

TEMAT:

AUDYT ENERGETYCZNY TERMOMODERNIZACJI

OBIEKT:

BUDYNEK ARSENAŁU



ADRES:

**ARSENAŁ
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 MOIIB

UPR nr MAP/0233/POOS/10

KAPE nr 0144

Wpisana na listę osób posiadających uprawnienia do wykonywania
świadectw 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 Arsenalu	
	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. 8	
4	Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku	str. 13	
5	Charakterystyka energetyczna budynku w stanie aktualnym, wskazanie możliwych usprawnień	str. 18	
6	Ocena stanu technicznego budynku w zakresie istotnym dla wskazania właściwych ulepszeń i przedsięwzięć termomodernizacyjnych	str. 22	
7	Wskazanie rodzajów usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych wybranych na podstawie oceny stanu technicznego, zgodnego z oczekiwaniami Inwestora	str. 22	
8	Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	str. 23	
9	Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku	str. 43	
10	Wnioski	str. 44	
11	Opis techniczny wariantu skierowanego do realizacji	str. 44	

TABELA 2. KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU *)

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	tradycyjna	tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	2	2
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	435,4	435,4
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	153	153
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	-	-
6.	Powierzchnia ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	153	153
7.	Liczba lokali mieszkalnych	-	-
8.	Liczba osób użytkujących budynek	6	6
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	indywidualny, w podgrzewaczach elektrycznych	indywidualny, w podgrzewaczach elektrycznych
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	z kotła opalanego węglem (50%) oraz z grzejników elektrycznych (50%)	pompa ciepła z wymiennikiem gruntowym zasilająca instalację ogrzewania podłogowego i grzejniki niskotemperaturowe
11.	Współczynnik A/V [l/m]	0,77	0,77
12.	Inne dane charakteryzujące budynek: Φ_{HLA} , Φ_{HLV}	151,7 W/m ² , 53,3 W/m ³	42,8 W/m ² , 15,0 W/m ³
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m² · K)]			
1.	Ściany zewnętrzne		
1.	Ściany zewnętrzne przy gruncie	0,797 ÷ 1,354 0,748	0,172 ÷ 0,193 0,162
2.	Dach/stropodach/strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,252	0,135
3.	Strop nad piwnicą	-	-

4.	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,47 ÷ 0,488	0,271 ÷ 0,276
5.	Okna, drzwi balkonowe	2,6	0,9
6.	Drzwi zewnętrzne/bramy	2,8	1,3
7.	Inne:	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,65 / 0,99	3,5
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,80 / 1,00	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77 / 0,91	0,89
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00 / 1,00	0,95
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00 / 1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00 / 1,00	1,00
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,96	0,99 / 0,96
2.	Sprawność przesyłu [-]	1,00	1,00 / 0,80
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	1,00	1,00 / 1,00
4.	Sprawność akumulacji [-]	0,60	1,00 / 0,85
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]	494	494

4.	Krotność wymian powietrza [1/h]	0,5	0,5
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	23,208	6,551
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej [kW]	4,3	4,3
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	140,97	23,67
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	254,27	10,42
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej [GJ/rok]	4,48	3,28
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)]	255,9	43
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	461,6	18,9

	[kWh/(m ² · rok)]		
10. ²⁾	Udział odnawialnych źródeł energii [%] w całym bilansie budynku	0,0%	30,7%
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)			
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku*) [zł/GJ]	152,86	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]	53,51	39,18
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)]	21,17	0,93
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)]	508,8	31,7
2.	EP - wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną [kWh/(m ² ·rok)]	824,7	79,1
3.	Zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię [%]	94,71	
4.	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię [GJ/rok]	245,05	
5.	Średnioroczna oszczędność energii finalnej [toe/rok]	5,85	
6.	Uniknięta emisja CO ₂ [t CO ₂ /rok]	31,21	
7.	Roczne oszczędności kosztów energii [zł/rok]	37 360,66	

8.	Moc instalacji OZE w ramach termomodernizacji [kW] ⁴⁾	Ok. 8 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]	990 514,18 netto	1 218 332,44 brutto
2.	Koszty zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [zł] ⁴⁾	109 214 netto	134 333,20 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⁾	11%	
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) U _{OZE} [%] 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 Arsenalu 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 Arsenalu – 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 i drzwi są zniszczone, wypaczone i o niskim współczynniku przewodzenia ciepła. Przegrody nie spełniają obowiązujących wymagań izolacyjności cieplnej, a w przypadku okien i drzwi dodatkowo występuje nadmierna niepożądana infiltracja powietrza zewnętrznego do pomieszczeń.

Powierzchnia zabudowy: 89 m², powierzchnia użytkowa: 153 m², kubatura całkowita: 988 m³. Liczba kondygnacji: 2 nadziemne (parter i I p, obie ogrzewane). Budynek dwukondygnacyjny niepodpiwniczony wolnostojący na rzucie prostokąta o wymiarach 10.73x10.96 m. Budynek murowany z cegły pełnej na fundamencie kamiennym. Dach dwuspadowy o konstrukcji drewnianej. Strop nad parterem i piętrem prefabrykowany WPS na belkach stalowych. Ściana frontowa o bogatym wystroju w stylu neogotyckim z posągami kamiennymi usytuowanymi we wnękach.

Budynek Arsenalu jest zaopatrywany w ciepło ze starej kotłowni węglowej umiejscowionej na parterze budynku i wodnej instalacji grzejnikowej pozbawionej regulacji oraz poprzez dogrzewanie pomieszczeń grzejnikami elektrycznymi. Początkowo kotłownia węglowa oparta na kotle typu „kopciuch” stanowiła podstawowe źródło ciepła, jednak z czasem, ze względu na łagodne zimy, większy udział zaczęły stanowić grzejniki elektryczne, a kotłownia węglowa miałaby być użyta w przypadku wystąpienia długotrwałych mrozów, gdyby grzejniki elektryczne nie były w stanie pokryć wymaganego zapotrzebowania na ciepło. Doprowadziło to do sytuacji, w której pomieszczenia nie były dogrzewane i pogłębiała się degradacja budynku. W toku dalszych obliczeń i analiz założono, że dla stanu obecnego w warunkach obliczeniowych (tj. dla sezonu standardowego) budynek ogrzewany jest z grzejników elektrycznych w 50%, a ogrzewanie z kotła węglowego pokrywa 50% całkowitego zapotrzebowania na ciepło, co byłoby wymagane, aby zapewnić normatywne parametry temperaturowe w pomieszczeniach Arsenalu.

Instalacja c.o. jest w złym stanie technicznym, od lat nie była remontowana. Rurociągi w budynku Arsenalu są skorodowane. Instalacja nie posiada elementów regulacji i posiada bardzo dużą bezwładność cieplną, co nie pozwala reagować na nagłe zmiany temperatury. Instalacja 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, 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 Arsenalu 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:

Termo-hydroizolacja ścian poniżej terenu (przy gruncie) – obiekt jest zabytkowy, brak możliwości wykonania ocieplenia ścian od zewnątrz. Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych 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. W pracach uwzględniono również remont schodów zewnętrznych. Ponadto przewidziano ocieplenie ścian poniżej gruntu - zostanie wykonane od wewnątrz z zastosowaniem płyt termoizolacyjnych PIR (składających się z poliizocyjanuratu 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).**

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 poliizocyjanuratu 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 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 dachu oraz wymianę dachówek i obróbek blacharskich wraz z rynnami i rurami spustowymi. Przewidziano również demontaż starej i montaż nowej instalacji odgromowej.

Ocieplenie podłóg na gruncie - przyjęto wykonanie izolacji przeciwwilgociowej, ocieplenie styropianem **grubości 5 cm, $\lambda = 0,036$ (m K/W)** lub niższy oraz wykonanie nowych warstw posadzki.

