

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNO - USŁUGOWEGO

ul. Długa 16

95 – 100 Zgierz



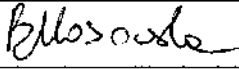
Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz

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 mieszkalno - usługowy | | 1.2 Rok budowy | 1902-1936 |
| 1.3 Inwestor (nazwa lub inicjał i nazwisko, adres do korespondencji) | Gmina Miasto Zgierz | | ul. | Długa 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 |
| 1.4 Adres budynku | | | | |
| 2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobylka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283..... | | | | |
| 3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska  | | | | |
| 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 Kobylka 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 (Zlecającego) 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. 15 | | | | |
| 7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej 20 | | | | |
| 7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. 22 | | | | |
| 7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku 22 | | | | |
| 7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 24 | | | | |
| 8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 26 | | | | |
| 9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 30 | | | | |
| 10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych 32 | | | | |
| ZAŁĄCZNIKI 33 | | | | |
| Z-1 Ceny jednostkowe ciepła 33 | | | | |
| Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją 34 | | | | |
| Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji 35 | | | | |
| Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację 36 | | | | |
| Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego 36 | | | | |
| Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła 36 | | | | |
| Z-7 Projektowana strata ciepła 37 | | | | |
| Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 38 | | | | |
| Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 39 | | | | |
| Z-10 Sprawności systemu grzewczego 40 | | | | |
| Z-11 Ciepła woda użytkowa 41 | | | | |
| Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej 42 | | | | |
| Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego 43 | | | | |
| Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące 43 | | | | |

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] | 4 586 | 4 586 |
| 4. | Powierzchnia netto budynku [m ²] | 787,51 | 787,51 |
| 5. | Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²] | 678,85 | 678,85 |
| 6. | Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²] | 108,66 | 108,66 |
| 7. | Liczba lokali mieszkalnych | 15 | 15 |
| 8. | Liczba osób użytkujących budynek | 43 | 43 |
| 9. | Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej | miejscowa | centralna |
| 10. | Rodzaj systemu grzewczego budynku | piece kaflowe | pompowy z rozdziałem dolnym |
| 11. | Współczynnik kształtu A/V [1/m] | 0,489 | 0,489 |
| 12. | Inne dane charakteryzujące budynek | - | - |
| 2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)] | | | |
| 1 | Ściany zewnętrzne | 1,151 | 0,229 |
| 2 | Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami | 1,448 | 0,174 |
| 3 | Strop nad piwnicą | 1,204 | 1,204 |
| 4 | Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych | 0,432 | 0,432 |
| 5 | Okna, drzwi balkonowe | 2,600 | 1,100 |
| 6 | Drzwi zewnętrzne/bramy | 3,120 | 1,500 |
| 7 | Inne | - | - |
| 3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu | | | |
| 1. | Sprawność wytwarzania [-] | 0,80 | 0,91 |
| 2. | Sprawność przesyłu [-] | 1,00 | 0,90 |
| 3. | Sprawność regulacji i wykorzystania [-] | 0,70 | 0,88 |
| 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 | [-] | 0,96 | 0,90 | | |
| 2. | Sprawność przesyłu | [-] | 0,80 | 0,80 | | |
| 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 | naturalna | | |
| 2. | Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza | | okna /kanały | okna /kanały | | |
| 3. | Strumień powietrza zewnętrznego | [m³/h] | 2 459 | 2 459 | | |
| 4. | Krotność wymian powietrza | [1/h] | 1,10 | 1,10 | | |
| 6. Charakterystyka energetyczna budynku | | | | | | |
| 1. | Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego | [kW] | 127,11 | 63,58 | | |
| 2. | Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej | [kW] | 29,11 | 31,05 | | |
| 3. | Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) | [GJ/rok] | 977,30 | 478,27 | | |
| 4. | Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) | [GJ/rok] | 1 745,18 | 663,62 | | |
| 5. | Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej | [GJ/rok] | 109,21 | 116,80 | | |
| 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/(m²rok)] | 344,72 | 168,70 | | |
| 9. | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) | [kWh/(m²rok)] | 615,58 | 234,08 | | |
| 10. | Udział odnawialnych źródeł energii | [%] | - | - | | |
| 7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu) | | | | | | |
| 1. | Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku | [zł/GJ] | 38,56 | 59,21 | | |
| 2. | Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc | [zł/(MW m-c)] | - | 10 995,78 | | |
| 3. | Koszt przygotowania 1 m³ ciepłej wody użytkowej | [zł/m³] | 42,71 | 17,97 | | |
| 4. | Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc | [zł/(MW m-c)] | - | - | | |
| 5. | Miesięczny koszt ogrzewania 1 m² powierzchni użytkowej | [zł/(m² m-c)] | 7,12 | 5,05 | | |
| 6. | Miesięczna opłata abonamentowa | [zł/m-c] | - | - | | |
| 7. | Inne | [zł] | - | - | | |
| 8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego | | | | | | |
| Planowana kwota kredytu ¹⁾ | | [zł] | 982 760,74 | Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię | [%] | 57,92 |
| Planowane koszty całkowite ²⁾ | | [zł] | 982 760,74 | Premia termomodernizacyjna | [zł] | 61 196,08 |
| Roczna oszczędność kosztów energii | | [zł/rok] | 30 598,04 | | | |

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 mieszkalno-usługowego przy ul. Długiej 16 w Zgierzu 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 termomodernizacyjnego (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 (Zlecceniodawcy) .

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
3. Budynek znajduje się w Rejestrze Zabytków i wszelkie prace budowlane i instalacyjne można wykonać po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

| | | | |
|---|---------------------------------|----------------------|--|
| 4.1 Dane identyfikujące budynek | | | |
| Rodzaj budynku | Budynek mieszkalno - usługowy | Rok budowy | 1902; 1936 |
| Adres budynku | ul. Długa 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 | |
| | 4 586 | 578 | |
| Powierzchnia | części ogrzewanej | część nieogrzewana | |
| | 788 | 340 | |
| Powierzchnia całkowita | 2 212,05 | | |
| Wysokość kondygnacji | nadziemnych | podziemnych | |
| | 2,8 | 1,7 | |
| Liczba pomieszczeń | - | | |
| Liczba osób użytkująca budynek | czasowa | stała | |
| | - | 43 | |
| Czas użytkowania budynku | dni tygodnia | godziny | |
| | 7 | 24 | |
| 4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych | | | |
| Przegroda | Pow. netto | U | |
| | [m ²] | [W/m ² K] | |
| Strop poddasza (budynek frontowy i oficyna) | 538,43 | 1,448 | |
| Strop nad przejściem (budynek frontowy) | 36,50 | 1,427 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] (budynek frontowy elewacja tylna) | 208,74 | 1,151 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] (oficyna) | 704,04 | 1,151 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-3] (bud. frontowy, elewacja frontowa) | 116,94 | 1,151 | |
| Okna PCV | 91,42 | 1,700 | |
| Okna drewniane | 36,98 | 2,600 | |
| Drzwi wejściowe drewniane | 10,75 | 3,120 | |
| Drzwi wejściowe frontowe | 9,75 | 1,700 | |
| Strop nad piwnicą | 388,15 | 1,204 | |
| Podłoga na gruncie | 99,89 | 0,432 | |

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek mieszkalno-usługowy, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Długiej 16. Budynek wybudowany w 1902 roku, jest podpiwniczony wykonany w technologii tradycyjnej. W 1936 roku dobudowano oficynę od strony podwórza. Oficyna jest częściowo podpiwniczona wykonana w technologii tradycyjnej. Na parterze części budynku frontowego znajdują się lokale usługowe. Ściany zewnętrzne wykonane z cegły pełnej, nieocieplone. Nad budynkami znajduje się nieogrzewane poddasze użytkowe. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. W budynku zastosowano stropy drewniane. 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:

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| - strop poddasza | - 1,448 W/m ² K, |
| - strop nad przejściem | - 1,427 W/m ² K, |
| - ściany zewnętrzne | - 1,151 W/m ² K, |
| - strop nad piwnicą | - 1,204 W/m ² K, |
| - podłoga na gruncie | - 0,432 W/m ² K. |

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad piwnicą oraz podłogi na gruncie. Ze względu na brak zgody konserwatora zabytków nie ma możliwości ocieplenia ścian zewnętrznych elewacji frontowej oraz stropu nad przejściem.

