

TEMAT:

AUDYT ENERGETYCZNY TERMOMODERNIZACJI

OBIEKT:

BUDYNEK AGRONOMÓWKI



ADRES:

**AGRONOMÓWKA
Zespół pałacowo parkowy w Młoszowej,
Ul. Florkiewicza 6, 32-546 Młoszowa**

INWESTOR:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
Al. A. Mickiewicza 30
30-059 Kraków**

Opracowała:

Mgr inż. Olga Kaczmarek

mgr inż. Olga Kaczmarek
uprawnienia budowlane
do projektowania bez ograniczeń
w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci,
instalacji i urządzeń ciepłych, wentylacyjnych,
gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych
nr ew. MAP/0233/POOS/10 wyd. Przez MOHB

UPR nr MAP/0233/POOS/10
KAPE nr 0144

Wpisana na listę osób posiadających uprawnienia do wykonywania
świadczeń charakterystyki energetycznej, nr wpisu na listę 11163

kwiecień 2024 r.

TABELA 1. STRONA TYTUŁOWA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. DANE IDENTYFIKACYJNE BUDYNKU			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	1.2 Rok budowy	1809r.
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji, PESEL*) (*w przypadku cudzoziemca nazwa i numer dokumentu tożsamości)	Akademia Górniczo-Hutnicza	1.4 Adres budynku	
	Im. St. Staszica		
	Al. A. Mickiewicza 30	Budynek Agronomówki	
	30-059 Kraków	Zespół pałacowo parkowy w Młoszowej	
	tel 12 6173469 fax 126173470	Ul. Florkiewicza 6	
	NIP 6750001923	32-546 Młoszowa	
	Nazwanr.....	Województwo małopolskie	
2. Nazwa, adres i numer REGON podmiotu wykonującego audyt:			
Olga Kaczmarek Firma Projektowo Informatyczna „K3” Ul. Topazowa 5/39, 30-798 Kraków REGON: 121244518			
3. Imię, nazwisko, adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:			
mgr inż. Olga Kaczmarek Uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych UPR nr MAP/0233/POOS/10 Audyt energetyczny KAPE nr 0144 Wpisana na listę osób posiadających uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej, nr wpisu na listę 11163			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac,			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego lub audytu remontowego	
1.			
2.			
3.			
5. Miejscowość Kraków data wykonania opracowania 17.04.2024 r.			
6. Spis treści			
1	Strona tytułowa audytu energetycznego budynku	str. 2	
2	Karta audytu energetycznego budynku	str.3	
3	Wykaz dokumentów i danych źródłowych, wyszczególnienie wytycznych i uwag inwestora, stanowiących ograniczenia zakresu możliwych ulepszeń.	str. 9	
4	Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku	str. 13	
5	Charakterystyka energetyczna budynku w stanie aktualnym, wskazanie możliwych usprawnień	str. 17	
6	Ocena stanu technicznego budynku w zakresie istotnym dla wskazania właściwych ulepszeń i przedsięwzięć termomodernizacyjnych	str. 21	
7	Wskazanie rodzajów usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych wybranych na podstawie oceny stanu technicznego, zgodnego z oczekiwaniami Inwestora	str. 21	
8	Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	str. 22	
9	Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku	str. 45	
10	Wnioski	str. 46	
11	Opis techniczny wariantu skierowanego do realizacji	str. 46	

TABELA 2. KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU *)

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan potermomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	tradycyjna	tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	2	2
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	276	276
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	249,01	249,01
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	-	-
6.	Powierzchnia ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	78,4	78,4
7.	Liczba lokali mieszkalnych	-	-
8.	Liczba osób użytkujących budynek	4	4
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	indywidualny, w podgrzewaczach elektrycznych	indywidualny, w podgrzewaczach elektrycznych
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	elektryczne ogrzewanie podłogowe	pompa ciepła z wymiennikiem gruntowym zasilająca instalację ogrzewania podłogowego i grzejniki niskotemperaturowe
11.	Współczynnik A/V [l/m]	0,83	0,83
12.	Inne dane charakteryzujące budynek: Φ_{HLA} , Φ_{HLV}	205,7 W/m ² , 58,4 W/m ³	54,4 W/m ² , 15,5 W/m ³
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m² · K)]			
1.	Ściany zewnętrzne	0,908 ÷ 1,194	0,178 ÷ 0,189
	Ściany wewnętrzne	1,653 ÷ 1,897	0,258 ÷ 0,263
2.	Dach/stropodach/strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,979	0,131
3.	Strop nad piwnicą	1,149	0,216
4.	Podłoga na gruncie w	-	-

	pomieszczeniach ogrzewanych		
5.	Okna, drzwi balkonowe	2,6	0,9, 1,3 (pom. nieogrzew.)
6.	Drzwi zewnętrzne/bramy	2,8	1,3
7.	Inne: -	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,99	3,5
2.	Sprawność przesyłu [-]	1,00	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,90	0,89
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	0,95
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 [-]	0,80	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)	grawitacyjna	bez zmian
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	Nawiew poprzez okna i drzwi, wywiew kanałami wentylacji grawitacyjnej	bez zmian
3.	Strumień powietrza zewnętrznego [m ³ /h]	740	bez zmian

4.	Krotność wymian powietrza [1/h]	0,5	0,5
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	16,1277	4,2665
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej [kW]	0,42	0,42
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	101,29	13,95
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	113,68	6,14
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej [GJ/rok]	1,67	1,34
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	Brak danych, budynek w bardzo złym stanie, obecnie nie użytkowany w pełnym obciążeniu, utrzymywane są minimalne temperatury zabezpieczające instalacje przed zamarznięciem, instalacje są zdewastowane, uniemożliwiają dogrzanie obiektów. Brak subliczników (budynki są położone na terenie zespołu obiektów ze wspólnym licznikiem dla części nie objętej termomodernizacją w ubiegłych latach)	
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 uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m ² · rok)]	358,9	49,4
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	402,8	21,7

	[kWh/(m ² · rok)]		
10. ²⁾	Udział odnawialnych źródeł energii [%] w całym bilansie budynku	0,0%	31%
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)			
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku*) [zł/GJ]	163,48	163,48
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc ⁴⁾ [zł/(MW m-c)]	-	-
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej ⁴⁾ [zł/m ³]	38,92	31,14
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc ⁴⁾ [zł/(MW m-c)]	-	-
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej [zł/(m ² m-c)]	19,75	1,07
6.	Miesięczna opłata abonamentowa [zł/m-c]	-	-
7.	Inne [zł]	-	-
8.1 Wskaźniki dla optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
1.	EK - wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową [kWh/(m ² ·rok)]	454,6	36,1
2.	EP - wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną [kWh/(m ² ·rok)]	1 136,5	90,3
3.	Zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię [%]	93,52	
4.	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię [GJ/rok]	107,87	
5.	Średnioroczna oszczędność energii finalnej [toe/rok]	2,58	
6.	Uniknięta emisja CO ₂ [t CO ₂ /rok]	23,3	
7.	Roczne oszczędności kosztów energii [zł/rok]	17 635,30	

8.	Moc instalacji OZE w ramach termomodernizacji [kW] ⁴⁾	Ok. 6 kW mocy znamionowej	
8.2 Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
1.	koszty całkowite przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, bez kosztów, o których mowa w wierszu 2 [zł]	1 153 422,60 zł netto	1 418 709,79 zł brutto
2.	Koszty zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [zł] ⁴⁾	105 224 zł netto	129 425,52 brutto
3.	Udział kosztów (brutto) zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii w łącznych kosztach (brutto) przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz zakupu, montażu, budowy lub modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [%] ⁴⁾	8 %	
4.	czy inwestorowi przyznano grant OZE: TAK/NIE ⁵⁾	nie dotyczy	
5.	Premia termomodernizacyjna ⁶⁾ [zł]*)	nie dotyczy	
9. Grant termomodernizacyjny – nie dotyczy			
10. Premia MZG i grant MZG ⁹⁾ – nie dotyczy			
11. Inne			
1. W ramach przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ZOSTANIE / NIE ZOSTANIE ⁷⁾ zastosowana wysokosprawna kogeneracja			
2. Budynek JEST / NIE JEST ⁷⁾ wpisany do rejestru zabytków lub znajduje się na obszarze wpisanym do rejestru zabytków			
3. Przedsięwzięcie STANOWI / NIE STANOWI ⁷⁾ przedsięwzięcia rewitalizacyjnego, o którym mowa w art. 11g ust. 2 ustawy			
4. Z audytu energetycznego WYNIKA / NIE WYNIKA ⁷⁾ , że po zrealizowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego elementy budynku poddane temu przedsięwzięciu termomodernizacyjnemu będą spełniać wymagania, o których mowa w art. 5a ust. 2 i art. 11g ust. 1 pkt 4 ustawy ¹⁰⁾			
1) UOZE [%] obliczany zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczaną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.			
2) Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii.			
3) Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii.			
4) Jeśli dotyczy.			
5) Jeśli dotyczy, w przypadku gdy inwestorowi nie przyznano grantu OZE.			
6) Należy wpisać 0, jeśli inwestorowi została przyznana premia MZG.			
7) Niepotrzebne skreślić.			
8) Należy wpisać 0, jeśli inwestorowi nie przysługuje premia termomodernizacyjna.			
9) Dotyczy inwestora, o którym mowa w art. 11g ust. 1 pkt 1 ustawy.			
10) Jeżeli z audytu energetycznego wynika, że nie jest możliwe spełnienie tego warunku, to w przypadku budynku, o którym mowa w art. 11g ust. 2 ustawy, audytor załącza do karty audytu energetycznego oświadczenie, które to potwierdza, wraz z uzasadnieniem.			
*) Wysokość premii termomodernizacyjnej wynosi:			

- 1) 26% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 1 ustawy;
 - 2) 31% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 2a ustawy;
 - 3) 31% łącznych kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz zakupu, montażu, budowy lub modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 2b ustawy.
- **) 10% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego netto.
- ***) 30% kosztów przedsięwzięcia netto.

3. Wykaz dokumentów i danych źródłowych, wyszczególnienie wytycznych i uwag inwestora, stanowiących ograniczenia zakresu możliwych ulepszeń.

3.1. Ustalenia wstępne. Zalecenia Inwestora. Cel audytu

Stan obecny

Budynek Agronomówki wchodzi w skład zespołu pałacowo-parkowego w Młoszowej. Zespół pałacowy stanowi obiekt zabytkowy wpisanymi do rejestru zabytków jako zespół pałacowo-parkowy pod numerem A-45 z 15.11.1968 (Kat) [A-928/M]. Budynki zespołu zlokalizowane są przy ul. Florkiewicza 6, 32-546 Młoszowa, powiat chrzanowski, gmina Trzebinia, województwo małopolskie, pośród założonego w 1824 r. 17-hektarowego parku ze starym drzewostanem.

Przedmiot audytu – budynek Agronomówki, który pełnił też funkcję wozowni oraz ostatnio Biblioteki – jest zaniedbany i w złym stanie technicznym. Ściany zewnętrzne i wewnętrzne są zawilgocone, w wielu miejscach tynk na zewnątrz i wewnątrz pomieszczeń jest odparzony, pokryty grzybem, w niektórych miejscach ściany pozbawione są tynków, przegrody nie są zaizolowane i obserwowane jest duże zawilgocenie, okna, drzwi i bramy garażowe są zniszczone, wypaczone i o niskim współczynniku przewodzenia ciepła. Przegrody nie spełniają obowiązujących wymagań izolacyjności cieplnej, a w przypadku okien, bram garażowych i drzwi dodatkowo występuje nadmierna niepożądana infiltracja powietrza zewnętrznego do pomieszczeń.

Budynek posiada kondygnację przyziemia (piwnic), która nie jest ogrzewana oraz kondygnację parteru ogrzewaną. Budynek posiada poddasze nieużytkowe. Powierzchnia zabudowy: 165 m², powierzchnia użytkowa: 249,01 m², kubatura całkowita: 1480 m³.

Budynek na rzucie prostokąta o wymiarach 10,71 x 16,16 m, parterowy, podpiwniczony o dachu dwuspadowym. Budynek murowany. Strop nad piwnicami – sklepienia kamienne z dodatkiem cegły. Strop nad parterem – belkowy drewniany. Dach dwuspadowy o konstrukcji drewnianej kryty dachówką ceramiczną.

Budynek Agronomówki jest zaopatrywany w ciepło bezpośrednio z instalacji elektrycznej – poprzez elektryczne ogrzewanie podłogowe. Instalacja ta nie jest wystarczająca dla pokrycia potrzeb grzewczych budynku, pomieszczenia są niedogrzone. Niedogrzewanie pomieszczeń sprzyjało przez lata powstawaniu zawilgocenia przegród, tynki zewnętrzne i wewnętrzne są odparzone, z licznymi ubytkami, drewniana konstrukcja stropu nad ostatnią kondygnacją i konstrukcja dachu są w znacznym stopniu przegniłe.

Instalacja c.o. jest w złym stanie technicznym, od lat nie była remontowana i nie jest w stanie zapewnić normatywnych parametrów temperaturowych w budynku. Instalacja nie posiada elementów regulacji, działa na zasadzie on-off, co nie pozwala reagować na nagłe zmiany temperatury. Instalacja c.o. nie zapewnia potrzeb grzewczych budynku, oparta jest na energii elektrycznej zatem jej użytkowanie jest kosztowne. Instalacja grzewcza nadaje się do kompleksowej wymiany.

Instalacja c.w.u. nie spełnia oczekiwań użytkownika – instalacja jest energochłonna i mało wydajna, oparta jest na starym elektrycznym podgrzewaczu przepływowym, rurociągi są zakamienione i bez izolacji.

W złym stanie technicznym jest również rozproszona w budynku instalacja elektryczna – w tym oświetleniowa. Instalacja wykonana jest z kabli aluminiowych, kable biegną ukosem po ścianach pod często zawilgoconym tynkiem, zabezpieczenie instalacji nie spełnia obowiązujących przepisów. Instalacja elektryczna jest zniszczona, nie odpowiada obecnym normom w zakresie bezpieczeństwa użytkowania. Instalacja oświetlenia wykonana jest ze źródeł żarowych, wysoce energochłonnych.

Podsumowując, należy uznać że budynek Biblioteki jest w bardzo złym stanie technicznym i wymaga kompleksowej termomodernizacji zarówno w zakresie przegród jak i instalacji wewnętrznych. Należy mieć na uwadze, że ze względu na fakt, że jest to obiekt zabytkowy, wpisany do rejestru zabytków, istnieją znaczne ograniczenia w zakresie możliwych do wykonania prac termomodernizacyjnych. Elewacje są bogato zdobione, brak możliwości wykonania ocieplenia ścian zewnętrznych metodami tradycyjnymi – od zewnątrz.

W związku z powyższym Inwestor zdecydował się poddać obiekt kompleksowej termomodernizacji w ramach w ramach programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027, w ramach działania FENX.01.01 Efektywność energetyczna Typ projektu: Poprawa efektywności energetycznej w zabytkowych budynkach użyteczności publicznej (wraz z instalacją OZE), Nabór nr FENX.01.01-IW.01-001/24.

