizacyjna | [zł] | 104 109,36 |
| Roczna oszczędność kosztów energii | [zł/rok] | 52 054,68 | | | |

¹⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

²⁾ Podane koszty są kosztami szacunkowymi.

3. Podstawa opracowania.

3.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Urzędu Miasta Zgierza, plac Jana Pawła II 16, Zgierz i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termo modernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015, poz. 376).
6. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
7. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

9. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
10. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
11. Normy związane
12. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
13. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
14. Inwentaryzacja techniczna budynku.
15. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
16. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
17. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

| | | | |
|---|--|---------------------------------|--|
| 4.1 Dane identyfikujące budynek | | | |
| Rodzaj budynku | Budynek użyteczności publicznej | Rok budowy | 1824 |
| Adres budynku | plac Jana Pawła II 16 95 – 100 Zgierz | Właściciel | Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz |
| 4.2 Dane techniczne ogólne | | | |
| Konstrukcje, technologia (system) | Tradycyjna | | |
| Liczba kondygnacji | podziemnych | nadziemnych | |
| | 1 | 3 | |
| Rodzaj dachu | Dach kryty papą | | |
| Kubatura | części ogrzewanej | część nieogrzewana | |
| | 10 516 | 1 031 | |
| Powierzchnia | części ogrzewanej | część nieogrzewana | |
| | 2 266,9 | 382 | |
| Powierzchnia całkowita | 3 779,20 | | |
| Wysokość kondygnacji | nadziemnych | podziemnych | |
| | 3,4 | 2,7 | |
| Liczba pomieszczeń | - | | |
| Liczba osób użytkująca budynek | czasowa | stała | |
| | 176 | - | |
| Czas użytkowania budynku | dni tygodnia | godziny | |
| | 5 | 8 | |
| 4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych | | | |
| Przegroda | Położenie | Pow. netto [m ²] | U [W/m ² K] |
| Stropodach | | 944,80 | 1,431 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] (parter i I p) | | 914,73 | 0,284 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] (II p) | | 412,31 | 0,252 |
| Okna | S | 62,35 | 1,500 |
| | SW | 0,00 | 1,500 |
| | W | 82,76 | 1,500 |
| | NW | 0,00 | 1,500 |
| | N | 50,32 | 1,500 |
| | NE | 0,00 | 1,500 |
| | E | 154,28 | 1,500 |
| | SE | 0,00 | 1,500 |
| Drzwi wejściowe | | 5,00 | 1,700 |
| Strop nad piwnicą | | 545,30 | 0,816 |
| Podłoga na gruncie | | 399,50 | 0,335 |

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Urzędu Miasta Zgierza, zlokalizowany w Zgierzu, przy placu Jana Pawła II 16. Budynek wybudowany w technologii tradycyjnej, jest częściowo podpiwniczony. Ściany zewnętrzne parteru i pierwszego piętra murowane z cegły pełnej grubości 63cm, natomiast drugiego piętra murowane z suporexu grubości 48 cm. Wszystkie ściany zewnętrzne ocieplone styropianem grubości 10 cm. Nad ostatnią kondygnacją zastosowano stropodach pełny, kryty papą, nieocieplony. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| - dla dachów, stropodachów | - 0,18 W/m ² K, |
| - dla ścian zewnętrznych | - 0,23 W/m ² K, |
| - dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą | - 0,25 W/m ² K, |
| - dla podłogi na gruncie | - 0,30 W/m ² K. |

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| - stropodach | - 1,431 W/m ² K, |
| - ściany zewnętrzne | - 0,284; 0,252 W/m ² K, |
| - strop nad piwnicą | - 0,816 W/m ² K |
| - podłoga na gruncie | - 0,335 W/m ² K |

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie oraz stropu nad piwnicą. Ze względów ekonomicznych (bardzo długie SBPT) w opracowaniu nie będzie analizowane docieplenie ścian zewnętrznych.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród przezroczystych powinna wynosić:

- | | |
|---------|-------------------------|
| - okna | -1,1 W/m ² K |
| - drzwi | -1,5 W/m ² K |

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych starą stolarkę okienną wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m²K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana.

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych starą stolarkę drzwiową wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest kotłownia gazowa, zlokalizowana w piwnicy budynku. Zainstalowano dwa kotły niskoparametrowe na paliwo gazowe o mocy $2 \times 320\text{-}370 \text{ kW}$. Kotły są w dobrym stanie technicznym. Przy kotłach zainstalowano licznik gazu, pozwalający na odczyt zużycia ciepła przez instalację c.o. Instalacja c.o. wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej $90/70^\circ\text{C}$ z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja jest kompleksowo zmodernizowana. Przewody pionowe i poziome izolowane. W budynku zainstalowano grzejniki płytowe z zaworami z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników i instalacji jest dobry, w związku z tym modernizacja instalacji c.o. nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych, bezpośrednio przy punktach odbioru. Przyjęte rozwiązania są właściwe technicznie, dlatego modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną oraz w części pomieszczeń klimatyzację. Ze względu na niedostateczną wymianę powietrza w pomieszczeniach z wentylacją grawitacyjną w opracowaniu przeanalizowany zostanie montaż wentylacji mechanicznej nawiewno - wywiewnej z rekuperacją w tych pomieszczeniach.

6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.

Zmniejszenie zużycia energii cieplnej w rozpatrywanym obiekcie można osiągnąć wykonując następujące przedsięwzięcia:

- ocieplenie stropodachu,
- modernizację wentylacji,

7.Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Poniżej dokonano wstępnej optymalizacji usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło rozpatrywanego budynku poprzez zmniejszenie strat przez przenikanie, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

| Lp. | Grupa usprawnień | Rodzaje usprawnień |
|-----|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego | Ocieplenie stropodachu. Montaż wentylacji mechanicznej z rekuperacją. |

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

Optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez ściany, stropy i stropodachy są to takie usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną. Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia przegrody skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_u}{\sum_n \Delta O_{rU}}, \text{ [lata]} \quad (1)$$

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- ΔO_{rU} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania ulepszenia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne lata z n wykorzystywanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rU} dla n -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{0u} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \text{ [zł/rok]} \quad (2)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

Q_{0z}, Q_{1z} - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po

- wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,
- O_{0z}, O_{1z} - opłata związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:
- dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,
 - dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,
 - dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo zł/m^3 przeliczonej na zł/GJ,
 - dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,
- y_0, y_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- q_{0u}, q_{1u} - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,
- O_{0m}, O_{1m} - opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:
- dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW*miesiąc),
 - dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),
 - dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW*miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),
 - dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem -składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, zł/(MW*miesiąc),
- Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

