



AUDYT ENERGETYCZNY

budynku Pawilonu A Mazowieckiego Centrum
Leczenia Chorób Płuc i Gruzlicy w Otwocku



Adres budynku:

ul. Reymonta 83/91
05-400 Otwock

Wykonawcy audytu:

mgr inż. Igor Kwiatkowski
mgr inż. Joanna Szczepaniak

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

TABELA NR 1. STRONA TYTUŁOWA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU			
DANE IDENTYFIKACYJNE BUDYNKU			
Rodzaj budynku	budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	XIX/XX wiek
Inwestor	Mazowieckie Centrum Leczenia Chorób Płuc i Gruźlicy ul. Narutowicza 80 05-400 Otwock	Adres budynku	ul. Reymonta 83/91 05-400 Otwock
NAZWA, NR REGON I ADRES PODMIOTU WYKONUJĄCEGO AUDYT			
ASIG Igor Kwiatkowski Ul. Kosynierów Gdyńskich 67/2 51-686 Wrocław Regon: 361807384			
IMIĘ I NAZWISKO, NR PESEL ORAZ ADRES ZAMIESZKANIA AUDYTORA KOORDYNUJĄCEGO WYKONANIE AUDYTU, POSIADANE KWALIFIKACJE, PODPIS			
mgr inż. Joanna Szczepaniak, PESEL: 88041309100, ul. Hirszfelda 43/5, 55-220 Jelcz-Laskowice, uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej oraz audytów energetycznych – ukończone studia podyplomowe			
WSPÓŁAUTORZY AUDYTU: IMIONA, NAZWISKA, ZAKRES PRAC, POSIADANE KWALIFIKACJE, PODPIS			
mgr inż. Igor Kwiatkowski – inwentaryzacja obiektu, wykonanie obliczeń w programie AUDYTOR OZC, uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej oraz audytów energetycznych – ukończone studia podyplomowe			
MIEJSCOWOŚĆ: Wrocław		DATA WYKONANIA OPRACOWANIA: 03.02.2020 r.	

Spis treści

1.	Strona tytułowa audytu energetycznego budynku	2
2.	Karta audytu energetycznego budynku	5
3.	Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora	9
	Dokumentacja projektowa	9
	Inne dokumenty	9
	Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi inwestora	9
	Wielkość środków własnych inwestora przeznaczonych na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	9
4.	Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku, ocena aktualnego stanu technicznego	10
	Okna i drzwi	15
	Charakterystyka systemu ogrzewania	16
	Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej	17
	Charakterystyka systemu wentylacji	18
	Końcowa ocena stanu istniejącego budynku oraz możliwości poprawy	19
5.	Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	20
	Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie.	21
	Przebudowa/modernizacja systemów grzewczych wraz z wymianą źródła ciepła	29
	Wariant modernizacji instalacji c.w.u. (po modernizacji źródła ciepła)	31
	Ocena opłacalności wykonania wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła (rekuperacją)	32
	System zarządzania energią	33
	Zestawienie optymalnych grup usprawnień i przedsięwzięć zmniejszających straty ciepła w kolejności od najniższego współczynnika SPBT (czasu zwrotu inwestycji)	34
6.	Wybór optymalnego wariantu termomodernizacyjnego	35
	Zestawienie wariantów termomodernizacyjnych z uwzględnieniem kosztów	35
	Zestawienie oszczędności kosztów wybranych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	36
	Optymalny wariant termomodernizacyjny	37
	Optymalny wariant termomodernizacyjny	38
	Opis techniczny optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przewidzianego do realizacji	38
	Przedmiar robót wybranego wariantu termomodernizacji	39



Charakterystyka finansowa wybranego wariantu.....	40
Efekt ekologiczny	41

2. Karta audytu energetycznego budynku

TABELA NR 2. KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU *)			
DANE OGÓLNE		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	tradycyjna	tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	4	4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	12 700,8	12 700,8
4.	Powierzchnia budynku netto [m ²]	3 456,0	3 456,0
5.	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	-	-
6.	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	3 456,0	3 456,0
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	200	200
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody	centralnie	centralnie
10.	Rodzaj systemu grzewczego w budynku	centralnie	centralnie
11.	Współczynnik kształtu A/V [m ² /m ³]	0,27	0,27
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	brak	brak
WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA PRZEZ PRZEGRODY BUDOWLANE		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	PGP1 – podłoga w piwnicy	0,394	0,394
2.	ST1 – strop pod nieogrzewanym poddaszem	0,442	0,146
3.	STD1 – stropodach	0,670	0,144
4.	STD2 – stropodach części dobudowanej niskiej	0,670	0,144
5.	SZ1 – ściana zewnętrzna murowana ocieplona	0,235	0,235
6.	SZ2 – ściana zewnętrzna murowana	1,086	0,645
7.	SZ3 – ściana zewnętrzna betonowa ocieplona	0,254	0,254
8.	SZ4 – ściana zewnętrzna betonowa	1,665	0,812

9.	SZ5 – ściana zewnętrzna część dobudowana	0,195	0,195
10.	SZPG1 – ściana zewnętrzna przy gruncie mur ocieplona	0,202	0,202
11.	SZPG2 – ściana zewnętrzna przy gruncie mur nieocieplona	0,774	0,200
12.	DZ1 – drzwi zewnętrzne	2,000	1,300
13.	OK1 – okno zewnętrzne	2,000	1,100
SPRAWNOŚCI SKŁADOWE SYSTEMU GRZEWczego		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Sprawność wytwarzania	0,94	0,98
2.	Sprawność przesyłania	0,90	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	0,82	0,93
4.	Sprawność akumulacji	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerwy na ogrzewanie w ciągu doby	1,00	1,00
SPRAWNOŚCI SKŁADOWE SYSTEMU PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Sprawność wytwarzania	0,88	0,93
2.	Sprawność przesyłania	0,50	0,70
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	1,00	1,00
4.	Sprawność akumulacji	0,85	1,00
CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU WENTYLACJI		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Rodzaj wentylacji	naturalna grawitacyjna / mechaniczna	naturalna grawitacyjna / mechaniczna
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	okna/kanały	okna/kanały
3.	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	25 401,6	25 401,6
4.	Liczba wymian [l/h]	2	2

CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	225,0	176,0
2.	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie cwu [kW]	61,0	42,0
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	1188,13	856,21
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	1721,94	1 025,77
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania cwu [GJ/rok]	1213,65	816,46
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	Brak możliwości określenia – brak osobnego licznika	-
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	zużycia gazu na budynek	-
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² *rok]	95,50	68,82
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² ·rok]	138,40	82,45
10.	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	0	0
OPŁATY JEDNOSTKOWE (OBOWIĄZUJĄCE W DNIU SPORZĄDZANIA AUDYTU)		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Opłata za 1 GJ energii na ogrzewanie [zł]	30,63	30,63
2.	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	-	-
3.	Opłata za podgrzanie 1m ³ cwu [zł]	20,79	20,79
4.	Opłata za 1MW mocy zamówionej na podgrzanie cwu na miesiąc [zł]	-	-
5.	Opłata za ogrzanie 1m ² powierzchni użytkowej miesięcznie [zł]	22,42	13,36
6.	Inne – opłata abonamentowa [zł]	148,83	148,83

CHARAKTERYSTYKA EKONOMICZNA OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO			
Planowana suma kredytu [zł]	2 949 645,29	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	37,24
Planowane koszty całkowite	3 754 906,61		
Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]		35 211,55	

*) dla budynku o mieszanej funkcji należy podać wszystkie dane oddzielnie dla każdej części budynku

**) opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii

***) opłata stała związana z dystrybucją i przesyłem energii

3. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora

Dokumentacja projektowa

- Informacje przekazane przez Inwestora
- Dokumentacja projektowa i techniczna obiektu

Inne dokumenty

- Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów – Dz.U. nr 223, poz. 1459
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – Dz.U. nr 43, poz. 346 z późn. zm.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – Dz.U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, Dz. U. poz. 376
- Normy obowiązujące w dniu sporządzania audytu
- Aktualne ceny nośnika energii cieplnej

Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi inwestora

- zmniejszenie kosztów ogrzewania obiektu

Wielkość środków własnych inwestora przeznaczonych na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

- Wielkość środków własnych inwestora przeznaczonych na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – **w zależności od wysokości dofinansowania**

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku, ocena aktualnego stanu technicznego

Inwentaryzowany budynek znajduje się w Otwocku przy ul. Reymonta 83-91 i wchodzi w skład zespołu szpitalnego, zlokalizowanego w parku leśnym. Obiekt wpisany do rejestru zabytków pod nr A-714 z 7.09.2006 r.

Budynek wybudowany w latach 1911-1929. Budynek posiada 4 kondygnacje naziemne oraz ogrzewane piwnice.

Ławy i ściany konstrukcyjne piwnic i kondygnacji naziemnych murowane z cegły pełnej. Stropy proste, dach częściowo płaski pokryty papą termozgrzewalną częściowo spadzisty kryty blachą. Okna wymienione na PVC. Drzwi zewnętrzne PVC.

W piwnicy znajduje się kotłownia gazowa, stanowiąca źródło ciepła dla obiektu. W budynku instalacja centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej. Wentylacja naturalna, grawitacyjna, realizowana poprzez nieszczelności w oknach i drzwiach, częściowo wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna.













Okna i drzwi

Okna i drzwi nie spełniają wymogów, obowiązujących od 2021 roku (2019 dla budynków użyteczności publicznej), określonych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm), przez co generowane są straty ciepła.

Charakterystyka systemu ogrzewania

Lp.	Dane	Wartość
1.	Typ instalacji	ogrzewanie centralne za pomocą kotłowni gazowej znajdującej się w piwnicy
2.	Parametry pracy	70/90
3.	Przewody w instalacji	rury stalowe
4.	Rodzaje grzejników	członowe/ płytowe
5.	Oslonięcie grzejników	brak
6.	Zawory termostacyjne	tak
7.	Liczba dni ogrzewania w tygodniu/liczba godzin na dobę	7/24

Sprawności składowe systemu grzewczego	wartość
<i>Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika – gaz ziemny, w_i</i>	1,10
<i>Średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła z energii dostarczonej do granicy bilansowej budynku – kocioł niskotemperaturowy na paliwo gazowe lub płynne z zamkniętą komorą spalania i palnikiem modulowanym, $\eta_{H,g}$</i>	0,94
<i>Średnia sezonowa sprawność transportu nośnika ciepła w obrębie budynku – ogrzewanie centralne wodne z lokalnego źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku z zaizolowanymi przewodami, armaturą i urządzeniami – w pom. nieogrzewanych, $\eta_{H,d}$</i>	0,90
<i>Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w obrębie budynku – grzejniki członowe/ płytowe z regulacją, $\eta_{H,e}$</i>	0,82
<i>Średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego – brak zasobnika buforowego, $\eta_{H,s}$</i>	1,00
Średnia sezonowa sprawność całkowita instalacji, $\eta_{H,tot}$	0,69

Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej

Dane	Stan obecny
Rodzaj instalacji	Instalacja centralna w obiekcie, źródłem jest kotłownia gazowa

Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej	wartość
<i>Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika – gaz ziemny, w_i</i>	1,10
<i>Średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła z energii dostarczonej do granicy bilansowej budynku – kocioł niskotemperaturowy, $\eta_{w,g}$</i>	0,88
<i>Średnia sezonowa sprawność transportu nośnika ciepła w obrębie budynku – centralne przygotowanie, $\eta_{w,d}$</i>	0,50
<i>Średnia sezonowa sprawność wykorzystania, $\eta_{w,e}$</i>	1,00
<i>Średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepłej wody w elementach pojemnościowych systemu ciepłej wody, $\eta_{w,s}$</i>	1,00
Średnia sezonowa sprawność całkowita instalacji, $\eta_{w,tot}$	0,37