Niniejszy audyt energetyczny zostanie wykonany zgodnie z:

- z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego
- wymaganiami programu w sposób umożliwiający wypełnienie załączników do konkursu w tym sporządzania audytu ex-ante.

Ponadto, w audycie zostanie uwzględnione zastosowanie źródeł OZE oraz jako oddzielne opracowanie zostanie wykonany audyt energetyczny oświetlenia i instalacji elektrycznych w budynku.

Bazą odniesienia (podstawą) do oceny opłacalności zaproponowanych audytem przedsięwzięć termomodernizacyjnych będzie obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła uwzględniające aktualny stan budynku, jego przegrody zewnętrzne, w tym okna, składowe sprawności wewnętrznej instalacji c.o., c.w.u. i wentylacji, wykonane zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami i rozporządzeniami, stanowiącymi integralną część audytu. Obliczenia będą prowadzone dla sezonu standardowego obowiązującego dla danej strefy klimatycznej oraz z uwzględnieniem normatywnych wymagań temperaturowych w budynku.

Zakres planowanych prac:

Planując zakres prac termomodernizacyjnych kierowano się jego stanem technicznym i w miarę możliwości spełnieniem, po kompleksowej termomodernizacji, wymagań efektywności energetycznej obowiązujących dla budynków remontowanych. Przy analizie wzięto pod uwagę fakt, że **obiekt jest zabytkiem i nie wszystkie typowe prace termomodernizacyjne są możliwe do wykonania.**

W ramach planowanych prac termomodernizacyjnych Inwestor planuje wykonać następujące prace wpływające na poprawę efektywności energetycznej budynku:

Ocieplenie ścian zewnętrznych i hydroizolacja – obiekt jest zabytkowy, brak możliwości wykonania ocieplenia ścian od zewnątrz. Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych od zewnątrz i od wewnątrz przyjęto jako prace konieczne do wykonania po obu stronach przegrody: skucie tynków, odgrzybienie i osuszenie ścian, naprawa oszczędzonych fragmentów ścian, ułożenie tynków, malowanie. Przewidziano ocieplenie ścian parteru - zostanie wykonane od wewnątrz z zastosowaniem płyt termoizolacyjnych PIR (składających się z poliizocyanuratu jako warstwy termoizolacyjnej oraz warstwy wierzchniej wykonanej z płyt gipsowo-kartonowych, całość łączona jest specjalnymi „zamkami” zapewniającymi szczelność połączeń i brak możliwości przedostawania się wilgoci do wnętrza ściany. Przyjęta **grubość izolacji 100 mm, $\lambda = 0,023$ (m K/W)** lub niższy.

Ocieplenie ścian wewnętrznych garażu (nieogrzewanego) do przestrzeni ogrzewanej – założono ocieplenie ścian wewnętrznych garażu nieogrzewanego sąsiadujących z pomieszczeniami ogrzewanymi za pomocą mineralnych płyt izolacyjnych wykonanych z bardzo lekkiej odmiany betonu komórkowego np. MULTIPOR **grubości izolacji 14 cm, $\lambda = 0,043$ (m K/W)** lub niższy.

Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją - przyjęto wykonanie ocieplenia wełną mineralną **grubość izolacji 25 cm, $\lambda = 0,038$ (m K/W)** lub niższy oraz wykonanie pod nią warstwy hydroizolacyjnej. Ponadto dla zapewnienia trwałości wykonanej termoizolacji stropu przewiduje się konieczność wymiany części zniszczonych elementów konstrukcji stropu nad ostatnią kondygnacją, dachu oraz wymianę dachówek i obróbek blacharskich wraz z rynnami i rurami spustowymi. Przewidziano również montaż nowej instalacji odgromowej.

Ocieplenie stropu w pomieszczeniach ogrzewanych nad nieogrzewana piwnicą - przyjęto ocieplenie posadzki styropianem **grubości izolacji 15 cm, $\lambda = 0,036$ (m K/W)** lub niższy oraz wykonanie nowych warstw posadzki.

Wymiana okien – okna drewniane o współczynniku przenikania $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. W zakresie prac uwzględniono również wymianę parapetów zewnętrznych i wewnętrznych.

Wymiana okien w piwnicach i garażach – okna drewniane o współczynniku przenikania $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. W zakresie prac uwzględniono również wymianę parapetów zewnętrznych i wewnętrznych.

Wymiana drzwi zewnętrznych i wymiana bram garażowych - drzwi i bramy o współczynniku przenikania $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Garaże i piwnice są nie ogrzewane, ale poprzez montaż szczelnych i ocieplonych bram garażowych zlikwiduje się zjawisko niepożądanego infiltracji do pomieszczeń, które bezpośrednio sąsiadują z pomieszczeniami ogrzewanymi.

Niezbędne prace dodatkowe w zakresie termohydroizolacji

W zakresie prac dodatkowych, koniecznych do wykonania przewidziano hydroizolację ścian poniżej terenu (przy gruncie). Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych i wewnętrznych przyjęto jako prace konieczne do wykonania skucie tynków, odgrzybienie i osuszenie ścian, naprawa oszczędzonych fragmentów ścian, ułożenie tynków renowacyjnych i odpowiednich powłok zabezpieczających mury przed wnikaniem do nich wilgoci. Wygeneruje to efekt energetyczny dzięki zmianie wilgotności przegrody, oraz zostanie wykonana hydroizolacja

odpowiednimi materiałami zapewniającymi odporność na przenikanie wilgoci. Po wykonaniu prac od zewnątrz grunt zostanie zasypany i zostanie wykonana opaska wokół budynku. Uwaga: ścian piwnic nie ociepla się ponieważ piwnice są nie ogrzewane, sklepienia łukowe uniemożliwiają prawidłowe wykonanie izolacji od wewnątrz.

Ocieplenie ścian zewnętrznych garażu nieogrzewanego – dla potrzeb osuszenia ścian i zapewnienia trwałości wykonanych prac i większej odporności na temperatury zewnętrzne założono ocieplenie ścian zewnętrznych garażu nieogrzewanego od wewnątrz za pomocą mineralnych płyt izolacyjnych wykonanych z bardzo lekkiej odmiany betonu komórkowego np. MULTIPOR grubości izolacji 5 cm, $\lambda = 0,043$ (m K/W) lub niższy.

Wymiana instalacji c.o. – przyjęto kompleksową wymianę instalacji c.o. Dotychczasowy sposób ogrzewania zostanie zlikwidowany, nowym źródłem ciepła dla budynku będzie pompa ciepła pracująca w układzie monowalnym, dla której dolnym źródłem ciepła będzie wymiennik gruntowy. Instalacja c.o. zostanie zaprojektowana na parametrach niskotemperaturowych np. 55/45°C dla grzejników oraz zostanie zastosowane ogrzewanie podłogowe o parametrach temperaturowych np. 40/30°C. Dla potrzeb audytu przyjęto udział instalacji grzejnikowej i ogrzewania podłogowego po 50%, jednak wartości te mogą ulec zmianie, należy wykonać projekt budowy pompy ciepła i instalacji centralnego ogrzewania, przy czym należy dążyć do maksymalnego wykorzystania ogrzewania podłogowego – podstawowe źródło ciepła. W kosztach uwzględniono również montaż licznika ciepła, który umożliwi opomiarowanie zużycia ciepła przez budynek dla celów grzewczych. Koszty obejmują również remont i dostosowanie pomieszczenia, w którym zlokalizowana będzie pompa ciepła.

Wymiana instalacji c.w.u. – przyjęto wymianę instalacji c.w.u. – zostanie zamontowany jeden przepływowy podgrzewacz elektryczny oraz zostanie wymieniona instalacja c.w.u. do umywalki – rurociągi zostaną wymienione na nowe i zaizolowane, wypływka (obecnie zakamieniona i zniszczona) zostanie wymieniona na nową z perlatozem.

W kosztach uwzględniono również wykonanie kompletnej dokumentacji technicznej wraz z pełnieniem nadzoru autorskiego i wykonania audytu ex-post.

W ramach oddzielnego opracowania wykonano audyt energetyczny wymiany oświetlenia, który uwzględnia wymianę istniejącego oświetlenia na nowe typu LED wraz z całkowitą wymianą instalacji elektrycznej. Nowa instalacja musi być wykonana tak aby dawała możliwość indywidualnego opomiarowania zużycia energii na cele oświetlenia, zużycia energii na cele podgrzewu c.w.u. oraz pozostałego zużycia.

Jako osobne opracowania – stanowiące integralne części z niniejszym dokumentem - zostały opracowane:

1. Audyt energetyczny budynku Arsenału. W dokumencie obliczono oszczędności z tytułu planowanych prac termomodernizacyjnych w tym obiekcie.
2. Oddzielnie dla obu budynków Audyt oświetlenia wewnętrznego wraz z niezbędnymi pracami w zakresie instalacji elektrycznych i opomiarowania. W dokumencie obliczono oszczędności z tytułu planowanej przez inwestora kompleksowej wymiany oświetlenia i zastosowanej automatyki sterującej oświetleniem.
3. Audyt ex ante będący podsumowaniem wyników wszystkich opracowanych audytów.

3.2. Materiały i dane źródłowe.

- [1] Inwentaryzacja budynku Arsenau opr. w lutym 2018r. przez mgr inż. arch. Jerzego Lasonia (Architektura Budownictwo SIMA).
- [2] Materiały i informacje przekazane przez Inwestora
- [3] Inwentaryzacja własna wykonana na potrzeby audytu wykonana przez autora opracowania w kwietniu 2024r.

3.3. Wykaz ustaw, norm i pozycji literaturowych w oparciu, o które sporządzono niniejszy audyt energetyczny

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r, w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie Dz.U.2022.1225 z dnia 09.06.2022.) z późniejszymi zmianami.
- Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków. (Dz.U.2023.2496 z dnia 2023.11.16) z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U.2009.43.346 z dnia 2009.03.18), z późniejszymi zmianami.
- Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014r. o charakterystyce energetycznej budynków, (Dz.U.2024.101 t.j. z dnia 2024.01.26) z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U.2015.376 z dnia 2015.03.18).
- PN-EN-12831: 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego”.
- PN-92/B-01706 „Instalacje wodociągowe”,
- PN-83/B-03430, „Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.”
- PN-82/B-02402 „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach”
- PN-82/B-02403; „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne”

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Ogólne dane techniczne, w tym w szczególności opis konstrukcji i technologii, nazwę systemu, niezbędne wskaźniki powierzchniowe i kubaturowe, średnią wysokość kondygnacji, współczynnik kształtu.

Przedmiotem niniejszego audytu jest budynek Agronomówki znajdujący się w Zespole pałacowo parkowym w Młoszowej, ul. Florkiewicza 6, gmina Trzebinia, powiat Chrzanowski, województwo małopolskie. W ostatnich latach obiekt pełnił też funkcję wozowni oraz biblioteki.

Obiekt został wybudowany w 1809r. Jest on wpisany do rejestru zabytków jako zespół pałacowo parkowy pod numerem A-45 z 15.11.1968 (Kat) [A-928/M].

Powierzchnia zabudowy	165 m ²
Powierzchnia użytkowa	249,01 m ²
Powierzchnia użytkowa (o regulowanej temperaturze Af)	78,40 m ²
Kubatura całkowita	1480 m ³
Liczba kondygnacji: 2: piwnice/ przyziemie, parter	
Wysokość kondygnacji użytkowych:	2,5 – 3,52 m
Wartość współczynnika kształtu A/V	0,83

Budynek na rzucie prostokąta o wymiarach 10,71 x 16,16 m, parterowy, podpiwniczony o dachu dwuspadowym. Budynek murowany z kamienia (wapień) z przymurówkami ceglany na zaprawie wapiennej. Strop nad piwnicami – sklepienia kamienne z dodatkiem cegły. Strop nad parterem – belkowy drewniany. Dach dwuspadowy o konstrukcji drewnianej kryty dachówką ceramiczną.

Budynek z punktu widzenia prac istotnych dla przedmiotowego opracowania posiada: elektryczne ogrzewanie podłogowe, instalację ciepłej wody użytkowej – przygotowanie miejscowe w podgrzewaczu elektrycznym, instalację elektryczną, instalację wentylacji grawitacyjnej, wod-kan.

4.2 Uproszczona dokumentacja techniczną, w tym rzuty poziome z zaznaczeniem układu przerw dylatacyjnych oraz stron świata

Rzuty poszczególnych kondygnacji oraz przekrój przez budynek zamieszczono w formie załącznika do opracowania.

4.3 Opis techniczny podstawowych elementów budynku, w tym w szczególności ścian zewnętrznych, dachu, stropów, ścian piwnic, okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, drzwi

Konstrukcja budynku tradycyjna murowana.

Ściany zewnętrzne i przylegające do gruntu murowane – zawilgocone, odparzone tynki.

Dach dwuspadowy, konstrukcja dachu drewniana – konstrukcja częściowo zniszczona i zawilgocona, poszycie nieszczelne.

Okna drewniane w złym stanie technicznym, z licznymi nieszczelnościami.

Drzwi zewnętrzne i bramy garażowe drewniane w złym stanie technicznym, o niskim współczynniku przenikania ciepła, nieszczelne.

4.4 Charakterystyka energetyczna budynku, dane dotyczące takich parametrów jak ilość mocy cieplnej zamówionej, zapotrzebowanie na ciepło, zużycie energii, wysokość taryf i opłat

Budynek Agronomówki jest zaopatrywany w ciepło z elektrycznej instalacji ogrzewania podłogowego. Instalacja jest niewydolna, nie pozwala na pokrycie strat ciepła przez budynek. Doprowadziło to do sytuacji, w której pomieszczenia nie są dogrzewane, ściany są zawilgocone, pogłębia się degradacja budynku. Obiekt wymaga gruntownej termomodernizacji i remontu, aby możliwa była jego normalna eksploatacja.

W toku dalszych obliczeń i analiz założono, że dla stanu obecnego w warunkach obliczeniowych (tj. dla sezonu standardowego) w budynku utrzymywane są normatywne parametry temperaturowe.

C.w.u. przygotowywana jest indywidualnie w starym podgrzewaczu elektrycznym.

Brak informacji o zużyciu energii na cele c.o. i c.w.u. – w budynku nie ma sublicznika energii elektrycznej.

W pkt. 5.1. w dalszej części opracowania zamieszczono podstawowe wyniki obliczeń dla stanu istniejącego przy zachowaniu normatywnych warunków obliczeniowych dla temperatur wewnątrz pomieszczeń i krotności wymian świeżego powietrza.

W pkt. 5.2. zamieszczono podstawowe wyniki obliczeń dla zapotrzebowania na c.w.u..

Energię elektryczną obiekt pozyskuje tylko w zakresie dystrybucji od Tauron Polska Energia. Dla energii elektrycznej budynek posiada Taryfę Dystrybucyjną C21 Tauron Dystrybucja obszar Będzin. Energię elektryczną AGH pozyskuje na giełdzie, średnia cena zakupionej energii za ostatnie miesiące wynosiła ok. 588,54 zł netto/MWh. Moc umowna dla całego zespołu budynków - wynosi 60 kW.