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 zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m²K. Ze względu na wytyczne

konserwatora zabytków dotyczące ponownej wymiany okien PCV na drewnianą stolarkę okienną z zachowaniem pierwotnego podziału i form okien oraz kolorystyki, w opracowaniu przeanalizowana zostanie zarówno wymiana stolarki okiennej drewnianej jak i PCV.

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową metalową o współczynniku przenikania ciepła $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ oraz stolarkę drzwiową drewnianą o współczynniku przenikania ciepła $3,12 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ze względu na wytyczne konserwatora zabytków dotyczące ponownej wymiany drzwi w budynku frontowym na drewnianą stolarkę drzwiową z zachowaniem pierwotnego podziału i form drzwi oraz kolorystyki, w opracowaniu przeanalizowana zostanie zarówno wymiana stolarki drzwiowej drewnianej jak i metalowej w budynku frontowym.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku są piece kaflowe i piece węglowe zainstalowane w lokalach mieszkalnych. Ze względu na zły stan techniczny pieców oraz dużą emisję dwutlenku węgla do atmosfery w opracowaniu przeanalizowana zostanie wymiana źródeł ciepła, na instalację wodną, pompową z rozdziałem dolnym, z zaizolowanym orurowaniem, z grzejnikami płytowymi z zaworami z głowicami termostatycznym, zasilaną z sieci miejskiej.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych oraz kuchni węglowych. Ze względu na zły stan techniczny źródeł ciepła, w opracowaniu zostanie przeanalizowana modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej, polegająca na montażu nowego orurowania i podłączenia do sieci miejskiej.

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną w dobrym stanie technicznym.

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

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

- ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- ocieplenie ścian zewnętrznych w oficynie i cielewacji tylnej budynku frontowego,
- wymianę okien drewnianych,
- wymianę okien PCV,

- wymianę drzwi wejściowych drewnianych,
- wymianę drzwi frontowych,
- wymianę źródeł ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u.,
- montaż instalacji c.w.u.,
- montaż instalacji c.o., nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi,

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 stropu pod poddaszem. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] i [SZ-2] Wymiana okien drewnianych. Wymiana okien PCV. Wymiana drzwi drewnianych. Wymiana drzwi frontowych. |
| 2 | Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej | Wymiana źródeł ciepła. Montaż nowej instalacji c.w.u. |
| 3 | Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania | Wymiana źródeł ciepła. Montaż instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. |

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

Optimalne 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:

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

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} , oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $W/(m^2 * K)$, 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*K/rok,

Liczbę stopniodni S_d oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °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, °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 ze wzoru:

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

gdzie:

t_{w0} - jak we wzorze (4),

t_{z0} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej,
określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °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 |
|---|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|
| $T_c(m)$ | -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 stropu nad poddaszem

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie)

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 538,43 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,691 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 538 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał: wełna mineralna} & & U_0 &= 1,448 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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

| Izolacja | ΔR | R_i | U | Q_i | q_i | Nu | ΔK_{ogr} | SPBT |
|----------|--|--|--|-----------------|-------|-----------|-------------------------|--------|
| [m] | $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ | $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ | $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ | $[\text{GJ/a}]$ | MW | [zł] | [zł] | [lata] |
| 0,05 | 1,250 | 1,981 | 0,505 | 86,81 | 0,011 | 64 611,00 | 6 251,67 | 10,335 |
| 0,06 | 1,500 | 2,231 | 0,448 | 77,08 | 0,010 | 65 041,74 | 6 626,84 | 9,815 |
| 0,07 | 1,750 | 2,481 | 0,403 | 69,32 | 0,009 | 65 472,48 | 6 926,40 | 9,453 |
| 0,08 | 2,000 | 2,731 | 0,366 | 62,97 | 0,008 | 65 903,22 | 7 171,11 | 9,190 |
| 0,09 | 2,250 | 2,981 | 0,335 | 57,69 | 0,007 | 66 333,96 | 7 374,77 | 8,995 |
| 0,10 | 2,500 | 3,231 | 0,310 | 53,22 | 0,007 | 66 764,70 | 7 546,92 | 8,847 |
| 0,11 | 2,750 | 3,481 | 0,287 | 49,40 | 0,006 | 67 195,44 | 7 694,33 | 8,733 |
| 0,12 | 3,000 | 3,731 | 0,268 | 46,09 | 0,006 | 67 626,18 | 7 821,99 | 8,646 |
| 0,13 | 3,250 | 3,981 | 0,251 | 43,20 | 0,005 | 68 056,92 | 7 933,62 | 8,578 |
| 0,14 | 3,500 | 4,231 | 0,236 | 40,64 | 0,005 | 68 487,66 | 8 032,05 | 8,527 |
| 0,15 | 3,750 | 4,481 | 0,223 | 38,38 | 0,005 | 68 918,40 | 8 119,50 | 8,488 |
| 0,16 | 4,000 | 4,731 | 0,211 | 36,35 | 0,005 | 69 349,14 | 8 197,71 | 8,460 |
| 0,17 | 4,250 | 4,981 | 0,201 | 34,52 | 0,004 | 69 779,88 | 8 268,06 | 8,440 |
| 0,18 | 4,500 | 5,231 | 0,191 | 32,87 | 0,004 | 70 210,62 | 8 331,70 | 8,427 |
| 0,19 | 4,750 | 5,481 | 0,182 | 31,37 | 0,004 | 70 641,36 | 8 389,52 | 8,420 |
| 0,20 | 5,000 | 5,731 | 0,174 | 30,01 | 0,004 | 71 072,10 | 8 442,30 | 8,419 |
| 0,21 | 5,250 | 5,981 | 0,167 | 28,75 | 0,004 | 71 502,84 | 8 490,67 | 8,421 |
| 0,22 | 5,500 | 6,231 | 0,160 | 27,60 | 0,003 | 71 933,58 | 8 535,16 | 8,428 |
| 0,23 | 5,750 | 6,481 | 0,154 | 26,53 | 0,003 | 72 364,32 | 8 576,21 | 8,438 |
| 0,24 | 6,000 | 6,731 | 0,149 | 25,55 | 0,003 | 72 795,06 | 8 614,22 | 8,451 |
| 0,25 | 6,250 | 6,981 | 0,143 | 24,63 | 0,003 | 73 225,80 | 8 649,50 | 8,466 |

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 $0,18 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 20cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych elewacji tylnej i oficyny

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] i [SZ-2] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa = 912,78 [m²]

$R_0 = 0,869$ [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 913 [m²]

Materiał: styropian

$U_0 = 1,151$ [W/(m²*K)]

$\lambda = 0,040$ [W/(m*K)]