Wymiana okien – okna drewniane o współczynniku przenikania **$U=0,9$ W/m²K**. Przy okazji montażu nowych okien wyposażonych w nawiewniki, przewidziano usprawnienie istniejącej niesprawnej wentylacji grawitacyjnej. Obecnie we wszystkich pomieszczeniach otwory wentylacyjne są prawdopodobnie zamurowane, w ramach prac przewidziano udrożnienie istniejących kanałów wentylacyjnych lub wykonanie nowych, tak aby zapewnić normatywne wymagania w zakresie wentylacji budynku. W zakresie prac uwzględniono również wymianę parapetów zewnętrznych i wewnętrznych.

Wymiana drzwi zewnętrznych - drzwi o współczynniku przenikania **$U = 1,3$ W/m²K**.

Wymiana instalacji c.o. – przyjęto kompleksową wymianę instalacji c.o. wraz z wymianą źródła ciepła. 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. – zostaną zamontowane dwa podgrzewacze elektryczne (jeden na parterze (przepływowy) i jeden na I piętrze (pojemnościowy) oraz zostanie wymieniona cała instalacja c.w.u. – rurociągi zostaną wymienione na nowe i zaizolowane, wypływy (obecnie zakamienione i zniszczone) zostaną wymienione na nowe oraz zostaną zamontowane perlatory.

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 c.o. i podgrzewu c.w.u. oraz pozostałego zużycia.

Ponadto przewidziano montaż systemu BMS umożliwiającego zarządzanie zużyciem energii przez budynek oraz monitorowanie zużycia energii elektrycznej i cieplnej (ta część zostanie uwzględniona kosztowo w audycie oświetlenia). BMS będzie pracował również dla potrzeb

opomiarowania pracy dolnego źródła dla Agronomówki. Zgromadzone dane posłużą w celach edukacyjnych dla studentów i pracowników AGH.

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

1. Audyt energetyczny budynku Agronomówki. 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 Arsenalu 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 Arsenalu znajdującego się w Zespole pałacowo parkowym w Młoszowej, ul. Florkiewicza 6, gmina Trzebinia, powiat Chrzanowski, województwo małopolskie.

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	89,0 m ²
Powierzchnia użytkowa (o regulowanej temperaturze Af)	153 m ²
Kubatura całkowita	988 m ³
Liczba kondygnacji: 2 nadziemne + poddasze nieużytkowe	
Wysokość kondygnacji użytkowych:	2,83-2,86 m
Wartość współczynnika kształtu A/V	0,77

Konstrukcja budynku tradycyjna, murowana. Dach kryty dachówką. Budynek dwukondygnacyjny niepodpiwniczony wolnostojący na rzucie prostokąta o wymiarach 10.73x10.96 m z aneksem WC 4.89x2.96 m. Budynek murowany z cegły pełnej na fundamencie kamiennym. Dach dwuspadowy o konstrukcji drewnianej. Strop nad parterem i piętrem po remoncie prefabrykowany WPS na belkach stalowych. Ściana frontowa o bogatym wystroju w stylu neogotyckim z posągami kamiennymi usytuowanymi we wnękach.

Budynek z punktu widzenia prac istotnych dla przedmiotowego opracowania posiada: instalację centralnego ogrzewania zasilany ze starej, wyeksploatowanej kotłowni węglowej zamontowanej w budynku, ogrzewanie elektryczne (grzejnikowe), instalację ciepłej wody użytkowej – przygotowanie miejscowe w podgrzewaczach elektrycznych, instalację elektryczną, instalację wentylacji grawitacyjnej (niesprawną), 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 skrzynkowe w złym stanie technicznym, z licznymi nieszczelnościami.

Drzwi zewnętrzne 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 Arsenalu jest zaopatrywany w ciepło ze starej kotłowni węglowej umiejscowionej na parterze budynku i wodnej instalacji grzejnikowej pozbawionej regulacji oraz poprzez dogrzewanie pomieszczeń grzejnikami elektrycznymi. Początkowo kotłownia węglowa oparta na kotle typu „kopciuch” stanowiła podstawowe źródło ciepła, jednak z czasem, ze względu na łagodne zimy, większy udział zaczęły stanowić grzejniki elektryczne, a kotłownia węglowa miałaby być użyta w przypadku wystąpienia długotrwałych mrozów, gdyby grzejniki elektryczne nie były w stanie pokryć wymaganego zapotrzebowania na ciepło. Doprowadziło to do sytuacji, w której pomieszczenia nie były dogrzewane i pogłębiała się degradacja budynku. W toku dalszych obliczeń i analiz założono, że dla stanu obecnego w warunkach obliczeniowych (tj. dla sezonu standardowego) budynek ogrzewany jest z grzejników elektrycznych w 50%, a ogrzewanie z kotła węglowego pokrywa 50% całkowitego zapotrzebowania na ciepło, co byłoby wymagane aby zapewnić normatywne parametry temperaturowe w pomieszczeniach Arsenalu.

Brak szczegółowych danych na temat mocy kotłowni (brak tabliczki znamionowej, kocioł w bardzo złym stanie, typu „kopciuch”) i całkowitego rocznego zużycia paliwa przy zapewnieniu normatywnych temperatur w pomieszczeniach. Obiekt od wielu lat nie był w należyty sposób eksploatowany. W obiekcie utrzymywane są minimalne temperatury zabezpieczające jedynie instalacje przed zamarznięciem, co spowodowało znaczne zawilgocenie ścian zewnętrznych. Obiekt wymaga gruntownej termomodernizacji i remontu, aby możliwa była jego normalna eksploatacja.

C.w.u. przygotowywana jest indywidualnie w starych podgrzewaczach elektrycznych. Brak informacji o zużyciu energii na cele 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 - stan przed modernizacją		
O _{0m} - stała opłata miesięczna	-	
O _{0z} - opłata zmienna obliczona na podstawie kosztów eksploatacji kotłowni węglowej 50% i energii elektrycznej 50% Zużycie energii 254,27 GJ Roczne koszty eksploatacji kotłowni 36 165,77 zł/rok Koszt 1 GJ = 142,23 zł netto UWAGA: koszty uwzględniają koszty zakupu paliwa, jego dowozu loco kotłownia, koszt palacza i bieżących napraw Koszt 1 MWh en. elektrycznej 588,54 zł/MWh tj. 163,48 zł/GJ netto Ogrzewanie budynku pokrywane w 50% z węgla i w 50% z energii elektrycznej, średnia ważona ceny jednostkowej: 152,86 zł/GJ	152,86	zł/GJ netto
Ciepła woda użytkowa - stan przed modernizacją		
O _{0z} - 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
Ogrzewanie i wentylacja oraz c.w.u. - stan po modernizacji		
O _{1m} - 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 w 50% stary, wyeksploatowany kocioł węglowy zamontowany na parterze budynku, kocioł zasila starą, pozbawioną elementów regulacji wodną instalację grzejnikową. Grzejniki żeliwne, członowe, o dużej pojemności zładu, instalacja nie jest wyposażona w zawory i głowice termostatyczne. Instalacja jest w złym stanie technicznym, wymaga kompleksowej wymiany. Parametry pracy instalacji c.o. 80/60°C. W pozostałych 50% budynek ogrzewany jest z indywidualnych grzejników elektrycznych ustawionych w każdym pomieszczeniu. Grzejniki są stare, pozbawione zabezpieczeń przed przegrzaniem, stwarzają zagrożenie. Brak rejestracji zużycia ciepła przez budynek.

Poniżej zestawiono poszczególne składowe sprawności instalacji c.o..