Budynek nie posiada oddzielnych układów instalacji elektrycznej dla oświetlenia, czy zasilania urządzeń elektrycznych. Ze względu na zamontowane i działające na obiekcie różne urządzenia, nie można ustalić ilości zużycia energii elektrycznej na pokrycie podstawowych potrzeb budynku, a w szczególności oświetlenia (audyt oświetlenia stanowi oddzielne opracowanie).

W tabeli poniżej zamieszczono jednostkowe ceny pozyskiwania energii dla poszczególnych mediów.

Ogrzewanie i wentylacja oraz ciepła woda użytkowa - stan przed modernizacją		
O _{oz} - Cena energii taryfa C21 wg danych udostępnionych przez AGH	163,48	zł/GJ netto
Koszt 1 MWh en. elektrycznej 588,54 zł/MWh tj. 163,48 zł/GJ netto		
Ogrzewanie i wentylacja oraz ciepła woda użytkowa - stan po modernizacji		
O _{lm} - stała opłata miesięczna	-	

O _{1z} - Cena energii taryfa C21 wg danych udostępnionych przez AGH Koszt 1 MWh en. elektrycznej 588,54 zł/MWh tj. 163,48 zł/GJ netto	163,48	zł/GJ netto
---	--------	-------------

4.5 Charakterystyka systemu grzewczego, w tym w szczególności sprawności składowe systemu grzewczego, typ instalacji, parametry pracy, rodzaje grzejników

Źródłem ciepła dla c.o. jest nie wystarczające dla pokrycia strat ciepła przez budynek elektryczne ogrzewanie podłogowe. Instalacja jest w złym stanie technicznym, sterownik działa wadliwie, instalacja wymaga kompleksowej wymiany.

Brak rejestracji zużycia energii na pokrycie strat ciepła przez budynek.

Poniżej zestawiono poszczególne składowe sprawności instalacji c.o..

Lp	Nazwa	stan aktualny	Uwagi
1	$\eta_{H,g}$ - sprawność wytwarzania	0,99	Elektryczny grzejnik bezpośredni – konwektorowy, płaszczyznowy, promiennikowy i podłogowy kablowy
2	$\eta_{H,d}$ - sprawność przesyłu, dystrybucji ciepła	1	Źródło ciepła w pomieszczeniu – ogrzewanie elektryczne
3	$\eta_{H,e}$ - sprawność regulacji i wykorzystania ciepła	0,9	Ogrzewanie podłogowe – elektryczne z regulatorem PI.
4	$\eta_{H,s}$ - sprawność układu akumulacji ciepła	1,00	Brak zasobnika buforowego.
5	w_{t0} - współczynnik uwzgl. przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia	1,00	Nie stosuje się obniżen w ogrzewaniu w okresie tygodnia.
6	w_{d0} - współczynnik uwzgl. przerwy w ogrzewaniu w okresie doby	1,00	Nie stosuje się obniżen w ogrzewaniu w okresie doby.
7	$\eta_{H,tot}$ -	0,891	$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \times \eta_{H,d} \times \eta_{H,e} \times \eta_{H,s}$

4.6 Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej, w tym w szczególności rodzaj instalacji, opomiarowanie, izolację pionów

Instalacja c.w.u. przygotowywana indywidualnie w przepływowym podgrzewaczu elektrycznym. Instalacja stara, zniszczona, podgrzewacz elektryczny złej jakości, stary. Instalacja wymaga kompleksowej wymiany na nową. Brak opomiarowania c.w.u. – w budynku brak licznika energii elektrycznej, obiegi nie są funkcjonalnie podzielone.

Poszczególne składowe sprawności instalacji c.w.u. w stanie aktualnym wynoszą:

Lp	Nazwa	stan aktualny	Uwagi
1	$\eta_{w,g}$ - sprawność wytwarzania	0,99	Elektryczny podgrzewacz przepływowy
2	$\eta_{w,d}$ - sprawność przesyłu	0,80	Miejscowe przygotowanie w jednym

	ciepła		pomieszczeniu dla grupy punktów, bez obiegów cyrkulacyjnych
3	$\eta_{w,e}$ sprawność wykorzystania ciepła,	1,00	Przyjmuje się 1,0.
4	$\eta_{w,s}$ sprawność akumulacji ciepła	1,00	Brak zasobnika.
5	$\eta_{W,tot}$ -	0,792	$\eta_{W,tot} = \eta_{W,g} \times \eta_{W,d} \times \eta_{W,e} \times \eta_{W,s}$

4.7 Charakterystyka źródła ciepła dla c.o. i c.w.u.

Źródłem ciepła dla c.o. i c.w.u. jest energia elektryczna. W ramach ogrzewania pomieszczeń w budynku zamontowano niewydolne elektryczne ogrzewanie podłogowe, które nie pokrywa wymaganego zapotrzebowania na ciepło dla pomieszczeń. Instalacja c.w.u. jest zasilana ze starego elektrycznego podgrzewacza, który jest zakamieniony, rurociągi instalacji c.w.u. są zakamienione i bez izolacji. Instalacja c.w.u. wymaga wymiany na nową.

4.8 Charakterystyka systemu wentylacji, w tym w szczególności rodzaj i typ wentylacji

W budynku funkcjonuje wentylacja grawitacyjna. Nawiew świeżego powietrza odbywa się poprzez okna i drzwi. Wywiew powietrza odbywa się kanałami wentylacyjnymi. Instalacja w zadowalającym stanie technicznym, ale obecnie charakteryzuje się nadmierną infiltracją świeżego powietrza spowodowaną licznymi nieszczelnościami w oknach i drzwiach zewnętrznych.

4.9. Charakterystyka instalacji elektrycznej

Budynek wyposażony jest w instalację elektryczną. Służy ona do zasilania oświetlenia, ogrzewanie podłogowego, podgrzewaczy c.w.u. i urządzeń elektrycznych zainstalowanych w budynku. Brak jednoznacznego podziału na obwody.

Oświetlenie w budynku tradycyjne żarówki 60W. Planowana jest wymiana oświetlenia wewnętrznego na nowe oparte na świetłówkach typu LED oraz montaż systemu optymalizującego pracę instalacji oświetlenia. Audyt oświetlenia stanowi oddzielne opracowanie.

5. Charakterystyka energetyczna budynku w stanie aktualnym, wskazanie możliwych usprawnień

Lp.	Charakterystyka stanu istniejącego	Wskazane usprawnienia
1	2	3
1.	Przegrody zewnętrzne	<i>Przegrody nie spełniają wymagań Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r, w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z późniejszymi zmianami, co powoduje nadmierne straty ciepła</i>
-	ściany zewnętrzne i przy gruncie	- maksymalne wartości U wg WT 2021:
	<i>SZ $U = 0,908-1,194$ [W/m²K]</i>	<i>Dla $Q_i \geq 16^{\circ}C$</i>
	<i>SZ nieog. piwn. $U = 2,199$ [W/m²K]</i>	- <i>Sz... $U = 0,20$ [W/m²K]</i>
-	<i>SZPG $U = 1,191$ [W/m²K]</i>	- <i>Stropodach, dach $U = 0,15$ [W/m²K]</i>
-	ściany wewnętrzne do pomieszczeń	- <i>Okna $U = 0,9$ [W/m²K],</i>
	<i>SW $U = 1,653-1,897$ [W/m²K]</i>	
-	podłoga na gruncie	

	- PNG $U = 0,51$ $[W/m^2K]$ - str nad nieogrzew. piwnicami - STRNP $U = 1,149$ $[W/m^2K]$ - stropy, dachy - STRNOK $U = 0,979$ $[W/m^2K]$ - okna, drzwi, - O $U = 2,6$ $[W/m^2K]$ - D $U = 2,8$ $[W/m^2K]$ - BG $U = 2,8$ $[W/m^2K]$	- Drzwi $U = 1,3$ $[W/m^2K]$, - strop do przestrzeni nieogrzew. $U = 0,25$ $[W/m^2K]$ - ściany wew. do przestrzeni nieogrzew. $U = 0,3$ $[W/m^2K]$, - Ściany zew. w pom. nieogrzewanych $U = 0,90$ $[W/m^2K]$ UWAGA: brak możliwości ocieplenia ściany piwnic <u>Założenia projektowe:</u> - ocieplenie ścian zewnętrznych od wewnątrz, - ocieplenie ścian wewnętrznych do pomieszczeń nieogrzewanych, - osuszenie zawilgoconych ścian, skucie tynków i ich odtworzenie, malowanie, - hydroizolacja ścian przy gruncie - ocieplenie stropu nad nieogrzewanymi piwnicami - wymiana okien i drzwi zewnętrznych, - ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją wraz z naprawą więźby dachowej, ułożeniem nowej dachówki i pracami towarzyszącymi.
2.	Wentylacja grawitacyjna Pomieszczenia budynku głównie są wentylowane wentylacją grawitacyjną - naturalną. Nawiew powietrza poprzez okna i drzwi, wywiew kanałami wentylacyjnymi. Instalacja działa sprawnie, ale ze względu na nieszczelności w oknach i drzwiach obserwowana jest nadmierna infiltracja.	Instalacja bez zmian, nadmierna infiltracja zostanie ograniczona po wymianie okien i drzwi zewnętrznych. - wymiana okien na nowe, szczelne o przepuszczalności $0,5 < a < 1,0$ $[m^3/mhdaPa^{2/3}]$, - wymiana części drzwi zewnętrznych na nowe,
3.	Instalacja ciepłej wody użytkowej Instalacja c.w.u. zasilana ze starego podgrzewacza elektrycznego – przygotowanie miejscowe dla grupy punktów poboru. Instalacja w złym stanie, wymaga przebudowy.	Budowa nowej instalacji c.w.u. zasilanej z nowego podgrzewacza elektrycznego
4.	Instalacja grzewcza i źródło ciepła Instalacja c.o. oparta na elektrycznym ogrzewaniu podłogowym, które jest nie wystarczające dla pokrycia potrzeb grzewczych i jest w złym stanie technicznym. Planowana jest kompleksowa wymiana instalacji.	Przewidziano montaż pompy ciepła opartej na wymienniku gruntowym. Pompa stanowić będzie główne źródło ciepła dla budynku, stąd zaprojektowano instalację niskotemperaturową – ogrzewanie podłogowe (parametry pracy 40/30°C lub niższe) wspomagane instalacją grzejnikową niskotemperaturową (parametry pracy instalacji 55/45°C). Instalacja będzie wyposażona w elementy regulacji oraz zawory termostatyczne.

5.1. Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło oraz zapotrzebowanie budynku na moc cieplną dla budynku przed termomodernizacją

Obliczenia wykonano programem Audytor OZC6.9 Pro.

Q_{0co} , - zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją - GJ/rok; obliczono zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw (wyniki patrz charakterystyka energetyczna budynku stan aktualny),

$$Q_{0co} = Q_{Hnd} = 28\,135,5 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 101,29 \text{ GJ/rok}$$

q_{0m} , - **zapotrzebowanie budynku na moc cieplną** przed termomodernizacją obliczono zgodnie z PN EN 12831:2006, MW (wyniki patrz dane Wyniki - ogólne OZC dla budynku stan aktualny),

$$\phi_{HL} = 16\,127,7\text{ W} = \mathbf{0,0161\text{ MW}}$$

Te obliczenia stanowią bazę (stan wyjściowy) dla dalszych obliczeń w audycie.

Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla celów grzewczych wynosi:

$$Q_{k,H,i} = w_t \times w_d \times X_i \times Q_{H,nd} / \eta_{H,tot,i} \text{ kWh/rok}$$

gdzie:

$Q_{k,H,i}$	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla i-tego podsystemu w systemie ogrzewania	kWh/rok
X_i	udział w rocznym zapotrzebowaniu na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji zapewniany przez i-ty podsystem w systemie ogrzewania (suma udziałów jest równa 1)	-
$Q_{H,nd}$	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji*)	kWh/rok
$\eta_{H,tot,i}$	średnia sezonowa sprawność całkowita i-tego podsystemu w systemie ogrzewania**)	-
*) Wyznacza się zgodnie z pkt 5.2. rozporządzenia dot. świadectw		
**) Wyznacza się zgodnie z pkt 4.1.2. rozporządzenia dot. świadectw		

$\eta_{H,tot,i}$ – wg obliczeń w pkt. 4.5, wynosi 0,891

w_t = – wg obliczeń w pkt. 4.5, wynosi 1,00

w_d = – wg obliczeń w pkt. 4.5, wynosi 1,00

$$Q_{k,H,i} = 1,00 \times 1,00 \times 1 \times 28\,135,5 / 0,891 = 31\,577,4 \text{ kWh/rok} \times 0,0036$$

$$= \mathbf{113,68 \text{ GJ/rok}}$$

5.2. Obliczeniowe zapotrzebowanie mocy grzewczej i zużycia energii na cele podgrzewu ciepłej wody użytkowej przed termomodernizacją

Q_{0cw} - **zapotrzebowanie na ciepło** przed termomodernizacją, obliczono zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, (wyniki patrz charakterystyka energetyczna budynku stan aktualny),

$$Q_{W,nd} = V_{wi} \times A_f \times c_w \times \rho_w \cdot (\theta_w - \theta_0) \times k_R \times t_R / 3600 \text{ kWh/rok}$$

gdzie:

V_{wi}	jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową	0,35 dm ³ /(m ² · doba)
A_f	powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza	m ²
c_w	ciepło właściwe wody	4,19 kJ/(kg · K)
ρ_w	gęstość wody	1 kg/dm ³

θ_w	obliczeniowa temperatura ciepłej wody użytkowej w zaworze czerpalnym	55 °C
θ_0	obliczeniowa temperatura wody przed podgrzaniem	10 °C
k_R	współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu ciepłej wody użytkowej	0,7
t_R	liczba dni w roku	365 dni

$$Q_{0cw} = Q_{W,nd} = 367,2 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 1,32 \text{ GJ/rok}$$

$$Q_{k,W,j} = Q_{W,Nd} / \eta_{W,tot}$$

$\eta_{W,tot}$ – wg obliczeń w pkt. 4.6, wynosi 0,686

$$Q_{k,W,j} = 367,2 / 0,792 = 463,6 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = \mathbf{1,67 \text{ GJ/rok}}$$

q_{0cw} - zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed termomodernizacją, określone na podstawie analizy i prognozy zużycia, MW (patrz obliczenia poniżej),

Charakterystyczne parametry istotne dla dokonania obliczeń:

Użytkownicy stali 4 osoby

czas maksymalnego rozbioru 1,0 h

układ bez zasobnika

Obliczeniowe **zapotrzebowanie na moc cieplną** na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej dla stanu aktualnego określono zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych PN – 92/B – 01706 wg poniższych zależności:

$$\Phi = q_{h \max} \times c_w \times \rho (t_c - t_z)$$

gdzie:

- $c_w = 4,19 \text{ kJ/(kg}^\circ\text{C)}$ - ciepło właściwe wody,
- $\rho [\text{kg/m}^3]$ - gęstość wody; $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$,
- $t_c = 55 [^\circ\text{C}]$ - obliczeniowa temperatura ciepłej wody – wg normy,
- $t_z = 10 [^\circ\text{C}]$ - obliczeniowa temperatura zimnej wody – wg normy,
- $q_{h \max}$ - maksymalne godzinowe zużycie c.w.u. – obliczone na podstawie charakteru pracy budynku.