Wartość rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła Q_{0u}, Q_{1u} , oraz objaśnienie otrzymuje brzmienie:

$$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 * 10^{-5} * S_d * A * U_c, \quad [\text{GJ/rok}] \quad (3)$$

gdzie:

- U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $W/(m^2 \cdot K)$, przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
- A - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji, m^2 ,
- S_d - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień \cdot K/rok,

Liczbę stopniodni S_d oblicza się wg wzoru:

$$S_d = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)] L_d(m), \quad [\text{dzień} \cdot K/\text{rok}] \quad (4)$$

gdzie:

- t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, $^{\circ}C$,
- $t_e(m)$ - średnia wieloletnia temperatura miesiąca m , przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, $^{\circ}C$,
- $L_d(m)$ - liczba dni ogrzewania w miesiącu m , podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,
- L_g - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q_{0u} , q_{1u} przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oblicza się wg wzoru:

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U_c, \quad [MW] \quad (5)$$

gdzie:

- t_{wo} - jak we wzorze (4),
- t_{zo} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, $^{\circ}C$
- A - jak we wzorze (3),
- U_c - jak we wzorze (3),

UWAGA: Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego przyjęto zgodnie z Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta Łódź:

| Miesiąc | I | II | III | IV | V | IX | X | XI | XII |
|---|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|
| $T_e(m)$ | -1,0 | -1,0 | 3,3 | 7,6 | 13,5 | 12,9 | 6,6 | 3,8 | 0,7 |
| Ld(m) | 31 | 28 | 31 | 30 | 5 | 5 | 31 | 30 | 31 |
| Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$ | | | | | | | | | |

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropodachu

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 944,80 [m²] R₀ = 0,699 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 945 [m²]

Materiał: styropapa

U₀ = 1,431 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

Cena Nu zawiera szacunkowy całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

| Izolacja | ΔR | R ₁ | U | Q ₁ | q ₁ | Nu | ΔKogrz | SPBT |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|------------|-----------|--------|
| [m] | [(m ² *K)/W] | [(m ² *K)/W] | [W/(m ² *K)] | [GJ/a] | MW | [zł] | [zł] | [lata] |
| 0,05 | 1,250 | 1,949 | 0,513 | 154,81 | 0,019 | 125 658,40 | 20 319,48 | 6,184 |
| 0,06 | 1,500 | 2,199 | 0,455 | 137,21 | 0,017 | 126 461,48 | 21 611,34 | 5,852 |
| 0,07 | 1,750 | 2,449 | 0,408 | 123,21 | 0,015 | 127 264,56 | 22 639,45 | 5,621 |
| 0,08 | 2,000 | 2,699 | 0,371 | 111,79 | 0,014 | 128 067,64 | 23 477,11 | 5,455 |
| 0,09 | 2,250 | 2,949 | 0,339 | 102,32 | 0,013 | 128 870,72 | 24 172,75 | 5,331 |
| 0,10 | 2,500 | 3,199 | 0,313 | 94,32 | 0,012 | 129 673,80 | 24 759,66 | 5,237 |
| 0,11 | 2,750 | 3,449 | 0,290 | 87,48 | 0,011 | 130 476,88 | 25 261,49 | 5,165 |
| 0,12 | 3,000 | 3,699 | 0,270 | 81,57 | 0,010 | 131 279,96 | 25 695,48 | 5,109 |
| 0,13 | 3,250 | 3,949 | 0,253 | 76,41 | 0,010 | 132 083,04 | 26 074,53 | 5,066 |
| 0,14 | 3,500 | 4,199 | 0,238 | 71,86 | 0,009 | 132 886,12 | 26 408,44 | 5,032 |
| 0,15 | 3,750 | 4,449 | 0,225 | 67,82 | 0,008 | 133 689,20 | 26 704,83 | 5,006 |
| 0,16 | 4,000 | 4,699 | 0,213 | 64,21 | 0,008 | 134 492,28 | 26 969,67 | 4,987 |
| 0,17 | 4,250 | 4,949 | 0,202 | 60,97 | 0,008 | 135 295,36 | 27 207,77 | 4,973 |
| 0,18 | 4,500 | 5,199 | 0,192 | 58,04 | 0,007 | 136 098,44 | 27 422,96 | 4,963 |
| 0,19 | 4,750 | 5,449 | 0,184 | 55,37 | 0,007 | 136 901,52 | 27 618,41 | 4,957 |
| 0,20 | 5,000 | 5,699 | 0,175 | 52,95 | 0,007 | 137 704,60 | 27 796,71 | 4,954 |
| 0,21 | 5,250 | 5,949 | 0,168 | 50,72 | 0,006 | 138 554,92 | 27 960,02 | 4,955 |
| 0,22 | 5,500 | 6,199 | 0,161 | 48,68 | 0,006 | 139 358,00 | 28 110,16 | 4,958 |
| 0,23 | 5,750 | 6,449 | 0,155 | 46,79 | 0,006 | 140 161,08 | 28 248,67 | 4,962 |
| 0,24 | 6,000 | 6,699 | 0,149 | 45,04 | 0,006 | 140 964,16 | 28 376,83 | 4,968 |
| 0,25 | 6,250 | 6,949 | 0,144 | 43,42 | 0,005 | 141 767,24 | 28 495,77 | 4,975 |

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 20 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 20 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, polegający na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji jest to taki wariant, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = (N_{Ok} + N_W) / \sum (\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}), \quad [\text{lata}] \quad (6)$$

gdzie:

- N_{Ok} – planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,
- N_W – planowane koszty robót związane z modernizacją wentylacji, zł,
- ΔO_{rOk} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- ΔO_{rW} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

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

$$\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_0, Q_1 - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

O_{0z}, O_{1z} - suma opłat jak we wzorze (2),

y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

q_0, q_1 - zapotrzebowanie na moc cieplną odpowiednio na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację lub na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,

O_{0m}, O_{1m} - jak we wzorze (2),

Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa jak we wzorze (2).

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = 8,64 * 10^{-5} * S_d * A_{Ok} * U + Q_{inf}, \quad [GJ/rok] \quad (8)$$

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji, $W/(m^2 * K)$, przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

A_{Ok} - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, m^2 ,

Q_{inf} - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12), GJ/rok.