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

| Izolacja | ΔR | R_i | U | Q_i | q_i | Nu | ΔK_{ogrz} | SPBT |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|-------|------------|-------------------|--------|
| [m] | [(m ² *K)/W] | [(m ² *K)/W] | [W/(m ² *K)] | [GJ/a] | MW | [zł] | [zł] | [lata] |
| 0,05 | 1,250 | 2,119 | 0,472 | 137,58 | 0,017 | 198 985,28 | 7 632,13 | 26,072 |
| 0,06 | 1,500 | 2,369 | 0,422 | 123,06 | 0,015 | 200 126,25 | 8 192,02 | 24,429 |
| 0,07 | 1,750 | 2,619 | 0,382 | 111,31 | 0,014 | 201 495,41 | 8 645,02 | 23,308 |
| 0,08 | 2,000 | 2,869 | 0,349 | 101,61 | 0,013 | 203 092,77 | 9 019,07 | 22,518 |
| 0,09 | 2,250 | 3,119 | 0,321 | 93,47 | 0,012 | 204 918,32 | 9 333,16 | 21,956 |
| 0,10 | 2,500 | 3,369 | 0,297 | 86,53 | 0,011 | 206 972,07 | 9 600,63 | 21,558 |
| 0,11 | 2,750 | 3,619 | 0,276 | 80,55 | 0,010 | 209 254,01 | 9 831,14 | 21,285 |
| 0,12 | 3,000 | 3,869 | 0,258 | 75,35 | 0,009 | 211 764,15 | 10 031,87 | 21,109 |
| 0,13 | 3,250 | 4,119 | 0,243 | 70,77 | 0,009 | 214 502,48 | 10 208,23 | 21,013 |
| 0,14 | 3,500 | 4,369 | 0,229 | 66,72 | 0,008 | 217 469,00 | 10 364,40 | 20,982 |
| 0,15 | 3,750 | 4,619 | 0,217 | 63,11 | 0,008 | 221 120,11 | 10 503,67 | 21,052 |
| 0,16 | 4,000 | 4,869 | 0,205 | 59,87 | 0,007 | 224 543,02 | 10 628,64 | 21,126 |
| 0,17 | 4,250 | 5,119 | 0,195 | 56,95 | 0,007 | 228 194,13 | 10 741,40 | 21,244 |
| 0,18 | 4,500 | 5,369 | 0,186 | 54,30 | 0,007 | 232 073,43 | 10 843,66 | 21,402 |
| 0,19 | 4,750 | 5,619 | 0,178 | 51,88 | 0,006 | 236 180,92 | 10 936,82 | 21,595 |
| 0,20 | 5,000 | 5,869 | 0,170 | 49,67 | 0,006 | 240 516,61 | 11 022,05 | 21,821 |
| 0,21 | 5,250 | 6,119 | 0,163 | 47,64 | 0,006 | 245 080,49 | 11 100,31 | 22,079 |
| 0,22 | 5,500 | 6,369 | 0,157 | 45,77 | 0,006 | 249 872,57 | 11 172,42 | 22,365 |
| 0,23 | 5,750 | 6,619 | 0,151 | 44,04 | 0,006 | 254 892,84 | 11 239,09 | 22,679 |
| 0,24 | 6,000 | 6,869 | 0,146 | 42,44 | 0,005 | 260 141,30 | 11 300,91 | 23,020 |
| 0,25 | 6,250 | 7,119 | 0,140 | 40,95 | 0,005 | 265 617,96 | 11 358,38 | 23,385 |

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 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 przyjmując 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:

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

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 ścienne, 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, $m^3/(m \cdot h \cdot daPa^{2/3})$,
- 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 ścienne, okna lub drzwi, oblicza się wg 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).

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $36,98 \text{ m}^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

| WARIANT | U | c_r | c_w | Q | q | ΔO | N | SPBT |
|---------|-----------------|-------|-------|--------|-------|------------|-----------|-------|
| | $W/m^2 \cdot K$ | - | - | GJ | MW | zł/rok | zł | lata |
| 0 | 2,6 | 1,2 | 1,0 | 103,40 | 0,004 | - | - | - |
| 1 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 75,93 | 0,002 | 1 059,26 | 38 828,06 | 36,66 |
| 2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 73,57 | 0,002 | 1 150,34 | 40 677,01 | 35,36 |
| 3 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 71,20 | 0,002 | 1 241,43 | 48 072,83 | 38,72 |

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien drewnianych jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $91,42 \text{ m}^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

| WARIANT | U | c _r | c _w | Q | q | ΔO | N | SPBT |
|---------|---------------------|----------------|----------------|--------|-------|----------|------------|-------|
| | W/m ² *K | - | - | GJ | MW | zł/rok | zł | lata |
| 0 | 1,7 | 1,1 | 1,0 | 214,37 | 0,007 | - | - | - |
| 1 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 187,71 | 0,006 | 1 027,89 | 95 992,68 | 93,39 |
| 2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 181,87 | 0,005 | 1 253,08 | 100 563,76 | 80,25 |
| 3 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 176,03 | 0,005 | 1 478,27 | 118 848,08 | 80,40 |

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien PCV jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1$ W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około 10,75 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

| WARIANT | U | c _r | c _w | Q | q | ΔO | N | SPBT |
|---------|---------------------|----------------|----------------|-------|-------|--------|-----------|-------|
| | W/m ² *K | - | - | GJ | MW | zł/rok | zł | lata |
| 0 | 3,1 | 1,2 | 1,0 | 31,85 | 0,004 | - | - | - |
| 1 | 1,7 | 1,0 | 1,0 | 23,45 | 0,003 | 323,89 | 16 128,30 | 49,80 |
| 2 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 22,76 | 0,003 | 350,37 | 16 880,95 | 48,18 |
| 3 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 22,08 | 0,003 | 376,85 | 19 031,39 | 50,50 |

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi drewnianych jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5$ W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około 9,75 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

| WARIANT | U | c _r | c _w | Q | q | ΔO | N | SPBT |
|---------|---------------------|----------------|----------------|-------|-------|--------|-----------|-------|
| | W/m ² *K | - | - | GJ | MW | zł/rok | zł | lata |
| 0 | 1,7 | 1,3 | 1,0 | 26,04 | 0,003 | - | - | - |
| 1 | 1,6 | 1,0 | 1,0 | 20,94 | 0,003 | 196,68 | 14 617,80 | 74,32 |
| 2 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 20,63 | 0,003 | 208,69 | 16 880,95 | 80,89 |
| 3 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 20,01 | 0,003 | 232,69 | 19 569,00 | 84,10 |

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi frontowych jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,5 W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Optymalne usprawnienie termomodernizacyjne związane ze zmniejszeniem zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej jest to usprawnienie, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CW}}{\sum_n \Delta O_{rCW}}, [\text{lata}] \quad (15)$$

gdzie:

- N_{CW} – planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji ciepłej wody, zł,
ΔO_{rCW} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartości rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rCW} n-tego źródła oblicza się wg wzoru:

$$\Delta O_{rCW} = (x_0 * Q_{0cw} * O_{0z} / n_{0w} - x_1 * Q_{1cw} * O_{1z} / n_{1w}) + 12 * (y_0 * q_{0cw} * O_{0m} - y_1 * q_{1cw} * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}), \quad [\text{zł/rok}] \quad (16)$$

gdzie:

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

Q_{0cw}, Q_{1cw} - zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone przez audytora na podstawie analizy i prognozy zużycia ciepła - GJ/rok, obliczone zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw,

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

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

η_{0w}, η_{1w} - całkowita sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po termomodernizacji, obliczana zgodnie ze wzorem (16a),

q_{0cw}, q_{1cw} - zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone na podstawie analizy i prognozy zużycia lub obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych MW,

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

Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej η_{0w}, η_{1w} oblicza się ze wzoru:

$$\eta_{0w}, \eta_{1w} = \eta_{gw} * \eta_{dw} * \eta_{ew} * \eta_{sw}, \quad [-] \quad (16a)$$

gdzie:

η_{gw} - sprawność wytwarzania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,

η_{dw} - sprawność przesyłu ciepła w instalacji ciepłej wody, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,

η_{ew} - sprawność akumulacji ciepła w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,

η_{sw} - sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw.

Obliczenia zapotrzebowania na moc i ciepło dla podgrzania ciepłej wody użytkowej zamieszczono w załączniku Z-13.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych i kuchni węglowych. Stan źródeł ciepła jest zły, w związku z tym proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u., polegającą na montażu nowego orurowania, zasilanego z sieci miejskiej. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 81 000,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 18 999,26 zł - 8 016,30, zł = 10 982,96 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 81 000,00 / 10 982,96 = 7,38 lat.