Obliczenia zapotrzebowania na ciepło systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
Opis	Symbol	jednostka	wartość
Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie	V_{wi}	$\text{dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dzień})$	2
Powierzchnia o regulowanej temperaturze	A_f	m^2	3 456,0
Ciepło właściwe wody	c_w	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	4,19
Gęstość wody	ρ_w	kg/dm^3	1,00
Temperatura ciepłej wody	θ_w	$^{\circ}\text{C}$	55
Temperatura zimnej wody	θ_o	$^{\circ}\text{C}$	10
Mnożnik korekcyjny uwzględniający przerwy w użytkowaniu	k_R	-	1,0
Liczba dni w roku	t_R	dzień	365
Średnioroczna sprawność systemu	$\eta_{cw, tot}$	-	0,37
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową $Q_W = V_{wi} \cdot A_f \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\theta_w - \theta_o) \cdot k_R \cdot t_R / 3600$	kWh/GJ	132 135,84 / 475,69	
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową $Q_{kW} = Q_W / \eta_{cw, tot}$	kWh/GJ	337 123,89 / 1 213,65	

Obliczenia zapotrzebowania na moc systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
Opis	Symbol	jednostka	wartość
Sposób przygotowania ciepłej wody	-	-	centralnie
Średni czas użytkowania w ciągu doby	t_h	godzina	8
Współczynnik jednoczesności rozbioru	N_h	-	1,00
Roczne zużycie ciepłej wody $V_{cw}=V_{wi} \cdot A_f \cdot k_R \cdot t_R$	dm^3/rok		2 522 880
Zapotrzebowanie na moc cieplną do przygotowania cwu $q_{cw}=Q_{k,w} \cdot N_h / (k_R \cdot t_R \cdot t_h) \cdot 10^{-3}$	MW		0,061

Charakterystyka systemu wentylacji

Lp.	Dane	Stan obecny
1.	Rodzaj wentylacji	naturalna grawitacyjna / mechaniczna nawiewno-wywiewna
2.	Strumień powietrza wentylującego m^3/h	25 401,6

Wentylacja pomieszczeń realizowana grawitacyjnie poprzez kratki i kanały wentylacyjne oraz nieszczelności w drzwiach i oknach oraz mechanicznie.

Końcowa ocena stanu istniejącego budynku oraz możliwości poprawy

Lp.	Charakterystyka stanu istniejącego	Możliwości poprawy
1.	Źródło ciepła: kotłownia gazowa	modernizacja kotłowni – wymiana kotła na nowy kocioł gazowy kondensacyjny
2.	Przegrody zewnętrzne - nie spełniają aktualnych wymogów - generowane straty ciepła	ocieplenie dachu budynku oraz ściany zewnętrzną tynkiem izolacyjnym
3.	Okna i drzwi - nie spełniają aktualnych wymogów	wymiana okien oraz drzwi zewnętrznych
4.	Instalacja ciepłej wody użytkowej - centralna instalacja w obiekcie	modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej
5.	System grzewczy - centralna instalacja w obiekcie	modernizacja instalacji centralnego ogrzewania
6.	System wentylacji: - wentylacja naturalna/ mechaniczna	wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła
7.	System zarządzania energią - brak	wykonanie systemu zarządzania energią w budynku

5. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Do obliczeń przyjęto następujące dane:

obliczeniowa temperatura wewnętrzna 20°C

obliczeniowa temperatura zewnętrzna – 18°C

Liczba stopniodni dla przegród zewnętrznych dzień*K/rok

Ustalenie liczby stopniodni S_d :			
Dane wyjściowe:			
stacja meteorologiczna:	Warszawa Okęcie		
obliczeniowa temperatura wewnętrzna t_{wo} :	20°C		
MIESIĄC	$t_e(m)$	$L_d(m)$	S_d
Styczeń	-1,2	31	657
Luty	-0,9	28	585
Marzec	4,4	31	484
Kwiecień	6,3	30	411
Maj	12,2	10	78
Czerwiec	17,1	0	0
Lipiec	19,2	0	0
Sierpień	16,6	0	0
Wrzesień	12,8	5	36
Październik	8,2	31	366
Listopad	2,9	30	513
Grudzień	0,8	31	595
$S_d =$			3 725

Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie.

1) Docieplenie ST1 – stropu pod nieogrzewanym poddaszem

Przegroda nr 1			Nazwa:			Strop pod nieogr. poddaszem	
Dane	Powierzchnia przegrody do strat ciepła					A=	830,1 m ²
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia					A _o =	871,6 m ²
	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego					T _{wo} =	20 °C
	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego					T _{zo} =	-20 °C
	Liczba stopniodni dla przegrody					S _d =	3 725 dzień *K/rok
Taryfa opłat za ciepło:							
Opłaty stałe			Opłaty zmienne			Abonament	
O _{m0} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z0} =	30,63	zł/GJ	A _{b0} =	148,83 zł/m-c
O _{m1} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z1} =	30,63	zł/GJ	A _{b1} =	148,83 zł/m-c
Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:							
Współczynnik przenikania ciepła przegrody w stanie istniejącym:						0,442	W/m²K
Przewiduje się ocieplenie przegrody z użyciem						wełna mineralna	
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji λ =						0,035	W/m*K
Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:							
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona o						14,0	cm
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona o						15,0	cm
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona o						16,0	cm
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona o						17,0	cm
Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	Warianty			
				1	2	3	4
1	grubość izolacji, d	cm	-	14,0	15,0	16,0	17,0
2	zwiększenie oporu ΔR	m²·K/W	-	4,00	4,29	4,57	4,86
3	opór cieplny przegrody R	m²·K/W	2,262	6,262	6,552	6,832	7,122
4	Q _{0u} ,Q _{1u} = 8,64*10 ⁻⁵ *S _d *A/R	GJ/a	118,1	42,7	40,8	39,1	37,5
5	q _{0u} ,q _{1u} = 10 ⁻⁶ *A*(t _{w0} -T _{z0})/R	MW	0,0147	0,0053	0,0051	0,0049	0,0047
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ _{ru}	zł/a	-	2 310 zł	2 368 zł	2 420 zł	2 469 zł
7	Koszt jednostkowy ocieplenia*	zł/m²		190,0	195,0	200,0	205,0
8	Koszt usprawnienia N _u	zł		165 604 zł	169 962 zł	174 320 zł	178 678 zł
9	SPBT= N _u /ΔQ _u	lata		71,69	71,77	72,03	72,37
10	U ₀ , U ₁	W/(m²·K)	0,442	0,160	0,153	0,146	0,140

*w cenę jednostkową wliczono prace rozbiórkowe, koszt materiału oraz robociznę.