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = (8,64 * S_d * A_{Ok} * U + 2,94 * c_r * c_w * V_{nom} * S_d) * 10^{-5}, \quad [GJ/rok] \quad (9)$$

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - jak we wzorze (8),

A_{Ok} - jak we wzorze (8),

- V_{nom} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m^3/h ,
- c_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
- c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

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

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 1,65 * 10^{-8} * a * l * (t_{w0} - t_{z0})^{5/3}, \quad [MW] \quad (10)$$

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
- t_{z0} - jak we wzorze (5),
- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- U - jak we wzorze (8),
- a - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, $m^3/(m*h*daPa^{2/3})$,
- l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

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

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 3,4 * 10^{-7} * V_{obl} * (t_{w0} - t_{z0}), \quad [MW] \quad (11)$$

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
- t_{z0} - jak we wzorze (5),
- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- U - jak we wzorze (8),

V_{obl} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony przez współczynnik korekcyjny c_m zgodnie z tabelą 2, m^3/h ,

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

$$Q_{0inf}, Q_{1inf} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)]^{5/3} Ld(m), \quad [GJ/rok] \quad (12)$$

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

$t_{wo}, t_e(m)$ - jak we wzorze (4),

$Ld(m)$ - jak we wzorze (4).

Jak wspomniano w części opisowej Audytu w analizowanym budynku zastosowano wentylację grawitacyjną oraz klimatyzację w części pomieszczeń. Ponieważ w obiekcie występują problemy z obiegiem powietrza, proponuje się zastosowanie wentylacji wymuszonej w pomieszczeniach z wentylacją grawitacyjną. W tym celu przewidziano zainstalowanie centrali wentylacyjnej, wyposażonej w kompletną instalację nawiewno – wywiewną, złożoną z :

- nawiew: czerpni, filtrów, wentylatorów z płynną regulacją, nagrzewnic i chłodnic wraz z instalacjami, przepustnic, kanałów wraz z izolacjami, kratek, regulatorów itd.

- wywiew: kanałów z izolacjami, kratek, wentylatorów, przepustnic, wyrzutni.

W celu oszczędności energii przewidziano dodatkowo zainstalowanie wymiennika krzyżowego o sprawności minimum 67 %. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej 6 000 m^3/h . Dodatkowo przewidziano zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnych czujników CO_2 .

Przy powyższych założeniach oszczędność energii z powyższego rozwiązania wyniesie:

| Strumień powietrza | V_1 [m^3/h] | $\rho \cdot c_p$ [$J/m^3/K$] | H_v [W/K] | Sd - | Q GJ | ΔQ GJ |
|--------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|----------|---------|------------------|
| Obecnie | 6 938 | 0,33 | 2 290 | 3 696,40 | 731,21 | 392,23 |
| Docelowo | 7 236 | 0,33 | 1 061 | 3 696,40 | 338,98 | |

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

| ΔQ | Oszczędność | Szacunkowy nakład | SPBT |
|------------|-------------|-------------------|-------|
| GJ | zł | zł | lat |
| 392,23 | 28 789,84 | 528 000,00 | 18,34 |

Z przeprowadzonej analizy wynika, że modernizacja instalacji wentylacji zwróci się w ciągu 18,34 lat.

7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|--------------------------------|-----------------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Ocieplenie stropodachu | 137 704,60 | 4,95 |
| 2 | Modernizacja wentylacji | 528 000,00 | 18,34 |

7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robociznę, materiały, sprzęt itd.). Grubości warstw dociepleń przyjęto na podstawie powyższej analizy. Powierzchnie wymiany ciepła obliczono na podstawie projektu technicznego budynku.

Tabela 7a. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu I

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|--------------------------------|-----------------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Ocieplenie stropodachu | 137 704,60 | 4,95 |
| 2 | Modernizacja wentylacji | 528 000,00 | 18,34 |
| | Ogółem | 665 704,60 | |

Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|--------------------------------|-----------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Ocieplenie stropodachu | 137 704,60 | 4,95 |
| | Ogółem | 137 704,60 | |

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w § 6 pkt 4 rozporządzenia, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizacji systemu wentylacji i instalacji ciepłej wody użytkowej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, oblicza się kolejno:

- a) planowane koszty całkowite N , w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii,
- b) kwotę rocznych oszczędności ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia,
- c) zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej,
- d) kwotę środków własnych i kwotę kredytu,
- e) obliczenie wysokości premii termomodernizacyjnej wg art. 5 ust. 1 i 2 ustawy,

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

| wariant | CO | | | | | CWU | | | | CO+CWU | | | Oszczędności | | |
|---------|-----------------|-----------------|--------|---|---------------------|------------|------------------|------------------|------------|---------------------|------------|--------|--------------|-----------|--|
| | q _{CO} | Q _{CO} | η | w | Q _{CO*w/η} | Oplata CO | q _{CWU} | Q _{CWU} | Oplata CWU | Q _{CO+CWU} | KOSZT | | | | |
| | MW | GJ/rok | - | - | GJ/rok | zł/rok | MW | GJ/rok | zł/rok | GJ/rok | zł/rok | GJ/rok | % | zł/rok | |
| 0 | 0,1606 | 1 244,40 | 0,7868 | 1 | 1 581,60 | 116 091,35 | 0,004 | 69,34 | 12 063,08 | 1 651 | 128 154,43 | | | | |
| I | 0,1132 | 492,46 | 0,7868 | 1 | 625,90 | 64 036,67 | 0,004 | 69,34 | 12 063,08 | 695 | 76 099,75 | 956 | 57,89 | 52 054,68 | |
| II | 0,1132 | 873,32 | 0,7868 | 1 | 1 109,96 | 90 402,25 | 0,004 | 69,34 | 12 063,08 | 1 179 | 102 465,33 | 472 | 28,57 | 25 689,10 | |

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

| Lp. | Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego | Szacowane planowane koszty całkowite ¹⁾ | Roczna oszczędność kosztów energii | Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię | Szacowana planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾ | | Premia termomodernizacyjna | | | |
|-----|---|--|------------------------------------|---|--|--------|----------------------------|-------------------------|---------------------|---|
| | | | | | [zł] | [zł] | 20% kredytu | 16% kosztów całkowitych | 2 lata oszczędności | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | [zł] | [%] | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | I | 695 704,60 | 52 054,68 | 57,89 | 0,00 | 0,00 | 139 140,92 | 111 312,74 | 104 109,36 | |
| 2 | II | 1 67 704,60 | 25 689,10 | 28,57 | 695 704,60 | 100,00 | 33 540,92 | 26 832,74 | 51 378,20 | |
| | | | | | 0,00 | 0,00 | | | | |
| | | | | | 167 704,60 | 100,00 | | | | |

¹⁾ Podana kwota jest wielkością szacunkową

²⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.