Instalacja wodna 50%

Lp	Nazwa	stan aktualny	Uwagi
1	$\eta_{H,g}$ - sprawność wytwarzania	0,65	Kocioł węglowy wyprodukowany w latach 1980-2000
2	$\eta_{H,d}$ - sprawność przesyłu, dystrybucji ciepła	0,80	Ogrzewanie centralne wodne ze źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku, bez izolacji na przewodach, armaturze i urządzeniach w pomieszczeniach nieogrzewanych
3	$\eta_{H,e}$ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła	0,77	Ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi. Regulacja centralna bez miejscowej.
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	$\eta_{H,tot}$ - sprawność ogólna	0,40	$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \times \eta_{H,d} \times \eta_{H,e} \times \eta_{H,s}$

Instalacja elektryczna 50%

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	Ogrzewanie mieszkaniowe – wytwarzane w przestrzeni lokalu mieszkalnego
3	$\eta_{H,e}$ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła	0,91	Elektryczne ogrzewanie bezpośrednie – konwektorowe, płaszczyznowe, promiennikowe z regulatorem P.
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	$\eta_{H,tot}$ -	0,90	$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \times \eta_{H,d} \times \eta_{H,e} \times \eta_{H,s}$

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

Instalacja c.w.u. przygotowywana indywidualnie w akumulacyjnym podgrzewaczu elektrycznym. Instalacja stara, zniszczona, podgrzewacz elektryczny zły jakości, stary, słabo izolowany. 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	0,96	Elektryczny podgrzewacz akumulacyjny (straty ciepła z podgrzewaczy uwzględniono w $\eta_{w,s}$)
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	0,60	Uwzględniono starty ciepła z elektrycznych podgrzewaczy, które są w złym stanie technicznym, zasobnik w systemie c.w.u. wyprodukowany przed 1995r.
5	$\eta_{w,tot}$ -	0,576	$\eta_{w,tot} = \eta_{w,g} \times \eta_{w,d} \times \eta_{w,e} \times \eta_{w,s}$

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

Budynek Arsenalu jest zaopatrywany w ciepło ze starej kotłowni węglowej umiejscowionej na parterze budynku, kotłownia węglowa oparta na kotle typu „kopciuch” stanowiła podstawowe źródło ciepła, jednak z czasem, ze względu na łagodne zimy, większy udział zaczął stanowić grzejniki elektryczne, które były nie wystarczające dla zapewnienia wymaganych temperatur w budynku. Doprowadziło to do sytuacji, w której pomieszczenia nie były dogrzewane i pogłębiała się degradacja budynku. Sposób ogrzewania budynku wymaga całkowitej przebudowy.

Instalacja c.w.u. nie spełnia oczekiwań użytkownika – instalacja jest energochłonna i mało wydajna. Oparta jest na starym elektrycznym podgrzewaczu akumulacyjnym, podgrzewacz ma słabą izolację, 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. Okna mają ogromne nieszczelności co powoduje niepożądaną infiltrację świeżego powietrza do pomieszczeń, aby zmniejszyć ilość wentylacji, na przestrzeni lat zamurowano otwory do kanałów wentylacji grawitacyjnej wyciągowej. Spowodowało to złą wentylację pomieszczeń, zagrzybienie ścian oraz zagraża bezpieczeństwu użytkowania pomieszczeń przez ludzi (w

pomieszczeniach musi być zapewniona prawidłowa wentylacja). Wentylacja wymaga naprawy.

4.9. Charakterystyka instalacji elektrycznej

Budynek wyposażony jest w instalację elektryczną. Służy ona do zasilania oświetlenia, podgrzewaczy c.w.u., grzejników elektrycznych i innych urządzeń elektrycznych zainstalowanych w budynku. Brak licznika energii dla budynku (znajduje się on na terenie zespołu budynków) i brak jednoznacznego podziału na obwody.

Oświetlenie w budynku tradycyjne żarówki 60W. Planowana jest wymiana oświetlenia wewnętrznego na nowe oparte na świetłówkach typu LED, montaż systemu optymalizującego pracę instalacji oświetlenia oraz montaż systemu BMS. 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 - ściany zewnętrzne i przy gruncie SZ $U = 0,797-1,354$ $[W/m^2K]$ - SZPG $U = 0,748$ $[W/m^2K]$ - podłoga na gruncie - PNG $U = 0,47-0,488$ $[W/m^2K]$ - stropy, dachy - STRNOK $U = 1,252$ $[W/m^2K]$ - okna, drzwi, - O $U = 2,6$ $[W/m^2K]$ - D $U = 2,8$ $[W/m^2K]$	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 - maksymalne wartości U wg WT 2021: Dla $Q_i \geq 16^\circ C$ - Sz... $U = 0,20$ $[W/m^2K]$ - Stropodach, dach $U = 0,15$ $[W/m^2K]$ - Okna $U = 0,9$ $[W/m^2K]$, - Drzwi $U = 1,3$ $[W/m^2K]$, - Podłoga na gruncie $U = 0,30$ $[W/m^2K]$ <u>Założenia projektowe:</u> - ocieplenie ścian i ścian przy gruncie od wewnątrz, - osuszenie zawilgoconych ścian, skucie tynków i ich odtworzenie, malowanie - hydroizolacja ścian przy gruncie - ocieplenie podłogi na gruncie wraz z hydroizolacją - 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 są wentylowane wentylacją grawitacyjną - naturalną. Nawiew powietrza poprzez okna i drzwi, wywiew kanałami wentylacyjnymi. Instalacja nie działa sprawnie, nieszczelności w oknach i drzwiach obserwowana jest nadmierna infiltracja, kanały wentylacji grawitacyjnej zostały zamurowane.	Instalacja bez zmian, nadmierna infiltracja zostanie ograniczona po wymianie okien i drzwi zewnętrznych. - wymiana okien na nowe, szczelne o przepuszczalności szczelin $0,5 < a < 1,0$ $[m^3/mhdaPa^{2/3}]$, - wymiana drzwi zewnętrznych na nowe, - odtworzenie kanałów wentylacji grawitacyjnej
3.	Instalacja ciepłej wody użytkowej Instalacja c.w.u. zasilana ze starego	Budowa nowej instalacji c.w.u. zasilanej z nowych

	akumulatoryjnego podgrzewacza elektrycznego – przygotowanie miejscowe. Instalacja w złym stanie, zasobnik słabo zaizolowany, zakamieniony. Instalacja wymaga kompleksowej przebudowy.	podgrzewaczy (przewidziano montaż jednego podgrzewacza akumulacyjnego i jednego podgrzewacza przepływowego), instalacja będzie wyposażona w perlatory.
4.	Instalacja grzewcza i źródło ciepła Budynek Arsenalu jest zaopatrywany w ciepło ze starej kotłowni węglowej umiejscowionej na parterze budynku, kotłownia węglowa oparta na kotle typu „kopciuch” stanowiła podstawowe źródło ciepła, jednak z czasem, ze względu na łagodne zimy, większy udział zaczęły stanowić grzejniki elektryczne, które były nie wystarczające dla zapewnienia wymaganych temperatur w budynku. Doprowadziło to do sytuacji, w której pomieszczenia nie były dogrzewane i pogłębiała się degradacja budynku. Sposób ogrzewania budynku wymaga całkowitej przebudowy.	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 termostaticzne.