Wybrano ocieplenie za pomocą wełny mineralnej o grubości 16 cm. Jest to minimalna grubość ocieplenia, przy której przegroda **spełnia wymagania obowiązujące od 1.01.2019 r.** określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm).

2) Docieplenie stropodachu STD1

Przegroda nr 2			Nazwa:			stropodach		
Dane	Powierzchnia przegrody do strat ciepła			A=			129,9	m ²
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia			A _o =			136,4	m ²
	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego			T _{wo} =			20	°C
	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego			T _{zo} =			-20	°C
	Liczba stopniodni dla przegrody			S _d =			3 725	dzień *K/rok
Taryfa opłat za ciepło:								
Opłaty stałe			Opłaty zmienne			Abonament		
O _{m0} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z0} =	30,63	zł/GJ	A _{b0} =	148,83	zł/m-c
O _{m1} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z1} =	30,63	zł/GJ	A _{b1} =	148,83	zł/m-c
Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:								
Współczynnik przenikania ciepła przegrody w stanie istniejącym:						0,670		W/m²K
Przewiduje się ocieplenie przegrody z użyciem						styropapa		
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji λ =						0,035		W/m*K
Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:								
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona o						17,0		cm
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona o						18,0		cm
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona o						19,0		cm
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona o						20,0		cm
Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	Warianty				
				1	2	3	4	
1	grubość izolacji, d	cm	-	17,0	18,0	19,0	20,0	
2	zwiększenie oporu ΔR	m²·K/W	-	4,86	5,14	5,43	5,71	
3	opór cieplny przegrody R	m²·K/W	1,493	6,353	6,633	6,923	7,203	
4	Q _{0u} ,Q _{1u} = 8,64*10 ⁻⁵ *S _d *A/R	GJ/a	28,0	6,6	6,3	6,0	5,8	
5	q _{0u} ,q _{1u} = 10 ⁻⁶ *A*(t _{w0} -T _{z0})/R	MW	0,0035	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ _{ru}	zł/a	-	655 zł	665 zł	674 zł	680 zł	
7	Koszt jednostkowy ocieplenia*	zł/m²		200,0	205,0	210,0	215,0	
8	Koszt usprawnienia N _u	zł		27 280 zł	27 962 zł	28 644 zł	29 326 zł	
9	SPBT= N _u /ΔQ _u	lata		41,65	42,05	42,50	43,13	
10	U ₀ , U ₁	W/(m²·K)	0,670	0,157	0,151	0,144	0,139	

*w cenę jednostkową wliczono prace rozbiórkowe, koszt materiału oraz robociznę.

Wybrano ocieplenie za pomocą styropapy o grubości 19 cm. Jest to minimalna grubość ocieplenia, przy której przegroda **spełnia wymagania obowiązujące od 1.01.2019 r.** określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm).

3) Docieplenie stropodachu STD2

Przegroda nr 3			Nazwa:			stropodach		
Dane	Powierzchnia przegrody do strat ciepła			A=			112,0	m ²
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia			A _o =			117,6	m ²
	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego			T _{wo} =			20	°C
	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego			T _{zo} =			-20	°C
	Liczba stopniodni dla przegrody			S _d =			3 725	dzień *K/rok
Taryfa opłat za ciepło:								
Opłaty stałe			Opłaty zmienne			Abonament		
O _{m0} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z0} =	30,63	zł/GJ	A _{b0} =	148,83	zł/m-c
O _{m1} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z1} =	30,63	zł/GJ	A _{b1} =	148,83	zł/m-c
Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:								
Współczynnik przenikania ciepła przegrody w stanie istniejącym:						0,670		W/m²K
Przewiduje się ocieplenie przegrody z użyciem						styropapa		
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji λ =						0,035		W/m*K
Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:								
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona o						17,0		cm
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona o						18,0		cm
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona o						19,0		cm
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona o						20,0		cm
Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	Warianty				
				1	2	3	4	
1	grubość izolacji, d	cm	-	17,0	18,0	19,0	19,0	
2	zwiększenie oporu ΔR	m²·K/W	-	4,86	5,14	5,43	5,43	
3	opór cieplny przegrody R	m²·K/W	1,493	6,353	6,633	6,923	6,923	
4	Q _{0u} ,Q _{1u} = 8,64*10 ⁻⁵ *S _d *A/R	GJ/a	24,1	5,7	5,4	5,2	5,2	
5	q _{0u} ,q _{1u} = 10 ⁻⁶ *A*(t _{w0} -T _{z0})/R	MW	0,0030	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ _{ru}	zł/a	-	564 zł	573 zł	579 zł	579 zł	
7	Koszt jednostkowy ocieplenia*	zł/m²		200,0	205,0	210,0	215,0	
8	Koszt usprawnienia N _u	zł		23 520 zł	24 108 zł	24 696 zł	25 284 zł	
9	SPBT= N _u /ΔQ _u	lata		41,70	42,07	42,65	43,67	
10	U ₀ , U ₁	W/(m²·K)	0,670	0,157	0,151	0,144	0,144	

*w cenę jednostkową wliczono prace rozbiórkowe, koszt materiału oraz robociznę.

Wybrano ocieplenie za pomocą styropapy o grubości 19 cm. Jest to minimalna grubość ocieplenia, przy której przegroda **spełnia wymagania obowiązujące od 1.01.2019 r.** określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm).