7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|---|-----------------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Modernizacja instalacji c.w.u. | 81 000,00 | 7,38 |
| 2 | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 71 072,10 | 8,42 |
| 3 | Ocieplenie ścian (oficyna i elewacja tylna) | 217 469,00 | 20,98 |
| 4 | Wymiana okien drewnianych | 40 677,01 | 35,36 |
| 5 | Wymiana drzwi drewnianych | 16 880,95 | 48,18 |
| 6 | Wymiana okien PCV | 100 563,76 | 80,25 |
| 7 | Wymiana drzwi frontowych | 16 880,95 | 80,89 |

7.6 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 | Modernizacja instalacji c.w.u. | 81 000,00 | 7,38 |
| 2 | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 71 072,10 | 8,42 |
| 3 | Ocieplenie ścian (oficyna i elewacja tylna) | 217 469,00 | 20,98 |
| 4 | Wymiana okien drewnianych | 40 677,01 | 35,36 |
| 5 | Wymiana drzwi drewnianych | 16 880,95 | 48,18 |
| 6 | Wymiana okien PCV | 100 563,76 | 80,25 |
| 7 | Wymiana drzwi frontowych | 16 880,95 | 80,89 |
| | Ogółem | 544 543,78 | |

Tabela 7b. Koszty modernizacji budynku wg wariantu II

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|---|-----------------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Modernizacja instalacji c.w.u. | 81 000,00 | 7,38 |
| 2 | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 71 072,10 | 8,42 |
| 3 | Ocieplenie ścian (oficyna i elewacja tylna) | 217 469,00 | 20,98 |
| 4 | Wymiana okien drewnianych | 40 677,01 | 35,36 |
| 5 | Wymiana drzwi drewnianych | 16 880,95 | 48,18 |
| 6 | Wymiana okien PCV | 100 563,76 | 80,25 |
| | Ogółem | 527 662,83 | |

Tabela 7c. Koszty modernizacji budynku wg wariantu III

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|---|-----------------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Modernizacja instalacji c.w.u. | 81 000,00 | 7,38 |
| 2 | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 71 072,10 | 8,42 |
| 3 | Ocieplenie ścian (oficyna i elewacja tylna) | 217 469,00 | 20,98 |
| 4 | Wymiana okien drewnianych | 40 677,01 | 35,36 |
| 5 | Wymiana drzwi drewnianych | 16 880,95 | 48,18 |
| | Ogółem | 427 099,07 | |

Tabela 7d. Koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|---|-----------------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Modernizacja instalacji c.w.u. | 81 000,00 | 7,38 |
| 2 | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 71 072,10 | 8,42 |
| 3 | Ocieplenie ścian (oficyna i elewacja tylna) | 217 469,00 | 20,98 |
| 4 | Wymiana okien drewnianych | 40 677,01 | 35,36 |
| | Ogółem | 410 218,11 | |

Tabela 7e. Koszty modernizacji budynku wg wariantu V

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|---|-----------------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Modernizacja instalacji c.w.u. | 81 000,00 | 7,38 |
| 2 | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 71 072,10 | 8,42 |
| 3 | Ocieplenie ścian (oficyna i elewacja tylna) | 217 469,00 | 20,98 |
| | Ogółem | 369 541,10 | |

Tabela 7f. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu VI

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|---------------------------------|-----------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Modernizacja instalacji c.w.u. | 81 000,00 | 7,38 |
| 2 | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 71 072,10 | 8,42 |
| | Ogółem | 152 072,10 | |

Tabela 7g. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu VII

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT |
|-----|--------------------------------|-----------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Modernizacja instalacji c.w.u. | 81 000,00 | 7,38 |
| | Ogółem | 81 003,00 | |

7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień. Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CO}}{\sum_n \Delta O_{rCO}}, [\text{lata}] \quad (17)$$

gdzie:

- N_{CO} – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- ΔO_{rCO} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rCO} dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

$$\Delta O_{rCO} = (x_0 * w_{t0} * w_{d0} * Q_{OCO} * O_{0z} / \eta_0 - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{OCO} * O_{1z} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (18)$$

gdzie:

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

- Q_{0CO} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- η_0, η_1 - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- w_{t0}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- w_{d0}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,
- O_{0z}, O_{1z} - jak we wzorze (2),
- y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- q_{0m}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,
- Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu grzewczego η_0, η_1 , oblicza się z zależności:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e, \quad (19)$$

gdzie:

- η_w – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych, wodnych, niskotemperaturowych, gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_r – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie

z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,

η_e – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu źródłem ciepła w analizowanym budynku są piece kaflowe i piece węglowe zainstalowane w mieszkaniach. Stan pieców jest zły w związku z tym w opracowaniu proponuje się kompleksową modernizację systemu grzewczego, polegającą na podłączeniu instalacji do sieci miejskiej, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

| Lp. | Omówienie | Jednostka | Stan istn. | Wariant I |
|-----|---|-----------|------------|------------|
| 1 | Obliczeniowa moc cieplna | MW | 0,1271 | 0,1271 |
| 2 | Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności | GJ/rok | 977 | 977 |
| 3 | Ogólna sprawność | - | 0,5600 | 0,7207 |
| 4 | Obniżenie nocne | - | 1,00 | 1,00 |
| 5 | Obniżenie tygodniowe | - | 1,00 | 1,00 |
| 6 | Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnienia sprawności i przerw w ogrzewaniu | GJ/rok | 1 745,18 | 1 356,05 |
| 7 | Roczny koszt ogrzewania w szczonie standardowym | zł/rok | 67 300,00 | 97 061,89 |
| 8 | Oszczędność kosztów ¹⁾ | zł/rok | | -29 761,89 |
| 9 | Szacowany koszt modernizacji | zł | | 438 216,96 |

Wartość ujemna w pkt. 8 oznacza, że koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięcia będą wyższe niż obecnie, jednakże ze względu na obecną dużą emisję CO₂ i pyłów do atmosfery, przedsięwzięcie to będzie uwzględnione w dalszej analizie.

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:

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

| Lp. | Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego | Planowane koszty całkowite ¹⁾ [zł] | Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok] | Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%] | Planowana szacowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾ [zł] [%] | | Premia termomodernizacyjna 20% kredytu 16% kosztów całkowitych 2 lata oszczędności [zł] [zł] [zł] | | |
|-----|---|--|--|--|---|--------|---|------------|------------|
| | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 |
| 1 | I-A | 982 760,74 | 30 598,04 | 57,92 | 0,00 | 0,00 | 196 552,15 | 157 241,72 | 61 196,08 |
| | | | | | 982 760,74 | 100,00 | | | |
| 2 | II+A | 965 879,79 | 30 540,19 | 57,87 | 0,00 | 0,00 | 193 175,96 | 154 540,77 | 61 080,38 |
| | | | | | 965 879,79 | 100,00 | | | |
| 3 | III+A | 865 316,03 | 28 942,72 | 56,68 | 0,00 | 0,00 | 173 063,21 | 138 450,56 | 57 885,44 |
| | | | | | 865 316,03 | 100,00 | | | |
| 4 | IV+A | 848 435,07 | 28 401,98 | 56,27 | 0,00 | 0,00 | 169 687,01 | 135 749,61 | 56 803,96 |
| | | | | | 848 435,07 | 100,00 | | | |
| 5 | V+A | 807 758,06 | 26 680,48 | 54,97 | 0,00 | 0,00 | 161 551,61 | 129 241,29 | 53 360,96 |
| | | | | | 807 758,06 | 100,00 | | | |
| 6 | VI+A | 519 219,96 | 6 483,94 | 39,69 | 0,00 | 0,00 | 103 843,99 | 83 075,19 | 12 967,88 |
| | | | | | 519 219,96 | 100,00 | | | |
| 7 | VII+A | 519 216,96 | -12 766,60 | 25,13 | 0,00 | 0,00 | 103 843,39 | 83 074,71 | -25 533,20 |
| | | | | | 519 216,96 | 100,00 | | | |
| 8 | A | 438 216,96 | -29 761,89 | 20,98 | 0,00 | 0,00 | 87 643,39 | 70 114,71 | -59 523,78 |
| | | | | | 438 216,96 | 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. Pozostałe warianty, z wyjątkiem wariantów Nr 7 (VII+A) i Nr 8 (A), również mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Natomiast warianty Nr 7 (VII+A) i Nr 8 (A), nie powinny być realizowane, ponieważ koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięć będą wyższe niż obecnie. Wszelkie prace remontowe i instalacyjne należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych elewacji tylnej [SZ-1] oraz oficyny [SZ-2] o powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 913 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, warstwą o grubości minimum 14 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,229 W/m²*K. Po uzyskaniu zgody ŁWKZ dopuszcza się dodatkowo ocieplenie bramy wjazdowej. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np.: odtworzenie gzymsów, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁWKZ.