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),

$$Q_{0co} = Q_{Hnd} = 39\,157,3 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 140,97 \text{ GJ/rok}$$

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),

$$\phi_{HL} = 25,597 \text{ W} = 0,0232 \text{ MW}$$

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 0,4 dla instalacji zasilanej z kotła węglowego i 0,9 dla instalacji zasilanej z grzejników elektrycznych

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

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

Zgodnie z obliczeniami charakterystyki energetycznej dla budynku w stanie obecnym

$$Q_{k,H,i} = 70\,630 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 254,27 \text{ GJ/rok}$$

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

$$Q_{0cw} = Q_{W,nd} = 716,6 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 2,58 \text{ GJ/rok}$$

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

$\eta_{W,tot}$ – wg obliczeń w pkt. 4.6, wynosi 0,576

$$Q_{k,W,j} = 716,6 / 0,576 = 1\,244,1 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 4,48 \text{ GJ/rok}$$

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

6 osób

czas maksymalnego rozbioru	1,0 h
układ wyposażony w zasobnik	80 dm ³

Obliczeniowe **zapotrzebowanie na moc cieplną** na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej dla stanu aktualnego określono zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociagowych 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,
$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$	-	gęstość wody; $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$,
$t_c = 55 \text{ }^\circ\text{C}$	-	obliczeniowa temperatura ciepłej wody – wg normy,
$t_z = 10 \text{ }^\circ\text{C}$	-	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:

Natryski (zużycie średnio 50 dm³/natrysk) – 3 os/h

Mycie rąk (zużycie średnio 2 dm³/umycie rąk) – 6 os/h

Łączne zużycie c.w.u. w ciągu godziny $q_{h \max} = 50 \times 3 + 2 \times 6 = 162 \text{ dm}^3/\text{h}$

Łączna ilość wody zgromadzonej w zasobniku 80 dm³

Ilość wody do podgrzania $162 - 80 = 82 \text{ dm}^3$

$$\Phi = 82 \times 4,19 \times 1 \times (55 - 10)/3600 \approx 4,3 \text{ kW}$$

5.3. Obliczenie strumienia powietrza wentylacyjnego

Aktualnie w budynku jest wentylacja grawitacyjna, ale nie działa sprawnie.

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 m³ na osobę na godzinę lecz nie mniej niż 1-a wymiana na godzinę.

Maksymalna liczba osób użytkujących jednocześnie budynek w ciągu 1 h 6 os
Łączny minimalny strumień powietrza wentylacyjnego dla maksymalnej liczby osób równocześnie przebywających w budynku wynosi 180 m³/h, pomieszczenia muszą być wentylowane niezależnie od ilości przebywających tam osób w ilości co najmniej 0,5 wymiany na godzinę, do dalszych obliczeń zostanie skierowane wartość większa:

Lp.	wyszczególnienie	ilość	Strumień jednostkowy	Strumień powietrza wentylowanego
		[szt.]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
1.	Całkowita kubatura budynku	0,5	988	494
2.	osoby	6	30	180

3.	Wymagany minimalny strumień powietrza wentylacyjnego			494
----	--	--	--	-----

Do dalszych obliczeń przyjęto wartość 494 m³/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 ciepłe przegród zewnętrznych celem zmniejszenia strat przez przenikanie.</i>	- ocieplenie ścian od wewnątrz, osuszenie zawilgoconych ścian, skucie tynków i ich odtworzenie, malowanie - ocieplenie ścian przy gruncie od wewnątrz, osuszenie zawilgoconych ścian, skucie tynków i ich odtworzenie, malowanie, hydroizolacja - ocieplenie podłogi na gruncie wraz z hydroizolacją - ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją wraz z naprawą więźby dachowej, ułożeniem nowej dachówki i pracami towarzyszącymi.
2.	<i>Wymiana stolarki otworowej celem zmniejszenia strat przez przenikanie i poprawie systemu wentylacji</i>	Wymiana okien na nowe o przepuszczalności szczelin $0,5 < a < 1,0$ [m ³ /mhdaPa ^{2/3}], Wymiana drzwi zewnętrznych na nowe.
3.	<i>Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego i źródła ciepła</i>	Wymiana instalacji c.o. i montaż pompy ciepła
4.	<i>Modernizacja instalacji c.w.u. prowadząca do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie c.w.u.</i>	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 (przenikanie)	- ocieplenie ścian od wewnątrz, osuszenie zawilgoconych ścian, skucie tynków i ich odtworzenie, malowanie - ocieplenie ścian przy gruncie od wewnątrz, osuszenie zawilgoconych ścian, skucie tynków i ich odtworzenie, malowanie, hydroizolacja - ocieplenie podłogi na gruncie wraz z hydroizolacją - ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją wraz z naprawą więźby dachowej, ułożeniem nowej dachówki i pracami towarzyszącymi.
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 na nowe.
3.	Usprawnienia dot.: poprawy sprawności systemu grzewczego c.o. i c.w.u.	Wymiana instalacji c.o. i c.w.u. Montaż pompy ciepła dla c.o. Montaż nowych podgrzewaczy elektrycznych dla c.w.u..
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	°C
t_{zo} - oblicz. temp. powietrza zewnętrznego wg PN-82/B-02403	-20	°C
S_d - liczba stopniodni $S_d = \sum_{m=1}^{L_d} [t_{wo} - t_e(m)] \times L_d(m)$	3 748,4 (dla przegród zewnętrznych) 3 596,4 (dla ścian przy gruncie, temp. + 20°C)	dzień·K·a
$O_{0,1m}$ - stała opłata miesięczna	0,00	zł/(MW·m-c)
$O_{0,z}$ - opłata zmienna	152,86	zł/GJ brutto
$O_{0,1z}$ - 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:

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

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, [W/(m²·x K)], przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
 A – powierzchnia całkowita izolowanej przegrody [m²],
 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, [°C],
 t_{z0} – obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, [°C].

W niniejszym audycie

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

$$Ab_0, Ab_1 = A_b$$

Wzór na roczną oszczędność kosztów energii przyjmuje postać:

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

8.2.1. Określenie optymalnej grubości izolacji ścian zewnętrznych

$U = 0,97 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ - 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.	SZ52	1,354	8,5	0,04
2.	SZ66	1,12	5,13	0,02
3.	SZ76	0,998	16,75	0,06
4.	SZ77	0,987	78,45	0,30
5.	SZ78	0,976	52,18	0,20
6.	SZ82	0,936	18,28	0,07
7.	SZ83	0,926	31,32	0,11
8.	SZ84	0,917	13,33	0,05
9.	SZ85	0,908	11,66	0,04
10.	SZ92	0,849	5,82	0,02
11.	SZ99	0,797	18,37	0,06
12.	RAZEM		259,79	0,97

$$A = 259,79 \text{ m}^2$$

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

$$A_1 \approx 302,93 \text{ m}^2$$

- 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 =	259,79	[m ²]	U ₀ [W/m ² K] = 0,97	t _{w0} =	20 °C
A ₁ =	302,93	[m ²]			
O _{0z} =	152,86	[zł/GJ]	I _{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} =	152,86	[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	1,031	0,970	81,61	0,010080	-		-	-
1	0,08	4,509	0,222	18,66	0,002305	9 623	847	256 657,45	26,67
2	0,10	5,379	0,186	15,64	0,001932	10 084	882	267 260,00	26,50
3	0,12	6,248	0,133	13,47	0,001663	10 417	917	277 862,55	26,67

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 poliizocyjanuratu 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.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **267 260 zł netto**.