Dla obliczenia mocy dla potrzeb podgrzewu c.w.u. założono, że w ciągu 1 godziny z c.w.u. rozbiór wody jest następujący:

Mycie rąk (zużycie średnio $2 \text{ dm}^3/\text{umycie rąk}$) – 4 os/h

Łączne zużycie c.w.u. w ciągu godziny $q_{h \max} = 4 \times 2 = 8 \text{ dm}^3/\text{h}$

Ilość wody do podgrzania 8 dm^3

$$\Phi = 8 \times 4,19 \times 1 \times (55 - 10)/3600 \approx 0,42 \text{ kW}$$

5.3. Obliczenie strumienia powietrza wentylacyjnego

Aktualnie w budynku funkcjonuje wentylacja grawitacyjna.

Dla potrzeb obliczenia strumienia wentylacji przyjęto wartości minimalne wynikające z normy Założono zgodnie z PN-83/B-03430, „Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.” - 30 m^3 na osobę na godzinę lecz nie mniej niż 1-a wymiana na godzinę.

Maksymalna liczba osób użytkujących jednocześnie budynek w ciągu 1 h 4 os
Łączny minimalny strumień powietrza wentylacyjnego dla maksymalnej liczby osób równocześnie przebywających w budynku wynosi $120 \text{ m}^3/\text{h}$, pomieszczenia muszą być wentylowane niezależnie od ilości przebywających tam osób w ilości co najmniej 0,5 wymiany na godzinę, do dalszych obliczeń zostanie skierowana wartość większa:

Lp.	wyszczególnienie	ilość	Strumień jednostkowy	Strumień powietrza wentylowanego
		[szt.]	[m^3/h]	[m^3/h]
1.	Całkowita kubatura budynku	0,5	1480	740
2.	osoby	46	30	120
3.	Wymagany minimalny strumień powietrza wentylacyjnego			740

Do dalszych obliczeń przyjęto wartość $740 \text{ m}^3/\text{h}$ tj. 0,5 wymiany świeżego powietrza na godzinę.

6. Ocena stanu technicznego budynku w zakresie istotnym dla wskazania właściwych ulepszeń i przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej oraz wykonanych obliczeń należy stwierdzić, że w stanie istniejącym budynek nie spełnia aktualnie obowiązujących wymagań technicznych pod względem izolacyjności przegród oraz wymaga modernizacji oświetlenia oraz wewnętrznych instalacji c.o. i c.w.u. wraz ze źródłami ciepła dla nich

Przedmiotowy budynek kwalifikuje się do pełnej i kompleksowej termomodernizacji, ze względu na bardzo zły stan technicznych elementów takich jak ściany zewnętrzne, więźba dachowa czy pokrycie dachu wymagane są również dodatkowe prace remontowe zapewniające trwałość i prawidłowość prac termomodernizacyjnych.

7. Wskazanie rodzajów usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych wybranych na podstawie oceny stanu technicznego, zgodnego z oczekiwaniami Inwestora.

Lp.	Wskazane usprawnienia	Sposób realizacji
1.	<i>Izolowanie cieplne przegród zewnętrznych celem zmniejszenia strat przez przenikanie.</i>	- ocieplenie ścian płytami PIR, - ocieplenie ścian płytami MULTIPOR - hydroizolacja ścian poniżej gruntu,

		- ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją wraz z naprawą więźby dachowej, ułożeniem nowej dachówki i pracami towarzyszącymi.-ocieplenie podłóg nad nieogrzewanymi piwnicami styropianem. - osuszenie ścian zewnętrznych i wewnętrznych, skucie tynków i malowanie
2.	Izolowanie cieplne przegród wewnętrznych do pomieszczeń nieogrzewanych celem zmniejszenia strat przez przenikanie.	- ocieplenie ścian płytami MULTIPOR
3.	Wymiana stolarki otworowej celem zmniejszenia strat przez przenikanie i poprawie systemu wentylacji	Wymiana okien na nowe o przepuszczalności szczelin $0,5 < a < 1,0$ [$m^3/mhdaPa^{2/3}$], Wymiana drzwi zewnętrznych i bram garażowych na nowe.
4.	Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego i źródła ciepła	Wymiana instalacji c.o. i montaż pompy ciepła
5.	Modernizacja instalacji c.w.u. prowadząca do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie c.w.u.	Wymiana instalacji c.w.u. i montaż nowych podgrzewaczy elektrycznych, montaż perlatorów

8. Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termo modernizacyjnego

8.1. Rodzaj usprawnień składających się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego zmierzający do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło – w zakresie uzgodnionym ze Zleceniodawcą

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaj usprawnień
1.	Usprawnienia dot.: zmniejszenia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne i wewnętrzne do pomieszczeń nieogrzewanych (przenikanie)	- ocieplenie ścian płytami PIR, - ocieplenie ścian płytami MULTIPOR - hydroizolacja ścian poniżej gruntu, - ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją wraz z naprawą więźby dachowej, ułożeniem nowej dachówki i pracami towarzyszącymi. - ocieplenie podłóg nad nieogrzewanymi piwnicami styropianem. - osuszenie ścian zewnętrznych i wewnętrznych, skucie tynków i malowanie
2.	Usprawnienia dot.: zmniejszenia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne (przenikanie) i poprawy systemu wentylacji	Wymiana okien na nowe o przepuszczalności szczelin $0,5 < a < 1,0$ [$m^3/mhdaPa^{2/3}$], Wymiana drzwi zewnętrznych i bram garażowych na nowe.
3.	Usprawnienia dot.: poprawy sprawności systemu grzewczego c.o. i c.w.u.	Wymiana instalacji c.o. i montaż pompy ciepła Wymiana instalacji c.w.u. i montaż nowych podgrzewaczy elektrycznych, montaż perlatorów

Uwagi:

8.2. Wybór usprawnień termomodernizacyjnych prowadzących do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie i zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie powietrza wentylacyjnego.

Dane wyjściowe:

t_{wo} - oblicz. temp. powietrza wewnętrznego wg PN-82/B02402	+20	$^{\circ}\text{C}$
t_{zo} - oblicz. temp. powietrza zewnętrznego wg PN-82/B-02403	-20	$^{\circ}\text{C}$
S_d - liczba stopniodni $S_d = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)] \times L_d(m)$	3 748,4 (dla przegród zewnętrznych) 1800 (dla pom. ogrzewanych 20°C nad piwnicami nieogrzewanymi) 137,9 (dla pom. nieogrzewanych, temp. 0°C)	dzień $\cdot$ K $\cdot$ a
$O_{0,1m}$ - stała opłata miesięczna	0,00	zł/(MW $\cdot$ m-c)
$O_{0,1z}$ - opłata zmienna za energię elektryczną	588,54 163,48	zł/MWh zł/GJ brutto

Optymalne usprawnienie termomodernizacyjne prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez ściany, stropy i stropodachy to takie usprawnienie, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną:

$$\text{SPBT} = N_U / \sum \Delta O_{rU}$$

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 usprawnienia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii [zł/rok].

$$\Delta O_{rU} = (x_0 \cdot Q_{0u} \cdot O_{0z} - x_1 \cdot Q_{1u} \cdot O_{1z}) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0u} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1u} \cdot O_{1m}) + 12 \cdot (Ab_0 - Ab_1)$$

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na ciepło przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_{0u}, Q_{1u} – roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [GJ/rok],
- O_{0z}, O_{1z} – opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem [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 stała miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem [zł/MW x m-c],
- Ab_0, Ab_1 – miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [zł/ m-c].

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

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \times A \times (t_{w0} - t_{z0}) \times U_c \quad [\text{MW}]$$

gdzie:

- U_c – wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$, przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
- A – powierzchnia całkowita izolowanej przegrody $[\text{m}^2]$,
- S_d – liczba stopniodni obliczona zgodnie ze wzorem 4 załącznika do rozporządzenia dot. szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego,
- t_{w0} – temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, $[\text{°C}]$,
- t_{z0} – obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, $[\text{°C}]$,

W niniejszym audycie

$$\begin{aligned} x_0 &= x_1 = 1 \\ O_{0z} &= O_{1z} = O_z \\ y_0 &= y_1 = 1 \\ O_{0m} &= O_{1m} = O_m \\ Ab_0, Ab_1 &= Ab \end{aligned}$$

Wzór na roczną oszczędność kosztów energii przyjmuje postać:

$$\Delta O_{rU} = (Q_{0u} - Q_{1u}) \cdot O_z + 12 \cdot (q_{0u} - q_{1u}) \cdot O_m$$

8.2.1. Określenie optymalnej grubości izolacji ścian zewnętrznych

$U = 1,09 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ - współczynnik przenikania ściany przed termorenowacją (średnia ważona)

Lp.	przegroda	U	powierzchnia	U Średnia ważona
		przegrody		
	nazwa	W/m ² K	m ²	W/m ² K
1.	SZ61	1,194	58,26	0,75
2.	SZ85	0,908	33,97	0,33
3.	RAZEM		92,23	1,09

$A = 92,23 \text{ m}^2$ - powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej dla stanu aktualnego osłaniającej ogrzewaną część budynku, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej, bez powierzchni okien.

$A_1 \approx 116,59 \text{ m}^2$ - całkowita powierzchnia ścian do ocieplenia, osuszenia, naprawy tynków, malowania, do jej określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Konstrukcja ściany: - patrz załącznik nr 1

Materiał izolacji: - płyty PIR, $\lambda = 0,023 \text{ (m K/W)}$

Zgodnie z wymaganiami $U = 0,20 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

A = 92,23 [m ²]		U ₀ [W/m ² K] = 1,09		t _{w0} = 20 °C	
A ₁ = 116,59 [m ²]					
O _{0z} = 163,48 [zł/GJ]		l _{izol} [m ² K/W] 0,023		t _{z0} = -20 °C	
O _{0m} = 0,00 [zł/MW/m-c]				Sd = 3748,4 [dzień*K*a]	
O _{1m} 0,00 [zł/MW/m-c]					
O _{1z} 163,48 [zł/GJ]					

Lp.	Grubość izolacji e	Opór cieplny R	Współczynnik przenikania ciepła U	Zapot. ciepła Q	Zapot. mocy q	Roczna oszczędność kosztów energii ΔO _{ru}	Cena jedn.	Planowane koszty robót N _u	Prosty czas zwrotu SPBT
	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[GJ/rok]	[MW]	[zł/rok]	[zł/m ²]	[zł]	[lata]
0	0,00	0,917	1,090	32,56	0,004021	-		-	-
1	0,08	4,396	0,227	6,80	0,000839	4 212	2 151	250 834,02	59,56
2	0,10	5,265	0,190	5,67	0,000701	4 395	2 226	259 578,27	59,06
3	0,12	6,135	0,133	4,87	0,000601	4 527	2 301	268 322,52	59,28

Ocieplenie ścian zewnętrznych – obiekt jest zabytkowy, brak możliwości wykonania ocieplenia ścian od zewnątrz. Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych od zewnątrz i od wewnątrz przyjęto jako prace konieczne do wykonania po obu stronach przegrody skucie tynków, odgrzybienie i osuszenie ścian, naprawa oszczędzonych fragmentów ścian, ułożenie tynków, malowanie. Przewidziano ocieplenie ścian zewnętrznych powyżej gruntu - zostanie wykonane od wewnątrz z zastosowaniem płyt termoizolacyjnych PIR (składających się z poliizocyanuratu jako warstwy termoizolacyjnej oraz warstwy wierzchniej wykonanej z płyt gipsowo-kartonowych, całość łączona jest specjalnymi „zamkami” zapewniającymi szczelność połączeń i brak możliwości przedostawania się wilgoci do wnętrza ściany. Przyjęta **grubość izolacji 100 mm, λ = 0,023 (m K/W)** lub niższy.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu ścian od wewnątrz płytami PIR o współczynniku przewodzenia ciepła λ=0,023 W/mK o **grubości 10 cm** wraz z niezbędnymi pracami naprawczymi na ścianach zewnętrznych od zewnątrz i od wewnątrz. W kosztach uwzględniono również osuszanie ścian i otworzenie tynków wraz z malowaniem również na ścianach pomieszczeń nieogrzewanych, stąd duża różnica pomiędzy powierzchnią przegród generujących efekt energetyczny a powierzchnią przyjętą do obliczenia nakładów na realizację usprawnienia.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **259 578,27 zł netto**.

8.2.2. Określenie optymalnej grubości izolacji ścian wewnętrznych do przestrzeni nieogrzewanej

U = 1,79 (W/m²K) - współczynnik przenikania ściany przed termorenowacją (średnia ważona)

Lp.	przegroda	U	powierzchnia	U Średnia ważona
		przegrody		
	nazwa	W/m ² K	m ²	W/m ² K
1.	SW21	1,897	20,21	1,04
2.	SW27	1,653	16,5	0,74
3.	RAZEM		36,71	1,79

A = 36,71 m²

- powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej dla stanu aktualnego osłaniającej ogrzewaną część budynku, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej, bez powierzchni okien.

$A_1 \approx 36,715 \text{ m}^2$ - całkowita powierzchnia ścian do ocieplenia, do jej określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Konstrukcja ściany: - patrz załącznik nr 1

Materiał izolacji: - MULTIPOR, $\lambda = 0,043 \text{ (m K/W)}$

Zgodnie z wymaganiami $U = 0,30 \text{ [W/ m}^2\text{K]}$

$A =$	36,71	[m ²]	$U_0 \text{ [W/m}^2\text{K]} = 1,79$	$t_{w0} =$	0 °C
$A_1 =$	36,72	[m ²]			
$O_{0z} =$	163,48	[zł/GJ]	$l_{izol} \text{ [m}^2\text{K/W]} 0,043$	$t_{z0} =$	-20 °C
$O_{0m} =$	0,00	[zł/MW/m-c]		$S_d =$	137,9 [dzień*K*a]
$O_{1m} =$	0,00	[zł/MW/m-c]			
$O_{1z} =$	163,48	[zł/GJ]			

Lp.	Grubość izolacji e	Opór cieplny R	Współczynnik przenikania ciepła U	Zapot. ciepła Q	Zapot. mocy q	Roczna oszczędność kosztów energii ΔO_{ru}	Cena jedn.	Planowane koszty robót N_u	Prosty czas zwrotu SPBT
	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[GJ/rok]	[MW]	[zł/rok]	[zł/m ²]	[zł]	[lata]
0	0,00	0,559	1,790	0,78	0,001314	-		-	-
1	0,12	3,349	0,299	0,13	0,000219	107	340	12 483,10	117,06
2	0,14	3,814	0,178	0,11	0,000192	109	350	12 850,25	117,63
3	0,16	4,280	0,234	0,10	0,000172	111	360	13 217,40	118,77

Ocieplenie ścian wewnętrznych garażu (nieogrzewanego) do przestrzeni ogrzewanej – założono ocieplenie ścian wewnętrznych garażu nieogrzewanego sąsiadujących z pomieszczeniami ogrzewanymi za pomocą mineralnych płyt izolacyjnych wykonanych z bardzo lekkiej odmiany betonu komórkowego np. MULTIPOR **grubości izolacji 14 cm, $\lambda = 0,043 \text{ (m K/W)}$** lub niższy.