2. Ocieplenie stropu pod poddaszem

Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 538 m² należy wykonać poprzez rozłożenie wełny mineralnej o grubości minimum 20 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,174 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np. wymiana elementów konstrukcyjnych dachu,

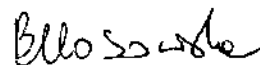
wymiana obróbek blacharskich wraz z orynnowaniem, wymiana poszycia oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

3. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 36,98 m² oraz okien z PCV o powierzchni około 91,42 m² na okna drewniane o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
4. Wymianę drzwi wejściowych drewnianych o powierzchni około 10,75 m² oraz drzwi frontowych o powierzchni około 9,75 m² na drzwi o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. Po uzyskaniu zgody ŁWKZ dopuszcza się zabudowanie klatki schodowej wraz ze wstawieniem nowych drzwi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
5. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:
 - montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
 - montaż perlatorów przy punktach odbioru,
 - regulację instalacji,
 - montaż indywidualnych liczników ciepłej wody,
 - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
6. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:
 - demontaż pieców kaflowych i pieców węglowych,
 - demontaż instalacji w lokalach mieszkalnych, w których zainstalowano piece węglowe,
 - montaż węzła cieplnego na potrzeby instalacji c.o. i c.w.u. (łączący po stronie gestora sieci) wraz z adaptacją pomieszczenia w piwnicy budynku, przeznaczonego na węzeł cieplny,
 - montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
 - montaż grzejników płytowych,
 - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
 - regulację instalacji grzewczej,

- montaż indywidualnych liczników ciepła na potrzeby instalacji c.o.
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

| | | |
|----------|--|----------------------|
| 1 | Calkowity szacunkowy koszt robót | 982 760,74 zł |
| 2 | Przewidywana premia termomodernizacyjna | 61 196,08 zł |
| 3 | Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji | 30 598,04 zł |
| 4 | Czas zwrotu nakładów SPBT | 32,12 lat |



mgr inż. Barbara Kosowska

ZALACZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u obecnie

| | | |
|--|--------|-----------|
| Zapotrzebowanie ciepła | GJ | 1 745,18 |
| Wartość opałowa paliwa | GJ/Mg | 25,93 |
| Zużycie paliwa roczne | Mg | 67,3 |
| Cena paliwa | zł/Mg | 1 000 |
| Koszt paliwa | zł | 67 300,00 |
| Cena jednostkowa ciepła | zł/GJ | 38,56 |
| Cena jednostkowa energii elektrycznej z uwzględnieniem wszystkich składników stałych i zmiennych | zł/kWh | 0,6263 |
| | zł/GJ | 173,97 |

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u docelowo

| | | Ceny bez VAT | Ceny z VAT 23% |
|-------------------------------|---------------|--------------|----------------|
| Opłata stała za moc zamówioną | zł(MW*m-c) | 4 646,22 | 5 714,85 |
| Przesył | zł(MW*m-c) | 4 293,44 | 5 280,93 |
| Razem opłata stała | zł(MW*m-c) | 8 939,66 | 10 995,78 |
| | | | |
| Opłata zmienna za ciepło | zł/GJ | 32,83 | 40,38 |
| Przesył | zł/GJ | 15,31 | 18,83 |
| Razem opłata zmienna | zł/GJ | 48,14 | 59,21 |
| | | | |
| Abonament | zł/(pkt.*m-c) | 0,00 | 0,00 |

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

| Przełupoda | Wyszczegółnienie | d_i | d | λ | R | U |
|---|-----------------------|-------|--------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | [cm] | [m] | W/mK | m ² K/W | [W/m ² K] |
| Strop poddasza | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | 1,448 |
| | Pustka powietrzna | 15,0 | | | 0,160 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Tynk cem.-wap. | 1,5 | 0,0150 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,491 | |
| | R _{si} | | | | 0,100 | |
| | R _{se} | | | | 0,100 | |
| | R _T | | | | 0,691 | |
| Strop nad przejściem | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | 1,427 |
| | Pustka powietrzna | 15,0 | | | 0,160 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Tynk cem.-wap. | 1,5 | 0,0150 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,491 | |
| | R _{si} | | | | 0,170 | |
| | R _{se} | | | | 0,040 | |
| | R _T | | | | 0,701 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] i [SZ-2] (elewacja tylna i oficyna) | Tynk cem. - wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | 1,151 |
| | Mur z cegły pełnej | 51,0 | 0,510 | 0,770 | 0,662 | |
| | Tynk cem. - wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,699 | |
| | R _{si} | | | | 0,130 | |
| | R _{se} | | | | 0,040 | |
| | R _T | | | | 0,869 | |
| | | | | | | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-3] (elewacja frontowa) | Tynk cem. - wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | 1,151 |
| | Mur z cegły pełnej | 51,0 | 0,510 | 0,770 | 0,662 | |
| | Tynk cem. - wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,699 | |
| | R _{si} | | | | 0,130 | |
| | R _{se} | | | | 0,040 | |
| | R _T | | | | 0,869 | |
| | | | | | | |
| Strop nad piwnicą | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | 1,204 |
| | Pustka powietrzna | 15,0 | | | 0,160 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Tynk cem.-wap. | 1,5 | 0,0150 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,491 | |
| | R _{si} | | | | 0,170 | |
| | R _{se} | | | | 0,170 | |
| | R _T | | | | 0,831 | |
| Podłoga na gruncie | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | 0,432 |
| | Pustka powietrzna | 15,0 | | | 0,160 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Papa asfaltowa | 1,5 | 0,0150 | 0,180 | 0,083 | |
| | Piasek | 10,0 | 0,1 | 0,40 | 0,250 | |
| | Grunt | 10,0 | 0,1 | 1,74 | 0,057 | |
| | R | | | | 0,863 | |
| | Opór zastępczy gruntu | | | | 1,454 | |
| | R _T | | | | 2,317 | |
| | | | | | | |
| Okna PCV | | | | U ₀ | Wsp. | U |
| | | | | [W/m ² K] | - | [W/m ² K] |
| | | | | 1,700 | 1,0 | 1,700 |
| Okna drewniane | | | | 2,600 | 1,0 | 2,600 |
| Drzwi frontowe | | | | 1,700 | 1,0 | 1,700 |
| Drzwi wejściowe drewniane | | | | 2,600 | 1,2 | 3,120 |