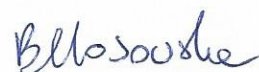
Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Również pozostałe warianty mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 945 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,175 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: remont i przebudowę kominów, wymianę i modernizację obróbek blacharskich i orywnowania, pokrycie z papy nawierzchniowej termozgrzewalnej, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:
 - montaż centrali wentylacyjnej o wydajności około 6 000 m³, wyposażonej w kompletne instalacje nawiewno – wywiewne,
 - montaż wymiennika krzyżowego o sprawności minimum 67 %, w celu odzysku ciepła,
 - zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnej czujników CO₂,
 - montaż licznika chłodu,
 - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

| | | | |
|---|---|------------|-----|
| 1 | Całkowity szacunkowy koszt robót | 695 704,60 | zł |
| 2 | Przewidywana premia termomodernizacyjna | 104 109,36 | zł |
| 3 | Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji | 52 054,68 | zł |
| 4 | Czas zwrotu nakładów SPBT | 13,36 | lat |



mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

| Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania obecnie i docelowo | | |
|---|-----------------------|-----------|
| Zużycie gazu | [m ³] | 43 787 |
| | [kWh] | 487 047 |
| Współczynnik konwersji | [kWh/m ³] | 11,123 |
| Taryfa | | W-5 |
| Ceny gazu | | |
| - za paliwo gazowe | [zł/kWh] | 0,12681 |
| - za przesył -stała | [zł/(kWh/h*h)] | 0,00596 |
| - za przesył - zmienna | [zł/kWh] | 0,01699 |
| - abonament | [zł/m-c] | 121,00 |
| Koszt gazu zmienny | [zł] | 70 037,36 |
| Ciepło w gazie | [GJ] | 1581,60 |
| Cena ciepła netto | [zł/GJ] | 44,28 |
| Cena ciepła brutto | [zł/GJ] | 54,47 |
| | | |
| Opłata stała za gaz | [zł/rok] | 24 345,85 |
| Koszty stałe netto | [zł/rok] | 24 345,85 |
| Koszty stałe brutto | [zł/rok] | 29 945,40 |

| Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb c.w.u. obecnie i docelowo | | |
|--|--------|--------|
| Cena jednostkowa z uwzgl. wszystkich składników stałych i zmiennych | zł/kWh | 0,6263 |
| | zł/GJ | 173,97 |
| Ceny jednostkowe są cenami brutto i nie zawierają kosztów nieulegających zmianie (np. koszt obsługi. korzystania ze środowiska itp.) | | |

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

| Przegroda | Wyszczególnienie | d_1 | d | λ | R | U |
|---------------------------------|-----------------------|-------|-------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | [cm] | [m] | W/mK | m ² K/W | [W/m ² K] |
| Stropodach | Papa asfaltowa | 1,5 | 0,015 | 0,180 | 0,083 | 1,431 |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Pustka powietrzna | 8,0 | 0,080 | | 0,160 | |
| | Żelbet | 24,0 | 0,24 | 1,70 | 0,141 | |
| | Tynk cem.-wap. | 1,5 | 0,015 | 0,82 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,559 | |
| | R_{si} | | | | 0,100 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 0,699 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | 0,284 |
| | Mur z cegły pełnej | 63,0 | 0,630 | 0,770 | 0,818 | |
| | Styropian | 10,0 | 0,100 | 0,040 | 2,500 | |
| | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 3,355 | |
| | R_{si} | | | | 0,130 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 3,525 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | 0,252 |
| | Mur z suporexu | 48,0 | 0,480 | 0,380 | 1,263 | |
| | Styropian | 10,0 | 0,100 | 0,040 | 2,500 | |
| | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 3,800 | |
| | R_{si} | | | | 0,130 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 3,970 | |
| Strop nad piwnicą | Terakota | 2,5 | 0,025 | 1,050 | 0,024 | 0,816 |
| | Gładź cementowa | 3,0 | 0,03 | 1,00 | 0,030 | |
| | Polepa | 3,0 | 0,03 | 0,09 | 0,333 | |
| | Strop | 24,0 | 0,24 | | 0,480 | |
| | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,885 | |
| | R_{si} | | | | 0,170 | |
| | R_{se} | | | | 0,170 | |
| | R_T | | | | 1,225 | |
| Podłoga na gruncie | Terakota | 2,5 | 0,025 | 1,050 | 0,024 | 0,335 |
| | Gładź cementowa | 3,0 | 0,03 | 1,00 | 0,030 | |
| | Gruz ceglany | 90,0 | 0,9 | 0,77 | 1,169 | |
| | Piasek | 10,0 | 0,1 | 0,40 | 0,250 | |
| | Grunt | 10,0 | 0,1 | 1,74 | 0,057 | |
| | R | | | | 1,530 | |
| | Opór zastępczy gruntu | | | | 1,454 | |
| | R_T | | | | 2,984 | |
| Okna | | | | U_0 | Wsp. | U |
| | | | | [W/m ² K] | - | [W/m ² K] |
| | | | | 1,500 | 1,0 | 1,500 |
| Drzwi wejściowe | | | | 1,700 | 1,0 | 1,700 |

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

| Przegroda | Wyszczególnienie | d_1 | d | λ | R | U |
|---------------------------------|---------------------------|----------|-------|--------------|----------|--------------|
| | | [cm] | [m] | W/mK | m^2K/W | [W/m^2K] |
| Stropodach | Papa asfaltowa | 1,5 | 0,015 | 0,180 | 0,083 | 0,175 |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Pustka powietrzna | 8,0 | 0,080 | | 0,160 | |
| | Żelbet | 24,0 | 0,240 | 1,700 | 0,141 | |
| | Tynk cem.-wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | Styropapa | 20,0 | 0,200 | 0,040 | 5,000 | |
| | R | | | | 5,559 | |
| | R_{si} | | | | 0,100 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 5,699 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | 0,284 |
| | Mur z cegły pełnej | 63,0 | 0,63 | 0,770 | 0,818 | |
| | Styropian | 10,0 | 0,1 | 0,040 | 2,500 | |
| | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 3,355 | |
| | R_{si} | | | | 0,130 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 3,525 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | 0,252 |
| | Mur z suporexu | 48,0 | 0,48 | 0,380 | 1,263 | |
| | Styropian | 10,0 | 0,1 | 0,040 | 2,500 | |
| | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 3,800 | |
| | R_{si} | | | | 0,130 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 3,970 | |
| Strop nad piwnicą | Terakota | 2,5 | 0,025 | 1,050 | 0,024 | 0,816 |
| | Gładź cementowa | 3,0 | 0,03 | 1,000 | 0,030 | |
| | Polepa | 3,0 | 0,03 | 0,090 | 0,333 | |
| | Strop | 24,0 | 0,24 | 0,000 | 0,480 | |
| | Tynk cem.-wapienny | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,885 | |
| | R_{si} | | | | 0,170 | |
| | R_{se} | | | | 0,170 | |
| | R_T | | | | 1,225 | |
| | Podłoga na gruncie | Terakota | 2,5 | 0,025 | 1,050 | |
| Gładź cementowa | | 3,0 | 0,03 | 1,000 | 0,030 | |
| Gruz ceglany | | 90,0 | 0,9 | 0,770 | 1,169 | |
| Piasek | | 10,0 | 0,1 | 0,400 | 0,250 | |
| Grunt | | 10,0 | 0,1 | 1,740 | 0,057 | |
| R | | | | | 1,530 | |
| Opór zastępczy gruntu | | | | | 1,454 | |
| R_T | | | | | 2,984 | |
| Okna | | | | | U_0 | Wsp. |
| | | | | [W/m^2K] | - | [W/m^2K] |
| | | | | 1,5 | 1,000 | 1,500 |
| Drzwi wejściowe | | | | 1,7 | 1,000 | 1,700 |