4) Docieplenie ściany zewnętrznej murowanej SZ2

Przełoda nr 4			Nazwa:		Ściana zewnętrzna		
Dane	Powierzchnia przełody do strat ciepła				A=	319,0	m ²
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia				A _o =	335,0	m ²
	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego				T _{wo} =	20	°C
	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego				T _{zo} =	-20	°C
	Liczba stopniodni dla przełody				S _d =	3 725	dzień *K/rok
Taryfa opłat za ciepło:							
Opłaty stałe			Opłaty zmienne			Abonament	
O _{m0} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z0} =	30,63	zł/GJ	A _{b0} =	148,83 zł/m-c
O _{m1} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z1} =	30,63	zł/GJ	A _{b1} =	148,83 zł/m-c
Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:							
Współczynnik przenikania ciepła przełody w stanie istniejącym:					1,086	W/m²K	
Przewiduje się ocieplenie przełody z użyciem					tynk termoizolacyjny		
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji λ =					0,080	W/m*K	
Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:							
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona o					3,0	cm	
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona o					4,0	cm	
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona o					5,0	cm	
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona o					6,0	cm	
Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	Warianty			
				1	2	3	4
1	grubość izolacji, d	cm	-	3,0	4,0	5,0	6,0
2	zwiększenie oporu ΔR	m²·K/W	-	0,38	0,50	0,63	0,75
3	opór cieplny przełody R	m²·K/W	0,921	1,301	1,421	1,551	1,671
4	Q _{0u} ,Q _{1u} = 8,64*10 ⁻⁵ *S _d *A/R	GJ/a	111,5	78,9	72,2	66,2	61,4
5	q _{0u} ,q _{1u} = 10 ⁻⁶ *A*(t _{w0} -T _{z0})/R	MW	0,0139	0,0098	0,0090	0,0082	0,0076
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ _{ru}	zł/a	-	999 zł	1 204 zł	1 388 zł	1 535 zł
7	Koszt jednostkowy ocieplenia*	zł/m²		70,0	80,0	90,0	100,0
8	Koszt usprawnienia N _u	zł		23 450 zł	26 800 zł	30 150 zł	33 500 zł
9	SPBT= N _u /ΔQ _u	lata		23,47	22,26	21,72	21,82
10	U ₀ , U ₁	W/(m²·K)	1,086	0,769	0,704	0,645	0,598

*w cenę jednostkową wliczono prace rozbiórkowe, koszt materiału oraz robociznę.

Wybrano ocieplenie za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm ze względu na najniższy współczynnik SPBT (czas zwrotu inwestycji). Zgodnie z opinią konserwatora zabytków, niedopuszczalne jest ocieplenie ściany zewnętrznej za pomocą innych niż tynk materiałów izolacyjnych.

5) Docieplenie ściany zewnętrznej betonowej SZ4

Przełroda nr 5			Nazwa:			Ściana zewnętrzna	
Dane	Powierzchnia przełrody do strat ciepła			A=		112,2	m ²
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia			A _o =		117,8	m ²
	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego			T _{wo} =		20	°C
	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego			T _{zo} =		-20	°C
	Liczba stopniodni dla przełrody			S _d =		3 725	dzień *K/rok
Taryfa opłat za ciepło:							
Opłaty stałe			Opłaty zmienne			Abonament	
O _{m0} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z0} =	30,63	zł/GJ	A _{b0} =	148,83 zł/m-c
O _{m1} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z1} =	30,63	zł/GJ	A _{b1} =	148,83 zł/m-c
Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:							
Współczynnik przenikania ciepła przełrody w stanie istniejącym:				1,665		W/m²K	
Przewiduje się ocieplenie przełrody z użyciem				tynk termoizolacyjny			
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji λ =				0,080		W/m*K	
Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:							
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona o				3,0		cm	
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona o				4,0		cm	
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona o				5,0		cm	
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona o				6,0		cm	
Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	Warianty			
				1	2	3	4
1	grubość izolacji, d	cm	-	3,0	4,0	5,0	6,0
2	zwiększenie oporu ΔR	m²·K/W	-	0,38	0,50	0,63	0,75
3	opór cieplny przełrody R	m²·K/W	0,601	0,981	1,101	1,231	1,351
4	Q _{0u} ,Q _{1u} = 8,64*10 ⁻⁵ *S _d *A/R	GJ/a	60,1	36,8	32,8	29,3	26,7
5	q _{0u} ,q _{1u} = 10 ⁻⁶ *A*(t _{w0} -T _{z0})/R	MW	0,0075	0,0046	0,0041	0,0036	0,0033
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ _{ru}	zł/a	-	714 zł	836 zł	943 zł	1 023 zł
7	Koszt jednostkowy ocieplenia*	zł/m²		70,0	80,0	90,0	100,0
8	Koszt usprawnienia N _u	zł		8 246 zł	9 424 zł	10 602 zł	11 780 zł
9	SPBT= N _u /ΔQ _u	lata		11,55	11,27	11,24	11,52
10	U ₀ , U ₁	W/(m²·K)	1,665	1,019	0,908	0,812	0,740

*w cenę jednostkową wliczono prace rozbiórkowe, koszt materiału oraz robociznę.

Wybrano ocieplenie za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm ze względu na najniższy współczynnik SPBT (czas zwrotu inwestycji). Zgodnie z opinią konserwatora zabytków, niedopuszczalne jest ocieplenie ściany zewnętrznej za pomocą innych niż tynk materiałów izolacyjnych.