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

| Przegroda | Wyszczególnienie | d_i | d | λ | R | U |
|---|-----------------------|-------|-------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | [cm] | [m] | W/mK | m ² K/W | [W/m ² K] |
| Strop poddasza | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | 0,174 |
| | Pustka powietrzna | 15,0 | 0,150 | | 0,160 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Tynk cem.-wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | Wetna mineralna | 20,0 | 0,200 | 0,040 | 5,000 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | R | | | | 5,531 | |
| | R_{si} | | | | 0,100 | |
| | R_{se} | | | | 0,100 | |
| | R_T | | | | 5,731 | |
| Strop nad przejściem | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | 1,427 |
| | Pustka powietrzna | 15,0 | 0,150 | | 0,160 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Tynk cem.-wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,491 | |
| | R_{si} | | | | 0,170 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 0,701 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-3] (elewacja frontowa) | Tynk cem. - wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | 1,151 |
| | Mur z cegły pełnej | 51,0 | 0,51 | 0,770 | 0,662 | |
| | Tynk cem. - wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,699 | |
| | R_{si} | | | | 0,130 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 0,869 | |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] i [SZ-2] (elewacja tylna i oficyna) | Tynk cem. - wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | 0,229 |
| | Mur z cegły pełnej | 51,0 | 0,51 | 0,770 | 0,662 | |
| | Styropian | 14,0 | 0,14 | 0,040 | 3,500 | |
| | Tynk cem. - wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 4,199 | |
| | R_{si} | | | | 0,130 | |
| | R_{se} | | | | 0,040 | |
| | R_T | | | | 4,369 | |
| Strop nad piwnicą | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | 1,204 |
| | Pustka powietrzna | 15,0 | 0,000 | | 0,160 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Tynk cem.-wap. | 1,5 | 0,015 | 0,820 | 0,018 | |
| | R | | | | 0,491 | |
| | R_{si} | | | | 0,170 | |
| | R_{se} | | | | 0,170 | |
| | R_T | | | | 0,831 | |
| Podłoga na gruncie | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | 0,432 |
| | Pustka powietrzna | 15,0 | 0,15 | 0,000 | 0,160 | |
| | Deska sosnowa | 2,5 | 0,025 | 0,160 | 0,156 | |
| | Papa asfaltowa | 1,5 | 0,015 | 0,180 | 0,083 | |
| | Piasek | 10,0 | 0,1 | 0,400 | 0,250 | |
| | Grunt | 10,0 | 0,1 | 1,740 | 0,057 | |
| | R | | | | 0,863 | |
| | Opór zastępczy gruntu | | | | 1,454 | |
| | R_T | | | | 2,317 | |
| | | | | | | |
| Okna wymienione | | | | U_0 | Wsp. | U |
| | | | | [W/m ² K] | - | [W/m ² K] |
| | | | | 1,1 | 1,000 | 1,100 |
| Drzwi wejściowe wymienione | | | | 1,5 | 1,000 | 1,500 |

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

| Pomieszczenie | Ilość pomieszczeń | Strumień powietrza na pomieszczenie [m ³ /h] | Całkowity strumień powietrza [m ³ /h] |
|--|-------------------|--|---|
| Strumień powietrza wentylacyjnego | | | |
| Kuchnie | 15 | 70 | 1 050 |
| Łazienki | 15 | 50 | 750 |
| Razem | | | 1 800 |
| Klatki schodowe | 2 | 210 | 210 |
| Ogółem | | | 2 010 |
| Strumień powietrza wentylacyjnego | | [m ³ /sek] | 0,558 |
| Infiltracja | | [m ³ /sek] | 0,125 |
| Ogółem | | [m ³ /sek] | 0,683 |
| Współczynnik strat ciepła przez wentylację | | [W/K] | 820 |
| Kubatura wentylowana | | [m ³] | 2 244 |
| Krotność wymiany powietrza | | | 1,10 |

| | | | |
|--------------------------|-------|-----|-----|
| Współczynniki korekcyjne | | | |
| | c_r | 1,0 | 1,0 |
| | c_w | 1,0 | 1,0 |
| | c_m | 1,0 | 1,0 |

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

| | Wsp. | Kubatura | Krotność | Wsp. osł. | Wsp. wys. | Strumień |
|----------------------|------|-------------------|--------------------|-----------|-----------|---------------------|
| | - | [m ³] | [h ⁻¹] | - | - | [m ³ /h] |
| Strumień higieniczny | | 2 244 | 0,5 | | | 1 122,2 |

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

| | Powierzchnia | Strumień ciepła | Zysk ciepła |
|-------------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| | [m ²] | [W/m ²] | [W] |
| Wewnętrzne zyski ciepła | 788 | 7,1 | 5 591 |

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

| Przegroda | A | U | b _n | H _t | ΔΘ | Φ |
|---------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|----------------|--------|--------|
| | [m ²] | [W/m ² K] | - | [W/K] | [°C] | [kW] |
| Strop poddasza | 538,43 | 1,448 | 0,90 | 701 | 40 | 28,06 |
| Strop nad przejściem | 36,50 | 1,427 | 1,00 | 52 | | 2,08 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | 208,74 | 1,151 | 1,00 | 240 | | 9,61 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | 704,04 | 1,151 | 1,00 | 810 | | 32,41 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-3] | 116,94 | 1,151 | 1,00 | 135 | | 5,38 |
| Okna PCV | 91,42 | 1,700 | 1,00 | 155 | | 6,22 |
| Okna drewniane | 36,98 | 2,600 | 1,00 | 96 | | 3,85 |
| Drzwi wejściowe drewniane | 10,75 | 3,120 | 1,00 | 34 | | 1,34 |
| Drzwi wejściowe frontowe | 9,75 | 1,700 | 1,00 | 17 | | 0,66 |
| Strop nad piwnicą | 388,15 | 1,204 | 0,80 | 374 | | 14,95 |
| Podłoga na gruncie | 99,89 | 0,432 | 1,00 | 43 | | 1,72 |
| Mostki liniowe | l | ψ | Γ | | | |
| | [m] | [W/mK] | | | | |
| ościeżca | 227,68 | 0,190 | 1,0 | 43 | | 1,73 |
| nadproża | 81,77 | 0,600 | 1,0 | 49 | | 1,96 |
| podokien | 81,77 | 0,570 | 1,0 | 47 | | 1,86 |
| balkony | 0,00 | 0,650 | 1,0 | 0 | 0,00 | |
| Ogółem | | | | 2 796 | 111,84 | |
| Wentylacja | | V _J | ρ*c _p | H _v | | |
| | | [m ³ /h] | [J/m ³ /K] | [W/K] | | |
| | | 1 122 | 0,34 | 382 | 15,26 | |
| OGÓŁEM | | | | | | 127,11 |

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

| Przegroda | A | U | b _n | H _{tr} | ΔΘ | Φ |
|--------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|-------|-------|
| | [m ²] | [W/m ² K] | - | [W/K] | [°C] | [kW] |
| Strop poddasza | 538,43 | 0,174 | 0,90 | 85 | 40 | 3,38 |
| Strop nad przejściem | 36,50 | 1,427 | 1,00 | 52 | | 2,08 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | 208,74 | 0,229 | 1,00 | 48 | | 1,91 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | 704,04 | 0,229 | 1,00 | 161 | | 6,45 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-3] | 116,94 | 1,151 | 1,00 | 135 | | 5,38 |
| Okna wymienione | 91,42 | 1,100 | 1,00 | 101 | | 4,02 |
| Okna wymienione | 36,98 | 1,100 | 1,00 | 41 | | 1,63 |
| Drzwi wejściowe | 10,75 | 1,500 | 1,00 | 16 | | 0,65 |
| Drzwi frontowe | 9,75 | 1,500 | 1,00 | 15 | | 0,58 |
| Strop nad piwnicą | 388,15 | 1,204 | 0,80 | 374 | | 14,95 |
| Podłoga na gruncie | 99,89 | 0,432 | 1,00 | 43 | | 1,72 |
| Mostki liniowe | l | ψ | Γ | | | |
| | [m] | [W/mK] | | | | |
| ościeżca | 227,68 | 0,190 | 1,0 | 43 | | 1,73 |
| nadproża | 81,77 | 0,600 | 1,0 | 49 | | 1,96 |
| podokien | 81,77 | 0,570 | 1,0 | 47 | | 1,86 |
| balkony | 0,00 | 0,650 | 1,0 | 0 | | 0,00 |
| Ogółem | | | | 1 208 | 48,32 | |
| Wentylacja | | V ₁ | ρ*c _p | H _v | | |
| | | [m ³ /h] | [J/m ³ /K] | [W/K] | | |
| | | 1 122 | 0,34 | 382 | 15,26 | |
| OGÓŁEM | | | | | | 63,58 |