Wartości N_u przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu ścian wewnętrznych do pomieszczeń nieogrzewanych bloczkami typu MULTIPOR lub innymi podobnymi o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,043 \text{ W/mK}$ o **grubości 14 cm**.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **12 850,25 zł netto**.

8.2.3. Określenie optymalnej grubości izolacji stropu nad ostatnią kondygnacją

W audycie przyjęto ocieplenie stropu ostatniej kondygnacji poprzez ułożenie na nim wełny mineralnej gr. 25 cm, $\lambda = 0,038 \text{ (m K/W)}$. Wełna zostanie zabezpieczona przed wnikaniem wilgoci folią paroizolacyjną lub innym równoważnym materiałem.

$U = 0,979 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ - współczynnik przenikania stropu przed termorenowacją

$A = 137,4 \text{ m}^2$ - powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej,

$A_1 \approx 137,4 \text{ m}^2$ - całkowita powierzchnia stropu do ocieplenia, do jego określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Konstrukcja stropu: - patrz załącznik nr 1

Materiał izolacji: - granulata wełny mineralnej, $\lambda = 0,038 \text{ (m K/W)}$

Zgodnie z wymaganiami, $U = 0,15 \text{ [W/ m}^2\text{K]}$

A =	137,40	[m ²]	U _o [W/m ² K] = 0,979	t _{wo} =	20 °C				
A ₁ =	137,40	[m ²]							
O _{oz} =	163,48	[zł/GJ]	l _{izol} [m ² K/W] 0,038	t _{z0} =	-20 °C				
O _{om} =	0,00	[zł/MW/m-c]		Sd =	3748,4 [dzień*K*a]				
O _{1m}	0,00	[zł/MW/m-c]							
O _{1z}	163,48	[zł/GJ]							
Lp.	Grubość izolacji e	Opór cieplny R	Współczynnik przenikania ciepła U	Zapot. ciepła Q	Zapot. mocy q	Roczna oszczędność kosztów energii ΔO _{ru}	Cena jedn.	Planowane koszty robót N _u	Prosty czas zwrotu SPBT
	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[GJ/rok]	[MW]	[zł/rok]	[zł/m ²]	[zł]	[lata]
0	0,00	1,021	0,979	43,56	0,005381	-		-	-
1	0,15	4,969	0,201	8,96	0,001106	5 658	1 843	253 184,00	44,75
2	0,20	6,285	0,159	7,08	0,000875	5 964	1 888	259 367,00	43,49
3	0,25	7,600	0,132	5,85	0,000723	6 165	1 933	265 550,00	43,08
4	0,30	8,916	0,112	4,99	0,000616	6 306	1 978	271 733,00	43,09

Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją - przyjęto wykonanie ocieplenia wełną mineralną grubość izolacji 25 cm, $\lambda = 0,038$ (m K/W) lub niższy oraz wykonanie pod nią warstwy hydroizolacyjnej. Ponadto dla zapewnienia trwałości wykonanej termoizolacji stropu przewiduje się konieczność wymiany części zniszczonych elementów konstrukcji stropu nad ostatnią kondygnacją, dachu oraz wymianę dachówek i obróbek blacharskich wraz z rynnami i rurami spustowymi. Przewidziano również montaż nowej instalacji odgromowej.

Wartości Nu (brutto) przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **265 550 zł netto**.

8.2.4. Określenie optymalnej grubości ocieplenia stropu w pomieszczeniach ogrzewanych nad nieogrzewana piwnicą

$$U = 1,149 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

- współczynnik przenikania stropu przed termorenowacją

$$A = 74,7 \text{ m}^2$$

- powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej (powierzchnia dot. pomieszczeń użytkowych obecnie, docelowo poddasze będzie użytkowane w znacznie większej powierzchni)

$$A_1 \approx 74,7 \text{ m}^2$$

- całkowita powierzchnia dachu do ocieplenia, do jego określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Konstrukcja dachu:

- patrz załącznik nr 1

Materiał izolacji:

- styropian, $\lambda = 0,036$ (m K/W)

Zgodnie z wymaganiami, $U = 0,25$ [W/ m²K]

A =	74,70	[m ²]	U ₀ [W/m ² K] = 1,149	t _{w0} =	20 °C
A ₁ =	74,70	[m ²]			
O _{0z} =	163,48	[zł/GJ]	l _{izol} [m ² K/W] 0,036	t _{z0} =	0 °C
O _{0m} =	0,00	[zł/MW/m-c]		Sd =	1800 [dzień*K*a]
O _{1m}	0,00	[zł/MW/m-c]			
O _{1z}	163,48	[zł/GJ]			

Lp.	Grubość izolacji e	Opór cieplny R	Współczynnik przenikania ciepła U	Zapot. ciepła Q	Zapot. mocy q	Roczna oszczędność kosztów energii ΔO _{ru}	Cena jedn.	Planowane koszty robót N _u	Prosty czas zwrotu SPBT
	[m]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[GJ/rok]	[MW]	[zł/rok]	[zł/m ²]	[zł]	[lata]
0	0,00	0,870	1,149	13,35	0,001717	-		-	-
1	0,14	4,759	0,210	2,44	0,000314	1 783	1 220	91 134,00	51,11
2	0,15	5,037	0,199	2,31	0,000297	1 805	1 200	89 640,00	49,66
3	0,16	5,315	0,135	2,19	0,000281	1 825	1 220	91 134,00	49,94

Ocieplenie stropu w pomieszczeniach ogrzewanych nad nieogrzewana piwnicą - przyjęto ocieplenie posadzki styropianem **grubości izolacji 15 cm, λ = 0,036 (m K/W)** lub niższy oraz wykonanie nowych warstw posadzki.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **89 640 zł netto**.

8.2.5. Prace dodatkowe – osuszenie ścian zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych i termoizolacja ścian nieogrzewanych garaży oraz niezbędne prace budowlane

Przedmiotowy budynek jest obiektem zabytkowym. Ze względu na bogate zdobienia elewacji brak możliwości wykonania ocieplenia ścian zewnętrznych od zewnątrz. Dla zapewnienia trwałości całości prac termomodernizacyjnych konieczne jest również wykonanie osuszenia zawilgoconych ścian i zagwarantowanie, że w przyszłości ściany nie będą przemarzać czy zawilgacać się.

W zakresie prac dodatkowych, koniecznych do wykonania przewidziano hydroizolację ścian poniżej terenu (przy gruncie). Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych i wewnętrznych przyjęto jako prace konieczne do wykonania skucie tynków, odgrzybienie i osuszenie ścian, naprawa oszczędzonych fragmentów ścian, ułożenie tynków renowacyjnych i odpowiednich powłok zabezpieczających mury przed wnikaniem do nich wilgoci. Wygeneruje to efekt energetyczny dzięki zmianie wilgotności przegrody, oraz zostanie wykonana hydroizolacja odpowiednimi materiałami zapewniającymi odporność na przenikanie wilgoci. Po wykonaniu prac od zewnątrz grunt zostanie zasypany i zostanie wykonana opaska wokół budynku. Uwaga: ścian piwnic nie ociepla się ponieważ piwnice są nie ogrzewane, sklepienia łukowe uniemożliwiają prawidłowe wykonanie izolacji od wewnątrz.

Przewidziano osuszenie i naprawę tynków wraz z malowaniem ścian zewnętrznych w pomieszczeniach nieogrzewanych.

W pracach uwzględniono również ocieplenie ścian zewnętrznych garażu nieogrzewanego – dla potrzeb osuszenia ścian i zapewnienia trwałości wykonanych prac i większej odporności na temperatury zewnętrzne założono ocieplenie ścian zewnętrznych garażu nieogrzewanego od wewnątrz za pomocą mineralnych płyt izolacyjnych wykonanych z bardzo lekkiej odmiany betonu komórkowego np. MULTIPOR grubości izolacji 5 cm, λ = 0,043 (m K/W) lub niższy.

Opisany powyżej zakres prac nie zapewni współczynnika przenikania dla ścian zewnętrznych zgodnie z obowiązującymi wymaganiami, nie posiada też racjonalnie niskiego wskaźnika SPBT, ale ze względu na zmianę wilgotności przegrody zostanie wygenerowany niewielki efekt energetyczny. Wykonanie tych prac jest niezbędne dla zapewnienia kompleksowości prac, uodpornienia budynku na zmiany klimatyczne i zachowanie obiektu zabytkowego na kolejne dekady w dobrym stanie technicznym. Poniżej podano wartości współczynników dla poszczególnych ścian przed i po termomodernizacji oraz ogólny efekt energetyczny wynikający z tego zakresu prac.

Lp.	Przegroda	Współczynnik przenikania przed osuszeniem	Współczynnik przenikania pp osuszeniu
		[W/m ² K]	[W/m ² K]
1.	Sz 73PIW	1,428	1,232
2.	Sz 73PG	0,898	0,811
3.	GAR Sz 61	1,194	0,472
4.	GAR Sz 63	1,163	0,464

Łączna strata ciepła przez przegrody przed modernizacją 28 135,5 kWh/rok

Łączna strata ciepła przez przegrody po modernizacji 28 056,2 kWh/rok

Roczna oszczędność w zużyciu energii wynosi $79,3 \text{ kWh} \times 0,0036 = 0,29 \text{ GJ/rok}$

Roczna oszczędność kosztów wynosi $0,29 \text{ GJ/rok} \times 163,48 \text{ zł/GJ} = 46,67 \text{ zł/rok}$

Łączna powierzchnia ścian generujących efekt energetyczny wynosi 201,316 m²

Całkowite nakłady na realizację zadania wynoszą 159 732 zł

$SPBT = 159\,732 / 46,67 = 3\,422,6 \text{ lat.}$

Jak pisano na wstępie tego punktu, tego usprawnienia nie należy rozpatrywać w kategoriach opłacalności i efektywności energetycznej, jest ono wymagane dla zapewnienia prawidłowych warunków użytkowania pomieszczeń dla stanu po termomodernizacji.

8.3. Wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego polegającego na wymianie okien i drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

Usprawnienie osiąga optimum, gdy prosty czas zwrotu poniesionych nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną:

$$SPBT = (N_{ok} + N_w) / \Sigma(\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw}) \text{ [lata]}$$

gdzie:

N_{ok} - planowane koszty robót, związane z wymianą okien lub drzwi, [zł]

N_w - planowane koszty związane z modernizacją wentylacji [zł].

ΔO_{rok} - roczna oszczędność kosztów energii, wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii [zł/rok].

ΔO_{rw} - roczna oszczędność kosztów energii, wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii [zł/rok].

$$\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw} = (x_0 \cdot Q_{0u} \cdot O_{0z} - x_1 \cdot Q_{1u} \cdot O_{1z}) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0u} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1u} \cdot O_{1m}) + 12 \cdot (Ab_0 - Ab_1)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na ciepło przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
 Q_{0u}, Q_{1u} - roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [GJ/rok],
 O_{0z}, O_{1z} - opłata zmienna [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 oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [MW],
 O_{0m}, O_{1m} - opłata stała miesięczna [zł/MW* m-c],
 Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [zł/ m-c].

Wartość **rocznego zapotrzebowania na ciepło Q_0 przed i po wymianie okien** – w przypadku, gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego **odbywa się** przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi oblicza się ze wzoru:

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

a zapotrzebowanie na moc cieplną:

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

gdzie:

- U - współczynnik przenikania ciepła okien przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [$W/m^2 * K$],
 A - powierzchnia całkowita okien [m^2],
 S_d - liczba stopniodni,
 V_{nom} - strumień powietrza wentylacyjnego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej [m^3/h],
 c_r, c_w - współczynniki korekcyjne,
 V_{obl} - strumień powietrza wentylacyjnego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych [m^3/h],
 t_{w0} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, [$^{\circ}C$],
 t_{z0} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, [$^{\circ}C$],

W niniejszym audycie:

$$x_0 = x_1 = 1$$

$$O_{0z} = O_{1z} = O_z$$

$$y_0 = y_1 = 1$$

$$O_{0m} = O_{1m} = O_m$$

$$Ab_0, Ab_1 = Ab$$

wzór na roczną oszczędność kosztów energii przyjmuje postać:

$$\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rw} = (Q_0 - Q_1) * O_z + 12 * (q_0 - q_1) * O_m$$

8.3.1. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany okien w pomieszczeniach ogrzewanych

Wymiana okien na nowe drewniane, wykonane zgodnie z wymaganiami konserwatorskimi. W stanie aktualnym okna są nieszczelne, widoczne szczeliny powodujące nadmierną infiltrację powietrza do pomieszczeń, okna posiadają niski współczynnik przewodzenia ciepła.

Okna zostaną wykonane jako drewniane, szczelne o przepuszczalności szczelin $0,5 < a < 1,0$ [$\text{m}^3/\text{mhdaPa}^{2/3}$].

$U = 2,6$ ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) - współczynnik przenikania okien w stanie aktualnym,

$A_o = 8,64$ m^2 - powierzchnia okien, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej

$A_1 = 8,65$ m^2 - całkowita powierzchnia okien do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Zgodnie z wymaganiami, $U = 0,9$ [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

A =	8,64	[m^2]	$t_{w0} =$	20	$^{\circ}\text{C}$					
A1 =	8,65	[m^2]	$t_{z0} =$	-20	$^{\circ}\text{C}$					
O _z =	163,48	[$\text{zł}/\text{GJ}$]	$V_{nom} =$	122,9	[m^3/h]					
O _m =	0	[$\text{zł}/\text{MW}/\text{m-c}$]	$V_{obl0} =$	184,4	[m^3/h]					
			$V_{obl1} =$	122,9	[m^3/h]					
Sd =	3748,4	[dzień*K*a]	$V_{obl2} =$	122,9	[m^3/h]					
Lp.	Współ. przenikania ciepła U	Współ. korek. c _r	Współ. korek. c _m	Współ. korek. c _w	Zapot. ciepła Q	Zapot. mocy q	Roczna oszczędność kosztów energii DO _{rOk} +DO _{rw}	Cena jedn.	Planowane koszty robót N _{ok} + N _w	Prosty czas zwrotu SPBT
	[$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]				[GJ/rok]	[MW]	[$\text{zł}/\text{rok}$]	[$\text{zł}/\text{m}^2$]	[zł]	[lata]
0	2,60	1,3	1,5	1,2	28,41	0,0034	-		-	-
1	0,9	1,0	1,0	1,2	18,78	0,0020	1 575	3 500	30 270,10	19,22
2	0,8	1,0	1,0	1,2	18,50	0,0019	1 621	3 850	33 297,11	20,54

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na wymianie istniejących okien na nowe drewniane, (odtworzenie istniejących okien zabytkowych wraz ze wszystkimi elementami), o współczynniku przenikania ciepła dla okna $0,9 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **30 270,1 zł netto**.

8.3.2. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany okien w pomieszczeniach nieogrzewanych

Wymiana okien na nowe drewniane, wykonane zgodnie z wymaganiami konserwatorskimi. W stanie aktualnym okna są nieszczelne, widoczne szczeliny powodujące nadmierną infiltrację powietrza do pomieszczeń, okna posiadają niski współczynnik przewodzenia ciepła.