6) Docieplenie ściany zewnętrznej przy gruncie mur nieocieplony SZPG2

Przełoda nr 6			Nazwa:		Ściana zewnętrzna przy gruncie		
Dane	Powierzchnia przełody do strat ciepła				A=	117,8	m²
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia				A _o =	123,7	m²
	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego				T _{wo} =	20	°C
	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego				T _{zo} =	-20	°C
	Liczba stopniodni dla przełody				S _d =	3 725	dzień *K/rok
Taryfa opłat za ciepło:							
Opłaty stałe			Opłaty zmienne			Abonament	
O _{m0} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z0} =	30,63	zł/GJ	A _{b0} =	148,83 zł/m-c
O _{m1} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z1} =	30,63	zł/GJ	A _{b1} =	148,83 zł/m-c
Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:							
Współczynnik przenikania ciepła przełody w stanie istniejącym:					0,774	W/m²K	
Przewiduje się ocieplenie przełody z użyciem					Styrodur XPS		
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji λ =					0,035	W/m*K	
Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:							
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona o					11,0	cm	
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona o					12,0	cm	
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona o					13,0	cm	
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona o					14,0	cm	
Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	Warianty			
				1	2	3	4
1	grubość izolacji, d	cm	-	11,0	12,0	13,0	14,0
2	zwiększenie oporu ΔR	m²·K/W	-	3,14	3,43	3,71	4,00
3	opór cieplny przełody R	m²·K/W	1,292	4,432	4,722	5,002	5,292
4	Q _{0u} ,Q _{1u} = 8,64*10 ⁻⁵ *S _d *A/R	GJ/a	29,3	8,6	8,0	7,6	7,2
5	q _{0u} ,q _{1u} = 10 ⁻⁶ *A*(t _{w0} -T _{z0})/R	MW	0,0036	0,0011	0,0010	0,0009	0,0009
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ _{ru}	zł/a	-	634 zł	652 zł	665 zł	677 zł
7	Koszt jednostkowy ocieplenia*	zł/m²		330,0	340,0	350,0	360,0
8	Koszt usprawnienia N _u	zł		40 821 zł	42 058 zł	43 295 zł	44 532 zł
9	SPBT= N _u /ΔQ _u	lata		64,39	64,51	65,11	65,78
10	U ₀ , U ₁	W/(m²·K)	0,774	0,226	0,212	0,200	0,189

*w cenę jednostkową wliczono prace rozbiórkowe, koszt materiału oraz robociznę.

Wybrano ocieplenie za pomocą styroduru XPS o grubości 13 cm. Jest to minimalna grubość ocieplenia, przy której przełoda spełnia wymagania obowiązujące od 1.01.2019 r. określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm).

7) Wymiana stolarki okiennej OK – okno zewnętrzne

Okna zewnętrzne							
Dane	Strumień powietrza wentylującego			V _{nom} =	1270,0	m³/h	
	Współczynnik U			U =	2,0	W/m²K	
	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego			T _{wo} =	20	°C	
	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego			T _{zo} =	-20	°C	
	Liczba stopniodni dla przegrody			Sd =	3 725	dzień *K/rok	
Taryfa opłat za ciepło:							
Opłaty stałe			Opłaty zmienne			Abonament	
O _{m0} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z0} =	30,63	zł/GJ	A _{b0} =	148,83 zł/m-c
O _{m1} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z1} =	30,63	zł/GJ	A _{b1} =	148,83 zł/m-c
Warianty wymiany okien o następujących współczynnikach przenikania:							
Wariant 1:						U _{ok}	1,2 W/m²K
Wariant 2:						U _{ok}	1,1 W/m²K
Wariant 3:						U _{ok}	1,0 W/m²K
Lp.	Opis /wyszczególnienie		Jednostki	stan istniejący	Warianty		
					1	2	3
1	Powierzchnia okien		m²		590,6		
2	Współczynnik przenikania		W/(m²*K)	2,0	1,2	1,1	1,0
3	Współczynniki korekcyjne	C _r	-	1,1	1,0	1,0	1,0
		C _m	-	1,1	1,0	1,0	1,0
		C _w	-	1,0	1,0	1,0	1,0
4	8,64*10 ⁻⁵ *Sd*A _{ok} *U		GJ/a	380,2	228,1	209,1	190,1
5	2.94*10 ⁻⁵ *c _r *c _w *V _{nom} *Sd		GJ/a	841,5	695,5	695,5	695,5
6	Q _{0u} ,Q _{1u} = poz.4 + poz.5		GJ/a	1221,7	923,6	904,6	885,6
7	10 ⁻⁶ *A _{ok} *(t _{wo} -t _{zo})*U		MW	0,0472	0,0283	0,0260	0,0236
8	3,4*10 ⁻⁷ *c _m *V _{nom} *(t _{wo} -t _{zo})		MW	0,0950	0,0864	0,0864	0,0864
9	q ₀ ,q ₁ = poz 7 + poz. 8		MW	0,1422	0,1147	0,1124	0,1100
10	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ _{rok} + ΔQ _{rw}		zł/rok		9 131	9 713	10 295
11	Cena jednostkowa wym.okien*		zł/m²		1400	1500	1600
12	Koszt wymiany okien N _{ok}		Zł		826 840 zł	885 900 zł	944 960 zł
13	SPBT=(N _{ok} +N _w)/Σ(ΔQ _{rok} + ΔQ _{rw})		-		90,55	91,21	91,79

*w cenę jednostkową wliczono prace rozbiórkowe, koszt materiału, robociznę oraz roboty dodatkowe.

Za najbardziej optymalny wariant wymiany okien na nowe okna drewniane, odpowiadające wymogom konserwatora zabytków, wybrano okna o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 W/m^2 \cdot K$.