8.2.2. Określenie optymalnej grubości izolacji ścian przy gruncie

U = 0,748 (W/m²K)-współczynnik przenikania ściany przed termorenowacją

A = 27,38 m²

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

A₁ ≈ 71,1 m²

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

Konstrukcja ściany: - patrz załącznik nr 1

Materiał izolacji: - płyty PIR, λ = 0,023 (m K/W)

Zgodnie z wymaganiami U = 0,20 [W/ m²K]

A =	27,38	[m ²]	U ₀ [W/m ² K] =	0,748	t _{w0} =	20 °C
A ₁ =	71,10	[m ²]				
O _{0z} =	152,86	[zł/GJ]	I _{izol} [m ² K/W]	0,023	t _{z0} =	-20 °C
O _{0m} =	0,00	[zł/MW/m-c]			Sd =	3596,4 [dzień*K*a]
O _{1m}	0,00	[zł/MW/m-c]				
O _{1z}	152,86	[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	1,337	0,748	6,36	0,000819	-		-	-
1	0,08	4,815	0,208	1,77	0,000227	703	2 192	155 870,00	221,82
2	0,10	5,685	0,178	1,50	0,000193	744	2 292	162 980,00	219,06
3	0,12	6,554	0,152	1,30	0,000167	774	2 392	170 090,00	219,65

Termo-hydroizolacja ścian poniżej terenu (przy gruncie) – obiekt jest zabytkowy, brak możliwości wykonania ocieplenia ścian od zewnątrz. Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych 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 wnikaniami 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. W pracach uwzględniono remont schodów zewnętrznych, co jest bezpośrednio związane z planowanym odkopaniem ścian przy gruncie i wykonaną hydroizolacją budynku. Ponadto przewidziano ocieplenie ścian poniżej 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 „zatkami” zapewniającymi szczelność połączeń i brak możliwości przedostawania się wilgoci do wnętrza ściany. Przyjęta **grubość izolacji 100 mm, λ = 0,023 (m K/W)**.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu ścian przy gruncie styropianem o współczynniku przewodzenia ciepła **λ=0,023 W/mK o grubości 10 cm**.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **162 980 zł netto**.

8.2.3. Określenie optymalnej grubości izolacji stropu nad ostatnią kondygnacją

U = 1,252 (W/m²K) - współczynnik przenikania stropu przed termorenowacją

A = 97,5 m² - powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej,

A₁ ≈ 99,98 m² - całkowita powierzchnia stropu do ocieplenia, do jego określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Konstrukcja stropu: - patrz załącznik nr 1

Materiał izolacji: - wełna mineralna, λ = 0,038 (m K/W)

Zgodnie z wymaganiami U = 0,15 [W/ m²K]

A =	97,50	[m ²]	U ₀ [W/m ² K] =	1,252	t _{w0} =	20 °C
A ₁ =	99,98	[m ²]				
O _{0z} =	152,86	[zł/GJ]	I _{izol} [m ² K/W]	0,038	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} =	152,86	[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	0,799	1,252	39,53	0,004883	-		-	-
1	0,15	4,746	0,211	6,65	0,000822	5 026	1 735	173 484,40	34,52
2	0,20	6,062	0,165	5,21	0,000643	5 247	1 770	176 983,70	33,73
3	0,25	7,378	0,136	4,28	0,000529	5 389	1 805	180 483,00	33,49
4	0,30	8,693	0,115	3,63	0,000449	5 488	1 840	183 982,30	33,52

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

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu stropu ostatniej kondygnacji poprzez ułożenie na nim wełny mineralnej gr. 25 cm, $\lambda = 0,038$ (m K/W). Wełna zostanie zabezpieczona przed wnikaniem wilgoci folią paroizolacyjną lub innym równoważnym materiałem. Uwzględniono również konieczność wykonania prac w zakresie więźby dachowej i pokrycia dachu wraz z niezbędnymi elementami niezbędnymi do wykonania dla zachowania trwałości prac termomodernizacyjnych.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą 180 483 zł netto.

8.2.5. Określenie optymalnej grubości izolacji podłogi na gruncie

U = 0,484 (W/m²K) - współczynnik przenikania stropu przed termo renowacją,

Lp.	przegroda	U przegrody	powierzchnia	U Średnia ważona
	nazwa	W/m ² K	m ²	W/m ² K
1.	1_PNG	0,47	16,86	0,11
2.	PNG	0,488	54,38	0,37
3.	RAZEM		71,24	0,484

A = 71,24 m²

- powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej, które ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej,

A₁ ≈ 73,6 m²

- całkowita powierzchnia podłóg do ocieplenia, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Konstrukcja stropu:

- patrz załącznik nr 1

Materiał izolacji:

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

Zgodnie z wymaganiami, U = 0,30 [W/ m²K]

A =	71,24	[m ²]	U ₀ [W/m ² K] = 0,484	t _{w0} =	20 °C
A ₁ =	73,60	[m ²]			
O _{0z} =	152,86	[zł/GJ]	I _{izol} [m ² K/W] 0,036	t _{z0} =	-20 °C
O _{0m} =	0,00	[zł/MW/m-c]		Sd =	3596,4 [dzień*K*a]
O _{1m} =	0,00	[zł/MW/m-c]			
O _{1z} =	152,86	[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	2,066	0,484	10,71	0,001379	-		-	-
1	0,03	2,899	0,345	7,63	0,000983	471	950	69 920,00	148,54
2	0,05	3,455	0,289	6,41	0,000825	658	1 200	88 320,00	134,15
2	0,07	4,011	0,249	5,52	0,000711	794	1 450	106 720,00	134,40

Ocieplenie podłóg na gruncie - przyjęto wykonanie izolacji przeciwwilgociowej, ocieplenie styropianem **grubości 5 cm, λ = 0,036 (m K/W)** lub niższy oraz wykonanie nowych warstw posadzki. W ramach kompleksowego wykonania prac uwzględniono skucie posadzek, wybranie niezbędnej ilości warstw, wylanie od nowa warstwy posadzki, ułożenie hydroizolacji i izolacji oraz wykonanie warstw wierzchnich posadzki.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu podłóg parteru na gruncie styropianem o współczynniku przewodzenia ciepła λ=0,036 W/mK o **grubości 5 cm**.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **88 320 zł netto**.

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].

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

gdzie:

x₀, x₁ - 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 ciepłą przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
 q_{0u}, q_{1u} - zapotrzebowanie na moc ciepłą 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_o, 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:

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

a zapotrzebowanie na moc ciepłą:

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

gdzie:

- U - współczynnik przenikania ciepła okien przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [$W/m^2 \cdot K$],
 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:

$$x_0 = x_1 = 1$$

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

$$y_0 = y_1 = 1$$

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

$$Ab_o, Ab_1 = A_b$$

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

Wymiana okien na nowe drewniane, wykonane zgodnie z wymaganiami konserwatorskimi. W stanie aktualnym okna (skrzynkowe, z szybą pojedynczą) 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,

$A_o = 17,42$ m^2 - powierzchnia okien, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej

$A_1 = 17,42$ m^2 - całkowita powierzchnia okien do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

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

$A =$	17,42	[m^2]	$t_{w0} =$	20	$^{\circ}\text{C}$					
$A_1 =$	17,42	[m^2]	$t_{z0} =$	-20	$^{\circ}\text{C}$					
$O_z =$	152,86	[$\text{zł}/\text{GJ}$]	$V_{\text{nom}} =$	447,8	[m^3/h]					
$O_m =$	0	[$\text{zł}/\text{MW}/\text{m}^{\circ}\text{C}$]	$V_{\text{obl0}} =$	671,7	[m^3/h]					
			$V_{\text{obl1}} =$	447,8	[m^3/h]					
$S_d =$	3748,4	[dzień $\cdot$ K $\cdot$ a]	$V_{\text{obl2}} =$	447,8	[m^3/h]					
Lp.	Współ. przenikania ciepła U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	Współ. korek. c_r	Współ. korek. c_m	Współ. korek. c_w	Zapot. ciepła Q [GJ/rok]	Zapot. mocy q [MW]	Roczna oszczędność kosztów energii $DO_{\text{rok}} + DO_{\text{rw}}$ [$\text{zł}/\text{rok}$]	Cena jedn. [$\text{zł}/\text{m}^2$]	Planowane koszty robót $N_{\text{ok}} + N_w$ [zł]	Prosty czas zwrotu SPBT [lata]
0	2,60	1,3	1,5	1,2	91,65	0,0109	-		-	-
1	0,9	1,0	1,0	1,2	64,30	0,0067	4 182	4 000	69 680,00	16,66
2	0,8	1,0	1,0	1,2	63,73	0,0066	4 268	4 350	75 777,00	17,75

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 $0,9 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **69 680 zł netto**.