Okna zostaną wykonane jako drewniane, szczelne o przepuszczalności szczelin $0,5 < a < 1,0$ [$\text{m}^3/\text{mhdaPa}^{2/3}$].

- $U = 2,6 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ - współczynnik przenikania okien w stanie aktualnym,
- $A_o = 8,08 \text{ m}^2$ - powierzchnia okien, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej
- $A_1 = 8,08 \text{ m}^2$ - całkowita powierzchnia okien do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Zgodnie z wymaganiami, $U = 1,3 \text{ [W/ m}^2\text{K]}$

$A =$	8,08	[m ²]		$t_{w0} =$	0 °C					
$A_1 =$	8,08	[m ²]		$t_{z0} =$	-20 °C					
$O_z =$	163,48	[zł/GJ]		$V_{nom} =$	114,8	[m ³ /h]				
$O_m =$	0	[zł/MW/m-c]		$V_{obl0} =$	172,3	[m ³ /h]				
				$V_{obl1} =$	114,8	[m ³ /h]				
$S_d =$	137,9	[dzień*K*a]		$V_{obl2} =$	114,8	[m ³ /h]				
Lp.	Współ. przenikania ciepła U	Współ. korek. c_r	Współ. korek. c_m	Współ. korek. c_w	Zapot. ciepła Q	Zapot. mocy q	Roczna oszczędność kosztów energii $DO_{rok} + DO_{rw}$	Cena jedn. [zł/m ²]	Planowane koszty robót $N_{ok} + N_w$	Prosty czas zwrotu SPBT
	[W/m ² K]				[GJ/rok]	[MW]	[zł/rok]		[zł]	[lata]
0	2,60	1,3	1,5	1,2	0,98	0,0016	-		-	-
1	1,3	1,0	1,0	1,2	0,68	0,0010	48	2 500	20 196,50	421,98
2	0,9	1,0	1,0	1,2	0,65	0,0009	54	3 500	28 275,10	522,10

Wartości N_u przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na wymianie istniejących okien na nowe drewniane, (odtworzenie istniejących okien zabytkowych wraz ze wszystkimi elementami), o współczynniku przenikania ciepła dla okna **1,3 W/m²K**.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **20 196,5 zł netto**.

8.3.3. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany drzwi zewnętrznych:

Wymiana istniejących drzwi zewnętrznych i bram garażowych na nowe o współczynniku przenikania $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Założono wymianę drzwi na drewniane.

- $U = 2,8 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ - współczynnik przenikania drzwi przed termorenowacją,
- $A_o = 35,33 \text{ m}^2$ - powierzchnia drzwi zewnętrznych, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej
- $A_1 = 35,33 \text{ m}^2$ - całkowita powierzchnia drzwi do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji

Zgodnie z wymaganiami, $U = 1,3 \text{ [W/ m}^2\text{K]}$

A =	35,33	[m ²]		t _{w0} =	0 °C					
A1 =	35,33	[m ²]		t _{z0} =	-20 °C					
O _z =	163,48	[zł/GJ]		V _{nom} =	502,2 [m ³ /h]					
O _m =	0	[zł/MW/m-c]		V _{obl0} =	703,1 [m ³ /h]					
				V _{obl1} =	502,2 [m ³ /h]					
Sd =	137,9	[dzień*K*a]		V _{obl2} =	502,2 [m ³ /h]					
Lp.	Współ. przenikania ciepła U	Współ. korek. c _r	Współ. korek. c _m	Współ. korek. c _w	Zapot. ciepła Q	Zapot. mocy q	Roczna oszczędność kosztów energii DO _{rok} +DO _{rw}	Cena jedn.	Planowane koszty robót N _{ok} + N _w	Prosty czas zwrotu SPBT
	[W/m ² K]				[GJ/rok]	[MW]	[zł/rok]	[zł/m ²]	[zł]	[lata]
0	2,80	1,2	1,4	1,0	3,62	0,0068	-		-	-
1	1,3	1,0	1,0	1,0	2,58	0,0043	170	4 000	141 314,40	832,26
2	1,2	1,0	1,0	1,0	2,54	0,0043	177	4 300	151 912,98	859,84

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na wymianie istniejących drzwi i bram na nowe, zgodnie z wymaganiami konserwatorskimi o współczynniku przenikania ciepła dla drzwi 1,3 W/m²K.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą 141 314,40 zł netto.

8.4. Wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego prowadzącego do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego prowadzące do zmniejszenia kosztów ogrzewania c.w.u. to taki wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną:

$$SPBT = N_{cw} / \sum \Delta O_{rcw}$$

gdzie:

N_{cw} – planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji c.w.u. [zł],

ΔO_{rcw} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii [zł/rok].

$$\Delta O_{rcw} = \left(x_0 \cdot Q_{0cw} \cdot \frac{O_{0z}}{\eta_{0w}} - x_1 \cdot Q_{1cw} \cdot \frac{O_{1z}}{\eta_{1w}} \right) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0cw} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1cw} \cdot O_{1m}) + 12(Ab_0 - Ab_1), [zł/rok]$$

gdzie:

x₀, x₁ – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia 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} – opłata zmienna [zł/GJ],

y₀, y₁ – 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 poniżej:

$$\eta_{0w}, \eta_{1w} = \eta_{gw} \cdot \eta_{dw} \cdot \eta_{ew} \cdot \eta_{sw}, [-]$$

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

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

Q_{0cw}, Q_{1cw} – zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania c.w.u. przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego [MW], określone na podstawie analizy i prognozy zużycia lub obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych,

O_{0m}, O_{1m} – opłata stała miesięczna [zł/MW x m-c],

Ab_0, Ab_1 – miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego [zł/ m-c].

8.4.1. Opis projektowanego rozwiązania, przyjęte składowe sprawności instalacji c.w.u. dla stanu po modernizacji.

Wymiana instalacji c.w.u. – zostanie zamontowany podgrzewacz elektryczny przepływowy oraz zostanie wymieniona cała instalacja c.w.u. – rurociągi zostaną wymienione na nowe i zaizolowane, wypływki (obecnie zakamienione i zniszczone) zostaną wymienione na nowe oraz zostaną zamontowane perlatory.

Składowe sprawności instalacji przed termomodernizacją padano w pkt. 4.6 niniejszego opracowania. Poniżej w tabeli podano składowe sprawności instalacji c.w.u. dla stanu po modernizacji.

elektryczny podgrzewacz przepływowy

Lp	Nazwa	stan po termo-modernizacji	Uwagi
1	$\eta_{w,g}$ - sprawność wytwarzania	0,99	Elektryczny podgrzewacz przepływowy
2	$\eta_{w,d}$ - sprawność przesyłu ciepła	1,00	Miejscowe przygotowanie – bezpośrednio przy punktach poboru – bez obiegów cyrkulacyjnych
3	$\eta_{w,e}$ - sprawność wykorzystania ciepła,	1,00	Przyjmuje się 1,0.
4	$\eta_{w,s}$ - sprawność akumulacji ciepła	1,00	Brak zasobnika
5	$\eta_{w,tot}$ -	0,99	$\eta_{w,tot} = \eta_{w,g} \times \eta_{w,d} \times \eta_{w,e} \times \eta_{w,s}$

8.4.2. Obliczenie zapotrzebowania energii grzewczej i mocy na cele c.w.u. dla stanu po termomodernizacji

Zapotrzebowanie na energię użytkową dla stanu po modernizacji nie zmieni się. Podobnie zapotrzebowanie mocy grzewczej - zgodnie z obliczeniami w pkt. 5.2:

$$Q_{0,lcw} = Q_{W,nd} = 367,2 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 1,32 \text{ GJ/rok}$$

$$Q_{k,W,j} = Q_{W,nd} / \eta_{W,tot}$$

$\eta_{W,tot}$ – wg obliczeń w tabeli powyżej, wynosi 0,99

$$Q_{k,W,j} = 367,2 / 0,99 = 370,9 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 1,34 \text{ GJ/rok}$$

q_{0cw} - patrz obliczenia w pkt. 5.2, wynosi 0,00042 MW

Zakres prac uwzględniony w wycenie:

1 x przepływowy elektryczny podgrzewacz

Rurociągi DN 15 - 6 m izolowane

Wypływki (1 x umywalka), wyposażona w perlator, wężyk elastyczny z zaworkami

Koszt usprawnienia 12 026 zł netto

8.4.3 Roczne oszczędności z tytułu wymiany instalacji c.c.w.u.

W tabeli poniżej porównano koszty eksploatacyjne dla stanu aktualnego i po wymianie instalacji oraz obliczono prosty czas zwrotu SPBT.

Oznaczenie	Wartość		Jednostka				
O_{0z} =	163,48	en. el.	zł/GJ				
O_{1z} =	163,48	en. el.	zł/GJ				
Wielkość.	przed termomodernizacją	po przepływowym					
η_{cww}	0,7920	0,9900					
V_{wi}	0,35	0,35		dm ³ /(d.j.n)			
A_f	153,0	153,0		m ²			
ρ	1,00	1,00		kg/m ³			
c_w	4,19	4,19		kJ/(kg°C)			
t_w	55	55		°C			
t_0	10	10		°C			
k_R	0,70	0,70		m ³ /h			
t_R	365	365					
Nr usp.	η_{icw}	q_{icw} MW	Q_{icw} GJ	O_{icw} r zł	ΔO_{icw} zł	N zł	SPBT lata
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,7920	0,00042	1,67	272,84	-		
1	0,9900	0,00042	1,34	218,29	54,6	12 026,00	220,4

8.5. Zestawienie optymalnych usprawnień termomodernizacyjnych w kolejności rosnącej wartości prostego czasu zwrotu

Wybrane i zoptymalizowane ulepszenia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło w wyniku zmniejszenia strat przenikania ciepła przez przegrody budowlane, poprawie systemu wentylacji oraz zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, uszeregowane według rosnącej wartości SPBT

Lp	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Planowane koszty robót	SPBT
		[zł]	[lata]
1	Wymiana okien U 0,9 W/m ² K	30 270,10	19,22
2	Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją	265 550,00	43,08
3	Ocieplenie stropu nad piwnicą	89 640,00	49,66
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych od wew.	259 578,27	59,06
5	Ocieplenie ścian wewnętrznych	12 850,25	117,63
6	Wymiana instalacji c.w.u.	12 026,00	220,40
7	Wymiana okien U 1,3 W/m ² K	20 196,50	421,98
8	Wymiana drzwi zewnętrznych i bram garażowych	141 314,40	832,26
9	Prace dodatkowe niezbędne dla trwałości termomodernizacji	159 732,00	3 422,60
Razem koszt		991 157,52	

8.6. Wybór optymalnego wariantu usprawnień termomodernizacyjnych poprawiających sprawność cieplną systemu grzewczego

Za wariant optymalny przyjmuje się taki wariant, dla którego SPBT przyjmuje wartość najmniejszą:

$$SPBT = N_{co} / \sum \Delta O_{rco}$$

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 usprawnienia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii [zł/rok].

$$\Delta O_{rco} = (x_0 \cdot w_{t0} \cdot w_{d0} \cdot Q_{0co} \cdot O_{0z} / \eta_0 - x_1 \cdot w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{1co} \cdot O_{1z} / \eta_1) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0m} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1m} \cdot O_{1m}) + 12 \cdot (A_{b0} - A_{b1})$$

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na ciepło przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
 Q_{0co}, Q_{1co} – zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją - GJ/rok; obliczone zgodnie z Polską Normą według metody dotyczącej obliczania zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania, z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych zgodnie z tabelą 2 rozporządzenia, lub rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, lub indywidualnie na podstawie dokumentacji technicznej lub pomiarów.
 η_0, η_1 – całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po termomodernizacji,
 w_{t0}, w_{t1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia,
 w_{d0}, w_{d1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby,
 O_{0z}, O_{1z} – opłata zmienna [zł/GJ],
 y_0, y_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
 q_{0m}, q_{1m} – zapotrzebowanie na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego [MW],
 O_{0m}, O_{1m} – opłata stała miesięczna [zł/MW* m-c],

A_{bo}, A_{b1} – miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [zł/ m-c].

Całkowitą sprawność systemu grzewczego η_0 , η_1 oblicza się ze wzoru:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s, [-]$$

gdzie:

- η_g - sprawność wytwarzania ciepła określana 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_d - sprawność przesyłu 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_e - sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_s - sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

8.6.1. Opis projektowanego rozwiązania, przyjęte składowe sprawności instalacji c.o. dla stanu przed i po modernizacji.

Budynek Agronomówki jest zaopatrywany w ciepło bezpośrednio z instalacji elektrycznej – poprzez elektryczne ogrzewanie podłogowe. Instalacja ta nie jest wystarczająca dla pokrycia potrzeb grzewczych budynku, pomieszczenia są niedogrzone. Niedogrzewanie pomieszczeń sprzyjało przez lata powstawaniu zawilgocenia przegród, tynki zewnętrzne i wewnętrzne są odparzone, z licznymi ubytkami, drewniana konstrukcja stropu nad ostatnią kondygnacją i konstrukcja dachu są w znacznym stopniu przegniłe.

Instalacja c.o. jest w złym stanie technicznym, od lat nie była remontowana i nie jest w stanie zapewnić normatywnych parametrów temperaturowych w budynku. Instalacja nie posiada elementów regulacji, działa na zasadzie on-off, co nie pozwala reagować na nagłe zmiany temperatury. Instalacja c.o. nie zapewnia potrzeb grzewczych budynku, oparta jest na energii elektrycznej zatem jej użytkowanie jest kosztowne. Instalacja grzewcza nadaje się do kompleksowej wymiany.

W audycie przyjęto kompleksową wymianę instalacji c.o. Dotychczasowy sposób ogrzewania zostanie zlikwidowany, nowym źródłem ciepła dla budynku będzie pompa ciepła w układzie monowalnym, dla której dolnym źródłem ciepła będzie wymiennik gruntowy. Instalacja c.o. zostanie zaprojektowana na parametrach niskotemperaturowych np. 55/45°C dla grzejników oraz zostanie zastosowane ogrzewanie podłogowe o parametrach temperaturowych np. 40/30°C. Dla potrzeb audytu przyjęto udział instalacji grzejnikowej i ogrzewania podłogowego po 50%, jednak wartości te mogą ulec zmianie, należy wykonać projekt budowy pompy ciepła i instalacji centralnego ogrzewania, przy czym należy dążyć do maksymalnego wykorzystania ogrzewania podłogowego – podstawowe źródło ciepła.

W tabeli poniżej podano poszczególne składowe sprawności instalacji grzewczej po wymianie instalacji.