8) Wymiana stolarki drzwiowej DZ1 – drzwi zewnętrzne

Drzwi							
Dane	Strumień powietrza wentylującego				V _{nom} =	1270,0	m ³ /h
	Współczynnik U				U =	2,0	W/m ² K
	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego				T _{wo} =	20	°C
	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego				T _{zo} =	-20	°C
	Liczba stopniodni dla przegrody				Sd =	3 725	dzień *K/rok
Taryfa opłat za ciepło:							
Opłaty stałe			Opłaty zmienne			Abonament	
O _{m0} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z0} =	30,63	zł/GJ	A _{b0} =	148,83 zł/m-c
O _{m1} =	0,00	zł/MW*m-c	O _{z1} =	30,63	zł/GJ	A _{b1} =	148,83 zł/m-c
Warianty wymiany drzwi następujących współczynników przenikania:							
Wariant 1:						U _{drz}	1,5 W/m ² K
Wariant 2:						U _{drz}	1,3 W/m ² K
Wariant 3:						U _{drz}	1,1 W/m ² K
Lp.	Opis /wyszczególnienie		jednostki	stan istniejący	Warianty		
					1	2	3
1	Powierzchnia drzwi		m ²			26,5	
2	Współczynnik przenikania		W/(m ² *K)	2,0	1,5	1,3	1,1
3	Współczynniki	C _r		1,05	1,0	1,0	1,0
	korekcyjne	C _m		1,0	1,0	1,0	1,0
4	8,64*10 ⁻⁵ *S _d *A _{drz} *U		GJ/a	17,1	12,8	11,1	9,4
5	2.94*10 ⁻⁵ *c _r *c _m *V _{nom} *S _d		GJ/a	146,0	139,1	139,1	139,1
6	Q _{0u} ,Q _{1u} = poz.4 + poz.5		GJ/a	163,1	151,9	150,2	148,5
7	10 ⁻⁶ *A _{drz} *(t _{wo} -t _{zo})*U		MW	0,0021	0,0016	0,0014	0,0012
8	3,4*10 ⁻⁷ *c _m *V _{nom} *(t _{wo} -t _{zo})		MW	0,0173	0,0173	0,0173	0,0173
9	q ₀ ,q ₁ = poz 7 + poz. 8		MW	0,0194	0,0189	0,0187	0,0185
10	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ _{rok} + ΔQ _{rw}		zł/rok		343	395	443
11	Cena jednostkowa wym. drzwi		zł/m ²		1050	1200	1350
12	Koszt wymiany drzwi N _{drz}		Zł		27 825 zł	31 800 zł	35 775 zł
13	SPBT=(N _{drz} +N _w)/Σ(ΔQ _{rdrz} + ΔQ _{rw})		-		81,12	80,51	80,76

Za najbardziej optymalny wariant wymiany drzwi zewnętrznych w wybrano drzwi **spełniające wymagania obowiązujące od 1.01.2019 r.** określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm). Wymiana na drzwi o współczynniku przenikania $U = 1,3 W/m^2 \cdot K$ jest najbardziej opłacalna ze względów ekonomicznych, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań zawartych w Rozporządzeniu.

Przebudowa/modernizacja systemów grzewczych wraz z wymianą źródła ciepła

W audycie założono przewody rozdzielcze i piony instalacyjne z rur pp, podejścia poziome do grzejników z rur miedzianych. Urządzenia grzewcze – założono grzejniki stalowe płytowe. Do regulacji instalacji proponuje się podpionowe zawory regulacyjne automatyczne z nastawą wstępną, króćcami kontrolno-pomiarowymi i możliwością spustu wody. Grzejniki należy wyposażać w elektroniczne głowice termostatyczne. Należy zainstalować liczniki ciepła i energii elektrycznej na wyjściu z kotłowni.

Zakłada się wymianę istniejącego kotła gazowego na nowy kocioł gazowy wraz z modernizacją instalacji w obrębie kotłowni.

Rodzaj usprawnienia	Łączny koszt [zł]
Wymiana źródła ciepła na nowy kocioł gazowy	100 000,00
Modernizacja systemu c.o. – wymiana instalacji, w tym wymiana rurociągów (piony i poziomy) i grzejników, wykonanie izolacji termicznej instalacji w przestrzeniach nieogrzewanych, montaż armatury regulacyjnej, zaworów podpionowych, rozdzielaczy, instalacja liczników ciepła i energii elektrycznej na parterze	400 000,00

Sprawność systemu ogrzewania	Współczynnik sprawności przed termomodernizacją	Współczynnik sprawności po termomodernizacji
Sprawność wytwarzania ciepła	0,94	0,98
Sprawność przesyłania ciepła	0,90	0,90
Regulacja	0,82	0,89
Sprawność akumulacji	1,00	1,00
Sprawność całkowita systemu	0,69	0,87

Lp.	Omówienie wybranego usprawnienia	Stan istniejący	Stan po termomodernizacji
1.	Obliczeniowa moc cieplna [MW]	0,225	0,225
2.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby c.o. w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu GJ/rok	1 188,13	1 188,13
3.	Ogólna sprawność systemu ogrzewania	0,69	0,87
4.	Obniżenie nocne	1	1
5.	Obniżenie tygodniowe	1	1
6.	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby c.o. z uwzględnieniem sprawności systemu i przerwami w ogrzewaniu [GJ/rok]	1 721,94	1 365,68
7.	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym [zł/rok]	56 250,92	44 982,42
8.	Roczna oszczędność kosztów [zł]	-	11 268,50
9.	Koszt usprawnienia [zł]	-	500 000,00
10.	SPBT [lata] czas zwrotu inwestycji	-	44,37

Wariant modernizacji instalacji c.w.u. (po modernizacji źródła ciepła)

Rodzaj usprawnienia	Metraż/ ilość sztuk	Cena jednostkowa [zł]	Łączny koszt [zł]
Wymiana instalacji, montaż zaworów	-	200 000,00	200 000,00

Oszczędności	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
Obliczeniowa moc cieplna [MW]	0,061	0,042
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby c.w.u. bez uwzględnienia sprawności systemu GJ/rok	449,05	449,05
Ogólna sprawność systemu cwu	0,37	0,55
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby c.w.u. z uwzględnieniem sprawności systemu [GJ/rok]	1 213,65	816,46
Roczny koszt c.w.u. w sezonie standardowym [zł/rok]	37 174,10	25 008,17
Roczna oszczędność kosztów [zł]		12 165,93
Koszt usprawnienia [zł]	-	200 000,00
SPBT		16,44

Czas zwrotu inwestycji wynosi około 16 lat.

Ocena opłacalności wykonania wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła (rekuperacją)

WARIANT: Montaż wentylacji mechanicznej, zapewniający redukcję energii potrzebnej do ogrzania powietrza wentylacyjnego. Proponuje się wentylację z rekuperatorem – centralą wentylacyjną zbudowaną z dwóch wentylatorów – wywiewnego i nawiewnego oraz wymiennikiem ciepła, w którym powietrze dopływające do wnętrza pomieszczenia ogrzewa się od cieplejszego powietrza wywiewanego. Wewnątrz centrali znajdują się specjalne filtry, zatrzymujące pył i zanieczyszczenia znajdujące się w powietrzu.