8.3.2. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany drzwi zewnętrznych:

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

$U = 2,8$ ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) - współczynnik przenikania drzwi przed termorenowacją,

$A_o = 2,2$ m^2 - powierzchnia drzwi zewnętrznych, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej

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

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

A =	2,20	[m ²]	t _{w0} =	20 °C						
A ₁ =	2,20	[m ²]	t _{z0} =	-20 °C						
O _z =	152,86	[zł/GJ]	V _{nom} =	40,0	[m ³ /h]					
O _m =	0	[zł/MW/m-c]	V _{obl0} =	56,0	[m ³ /h]					
			V _{obl1} =	40,0	[m ³ /h]					
Sd =	3748,4	[dzień*K*a]	V _{obl2} =	40,0	[m ³ /h]					
Lp.	Współ. przenikania ciepła U [W/m ² K]	Współ. korek. c _r	Współ. korek. c _m	Współ. korek. c _w	Zapot. ciepła Q [GJ/rok]	Zapot. mocy q [MW]	Roczna oszczędność kosztów energii DO _{rok} +DO _{rw} [zł/rok]	Cena jedn. [zł/m ²]	Planowane koszty robót N _{ok} + N _w [zł]	Prosty czas zwrotu SPBT [lata]
0	2,80	1,2	1,4	1,0	7,28	0,0010	-		-	-
1	1,3	1,0	1,0	1,0	5,33	0,0007	298	4 000	8 800,00	29,52
2	1,2	1,0	1,0	1,0	5,26	0,0006	309	4 300	9 460,00	30,61

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu.

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

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą 8 800 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:

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

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. – zostaną zamontowane dwa podgrzewacze elektryczne (jeden na parterze (przepływowy) i jeden na I piętrze (pojemnościowy) oraz zostanie wymieniona cała instalacja c.w.u. – rurociągi zostaną wymienione na nowe i zaizolowane, wypływy (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.

50% 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	Brak zasobnika
5	$\eta_{w,tot}$ -	0,99	$\eta_{w,tot} = \eta_{w,g} \times \eta_{w,d} \times \eta_{w,e} \times \eta_{w,s}$

50% elektryczny podgrzewacz pojemnościowy

Lp	Nazwa	stan po termo-modernizacji	Uwagi
1	$\eta_{w,g}$ - sprawność wytwarzania	0,96	Elektryczny podgrzewacz akumulacyjny
2	$\eta_{w,d}$ - sprawność przesyłu ciepła	0,80	Miejscowe przygotowanie – w jednym pomieszczeniu dla grupy punktów poboru – bez obiegów cyrkulacyjnych
3	$\eta_{w,e}$ sprawność wykorzystania ciepła,	1,00	Przyjmuje się 1,0.
4	$\eta_{w,s}$ sprawność akumulacji ciepła	0,85	Zasobnik ciepłej wody użytkowej w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, wyprodukowany po 2005r.
5	$\eta_{w,tot}$ -	0,653	$\eta_{w,tot} = \eta_{w,g} \times \eta_{w,d} \times \eta_{w,e} \times \eta_{w,s}$

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 i zgodnie z charakterystyką energetyczną budynku:

$$Q_{0,1cw} = Q_{w,nd} = 716,6 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 2,58 \text{ GJ/rok}$$

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

$$Q_{k,w,j} = 1\,244,1 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 4,48 \text{ GJ/rok} - \text{stan aktualny}$$

$$Q_{k,w,j} = 910,8 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 3,28 \text{ GJ/rok} - \text{stan docelowy}$$

q_{0cw} - patrz obliczenia w pkt. 5.2, wynosi **0,0043 MW**

Zakres prac uwzględniony w wycenie:

1 x przepływowy elektryczny podgrzewacz

1 x pojemnościowy elektryczny podgrzewacz z zasobnikiem 80-100 l

Rurociągi DN 15 - 20 m izolowane

Wypływk (1 x zlewozmywak, 2 x umywalka, 1 x natrysk), wszystkie wyposażone w perlatory, wężyki elastyczne z zaworkami

Koszt usprawnienia 18 620 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 przeptywow	po akumulacyjny				
η_{cwu}	0,5760	0,9900	0,6528				
V_{wi}	0,35	0,35	0,35	dm ³ /(d.j.n)			
A_f	153,0	153,0	153,0	m ²			
ρ	1,00	1,00	1,00	kg/m ³			
c_w	4,19	4,19	4,19	kJ/(kg°C)			
t_w	55	55	55	°C			
t_0	10	10	10	°C			
k_R	0,70	0,70	0,70	m ³ /h			
t_R	365	365	365				
Nr usp.	η_{icw}	q_{icw} MW	Q_{icw} GJ	O_{icw} r zł	ΔO_{icwr} zł	N zł	SPBT lata
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,5760	0,004	4,48	732,19	-		
1	0,8214	0,004	3,28	536,03	196,2	18 620,00	94,9

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	69 680,00	16,66
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych	267 260,00	26,50
3	Wymiana drzwi zewnętrznych	8 800,00	29,52
4	Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją	180 483,00	33,49
5	Wymiana instalacji c.w.u.	18 620,00	94,90
6	Ocieplenie podłogi na gruncie	88 320,00	134,15
7	Termohydroizolacja ścian przy gruncie	162 980,00	219,06
8	Razem koszt	796 143,00	

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:

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

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_{b0}, 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 Arsenalu jest zaopatrywany w ciepło ze starej kotłowni węglowej umiejscowionej na parterze budynku, kotłownia węglowa oparta na kotle typu „kopciuch” stanowiła podstawowe źródło ciepła, jednak z czasem, ze względu na łagodne zimy, większy udział zaczęły stanowić grzejniki elektryczne, które były nie wystarczające dla zapewnienia wymaganych temperatur w budynku. Doprowadziło to do sytuacji, w której pomieszczenia nie były dogrzewane i pogłębiała się degradacja budynku. Sposób ogrzewania budynku wymaga całkowitej przebudowy.

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 grzewczej 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 rozbudowanego opomiarowania instalacji grzewczej wraz z rejestracją wyników pomiarów (w szczególności temperatury zasilania i powrotu na wymiennikach otworowych, przepływy nośnika ciepła przez poszczególne wymienniki, zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła i urządzenia pomocnicze, pomiar temperatur i przepływu wody po stronie odbiorników ciepła, zużycie energii grzewczej przez budynek, montaż systemu BMS (ta część zostanie uwzględniona kosztowo w audycie oświetlenia).

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/płytowe 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 elektryczna 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)	$\eta_g = 1$
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/płytowe 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	$\eta_g \eta_d \eta_e \eta_s = 0,81$

Zgodnie z obliczeniami w pkt. 5.1 dla stanu aktualnego:

$$Q_{k,H,i} = 70\,630 \text{ kWh/rok} \times 0,0036 = 254,27 \text{ GJ/rok}$$

Natomiast dla stanu po wymianie instalacji:

$$Q_{k,H,i} = 17\,229,4 \times 0,0036 = 62,0 \text{ GJ/rok}$$

Zakres prac uwzględniony w wycenie:

Pompa ciepła - sprężarkowa elektryczna typu solanka - woda o mocy znamionowej ok. 8 kW.