Pompa ciepła 90%

Rodzaje ulepszeń termomodernizacyjnych	Wartości sprawności składowych η oraz
--	--

	współczynników w *)
1.	2.
Pompa ciepła glikol/woda – sprężarkowa elektryczna, parametry pracy 55/45°C lub niższe	$\eta_g = 3,5$
Przesyłanie ciepła, ogrzewanie centralne, wodne, z lokalnego źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku, z zaizolowanymi przewodami, z armaturą i urządzeniami w ogrzewanym budynku	$\eta_d = 0,96$
Ogrzewanie wodne- grzejniki członowe/płytkowe z regulacją centralną i miejscową zakres (p-1K) 50% Ogrzewanie podłogowe lub ściennie – regulacja centralna i miejscowa 50%	$\eta_e = 0,89$
Akumulacji ciepła, bufor w systemie grzewczym o parametrach 55/45°C lub niższych (wewnątrz osłony termicznej budynku)	$\eta_s = 0,95$
Nie stosuje się przerw w ogrzewaniu w okresie tygodnia.	$w_t = 1,00$
Nie stosuje się przerw w ogrzewaniu w okresie doby	$w_d = 1,00$
Sprawność całkowita systemu grzewczego	$\eta_g \eta_d \eta_e \eta_s = 2,84$

Energia elektryczna 10% (grzałka w pompie ciepła)

Rodzaje ulepszeń termomodernizacyjnych	Wartości sprawności składowych η oraz współczynników w *)
1.	2.
Grzałka elektryczna w pompie ciepła (przyjęto jak dla podgrzewacza elektrotermicznego)	$\eta_g = 1,00$
Przesyłanie ciepła, ogrzewanie centralne, wodne, z lokalnego źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku, z zaizolowanymi przewodami, z armaturą i urządzeniami w ogrzewanym budynku	$\eta_d = 0,96$
Ogrzewanie wodne- grzejniki członowe/płytkowe z regulacją centralną i miejscową zakres (p-1K) 50% Ogrzewanie podłogowe lub ściennie – regulacja centralna i miejscowa 50%	$\eta_e = 0,89$
Akumulacji ciepła, bufor w systemie grzewczym o parametrach 55/45°C lub niższych (wewnątrz osłony termicznej budynku)	$\eta_s = 0,95$
Nie stosuje się przerw w ogrzewaniu w okresie tygodnia.	$w_t = 1,00$
Nie stosuje się przerw w ogrzewaniu w okresie doby	$w_d = 1,00$
Sprawność całkowita systemu grzewczego	$\eta_g \eta_d \eta_e \eta_s = 2,84$

Zgodnie z obliczeniami w pkt. 5.1 dla stanu aktualnego:

$$Q_{k,H,i} = 1,00 \times 1,00 \times 1 \times 28\,135,5 / 0,89 \times 0,0036 = \mathbf{113,68 \text{ GJ/rok}}$$

Natomiast dla stanu po wymianie instalacji:

$$Q_{k,H,i} = 12\,023,2 \times 0,0036 = \mathbf{43,28 \text{ GJ/rok}}$$

Zakres prac uwzględniony w wycenie:

Pompa ciepła - sprężarkowa elektryczna typu solanka - woda o mocy znamionowej ok. 6 kW mocy znamionowej

Długość rurociągów z glikolem 2 x DN 40 (rury preizolowane prowadzone w gruncie) długość ok. 120 mb

Razem koszt źródła ciepła 105 224 zł netto

Rurociągi instalacji c.o. (wszystkie izolowane)

DN 25 - 6 mb x 2

DN 20 - 6 mb x 2

DN 15 - 20 mb x 2

Grzejniki z zaworami termostatycznymi – 3 szt

Ogrzewanie podłogowe o powierzchni ok. 60 m² z armaturą

Rozdzielacze 2 szt + armatura

Licznik ciepła

Licznik energii elektrycznej do napędu pompy zostanie ujęty w audycie oświetlenia

Razem koszt instalacji c.o. 44 704,10 zł netto

Koszt dostosowania pomieszczenia dla potrzeb pompy ciepła 20 000 zł netto

Całkowity koszt usprawnienia 169 928,1

8.6.2. Roczne oszczędności kosztów i energii po wymianie instalacji c.o.

	$O_{z0,1} =$	163,48		zł/GJ			$Q_{0co} =$	28135,50	kWh/rok
	$O_{m0,1} =$	0,00		zł/MW/m-c					
				PC	EE		$q_{0co} =$	0,0161	MW
	Spr.	przed	usp.1	usp.1	usp.1				
	$\eta_{W,tot} =$	0,8910	2,8409	2,8409	0,8117				
	$w_{d0} =$	1,00	1,00	1,00	1,00				
	$w_{t0} =$	1,00	1,00	1,00	1,00				
	$\eta_{H,g} =$	0,990	3,500	3,500	1,000				
	$\eta_{H,d} =$	1,000	0,960	0,960	0,960				
	$\eta_{H,e} =$	0,900	0,890	0,890	0,890				
	$\eta_{H,s} =$	1,00	0,95	0,95	0,95				
Nr	η_0	Q_0 GJ	q_0 MW	Q_i GJ	q_i MW	O_{ir} zł	ΔO_{ir} zł	N zł	SPBT lata
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,8910	101,29	0,016	113,68	0,0161	18 584			
1	2,6380	101,29	0,016	43,28	0,0161	7 076	11 508	169 928	14,77

8.7. Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termo modernizacyjnego (kwoty netto)

Zakres prac	War. 1	War. 2	War. 3	War. 4	War. 5	War. 6	War. 7	War. 8	War. 9	War. 10
Wymiana okien U 0,9 W/m ² K	30 270	30 270	30 270	30 270	30 270	30 270	30 270	30 270	30 270	
Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją	265 550	265 550	265 550	265 550	265 550	265 550	265 550	265 550		
Ocieplenie stropu nad piwnicą	89 640	89 640	89 640	89 640	89 640	89 640	89 640			
Ocieplenie ścian zewnętrznych od wew.	259 578	259 578	259 578	259 578	259 578	259 578				
Ocieplenie ścian wewnętrznych	12 850	12 850	12 850	12 850	12 850					
Wymiana instalacji c.w.u.	12 026	12 026	12 026	12 026						
Wymiana okien U 1,3 W/m ² K	20 197	20 197	20 197							
Wymiana drzwi zewnętrznych i bram garażowych	141 314	141 314								
Prace dodatkowe niezbędne dla trwałości termomodernizacji	159 732									
Wymiana instalacji c.o.	169 928	169 928	169 928	169 928	169 928	169 928	169 928	169 928	169 928	169 928
Koszty netto realizacji przedsięwzięcia	1 161 086	1 001 354	860 039	839 843	827 817	814 966	555 388	465 748	200 198	169 928
Koszty netto dokumentacji, nadzorów itp..	97 561	85 115	73 103	71 387	70 364	69 272	47 208	39 589	17 017	14 444
Koszty netto całkowite	1 258 647	1 086 469	933 143	911 229	898 181	884 239	602 596	505 337	217 215	184 372

8.8. Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Celem wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oblicza się kolejno:

- planowane koszty całkowite
- kwotę rocznych oszczędności zgodnie ze wzorem:

$$\Delta O_r = \left(\frac{w_{t0} w_{d0} Q_{0co}}{\eta_0} + Q_{0cw} \right) O_{0z} - \left(\frac{w_{t1} w_{d1} Q_{1co}}{\eta_1} + Q_{1cw} \right) O_{1z} + 12[(q_{0m} + q_{0cw})O_{0m} - (q_{1m} + q_{1cw})O_{1m} + 12(A_{b0} - A_{b1})] \text{ [zl/rok]}$$

gdzie:

- η_0, η_1 - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po termomodernizacji,
- Q_{0co} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją,
- Q_{1co} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło po termomodernizacji,
- Q_{0cw} - zapotrzebowanie na ciepło dla przygotowania c.w.u. przed modernizacją,
- Q_{1cw} - zapotrzebowanie na ciepło dla przygotowania c.w.u. po modernizacji
- w_{t0}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia,
- w_{d0}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby,
- q_{0cw}, q_{1cw} - zapotrzebowanie na moc cieplną dla przygotowania c.w.u. przed i po modernizacji,
- q_{0m}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po wykonaniu prac termomodernizacyjnych,
- O_{0z}, O_{1z} - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po termomodernizacji,
- O_{0m}, O_{1m} - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po termomodernizacji,
- A_{b0}, A_{b1} - miesięczna opłata abonamentowa,

Ponadto:

- zmniejszenie zapotrzebowania na energię wyrażone w % w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją,
- kwotę środków własnych i kwotę kredytu,
- obliczenie wysokości premii termomodernizacyjnej

Pierwszy z kolejnych wariantów, dla którego wartość w kolumnie 5 tabeli 1 część 4 załącznika nr 1 do rozporządzenia spełnia wymagania ustawy określone w art. 3 pkt.1 ustawy, a wysokość premii jest określona jako minimum z wartości w kolumnach 7,8,9, tabeli 1 część 4 do załącznika nr 1 do rozporządzenia zgodnie z art. 5 ust. 1 i 2 ustawy, oraz wartości w kolumnie 6 tabeli część 4 załącznika nr 1 do rozporządzenia nie przekraczają zadeklarowanych przez Inwestora wielkości środków własnych i kwoty kredytu, o których mowa w par. 5 pkt. 3 uznaje się za optymalny. W przypadku, gdy żaden z wariantów nie spełnia wymogów określonych w art. 3 pkt. 1 ustawy inwestycja nie kwalifikuje się do otrzymania premii termomodernizacyjnej.

8.8.1. Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie energii użytkowej i moc dla budynku na potrzeby ogrzewania i wentylacji po realizacji każdego z analizowanych wariantów (dla sezonu standardowego) wyliczono z użyciem programu. OZC 6.9 Pro

Podstawowe wyniki obliczeń	w0	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
Wariant											
Projektowane obciążenie cieplne budynku Φ_{HL} obliczone zgodnie z normą [W]	16 127,70	4 266,50	4 281,10	4 461,70	4 467,80	4 467,80	5 984,00	9 436,50	10 791,60	11 379,50	16 127,70
Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:											
Wskaźnik Φ_{HL} odniesiony do powierzchni [W/m ²]	205,70	54,40	54,60	56,90	57,00	57,00	76,30	120,40	137,60	145,10	205,70
Wskaźnik Φ_{HL} odniesiony do kubatury [W/m ³]	58,40	15,50	15,50	16,20	16,20	16,20	21,70	34,20	39,10	41,20	58,40
Obliczeniowe zapotrzebowanie mocy na c.w.u. [W]	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię E:											
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową wg obliczeń charakterystyki energetycznej $Q_{H,rd}$ [kWh/rok]	28 135,50	3 875,00	3 908,70	4 235,00	4 244,00	4 244,00	7 095,00	15 302,90	19 045,10	20 061,60	28 135,50
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową wg obliczeń charakterystyki energetycznej $Q_{k,H}$ [kWh/rok]	31 577,40	1 705,00	1 719,80	1 863,40	1 867,40	1 867,40	3 121,80	6 733,40	8 379,90	8 827,20	12 023,20
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową wg obliczeń charakterystyki energetycznej $Q_{W,rd}$ [kWh/rok]	367,20	367,20	367,20	367,20	367,20	367,20	367,20	367,20	367,20	367,20	367,20
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową wg obliczeń charakterystyki energetycznej $Q_{k,w}$ [kWh/rok]	463,60	370,90	370,90	370,90	370,90	463,60	463,60	463,60	463,60	463,60	463,60

8.8.2 Roczne oszczędności zakładane do uzyskania w wyniku realizacji poszczególnych wariantów termomodernizacji

Roczne oszczędności zakładane do uzyskania w wyniku realizacji poszczególnych wariantów termomodernizacji												
O _{0zco}	163,48		zł/GJ									
O _{1zco}	163,48		zł/GJ									
O _{0,1zcwu}	163,48		zł/GJ									
Nr wariantu	Q _{kH} GJ/rok	q _{0co} MW	Q _{kW} GJ/rok	q _{0cwu} MW	Q _{kH} +Q _{kW} GJ/rok	q _{0co} +q _{0cwu} MW	O _{i r} zł/rok	ΔO _{i r} zł/rok	ΔO _{i r} %	N zł	SPBT K L	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
w0	113,68	0,0161	1,67	0,0004	115,35	0,0165	18 857					
w1	6,14	0,0043	1,34	0,0004	7,47	0,0047	1 222	17 635,30	93,52%	1 258 646,60	71,4	
w2	6,19	0,0043	1,34	0,0004	7,53	0,0047	1 230	17 626,59	93,47%	1 086 469,00	61,6	
w3	6,71	0,0045	1,34	0,0004	8,04	0,0049	1 315	17 542,08	93,03%	933 143,00	53,2	
w4	6,72	0,0045	1,34	0,0004	8,06	0,0049	1 317	17 539,72	93,01%	911 229,00	52,0	
w5	6,72	0,0045	1,67	0,0004	8,39	0,0049	1 372	17 485,17	92,72%	898 181,00	51,4	
w6	11,24	0,0060	1,67	0,0004	12,91	0,0064	2 110	16 746,92	88,81%	884 239,00	52,8	
w7	24,24	0,0094	1,67	0,0004	25,91	0,0099	4 236	14 621,39	77,54%	602 596,00	41,2	
w8	30,17	0,0108	1,67	0,0004	31,84	0,0112	5 205	13 652,38	72,40%	505 337,00	37,0	
w9	31,78	0,0114	1,67	0,0004	33,45	0,0118	5 468	13 389,13	71,00%	217 215,00	16,2	
w10	43,28	0,0161	1,67	0,0004	44,95	0,0165	7 349	11 508,19	61,03%	184 372,00	16,0	

Oznaczenia:

Q_k - energia końcowa (z uwzględnieniem sprawności instalacji)

q₀ - obliczeniowe zapotrzebowanie mocy grzewczej

O_{ir}	- roczne koszty ogrzewania
ΔO_{ir}	- oszczędność roczna w zł/rok i w %
N	- nakłady
SPBT	- prosty czas zwrotu

9. Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Poniżej zamieszczono tabelę dokumentującą wybór optymalnego wariantu termomodernizacyjnego zgodnie z rozporządzeniem dot. szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego, jednak zwraca się uwagę, że przedmiotowy budynek nie podlega pod finansowanie z ustawy termomodernizacyjnej i w zależności od programu pomocowego sposób finansowania może znacznie odbiegać od przedstawionego poniżej.

Lp	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite N	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej)	premia termomodernizacyjna 31% ze względu na zastosowanie OZE
		zł	zł/a	[%]	[zł]
1	2	3	4	5	6
1	Wariant 1	1 258 646,60	17 635,30	93,52	390 180,45
2	Wariant 2	1 086 469,00	17 626,59	93,47	336 805,39
3	Wariant 3	933 143,00	17 542,08	93,03	289 274,33
4	Wariant 4	911 229,00	17 539,72	93,01	282 480,99
5	Wariant 5	898 181,00	17 485,17	92,72	278 436,11
6	Wariant 6	884 239,00	16 746,92	88,81	274 114,09
7	Wariant 7	602 596,00	14 621,39	77,54	186 804,76
8	Wariant 8	505 337,00	13 652,38	72,40	156 654,47
9	Wariant 9	217 215,00	13 389,13	71,00	67 336,65
10	Wariant 10	184 372,00	11 508,19	61,03	57 155,32

Po zapoznaniu się z wynikami analizy Inwestor skierował do realizacji zakres prac wariantu nr 1, ponieważ zapewni on kompleksową termomodernizację budynku oraz zapewni największe oszczędności.