Z-8 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 |
|--|-------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|
| Srednia temp. miesiaca | [°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 miesiacu | | 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 | | | | | | | | | | | |
| Strup poddasza | H_a, H_{se} | | | | | | | | | | |
| | [MJ] | 39 456 | 35 638 | 31 377 | 22 546 | 1 970 | 2 152 | 25 177 | 29 456 | 36 262 | 224 033 |
| Strup nad przejściem | [MJ] | 2 929 | 2 646 | 2 329 | 1 674 | 146 | 160 | 1 869 | 2 187 | 2 692 | 16 633 |
| Sciana zewnętrzna [SZ-1] | [MJ] | 13 512 | 12 204 | 10 745 | 7 721 | 675 | 737 | 8 622 | 10 087 | 12 418 | 76 722 |
| Sciana zewnętrzna [SZ-2] | [MJ] | 45 573 | 41 163 | 36 241 | 26 042 | 2 275 | 2 485 | 29 080 | 34 022 | 41 884 | 258 766 |
| Sciana zewnętrzna [SZ-3] | [MJ] | 7 570 | 6 837 | 6 020 | 4 326 | 378 | 413 | 4 830 | 5 651 | 6 957 | 42 981 |
| Okna PCV | [MJ] | 8 742 | 7 896 | 6 952 | 4 995 | 436 | 477 | 5 578 | 6 526 | 8 034 | 49 635 |
| Okna drewniane | [MJ] | 5 408 | 4 885 | 4 301 | 3 090 | 270 | 295 | 3 451 | 4 037 | 4 970 | 30 706 |
| Drzwi wejściowe drewniane | [MJ] | 1 887 | 1 704 | 1 501 | 1 078 | 94 | 103 | 1 204 | 1 409 | 1 734 | 10 714 |
| Drzwi wejściowe frontowe | [MJ] | 932 | 842 | 741 | 532 | 47 | 51 | 595 | 696 | 856 | 5 291 |
| Strup nad piwnicą | [MJ] | 21 023 | 18 988 | 16 718 | 12 013 | 1 050 | 1 146 | 13 415 | 15 694 | 19 321 | 119 368 |
| Mostki liniowe | [MJ] | 7 814 | 7 058 | 6 214 | 4 465 | 390 | 426 | 4 986 | 5 834 | 7 182 | 44 370 |
| Podłoga na gruncie | [MJ] | 2 425 | 2 190 | 1 928 | 1 385 | 121 | 132 | 1 547 | 1 810 | 2 228 | 13 767 |
| Straty przez przegrody | [MJ] | 157 270 | 142 050 | 125 067 | 89 869 | 7 851 | 8 576 | 100 353 | 117 409 | 144 539 | 892 985 |
| Wentylacja | [MJ] | 46 100 | 41 638 | 36 660 | 26 343 | 2 301 | 2 514 | 29 416 | 34 415 | 42 368 | 261 756 |
| Całkowite przeniesienie ciepła | [MJ] | 203 370 | 183 689 | 161 727 | 116 211 | 10 153 | 11 090 | 129 769 | 151 824 | 186 907 | 1 154 741 |
| Zyski słoneczne | [MJ] | 5 580 | 6 005 | 13 598 | 17 917 | 23 826 | 13 839 | 9 491 | 4 601 | 3 680 | 98 537 |
| Zyski wewnętrzne | [MJ] | 14 976 | 13 527 | 14 976 | 14 493 | 2 415 | 2 415 | 14 976 | 14 493 | 14 976 | 107 246 |
| Razem zyski | [MJ] | 20 556 | 19 531 | 28 574 | 32 410 | 26 242 | 16 255 | 24 467 | 19 094 | 18 656 | 205 783 |
| Stosunek zysków do przeniesienia | | 0,1011 | 0,1063 | 0,1767 | 0,2789 | 2,5846 | 1,4657 | 0,1885 | 0,1258 | 0,0998 | 0,1782 |
| Typ budynku | | | | | | | | | | | |
| Powierzchnia ogrzewana | [m ²] | | | | | | | | | | |
| Pojemność cieplna | [J/K] | | | | | | | | | | |
| Stala czasowa | [h] | | | | | | | | | | |
| Metoda obliczeniowa | | | | | | | | | | | |
| Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$ | | | | | | | | | | | |
| Stala czasowa odniesienia $t_{H,0}$ | [h] | | | | | | | | | | |
| Parametr numeryczny a_H | | | | | | | | | | | |
| Parametr numeryczny $a_H + 1$ | | | | | | | | | | | |
| η | | | | | | | | | | | |
| Zyski ciepła | [MJ] | 0,9918 | 0,9909 | 0,9763 | 0,9462 | 0,3510 | 0,5384 | 0,9732 | 0,9875 | 0,9920 | |
| Zapotrzebowanie ciepła | [MJ] | 20 387 | 19 354 | 27 895 | 30 666 | 9 211 | 8 751 | 23 812 | 18 854 | 18 506 | 177 437 |
| | [MJ] | 182 983 | 164 335 | 133 832 | 85 545 | 942 | 2 339 | 105 957 | 132 970 | 168 400 | 977 303 |

Z-9 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. miesiaca | [°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 miesiacu | | 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 | | | | | | | | | | |
| Strop poddasza | [MJ] | 4 756 | 4 296 | 3 782 | 2 718 | 237 | 259 | 3 035 | 3 551 | 4 371 | 27 005 |
| Strop nad przejściem | [MJ] | 2 929 | 2 646 | 2 329 | 1 674 | 146 | 160 | 1 869 | 2 187 | 2 692 | 16 633 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | [MJ] | 2 687 | 2 427 | 2 137 | 1 536 | 134 | 147 | 1 715 | 2 006 | 2 470 | 15 259 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | [MJ] | 9 064 | 8 187 | 7 208 | 5 179 | 452 | 494 | 5 784 | 6 767 | 8 330 | 51 465 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-3] | [MJ] | 7 570 | 6 837 | 6 020 | 4 326 | 378 | 413 | 4 830 | 5 651 | 6 957 | 42 981 |
| Okna wymienione | [MJ] | 5 656 | 5 109 | 4 498 | 3 232 | 282 | 308 | 3 609 | 4 223 | 5 198 | 32 117 |
| Okna wymienione | [MJ] | 2 288 | 2 067 | 1 819 | 1 307 | 114 | 125 | 1 460 | 1 708 | 2 103 | 12 991 |
| Drzwi frontowe | [MJ] | 822 | 743 | 654 | 470 | 41 | 45 | 525 | 614 | 756 | 4 668 |
| Mostki linowe | [MJ] | 7 814 | 7 058 | 6 214 | 4 465 | 390 | 426 | 4 986 | 5 834 | 7 182 | 44 370 |
| Drzwi wejściowe | [MJ] | 907 | 819 | 721 | 518 | 45 | 49 | 579 | 677 | 834 | 5 151 |
| Strop nad piwnicą | [MJ] | 21 023 | 18 988 | 16 718 | 12 013 | 1 050 | 1 146 | 13 415 | 15 694 | 19 321 | 119 368 |
| Podłoga na gruncie | [MJ] | 2 425 | 2 190 | 1 928 | 1 385 | 121 | 132 | 1 547 | 1 810 | 2 228 | 13 767 |
| Straty przez przegrody | [MJ] | 67 942 | 61 367 | 54 030 | 38 824 | 3 392 | 3 705 | 43 353 | 50 721 | 62 442 | 385 775 |
| Wentylacja | [MJ] | 46 100 | 41 638 | 36 660 | 26 343 | 2 301 | 2 514 | 29 416 | 34 415 | 42 368 | 261 756 |
| Całkowite przenoszenie ciepła | [MJ] | 114 041 | 103 005 | 90 690 | 65 166 | 5 693 | 6 219 | 72 769 | 85 137 | 104 809 | 647 531 |
| Zyski słoneczne | [MJ] | 5 444 | 5 862 | 13 282 | 17 514 | 23 290 | 13 525 | 9 269 | 4 494 | 3 595 | 96 275 |
| Zyski wewnętrzne | [MJ] | 14 976 | 13 527 | 14 976 | 14 493 | 2 415 | 2 415 | 14 976 | 14 493 | 14 976 | 107 246 |
| Razem zyski | [MJ] | 20 420 | 19 389 | 28 257 | 32 006 | 25 706 | 15 940 | 24 245 | 18 987 | 18 571 | 203 521 |
| Stosunek zysków do przenoszenia | | 0,1791 | 0,1882 | 0,3116 | 0,4911 | 4,5151 | 2,5632 | 0,3332 | 0,2230 | 0,1772 | 0,3143 |
| Typ budynku | | ciężki (260 000) | | | | | | | | | |
| Powierzchnia ogrzewana | [m ²] | 788 | | | | | | | | | |
| Pojemność cieplna | [J/K] | 204 752 600 | | | | | | | | | |
| Stała czasowa | [h] | 28 | | | | | | | | | |
| Metoda obliczeniowa | | miesięczna | | | | | | | | | |
| Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0} | | 1 | | | | | | | | | |
| Stała czasowa odniesienia t _{H,0} | [h] | 15 | | | | | | | | | |
| Parametr numeryczny a _H | | 2,87 | | | | | | | | | |
| Parametr numeryczny a _H : 1 | | 3,87 | | | | | | | | | |
| η | | 0,9941 | 0,9933 | 0,9755 | 0,9294 | 0,2192 | 0,3737 | 0,9711 | 0,9895 | 0,9943 | |
| Zyski ciepła | [MJ] | 20 299 | 19 258 | 27 565 | 29 746 | 5 635 | 5 958 | 23 545 | 18 787 | 18 465 | 169 258 |
| Zapotrzebowanie ciepła | [MJ] | 93 742 | 83 747 | 63 125 | 35 421 | 59 | 261 | 49 224 | 66 350 | 86 345 | 478 273 |