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

| Wyszczególnienie | Jednostka | Strumień powietrza | | |
|--|---------------------|--------------------|----------|-----|
| | | obecnie | docelowo | |
| Kubatura wentylowana V_{ve} | [m ³] | 6 938 | | |
| Przyjęto 1 wymianę na godzinę | [h] | 1 | | |
| Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego | [m ³ /h] | 6 938 | | |
| Współczynniki korekcyjne | c_r | - | 1,0 | 1,0 |
| | c_w | - | 1,0 | 1,0 |
| | c_m | - | 1,0 | 1,0 |
| Strumień powietrza wentylacji naturalnej | [m ³ /h] | 6 938 | 1 236 | |
| Strumień powietrza wentylacji mechanicznej | [m ³ /h] | - | 6 000 | |
| Skuteczność odzysku ciepła | [%] | - | 67 | |
| Strumień powietrza | [m ³ /h] | 6 938 | 7 236 | |
| Współczynnik strat ciepła | [W/K] | 2 290 | 1 061 | |
| Krotność wymiany powietrza | [1/h] | 1,00 | 1,22 | |

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

| | Wsp. | Kubatura | Krotność | Wsp. osł. | Wsp. wys. | Strumień |
|----------------------|------|-------------------|--------------------|-----------|-----------|---------------------|
| | - | [m ³] | [h ⁻¹] | - | - | [m ³ /h] |
| Strumień higieniczny | | 6 938 | 0,5 | | | 3 469,0 |

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

| | Powierzchnia | Strumień ciepła | Zysk ciepła |
|-------------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| | [m ²] | [W/m ²] | [W] |
| Wewnętrzne zyski ciepła | 2 267 | 4,7 | 10 654 |

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

| Przegroda | A | U | b_u | H_t | $\Delta\Theta$ [°C] | Φ [kW] | |
|--------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|-------|------------------------|----------------|--|
| | [m ²] | [W/m ² K] | - | [W/K] | | | |
| Stropodach | 944,80 | 1,431 | 1,0 | 1 352 | 40 | 54,06 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | 914,73 | 0,284 | 1,0 | 260 | | 10,38 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | 412,31 | 0,252 | 1,0 | 104 | | 4,15 | |
| Okna | 349,70 | 1,500 | 1,0 | 525 | | 20,98 | |
| Drzwi wejściowe | 5,00 | 1,700 | 1,0 | 9 | | 0,34 | |
| Strop nad piwnicą | 545,30 | 0,816 | 0,80 | 356 | | 14,24 | |
| Podłoga na gruncie | 399,50 | 0,335 | 1,0 | 134 | | 5,36 | |
| Mostki liniowe | l | ψ | □ | | | | |
| | [m] | [W/mK] | | | | | |
| ościeża | 450,74 | 0,050 | 1,0 | 23 | | 0,90 | |
| nadproża | 180,19 | 0,200 | 1,0 | 36 | | 1,44 | |
| podokien | 180,19 | 0,220 | 1,0 | 40 | | 1,59 | |
| balkony | 0,00 | 0,650 | 1,0 | 0 | | 0,00 | |
| Ogółem | | | | 2 836 | | 113,44 | |
| Wentylacja | | V_1 | $\rho \cdot c_p$ | H_v | | | |
| | | [m ³ /h] | [J/m ³ /K] | [W/K] | | | |
| | | 3 469 | 0,34 | 1179 | | 47,18 | |
| OGÓŁEM | | | | | | 160,62 | |

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

| Przegroda | A | U | b_u | H_{tr} | $\Delta\Theta$ [°C] | Φ [kW] | |
|--------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|----------|------------------------|----------------|--|
| | [m ²] | [W/m ² K] | - | [W/K] | | | |
| Stropodach | 944,80 | 0,175 | 1,0 | 166 | 40 | 6,63 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | 914,73 | 0,284 | 1,0 | 260 | | 10,38 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | 412,31 | 0,252 | 1,0 | 104 | | 4,15 | |
| Okna nowe | 349,70 | 1,500 | 1,0 | 525 | | 20,98 | |
| Drzwi wejściowe | 5,00 | 1,700 | 1,0 | 9 | | 0,34 | |
| Strop nad piwnicą | 545,30 | 0,816 | 0,80 | 356 | | 14,24 | |
| Podłoga na gruncie | 399,50 | 0,335 | 1,0 | 134 | | 5,36 | |
| Mostki liniowe | l | ψ | □ | | | | |
| | [m] | [W/mK] | | | | | |
| ościeża | 450,74 | 0,050 | 1,0 | 23 | | 0,90 | |
| nadproża | 180,19 | 0,200 | 1,0 | 36 | | 1,44 | |
| podokien | 180,19 | 0,220 | 1,0 | 40 | | 1,59 | |
| balkony | 0,00 | 0,650 | 1,0 | 0 | | 0,00 | |
| Ogółem | | | | 1 650 | | 66,01 | |
| Wentylacja | | V_1 | $\rho \cdot c_p$ | H_v | | | |
| | | [m ³ /h] | [J/m ³ /K] | [W/K] | | | |
| | | 3 469 | 0,34 | 1179 | | 47,18 | |
| OGÓŁEM | | | | | | 113,19 | |