10. Wnioski

Zakres rzeczowo-finansowy **wariantu 1** skierowanego do realizacji obejmuje:

Zakres prac	Wariant 1	jednostka
Wymiana okien U 0,9 W/m ² K	30 270,10	zł
Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją	265 550,00	zł
Ocieplenie stropu nad piwnicą	89 640,00	zł
Ocieplenie ścian zewnętrznych od wew.	259 578,27	zł
Ocieplenie ścian wewnętrznych	12 850,25	zł
Wymiana instalacji c.w.u.	12 026,00	zł
Wymiana okien U 1,3 W/m ² K	20 196,50	zł
Wymiana drzwi zewnętrznych i bram garażowych	141 314,40	zł
Prace dodatkowe niezbędne dla trwałości termomodernizacji	159 732,00	zł
Wymiana instalacji c.o.	169 928,10	zł
Koszty netto realizacji przedsięwzięcia	1 161 085,62	zł
Koszty netto dokumentacji, nadzorów itp..	97 560,98	zł
Koszty netto całkowite	1 258 646,60	zł

Realizacja pełnego zakresu prac zgodnie z powyższym zestawieniem przyczyni się do znaczącego zmniejszenia energochłonności budynku. W stosunku do stanu aktualnego, przy założeniu, że budynek spełnia normatywne wymagania dla krotności wymian świeżego powietrza i dotrzymywane są w nim normatywne temperatury wewnętrzne, oszczędność energii końcowej wyniesie 93,52% (jest to wynikiem zastosowania pompy ciepła opartej na wymienniku gruntowym – zastosowano instalację niskotemperaturową, tak aby zoptymalizować czas pracy PC).

Przedmiotowy obiekt będzie po termomodernizacji będzie spełniał wymagania „Warunków Technicznych” w zakresie charakterystyki energetycznej dla budynków przebudowywanych – warunek wymagany dla współczynników przegród.

11. Opis techniczny wariantu skierowanego do realizacji

11.1. Określenie optymalnej grubości izolacji ścian zewnętrznych

$$U = 1,09 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

(średnia ważona)

$$A = 92,23 \text{ m}^2$$

$$A_1 \approx 116,59 \text{ m}^2$$

-współczynnik przenikania ściany przed termorenowacją

-powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej dla stanu aktualnego osłaniającej ogrzewaną część budynku, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej, bez powierzchni okien.

-całkowita powierzchnia ścian do ocieplenia, osuszenia, naprawy tynków, malowania, do jej określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Ocieplenie ścian zewnętrznych – obiekt jest zabytkowy, brak możliwości wykonania ocieplenia ścian od zewnątrz. Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych od zewnątrz i od wewnątrz przyjęto jako prace konieczne do wykonania po obu stronach przegrody skucie tynków, odgrzybienie i osuszenie ścian, naprawa oszczędzonych fragmentów ścian, ułożenie tynków, malowanie. Przewidziano ocieplenie ścian zewnętrznych powyżej gruntu - zostanie wykonane od

wewnątrz z zastosowaniem płyt termoizolacyjnych PIR (składających się z poliizocyanuratu jako warstwy termoizolacyjnej oraz warstwy wierzchniej wykonanej z płyt gipsowo-kartonowych, całość łączona jest specjalnymi „zamkami” zapewniającymi szczelność połączeń i brak możliwości przedostawania się wilgoci do wnętrza ściany. Przyjęta **grubość izolacji 100 mm, $\lambda = 0,023$ (m K/W)** lub niższy.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu ścian od wewnątrz płytami PIR o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,023$ W/mK o **grubości 10 cm** wraz z niezbędnymi pracami naprawczymi na ścianach zewnętrznych od zewnątrz i od wewnątrz.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

W kosztach uwzględniono również osuszanie ścian i otworzenie tynków wraz z malowaniem również na ścianach pomieszczeń nieogrzewanych, stąd duża różnica pomiędzy powierzchnią przegród generujących efekt energetyczny a powierzchnią przyjętą do obliczenia nakładów na realizację usprawnienia.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **259 578,27 zł netto**.

11.2. Określenie optymalnej grubości izolacji ścian wewnętrznych do przestrzeni nieogrzewanej

$U = 1,79$ (W/m²K) -współczynnik przenikania ściany przed termorenowacją
(średnia ważona)

$A = 36,71$ m² -powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej dla stanu aktualnego osłaniającej ogrzewaną część budynku, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej, bez powierzchni okien.

$A_1 \approx 36,715$ m² -całkowita powierzchnia ścian do ocieplenia, do jej określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Ocieplenie ścian wewnętrznych garażu (nieogrzewanego) do przestrzeni ogrzewanej – założono ocieplenie ścian wewnętrznych garażu nieogrzewanego sąsiadujących z pomieszczeniami ogrzewanymi za pomocą mineralnych płyt izolacyjnych wykonanych z bardzo lekkiej odmiany betonu komórkowego np. MULTIPOR **grubości izolacji 14 cm, $\lambda = 0,043$ (m K/W)** lub niższy.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu ścian wewnętrznych do pomieszczeń nieogrzewanych bloczkami typu MULTIPOR lub innymi podobnymi o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,043$ W/mK o **grubości 14 cm**.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **12 850,25 zł netto**.

11.3. Określenie optymalnej grubości izolacji stropu nad ostatnią kondygnacją

$U = 0,979$ (W/m²K) -współczynnik przenikania stropu przed termorenowacją

$A = 137,4$ m² -powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej,

$A_1 \approx 137,4$ m² -całkowita powierzchnia stropu do ocieplenia, do jego określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją - przyjęto wykonanie ocieplenia wełną mineralną **grubość izolacji 25 cm, $\lambda = 0,038$ (m K/W)** lub niższy oraz wykonanie pod nią warstwy hydroizolacyjnej. Ponadto dla zapewnienia trwałości wykonanej termoizolacji stropu przewiduje się konieczność wymiany części zniszczonych elementów konstrukcji stropu nad ostatnią kondygnacją, dachu oraz wymianę dachówek i obróbek blacharskich wraz z rynnami i rurami spustowymi. Przewidziano również montaż nowej instalacji odgromowej.

Wartości Nu (brutto) przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **265 550 zł netto**.

11.4. Określenie optymalnej grubości ocieplenia stropu w pomieszczeniach ogrzewanych nad nieogrzewana piwnicą

$U = 1,149 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

-współczynnik przenikania stropu przed termorenowacją

$A = 74,7 \text{ m}^2$

-powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej (powierzchnia dot. pomieszczeń użytkowych obecnie, docelowo poddasze będzie użytkowane w znacznie większej powierzchni)

$A_1 \approx 74,7 \text{ m}^2$

-całkowita powierzchnia dachu do ocieplenia, do jego określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Ocieplenie stropu w pomieszczeniach ogrzewanych nad nieogrzewana piwnicą - przyjęto ocieplenie posadzki styropianem **grubości izolacji 15 cm, $\lambda = 0,036 \text{ (m K/W)}$** lub niższy oraz wykonanie nowych warstw posadzki.

Wartości N_u przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **89 640 zł netto**.

11.5. Prace dodatkowe – osuszenie ścian zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych i termoizolacja ścian nieogrzewanych garażu oraz niezbędne prace budowlane

W zakresie prac dodatkowych, koniecznych do wykonania przewidziano hydroizolację ścian poniżej terenu (przy gruncie). Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych i wewnętrznych przyjęto jako prace konieczne do wykonania skucie tynków, odgrzybienie i osuszenie ścian, naprawa oszczędzonych fragmentów ścian, ułożenie tynków renowacyjnych i odpowiednich powłok zabezpieczających mury przed wnikaniem do nich wilgoci. Wygeneruje to efekt energetyczny dzięki zmianie wilgotności przegrody, oraz zostanie wykonana hydroizolacja odpowiednimi materiałami zapewniającymi odporność na przenikanie wilgoci. Po wykonaniu prac od zewnątrz grunt zostanie zasypany i zostanie wykonana opaska wokół budynku. Uwaga: ścian piwnic nie ociepla się ponieważ piwnice są nie ogrzewane, sklepienia łukowe uniemożliwiają prawidłowe wykonanie izolacji od wewnątrz.

Przewidziano osuszenie i naprawę tynków wraz z malowaniem ścian zewnętrznych w pomieszczeniach nieogrzewanych.

W pracach uwzględniono również ocieplenie ścian zewnętrznych garażu nieogrzewanego – dla potrzeb osuszenia ścian i zapewnienia trwałości wykonanych prac i większej odporności na temperatury zewnętrzne założono ocieplenie ścian zewnętrznych garażu nieogrzewanego od wewnątrz za pomocą mineralnych płyt izolacyjnych wykonanych z bardzo lekkiej odmiany betonu komórkowego np. MULTIPOR grubości izolacji 5 cm, $\lambda = 0,043 \text{ (m K/W)}$ lub niższy.

Łączna powierzchnia ścian generujących efekt energetyczny wynosi $201,316 \text{ m}^2$

Całkowite nakłady na realizację zadania wynoszą **159 732 zł netto**

Jak pisano na wstępie tego punktu, tego usprawnienia nie należy rozpatrywać w kategoriach opłacalności i efektywności energetycznej, jest ono wymagane dla zapewnienia prawidłowych warunków użytkowania pomieszczeń dla stanu po termomodernizacji.

11.6. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany okien w pomieszczeniach ogrzewanych

Okna zostaną wykonane jako drewniane, szczelne o przepuszczalności szczelin $0,5 < a < 1,0 \text{ [m}^3/\text{mhdaPa}^{2/3}]$.

$U = 2,6 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

-współczynnik przenikania okien w stanie aktualnym,

$A_o = 8,64 \text{ m}^2$ -powierzchnia okien, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej
 $A_1 = 8,65 \text{ m}^2$ -całkowita powierzchnia okien do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.
Zgodnie z wymaganiami, $U = 0,9 \text{ [W/ m}^2\text{K]}$
Wartości N_u przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.
Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na wymianie istniejących okien na nowe drewniane, (odtworzenie istniejących okien zabytkowych wraz ze wszystkimi elementami), o współczynniku przenikania ciepła dla okna **$0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$** .
Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **30 270,1 zł netto**.

11.7. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany okien w pomieszczeniach nieogrzewanych

Wymiana okien na nowe drewniane, wykonane zgodnie z wymaganiami konserwatorskimi.
W stanie aktualnym okna są nieszczelne, widoczne szczeliny powodujące nadmierną infiltrację powietrza do pomieszczeń, okna posiadają niski współczynnik przewodzenia ciepła.
Okna zostaną wykonane jako drewniane, szczelne o przepuszczalności szczelin $0,5 < a < 1,0 \text{ [m}^3/\text{mhdaPa}^{2/3}]$.

$U = 2,6 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ -współczynnik przenikania okien w stanie aktualnym,
 $A_o = 8,08 \text{ m}^2$ -powierzchnia okien, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej
 $A_1 = 8,08 \text{ m}^2$ -całkowita powierzchnia okien do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.
Zgodnie z wymaganiami, $U = 1,3 \text{ [W/ m}^2\text{K]}$
Wartości N_u przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.
Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na wymianie istniejących okien na nowe drewniane, (odtworzenie istniejących okien zabytkowych wraz ze wszystkimi elementami), o współczynniku przenikania ciepła dla okna **$1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$** .
Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **20 196,5 zł netto**.

11.8. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany drzwi zewnętrznych:

Wymiana istniejących drzwi zewnętrznych i bram garażowych na nowe o współczynniku przenikania $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Założono wymianę drzwi na drewniane.

$U = 2,8 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ -współczynnik przenikania drzwi przed termorenowacją,
 $A_o = 35,33 \text{ m}^2$ -powierzchnia drzwi zewnętrznych, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej
 $A_1 = 35,33 \text{ m}^2$ -całkowita powierzchnia drzwi do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji
Zgodnie z wymaganiami, $U = 1,3 \text{ [W/ m}^2\text{K]}$
Wartości N_u przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.
Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na wymianie istniejących drzwi i bram na nowe, zgodnie z wymaganiami konserwatorskimi o współczynniku przenikania ciepła dla drzwi **$1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$** .
Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **141 314,40 zł netto**.

11.9. Modernizacja instalacji c.w.u.

Wymiana instalacji c.w.u. –zostanie zamontowany podgrzewacz elektryczny przepływowy oraz zostanie wymieniona cała instalacja c.w.u. – rurociągi zostaną wymienione na nowe i zaizolowane,

wypływk (obecnie zakamienione i zniszczone) zostaną wymienione na nowe oraz zostaną zamontowane perlatory.

Składowe sprawności instalacji przed termomodernizacją podano w pkt. 4.6 niniejszego opracowania. Poniżej w tabeli podano składowe sprawności instalacji c.w.u. dla stanu po modernizacji.

Zakres prac uwzględniony w wycenie:

1 x przepływowy elektryczny podgrzewacz

Rurociągi DN 15 - 6 m izolowane

Wypływk (1 x umywalka), wyposażona w perlator, wężyk elastyczny z zaworkami

Koszt usprawnienia 12 026 zł netto

11.10. Wymiana instalacji c.o

W audycie przyjęto kompleksową wymianę instalacji c.o. Dotychczasowy sposób ogrzewania zostanie zlikwidowany, nowym źródłem ciepła dla budynku będzie pompa ciepła, dla której dolnym źródłem ciepła będzie wymiennik gruntowy. Instalacja c.o. zostanie zaprojektowana na parametrach niskotemperaturowych np. 55/45°C dla grzejników oraz zostanie zastosowane ogrzewanie podłogowe o parametrach temperaturowych np. 40/30°C. Dla potrzeb audytu przyjęto udział instalacji grzejnikowej i ogrzewania podłogowego po 50%, jednak wartości te mogą ulec zmianie, należy wykonać projekt budowy pompy ciepła i instalacji centralnego ogrzewania, przy czym należy dążyć do maksymalnego wykorzystania ogrzewania podłogowego – podstawowe źródło ciepła.

Pompa ciepła - sprężarkowa elektryczna typu solanka - woda o mocy znamionowej ok. 6 kW mocy znamionowej

Długość rurociągów z glikolem 2 x DN 40 (rury preizolowane prowadzone w gruncie) długość ok. 120 mb

Razem koszt źródła ciepła 105 224 zł netto

Rurociągi instalacji c.o. (wszystkie izolowane)

DN 25 - 6 mb x 2

DN 20 - 6 mb x 2

DN 15 - 20 mb x 2

Grzejniki z zaworami termostatycznymi – 3 szt

Ogrzewanie podłogowe o powierzchni ok. 60 m² z armaturą

Rozdzielacze 2 szt + armatura

Licznik ciepła

Licznik energii elektrycznej do napędu pompy zostanie ujęty w audycie oświetlenia

Razem koszt instalacji c.o. 44 704,10 zł netto

Koszt dostosowania pomieszczenia dla potrzeb pompy ciepła 20 000 zł netto

Całkowity koszt usprawnienia 169 928,1


mgr inż. Olga Kaczmarek
uprawnienia budowlane
do projektowania bez ograniczeń
w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci,
instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych,
gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych
nr ew. MAP/0233/POOS/10 wyd. Przez MOiB