Długość rurociągów z glikolem 2 x DN 40 (rury preizolowane prowadzone w gruncie) długość ok. 70 mb

Razem koszt źródła ciepła 109 214,00 zł netto

Rurociągi instalacji c.o. (wszystkie izolowane)

DN 32 - 10 mb x 2

DN 25 - 20 mb x 2

DN 20 - 10 mb x 2

DN 15 - 10 mb x2

Grzejniki z zaworami termostatycznymi – 8 szt

Ogrzewanie podłogowe o powierzchni ok. 100 m² z armaturą

Rozdzielacze 2 szt + armatura

Licznik energii grzewczej

(licznik zużycia energii elektrycznej zostanie ujęty w audycie oświetlenia)

Razem koszt instalacji c.o. 71 810,20 zł netto

Koszt dostosowania pomieszczenia dla potrzeb montażu pompy ciepła: 25000 zł netto

Całkowity koszt usprawnienia 206 024,20

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

	$O_{z0} =$	152,86		zł/GJ					
	$O_{z1} =$	163,48		zł/GJ					
				PC	EE				
	Spr.	przed grzejniki	przed en. el	usp. 1	usp. 1				
	$\eta_{W,tot} =$	0,4004	0,9009	2,8409	0,8117				
	$w_{d0} =$	1,00	1,00	1,00	1,00				
	$w_{t0} =$	1,00	1,00	1,00	1,00				
	$\eta_{H,g} =$	0,650	0,990	3,500	1,000				
	$\eta_{H,d} =$	0,800	1,000	0,960	0,960				
	$\eta_{H,e} =$	0,770	0,910	0,890	0,890				
	$\eta_{H,s} =$	1,00	1,00	0,95	0,95				
Nr	η_0	Q_0 GJ	q_0 MW	Q 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	0,6507	140,97	0,0232	254,27	0,0232	38 867			
1	2,6380	140,97	0,0232	62,03	0,0232	10 140	28 727	206 024	7,17

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
Wymiana okien	69 680,00	69 680,00	69 680,00	69 680,00	69 680,00	69 680,00	69 680,00	
Ocieplenie ścian zewnętrznych	267 260,00	267 260,00	267 260,00	267 260,00	267 260,00	267 260,00		
Wymiana drzwi zewnętrznych	8 800,00	8 800,00	8 800,00	8 800,00	8 800,00			
Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją	180 483,00	180 483,00	180 483,00	180 483,00				
Wymiana instalacji c.w.u.	18 620,00	18 620,00	18 620,00					
Ocieplenie podłogi na gruncie	88 320,00	88 320,00						
Termohydroizolacja ścian przy gruncie	162 980,00							
Wymiana instalacji c.o.	206 024,20	206 024,20	206 024,20	206 024,20	206 024,20	206 024,20	206 024,20	206 024,20
Koszty netto realizacji przedsięwzięcia	1 002 167	839 187	750 867	732 247	551 764	542 964	275 704	206 024
Koszty netto dokumentacji, nadzorów itp..	97 560,98	71 330,91	63 823,71	62 241,01	46 899,96	46 151,96	23 434,86	17 512,06
Koszty netto całkowite	1 099 728,18	910 518,11	814 690,91	794 488,21	598 664,16	589 116,16	299 139,06	223 536,26

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
Wariant									
Projektowane obciążenie cieplne budynku Φ_{HL} obliczone zgodnie z normą [W]	23 207,70	6 551,10	6 798,60	6 865,20	6 865,20	11 281,20	11 420,90	19 255,90	23 207,70
Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:									
Wskaźnik Φ_{HL} odniesiony do powierzchni [W/m ²]	151,70	42,80	44,40	44,90	44,90	73,70	74,60	125,90	151,70
Wskaźnik Φ_{HL} odniesiony do kubatury [W/m ³]	53,30	15,00	15,60	15,80	15,80	25,90	26,20	44,20	53,30
Obliczeniowe zapotrzebowanie mocy na c.w.u. [W]	4 300,00	4 300,00	4 300,00	4 300,00	4 300,00	4 300,00	4 300,00	4 300,00	4 300,00
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię E:									
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową wg obliczeń charakterystyki energetycznej $Q_{H,nd}$ [kWh/rok]	39 157,30	6 576,00	7 350,40	8 069,80	8 069,80	17 118,40	17 421,50	34 796,50	39 157,30
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową wg obliczeń charakterystyki energetycznej $Q_{k,H}$ [kWh/rok]	70 630,00	2 893,5	3 234,2	3 550,8	3 550,8	7 532,2	7 665,5	15 310,6	17 229,4
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową wg obliczeń charakterystyki energetycznej $Q_{W,nd}$ [kWh/rok]	716,60	716,60	716,60	716,60	716,60	716,60	716,60	716,60	716,60
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową wg obliczeń charakterystyki energetycznej $Q_{k,w}$ [kWh/rok]	1 244,10	910,80	910,80	910,80	1 244,10	1 244,10	1 244,10	1 244,10	1 244,10

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}	152,86		zł/GJ										
O _{1zco}	163,48												
O _{0,1zcowu}	163,48		zł/GJ										
Nr wariantu	Q _{kH} GJ/rok	q _{0co} MW	Q _{kW} GJ/rok	q _{0cowu} MW	Q _{kH} +Q _{kW} GJ/rok	q _{0co} +q _{0cowu} MW	O _{0,r} zł/rok	ΔO _{0,r} zł/rok	ΔO _{0,r} %	N zł	SPBT		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
w0	254,27	0,0232	4,48	0,0043	258,75	0,0275	39 600						
w1	10,42	0,0066	3,28	0,0043	13,70	0,0109	2 239	37 360,66	94,71%	1 099 728,18	29,4		
w2	11,64	0,0068	3,28	0,0043	14,92	0,0111	2 439	37 160,15	94,23%	910 518,11	24,5		
w3	12,78	0,0069	3,28	0,0043	16,06	0,0112	2 626	36 973,82	93,79%	814 690,91	22,0		
w4	12,78	0,0069	4,48	0,0043	17,26	0,0112	2 822	36 777,66	93,33%	794 488,21	21,6		
w5	27,12	0,0113	4,48	0,0043	31,59	0,0156	5 165	34 434,50	87,79%	598 664,16	17,4		
w6	27,60	0,0114	4,48	0,0043	32,07	0,0157	5 244	34 356,05	87,60%	589 116,16	17,1		
w7	55,12	0,0193	4,48	0,0043	59,60	0,0236	9 743	29 856,69	76,97%	299 139,06	10,0		
w8	62,03	0,0232	4,48	0,0043	66,50	0,0275	10 872	28 727,42	74,30%	223 536,26	7,8		

Oznaczenia:

- Q_k - energia końcowa (z uwzględnieniem sprawności instalacji)
- q₀ - obliczeniowe zapotrzebowanie mocy grzewczej
- O_{1r} - roczne koszty ogrzewania
- ΔO_{1r} - 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	1 099 728,19	37 360,66	94,71	340 915,74
2	Wariant 2	910 518,11	37 160,15	94,23	282 260,61
3	Wariant 3	814 690,91	36 973,82	93,79	252 554,18
4	Wariant 4	794 488,21	36 777,66	93,33	246 291,35
5	Wariant 5	598 664,16	34 434,50	87,79	185 585,89
6	Wariant 6	589 116,16	34 356,05	87,60	182 626,01
7	Wariant 7	299 139,06	29 856,69	76,97	92 733,11
8	Wariant 8	223 536,26	28 727,42	74,30	69 296,24

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	69 680,00	zł
Ocieplenie ścian zewnętrznych	267 260,00	zł
Wymiana drzwi zewnętrznych	8 800,00	zł
Ocieplenie stropu nad ostatnią kondygnacją	180 483,00	zł
Wymiana instalacji c.w.u.	18 620,00	zł
Ocieplenie podłogi na gruncie	88 320,00	zł
Termohydroizolacja ścian przy gruncie	162 980,00	zł
Wymiana instalacji c.o.	206 024,20	zł
Koszty netto realizacji przedsięwzięcia	1 002 167	zł
Koszty netto dokumentacji, nadzorów itp..	97 560,98	zł
Koszty netto całkowite	1 099 728,18	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 94,71% (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

$U = 0,97 \text{ (W/m}^2\text{K)}$
(średnia ważona)

$A = 259,79 \text{ m}^2$

$A_1 \approx 302,93 \text{ m}^2$

- 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 poliizocyjanuratu 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 inwestorskiego.