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

| | Pow. | Pow.netto | Wsp. przep. | I | II | III | IV | V | IX | X | XI | XII | ogółem |
|------------|-------------------|-------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | [m ²] | [m ²] | | | | | | | | | | | |
| Okna stare | | | | | | | | | | | | | |
| S | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SW | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| W | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NW | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NE | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SE | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Razem | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Okna nowe | | | | | | | | | | | | | |
| S | 62,35 | 43,65 | 0,67 | 4 909 | 4 592 | 9 105 | 9 838 | 12 457 | 8 271 | 6 838 | 3 193 | 2 442 | 61 647 |
| SW | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| W | 82,76 | 57,93 | 0,67 | 3 072 | 3 568 | 7 885 | 11 405 | 15 435 | 9 320 | 6 109 | 2 859 | 2 237 | 61 890 |
| NW | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N | 50,32 | 35,22 | 0,67 | 1 646 | 1 827 | 3 984 | 6 008 | 7 352 | 4 878 | 3 030 | 1 584 | 1 334 | 31 644 |
| NE | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 154,28 | 108,00 | 0,67 | 5 898 | 6 830 | 16 620 | 22 846 | 31 479 | 16 894 | 10 985 | 5 308 | 4 269 | 121 129 |
| SE | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Razem | 349,70 | 244,79 | | 15 525 | 16 817 | 37 594 | 50 097 | 66 723 | 39 364 | 26 962 | 12 945 | 10 282 | 276 309 |
| OGÓLEM | 349,70 | 244,79 | | 15 525 | 16 817 | 37 594 | 50 097 | 66 723 | 39 364 | 26 962 | 12 945 | 10 282 | 276 309 |

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

| | Pow. | Pow.netto | Wsp. przep. | I | II | III | IV | V | IX | X | XI | XII | ogółem |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | [m ²] | [m ²] | | | | | | | | | | | |
| Okna stare | | | | | | | | | | | | | |
| S | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SW | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| W | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NW | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NE | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SE | 0,00 | 0,00 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Razem | 0,00 | 0,00 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Okna nowe | | | | | | | | | | | | | |
| S | 62,35 | 43,65 | 0,67 | 4 909 | 4 592 | 9 105 | 9 838 | 12 457 | 8 271 | 6 838 | 3 193 | 2 442 | 61 647 |
| SW | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| W | 82,76 | 57,93 | 0,67 | 3 072 | 3 568 | 7 885 | 11 405 | 15 435 | 9 320 | 6 109 | 2 859 | 2 237 | 61 890 |
| NW | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N | 50,32 | 35,22 | 0,67 | 1 646 | 1 827 | 3 984 | 6 008 | 7 352 | 4 878 | 3 030 | 1 584 | 1 334 | 31 644 |
| NE | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 154,28 | 108,00 | 0,67 | 5 898 | 6 830 | 16 620 | 22 846 | 31 479 | 16 894 | 10 985 | 5 308 | 4 269 | 121 129 |
| SE | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Razem | 349,70 | 244,79 | | 15 525 | 16 817 | 37 594 | 50 097 | 66 723 | 39 364 | 26 962 | 12 945 | 10 282 | 276 309 |
| OGÓLEM | 349,70 | 244,79 | | 15 525 | 16 817 | 37 594 | 50 097 | 66 723 | 39 364 | 26 962 | 12 945 | 10 282 | 276 309 |

Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

| Wyszczególnienie | Jednostka | I | II | III | IV | V | IX | X | XI | XII | ogółem |
|--|-------------------|-------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|
| Średnia temp. miesięca | [°C] | -1,0 | -1,0 | 3,3 | 7,6 | 13,5 | 12,9 | 6,6 | 3,8 | 0,7 | |
| Różnica temperatur | [°C] | 21,0 | 21,0 | 16,7 | 12,4 | 6,5 | 7,1 | 13,4 | 16,2 | 19,3 | |
| Liczba dni w miesiącu | | 31 | 28 | 31 | 30 | 5 | 5 | 31 | 30 | 31 | 222 |
| Liczba sekund w mies. | [Msek.] | 2,678 | 2,419 | 2,678 | 2,592 | 0,432 | 0,432 | 2,678 | 2,592 | 2,678 | 19,181 |
| Straty | | | | | | | | | | | |
| H_{tr}, H_{re} | | | | | | | | | | | |
| Stropodach | [MJ] | 76 019 | 68 663 | 60 454 | 43 440 | 3 795 | 4 145 | 48 508 | 56 752 | 69 866 | 431 641 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | [MJ] | 14 597 | 13 184 | 11 608 | 8 341 | 729 | 796 | 9 314 | 10 897 | 13 415 | 82 881 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | [MJ] | 5 842 | 5 277 | 4 646 | 3 338 | 292 | 319 | 3 728 | 4 361 | 5 369 | 33 171 |
| Okna | [MJ] | 29 504 | 26 649 | 23 463 | 16 860 | 1 473 | 1 609 | 18 826 | 22 026 | 27 116 | 167 526 |
| Drzwi wejściowe | [MJ] | 478 | 432 | 380 | 273 | 24 | 26 | 305 | 357 | 439 | 2 715 |
| Strop nad piwnicą | [MJ] | 20 023 | 18 085 | 15 923 | 11 442 | 1 000 | 1 092 | 12 777 | 14 948 | 18 402 | 113 691 |
| Mostki liniowe | [MJ] | 5 524 | 4 990 | 4 393 | 3 157 | 276 | 301 | 3 525 | 4 124 | 5 077 | 31 367 |
| Podłoga na gruncie | [MJ] | 7 530 | 6 801 | 5 988 | 4 303 | 376 | 411 | 4 805 | 5 621 | 6 920 | 42 756 |
| Straty przez przegrody | [MJ] | 159 518 | 144 081 | 126 855 | 91 153 | 7 964 | 8 699 | 101 788 | 119 087 | 146 605 | 905 748 |
| Wentylacja | [MJ] | 128 778 | 116 316 | 102 409 | 73 588 | 6 429 | 7 022 | 82 173 | 96 139 | 118 353 | 731 208 |
| Całkowite przenoszenie ciepła | [MJ] | 288 296 | 260 397 | 229 264 | 164 741 | 14 393 | 15 721 | 183 960 | 215 226 | 264 958 | 1 636 956 |
| Zyski słoneczne | [MJ] | 15 525 | 16 817 | 37 594 | 50 097 | 66 723 | 39 364 | 26 962 | 12 945 | 10 282 | 276 309 |
| Zyski wewnętrzne | [MJ] | 28 537 | 25 775 | 28 537 | 27 616 | 4 603 | 4 603 | 28 537 | 27 616 | 28 537 | 204 360 |
| Razem zyski | [MJ] | 44 062 | 42 592 | 66 130 | 77 713 | 71 326 | 43 967 | 55 499 | 40 562 | 38 818 | 480 669 |
| Stosunek zysków do przenoszenia | | 0,1528 | 0,1636 | 0,2884 | 0,4717 | 4,9557 | 2,7966 | 0,3017 | 0,1885 | 0,1465 | 0,2936 |
| Typ budynku | | bardzo ciężki (370 000) | | | | | | | | | |
| Powierzchnia ogrzewana | [m ²] | 2 267 | | | | | | | | | |
| Pojemność ciepła | [J/K] | 838 753 000 | | | | | | | | | |
| Stać czasowa | [h] | 45 | | | | | | | | | |
| Metoda obliczeniowa | | miesięczna | | | | | | | | | |
| Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$ | | 1 | | | | | | | | | |
| Stać czasowa odniesienia $t_{H,0}$ | [h] | 15 | | | | | | | | | |
| Parametr numeryczny a_H | | 4,03 | | | | | | | | | |
| Parametr numeryczny $a_H + 1$ | | 5,03 | | | | | | | | | |
| η | | 0,9996 | 0,9994 | 0,9952 | 0,9738 | 0,2015 | 0,3539 | 0,9944 | 0,9990 | 0,9996 | |
| Zyski ciepła | [MJ] | 44 043 | 42 568 | 65 816 | 75 680 | 14 375 | 15 560 | 55 189 | 40 522 | 38 804 | 392 556 |
| Zapotrzebowanie ciepła | [MJ] | 244 253 | 217 828 | 163 448 | 89 061 | 18 | 161 | 128 772 | 174 704 | 226 154 | 1 244 400 |

Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

| Wyszczególnienie | Jednostka | I | II | III | IV | V | IX | X | XI | XII | ogółem |
|---|-------------------|------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Średnia temp. miesięca | [°C] | -1,0 | -1,0 | 3,3 | 7,6 | 13,5 | 12,9 | 6,6 | 3,8 | 0,7 | |
| Różnica temperatur | [°C] | 21,0 | 21,0 | 16,7 | 12,4 | 6,5 | 7,1 | 13,4 | 16,2 | 19,3 | |
| Liczba dni w miesiącu | | 31 | 28 | 31 | 30 | 5 | 5 | 31 | 30 | 31 | 222 |
| Liczba sekund w mies. | [Msek.] | 2,678 | 2,419 | 2,678 | 2,592 | 0,432 | 0,432 | 2,678 | 2,592 | 2,678 | 19,181 |
| Przegroda | Htr Hve | | | | | | | | | | |
| Stropodach | [MJ] | 9 325 | 8 422 | 7 415 | 5 328 | 466 | 508 | 5 950 | 6 961 | 8 570 | 52 946 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | [MJ] | 14 597 | 13 184 | 11 608 | 8 341 | 729 | 796 | 9 314 | 10 897 | 13 415 | 82 881 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | [MJ] | 5 842 | 5 277 | 4 646 | 3 338 | 292 | 319 | 3 728 | 4 361 | 5 369 | 33 171 |
| Okna | [MJ] | 29 504 | 26 649 | 23 463 | 16 860 | 1 473 | 1 609 | 18 826 | 22 026 | 27 116 | 167 526 |
| Drzwi wejściowe | [MJ] | 478 | 432 | 380 | 273 | 24 | 26 | 305 | 357 | 439 | 2 715 |
| Mostki limitowe | [MJ] | 5 524 | 4 990 | 4 393 | 3 157 | 276 | 301 | 3 525 | 4 124 | 5 077 | 31 367 |
| Strop nad piwnicą | [MJ] | 20 023 | 18 085 | 15 923 | 11 442 | 1 000 | 1 092 | 12 777 | 14 948 | 18 402 | 113 691 |
| Podłoga na gruncie | [MJ] | 7 530 | 6 801 | 5 988 | 4 303 | 376 | 411 | 4 805 | 5 621 | 6 920 | 42 756 |
| Straty przez przegrody | [MJ] | 92 823 | 83 840 | 73 816 | 53 042 | 4 634 | 5 062 | 59 230 | 69 296 | 85 309 | 527 052 |
| Wentylacja | [MJ] | 59 701 | 53 923 | 47 476 | 34 115 | 2 980 | 3 256 | 38 095 | 44 569 | 54 868 | 338 982 |
| Całkowite przeniesienie ciepła | [MJ] | 152 524 | 137 763 | 121 293 | 87 156 | 7 614 | 8 317 | 97 325 | 113 866 | 140 177 | 866 035 |
| Zyski słoneczne | [MJ] | 15 525 | 16 817 | 37 594 | 50 097 | 66 723 | 39 364 | 26 962 | 12 945 | 10 282 | 276 309 |
| Zyski wewnętrzne | [MJ] | 28 537 | 25 775 | 28 537 | 27 616 | 4 603 | 4 603 | 28 537 | 27 616 | 28 537 | 204 360 |
| Razem zyski | [MJ] | 44 062 | 42 592 | 66 130 | 77 713 | 71 326 | 43 967 | 55 499 | 40 562 | 38 818 | 480 669 |
| Stosunek zysków do przenieszenia | | 0,2889 | 0,3092 | 0,5452 | 0,8917 | 9,3671 | 5,2861 | 0,5702 | 0,3562 | 0,2769 | 0,5550 |
| Typ budynku | | ciężki (260 000) | | | | | | | | | |
| Powierzchnia ogrzewana | [m ²] | 2 267 | | | | | | | | | |
| Pojemność cieplna | [J/K] | 838 753 000 | | | | | | | | | |
| Stała czasowa | [h] | 86 | | | | | | | | | |
| Metoda obliczeniowa | | miesięczna | | | | | | | | | |
| Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0} | | 1 | | | | | | | | | |
| Stała czasowa odniesienia t _{H,0} | [h] | 15 | | | | | | | | | |
| Parametr numeryczny a _H | | 6,73 | | | | | | | | | |
| Parametr numeryczny a _H + 1 | | 7,73 | | | | | | | | | |
| η | | 0,9998 | 0,9997 | 0,9922 | 0,9148 | 0,1068 | 0,1892 | 0,9901 | 0,9994 | 0,9999 | |
| Zyski ciepła | [MJ] | 44 055 | 42 581 | 65 618 | 71 091 | 7 614 | 8 317 | 54 947 | 40 536 | 38 813 | 373 573 |
| Zapotrzebowanie ciepła | [MJ] | 108 469 | 95 182 | 55 675 | 16 066 | 0 | 0 | 42 378 | 73 329 | 101 363 | 492 462 |