Z-10 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

| | | | | |
|---|----------------------------------|----------|-------|--|
| 1 | Rodzaj systemu zasilania | | | |
| 2 | Wytwarzanie ciepła | η_g | 0,8 | piecze kaflowe w złym stanie technicznym |
| 3 | Przesyłanie ciepła | η_d | 1,0 | źródło ciepła w pomieszczeniu |
| 4 | Regulacja i wykorzystanie ciepła | η_e | 0,70 | ogrzewanie piecowe |
| 5 | Akumulacja ciepła | η_s | 1,00 | brak zbiornika buforowego |
| 6 | Sprawność całkowita systemu | η_0 | 0,560 | |
| 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 | | | sieć miejska |
| 2 | Wytwarzanie ciepła | η_g | 0,91 | węzeł cieplny |
| 3 | Przesyłanie ciepła | η_d | 0,90 | przewody poziome i pionowe zaizolowane |
| 4 | Regulacja i wykorzystanie ciepła | η_e | 0,88 | regulacja centralna i regulacja miejscowa |
| 5 | Akumulacja ciepła | η_s | 1,00 | brak zbiornika buforowego |
| 6 | Sprawność całkowita systemu | η_0 | 0,72 | |
| 7 | Tygodniowe przerwy na ogrzewanie | w_t | 1,00 | obniżenie tygodniowe |
| 8 | Dobowe przerwy na ogrzewanie | w_d | 1,00 | obniżenie nocne |

Z-11 Ciepła woda użytkowa.

| Wyszczególnienie | Jednostka | obecnie | docelowo |
|---|--|----------|----------|
| Ciepło właściwe wody | $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ | 4,19 | 4,19 |
| Gęstość wody | kg/dm^3 | 1 | 1 |
| Powierzchnia pomieszczeń A_f | m^2 | 679 | 679 |
| Liczba użytkowników | osoba | 38 | 38 |
| Zużycie jednostkowe | $\text{dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{doba})$ | 2,00 | 2,00 |
| Temperatura ciepłej wody | $^{\circ}\text{C}$ | 55 | 55 |
| Temperatura wody zimnej | $^{\circ}\text{C}$ | 10 | 10 |
| Współczynnik korekcyjny | - | 0,9 | 0,9 |
| Czas pracy instalacji cwu | doba | 365 | 365 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego | kWh/rok | 23 359,5 | 23 359,5 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego | GJ/rok | 84,1 | 84,1 |
| Sprawność wytwarzania | - | 0,960 | 0,900 |
| Sprawność przesyłu | - | 0,800 | 0,800 |
| Sprawność akumulacji | - | 1,000 | 1,000 |
| Sprawność sezonowa wykorzystania | - | 1,000 | 1,000 |
| Sprawność całkowita | - | 0,770 | 0,720 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego | kWh/rok | 30 337,0 | 32 443,7 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego | GJ/rok | 109,2 | 116,8 |
| Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła | m^3/h | 0,101 | 0,115 |
| Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru | - | 3,837 | 3,723 |
| Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody | GJ/m^3 | 0,246 | 0,262 |
| Max. moc c.w.u. | kW | 26,51 | 31,05 |
| Średnia moc c.w.u. | kW | 6,9 | 8,3 |
| Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię | $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ | 38,5 | 41,2 |

Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana drzwi, wymiana instalacji c.w.u., wymiana instalacji c.o., wymiana źródeł ciepła dla potrzeb c.w.u. i c.o.).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- węgiel kamienny - 1,1.
- ciepło sieciowe z ciepłowni węglowej – 1,3.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

| Wyszczególnienie | GJ | kWh | MWh |
|------------------------------------|----------|------------|--------|
| Energia końcowa: | | | |
| ciepło | | | |
| zużycie przed modernizacją | 1 745,18 | 484 772,22 | 484,77 |
| zużycie po modernizacji | 780,42 | 216 783,33 | 216,78 |
| oszczędność | 964,76 | 267 988,89 | 267,99 |
| energia elektryczna (c.w.u) | | | 0,00 |
| zużycie przed modernizacją | 109,21 | 30 336,11 | 30,34 |
| zużycie po modernizacji | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| oszczędność | 109,21 | 30 336,11 | 30,34 |
| ogółem | | | |
| zużycie przed modernizacją | 1 854,39 | 515 108,33 | 515,11 |
| zużycie po modernizacji | 780,42 | 216 783,33 | 216,78 |
| oszczędność | 1 073,97 | 298 325,00 | 298,33 |
| oszczędność % | 57,92 | | |
| Energia pierwotna | | | |
| ciepło | | | |
| zużycie przed modernizacją | 1 919,70 | 533 249,44 | 533,25 |
| zużycie po modernizacji | 1 014,55 | 281 818,33 | 281,82 |
| oszczędność | 905,15 | 251 431,11 | 251,43 |
| energia elektryczna (c.w.u) | | | |
| zużycie przed modernizacją | 327,63 | 91 008,33 | 91,01 |
| zużycie po modernizacji | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| oszczędność | 327,63 | 91 008,33 | 91,01 |
| ogółem | | | |
| zużycie przed modernizacją | 2 247,33 | 624 257,77 | 624,26 |
| zużycie po modernizacji | 1 014,55 | 281 818,33 | 281,82 |
| oszczędność | 1 232,78 | 342 439,44 | 342,44 |
| oszczędność % | 54,86 | | |

Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym 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 | |
| | | | | | | | | | | |
| węgiel kamienny | 1 745,18 | - | 94,73 | 165,32 | - | - | - | - | | |
| energia elektryczna | - | 30,34 | 0,832 | 25,24 | - | - | - | - | | |
| sieć miejska | | - | | | 780,42 | - | 94,96 | 74,11 | | |
| | | | | 190,56 | | | | 74,11 | 116,46 | 61,11 |

Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- odtworzenie gzymsów,
 - ocieplenie ościeży,
 - wymianę parapetów zewnętrznych,
 - wymianę rur spustowych i orynnowania,
 - obróbki blacharskie,
 - na elewacjach ocieplanych przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
 - prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
 - wymianę elementów konstrukcyjnych dachu,
 - wymianę poszycia,
 - przebudowę kominów na budynku frontowym,
 - demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
 - obróbkę nowych okien i drzwi,
 - 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.