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.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **267 260 zł netto**.

11.2. Określenie optymalnej grubości izolacji ścian przy gruncie

$U = 0,748$ (W/m²K) -współczynnik przenikania ściany przed termorenowacją

$A = 27,38$ m²

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

$A_1 \approx 118,5$ m²

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

Termo-hydroizolacja ścian poniżej terenu (przy gruncie) – obiekt jest zabytkowy, brak możliwości wykonania ocieplenia ścian od zewnątrz. Ze względu na zawilgocenie ścian zewnętrznych 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 oraz zostaną naprawione schody zewnętrzne. Ponadto przewidziano ocieplenie ścian poniżej 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)**.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu inwestorskiego.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu ścian przy gruncie styropianem o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,023$ W/mK o **grubości 10 cm**.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą **162 980 zł netto**.

11.3. Określenie optymalnej grubości izolacji stropu nad ostatnią kondygnacją

$U = 1,252$ (W/m²K) -współczynnik przenikania stropu przed termorenowacją

$A = 97,5$ m²

-powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej,

$A_1 \approx 99,98$ 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 wykonaniem pod nią warstwy hydroizolacyjnej. Ponadto dla zapewnienia trwałości wykonanej termoizolacji stropu przewiduje się konieczność wymiany części zniszczonych elementów konstrukcji dachu oraz wymianę dachówek i obróbek blacharskich wraz z rynnami i rurami spustowymi. Przewidziano również montaż nowej instalacji ogromowej.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu inwestorskiego.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu stropu ostatniej kondygnacji poprzez ułożenie na nim wełny mineralnej gr. 25 cm, $\lambda = 0,038$ (m K/W). Wełna zostanie zabezpieczona przed wnikaniem wilgoci folią paroizolacyjną lub innym równoważnym materiałem. Uwzględniono również konieczność wykonania prac w zakresie więźby dachowej i pokrycia dachu wraz z niezbędnymi elementami niezbędnymi do wykonania dla zachowania trwałości prac termomodernizacyjnych.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą 180 483 zł netto.

11.4. Określenie optymalnej grubości izolacji podłogi na gruncie

$U = 0,484$ (W/m²K)

$A = 71,24$ m²

$A_1 \approx 73,6$ m²

-współczynnik przenikania stropu przed termo renowacją,

-powierzchnia izolowanej przegrody zewnętrznej, której ocieplenie skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej,

-całkowita powierzchnia podłóg do ocieplenia, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Ocieplenie podłóg na gruncie - przyjęto wykonanie izolacji przeciwwilgociowej, ocieplenie styropianem grubości 5 cm, $\lambda = 0,036$ (m K/W) lub niższy oraz wykonanie nowych warstw posadzki. W ramach kompleksowego wykonania prac uwzględniono skucie posadzek, wybranie niezbędnej ilości warstw, wylanie od nowa warstwy posadzki, ułożenie hydroizolacji i izolacji oraz wykonanie warstw wierzchnich posadzki.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu inwestorskiego.

Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na ociepleniu podłóg parteru na gruncie styropianem o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,036$ W/mK o grubości 5 cm.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą 88 320 zł netto.

11.5. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany okien

Wymiana okien na nowe drewniane, wykonane zgodnie z wymaganiami konserwatorskimi.

W stanie aktualnym okna (skrzynkowe, z szybą pojedynczą) 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 $0,5 < a < 1,0$ [m³/mhdaPa^{2/3}].

$U = 2,6$ (W/m²K)

-współczynnik przenikania okien w stanie aktualnym,

$A_0 = 17,42$ m²

-powierzchnia okien, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej

$A_1 = 17,42$ m²

-całkowita powierzchnia okien do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji.

Wartości Nu przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu inwestorskiego.

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 W/m²K.

Nakłady na realizację tego usprawnienia wynoszą 69 680 zł netto.

11.6. Wybór optymalnego wariantu dotyczącego wymiany drzwi zewnętrznych:

Wymiana istniejących drzwi zewnętrznych na nowe o współczynniku przenikania $U=1,3$ W/m²K. Założono wymianę drzwi na drewniane.

- $U = 2,8 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ -współczynnik przenikania drzwi przed termorenowacją,
- $A_o = 2,2 \text{ m}^2$ -powierzchnia drzwi zewnętrznych, których wymiana skutkuje zmniejszeniem zużycia energii grzewczej
- $A_1 = 2,2 \text{ m}^2$ -całkowita powierzchnia drzwi do wymiany, do ich określenia przyjęto wartości zgodnie z obmiarem z inwentaryzacji
- Wartości N_u przyjęto na podstawie uproszczonego kosztorysu inwestorskiego .
- Do dalszej analizy skierowano usprawnienie polegające na wymianie istniejących drzwi 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 **8 800 zł netto**.

11.7. Modernizacja instalacji c.w.u.

Wymiana instalacji c.w.u. –zostaną zamontowane dwa podgrzewacze elektryczne (jeden na parterze (przepływowy) i jeden na I piętrze (pojemnościowy) 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 padano 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

1 x pojemnościowy elektryczny podgrzewacz z zasobnikiem 80-100 l

Rurociągi DN 15 - 20 m izolowane

Wypływk (1 x zlewozmywak, 2 x umywalka, 1 x natrysk), wszystkie wyposażone w perlatory, wężyki elastyczne z zaworkami

Koszt usprawnienia 18 620 zł netto

11.11. Wymiana 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. 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.

Zakres prac uwzględniony w wycenie:

Pompa ciepła - sprężarkowa elektryczna typu solanka - woda o mocy znamionowej ok. 8 kW

Długość rurociągów z glikolem 2 x DN 40 (rury preizolowane prowadzone w gruncie) długość ok. 70 mb

Razem koszt źródła ciepła 109 214,00 zł netto

Rurociągi instalacji c.o. (wszystkie izolowane)

DN 32 - 10 mb x 2

DN 25 - 20 mb x 2

DN 20 - 10 mb x 2

DN 15 - 10 mb x2

Grzejniki z zaworami termostatycznymi – 8 szt

Ogrzewanie podłogowe o powierzchni ok. 100 m2 z armaturą

Rozdzielacze 2 szt + armatura

Licznik energii grzewczej

(licznik zużycia energii elektrycznej zostanie ujęty w audycie oświetlenia)

Razem koszt instalacji c.o. 71 810,20 zł netto

Koszt dostosowania pomieszczenia dla potrzeb montażu pompy ciepła: 25000 zł netto

Całkowity koszt usprawnienia 206 024,20

11.12. Dokumentacja

Opracowanie niezbędnej dokumentacji wraz z pełnieniem nadzoru autorskiego **97 560,98 zł netto.**



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/PQS/10 wyd. Przez MOIB