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

| | | | | |
|---|----------------------------------|----------|------|---|
| 1 | Rodzaj systemu zasilania | | | kotłownia gazowa |
| 2 | Wytwarzanie ciepła | η_g | 0,94 | kotły gazowe w dobrym stanie technicznym |
| 3 | Przesyłanie ciepła | η_d | 0,90 | przewody poziome i pionowe zaizolowane |
| 4 | Regulacja i wykorzystanie ciepła | η_e | 0,93 | regulacja centralna i regulacja miejscowa |
| 5 | Akumulacja ciepła | η_s | 1,00 | brak zbiornika buforowego |
| 6 | Sprawność całkowita systemu | η_0 | 0,79 | |
| 7 | Tygodniowe przerwy na ogrzewanie | w_t | 1,00 | praca ciągła |
| 8 | Dobowe przerwy na ogrzewanie | w_d | 1,00 | praca ciągła |

Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

| | | | | |
|---|----------------------------------|----------|------|---|
| 1 | Rodzaj systemu zasilania | | | kotłownia gazowa |
| 2 | Wytwarzanie ciepła | η_g | 0,94 | kotły gazowe w dobrym stanie technicznym |
| 3 | Przesyłanie ciepła | η_d | 0,90 | przewody poziome i pionowe zaizolowane |
| 4 | Regulacja i wykorzystanie ciepła | η_e | 0,93 | regulacja centralna i regulacja miejscowa |
| 5 | Akumulacja ciepła | η_s | 1,00 | brak zbiornika buforowego |
| 6 | Sprawność całkowita systemu | η_0 | 0,79 | |
| 7 | Tygodniowe przerwy na ogrzewanie | w_t | 1,0 | praca ciągła |
| 8 | Dobowe przerwy na ogrzewanie | w_d | 1,0 | praca ciągła |

Z-13 Ciepła woda użytkowa.

| Wyszczególnienie | Jednostka | obecnie | docelowo |
|--|--|----------|----------|
| Ciepło właściwe wody | kJ/kg*K | 4,19 | 4,19 |
| Gęstość wody | kg/dm ³ | 1 | 1 |
| Powierzchnia pomieszczeń A _f | m ² | 2 266,9 | 2266,9 |
| Liczba użytkowników | osoba | 176 | 176 |
| Zużycie jednostkowe | dm ³ /(m ² doła) | 0,80 | 0,80 |
| Temperatura ciepłej wody | °C | 55 | 55 |
| Temperatura wody zimnej | °C | 10 | 10 |
| Współczynnik korekcyjny | - | 0,55 | 0,55 |
| Czas pracy instalacji cwu | doła | 365 | 365 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego | kWh/rok | 19 067,9 | 19 067,9 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego | GJ/rok | 68,6 | 68,6 |
| Sprawność wytwarzania | - | 0,990 | 0,990 |
| Sprawność przesyłu | - | 1,000 | 1,000 |
| Sprawność akumulacji | - | 1,000 | 1,000 |
| Sprawność sezonowa wykorzystania | - | 1,000 | 1,000 |
| Sprawność całkowita | - | 0,990 | 0,990 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego | kWh/rok | 19 260,5 | 19 260,5 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego | GJ/rok | 69,3 | 69,3 |
| Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła | m ³ /h | 0,078 | 0,078 |
| Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru | - | 2,639 | 2,639 |
| Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody | GJ/m ³ | 0,190 | 0,190 |
| Max. moc c.w.u. | kW | 10,92 | 10,92 |
| Średnia moc c.w.u. | kW | 4,1 | 4,1 |
| Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię | kWh/(m ² *rok) | 8,5 | 8,5 |

Z-14 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, modernizacja wentylacji, montaż systemu zarządzania energią).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- gaz ziemny – 1,1.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

| Wyszczególnienie | GJ | kWh | MWh |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------|---------------|
| Energia końcowa: | | | |
| <i>ciepło</i> | | | |
| zużycie przed modernizacją | 1 581,60 | 439 333,33 | 439,33 |
| zużycie po modernizacji | 625,90 | 173 861,11 | 173,86 |
| oszczędność | 955,70 | 265 472,22 | 265,47 |
| <i>energia elektryczna (c.w.u.)</i> | | | |
| zużycie przed modernizacją | 69,34 | 19 261,11 | 19,26 |
| zużycie po modernizacji | 69,34 | 19 261,11 | 19,26 |
| oszczędność | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>ogółem</i> | | | |
| zużycie przed modernizacją | 1 650,94 | 458 594,44 | 458,59 |
| zużycie po modernizacji | 695,24 | 193 122,22 | 193,12 |
| oszczędność | 955,70 | 265 472,22 | 265,47 |
| oszczędność % | 57,89 | | |
| Energia pierwotna | | | |
| <i>ciepło</i> | | | |
| zużycie przed modernizacją | 1 739,76 | 483 266,67 | 483,27 |
| zużycie po modernizacji | 688,49 | 191 247,22 | 191,25 |
| oszczędność | 1 051,27 | 292 019,45 | 292,02 |
| <i>energia elektryczna (c.w.u.)</i> | | | |
| zużycie przed modernizacją | 208,02 | 57 783,33 | 57,78 |
| zużycie po modernizacji | 208,02 | 57 783,33 | 57,78 |
| oszczędność | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>ogółem</i> | | | |
| zużycie przed modernizacją | 1 947,78 | 541 050,00 | 541,05 |
| zużycie po modernizacji | 896,51 | 249 030,55 | 249,03 |
| oszczędność | 1 051,27 | 292 019,45 | 292,02 |
| oszczędność % | 53,97 | | |

Z-15 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2016 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE)

| | Roczna redukcja emisji CO ₂ | | | | | | | | | |
|---------------------|--|-------|------------------|------------------------|-----------------------|-------|------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| | Roczne zużycie ciepła | | WE | emisja CO ₂ | Roczne zużycie ciepła | | WE | emisja CO ₂ | emisja CO ₂ | |
| | GJ | MWh | kg/GJ; Mg/MWh | Mg | GJ | MWh | kg/GJ; Mg/MWh | Mg | Mg | % |
| | przed modernizacją | | | | po modernizacji | | | | redukcja | |
| gaz ziemny | 1 581,60 | - | 56,10 | 88,73 | 625,90 | - | 56,10 | 35,11 | | |
| energia elektryczna | - | 19,26 | 0,832 | 16,02 | - | 19,26 | 0,812 | 15,64 | | |
| | | | | 104,75 | | | | 50,75 | 54,00 | 51,55 |

Z-16 Niezbędne roboty towarzyszące

W ramach przedsięwzięcia należy przeprowadzić niezbędne roboty towarzyszące, stanowiące element prac remontowych i modernizacyjnych w tym m.in.:

- remont i przebudowa kominów,
- wymianę i modernizację obróbek blacharskich i orynnowania,
- pokrycie z papy nawierzchniowej termozgrzewalnej,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych, oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.