Zasada działania polega na zasysaniu świeżego powietrza z zewnątrz kanałem do centrali wentylacyjnej, a z niej siecią kanałów do wszystkich pomieszczeń. W pomieszczeniach są zamontowane również kratki wywiewne, którymi zanieczyszczone powietrze jest wysysane do sieci kanałów wywiewnych i dopływa z powrotem do centrali wentylacyjnej, a z niej wspólnym kanałem jest usuwane poza obiekt przez wyrzutnię.

Zastosowanie wentylacji nawiewno - wywiewnej ma duże znaczenie ze względu na jakość powietrza, a także ogranicza straty ciepła poprzez wentylację.

Założono odzysk ciepła w wysokości 55%

Rodzaj usprawnienia	Metraż/ ilość sztuk	Cena jednostkowa [zł]	Łączny koszt [zł]
Wykonanie wentylacji mechanicznej	1	950 000,00	950 000,00

Lp.	Omówienie wybranego usprawnienia	Stan istniejący	Stan po termomodernizacji
1.	Obliczeniowa moc cieplna [MW]	0,225	0,215
2.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby co. w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu GJ/rok	1 188,13	993,75
3.	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby co. z uwzględnieniem sprawności systemu i przerwami w ogrzewaniu [GJ/rok]	1 721,94	1 378,68
4.	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym [zł/rok]	56 250,92	45 393,61
5.	Roczna oszczędność kosztów [zł]	-	10 857,31
6.	Koszt usprawnienia [zł]	-	950 000,00
7.	SPBT [lata]		87,50

System zarządzania energią

W obiekcie założono montaż systemu zarządzania energią. W związku z tym założono wyposażenie budynku w system czujników i detektorów oraz jeden, zintegrowany system zarządzania wszystkimi znajdującymi się w budynku instalacjami. System posiadać będzie funkcjonalność monitorowania i zarządzania systemami energetycznymi oraz grzewczymi, znajdującymi się w budynku, gromadząc informacje z czujników, detektorów, analizatorów, ciepłomierzy, wodomierzy oraz sterowników urządzeń, pozwalając na reagowanie w czasie rzeczywistym na zmianę warunków zewnętrznych i wewnętrznych w celu optymalizacji zużycia energii cieplnej i energetycznej budynku. Wprowadzenie systemu zarządzania budynkiem zapewni optymalizację kosztów, związanych z utrzymaniem budynku. System powinien posiadać wbudowany język definicji raportów, pozwalający na tworzenie dowolnych raportów tabelarycznych oraz graficznych bazujących na danych z bazy wewnętrznej systemu na potrzeby prawidłowej prezentacji uzyskanych efektów ekologicznych oraz efektywności energetycznej, jak również funkcjonalność zdalnego monitoringu przez Internet z poziomu przeglądarki internetowej www dla użytkowników posiadających odpowiednie uprawnienia.

Rodzaj usprawnienia	Łączny koszt [zł]
Wykonanie systemu zarządzania energią	150 000,00

Lp.	Omówienie wybranego usprawnienia	Stan istniejący	Stan po termomodernizacji
1.	Obliczeniowa moc cieplna [MW]	0,225	0,225
2.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby budynku z uwzględnieniem sprawności systemów GJ/rok	1 721,94	1 601,40
3.	Roczny koszt zapotrzebowania na ciepło w sezonie standardowym [zł/rok]	56 250,92	52 438,24
4.	Roczna oszczędność kosztów [zł]	-	3 812,68
5.	Koszt usprawnienia [zł]	-	150 000,00
6.	SPBT [lata] czas zwrotu inwestycji	-	39,34

Zestawienie optymalnych grup usprawnień i przedsięwzięć zmniejszających straty ciepła w kolejności od najniższego współczynnika SPBT (czasu zwrotu inwestycji)

Lp.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Planowane koszty robót [zł]	SPBT [lata]
1.	Docieplenie ściany zewnętrznej SZ4 za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,080 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	10 602,00	11,24
2.	Modernizacja instalacji c.w.u	200 000,00	16,44
3.	Docieplenie stropodachu STD1 za pomocą styropapy o grubości 19 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	28 644,00	21,02
4.	Docieplenie stropodachu STD2 za pomocą styropapy o grubości 19 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	24 696,00	21,05
5.	Docieplenie ściany zewnętrznej SZ2 za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,080 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	30 150,00	21,72
6.	Wykonanie systemu zarządzania energią w obiekcie	150 000,00	39,34
7.	Przebudowa/ modernizacja systemów grzewczych wraz z wymianą źródła ciepła	500 000,00	44,37
8.	Docieplenie ściany zewnętrznej przy gruncie SZPG2 za pomocą styroduru XPS o grubości 13 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	43 295,00	65,11
9.	Docieplenie ST1 stropu pod nieogrzewanym poddaszem za pomocą wełny mineralnej o grubości 16 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	174 320,00	72,03
10.	Wymiana drzwi DZ1 na nowe o współczynnika przenikania ciepła $U = 1,300 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	31 800,00	80,51
11.	Wykonanie systemu wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła	950 000,00	87,50
12.	Wymiana okien na nowe drewniane o współczynnika przenikania ciepła $U = 1,100 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	885 900,00	91,21

6. Wybór optymalnego wariantu termomodernizacyjnego

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Wariant termomodernizacyjny						
		1	2	3	4	5	6	7
1.	Docieplenie ściany zewnętrznej SZ2 za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm i współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,080 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	x	x	x	x	x	x	x
	Docieplenie ściany zewnętrznej SZ4 za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm i współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,080 \text{ W/m}\cdot\text{K}$							
2.	Docieplenie stropodachu STD1 za pomocą styropapy o grubości 19 cm i współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	x	x	x	x	x	x	
	Docieplenie stropodachu STD2 za pomocą styropapy o grubości 19 cm i współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$							
3.	Przebudowa/ modernizacja systemów grzewczych wraz z wymianą źródła ciepła, modernizacja instalacji c.w.u.	x	x	x	x	x		
4.	Docieplenie ściany zewnętrznej przy gruncie SZPG2 za pomocą styroduru XPS o grubości 13 cm i współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	x	x	x	x			
5.	Docieplenie ST1 stropu pod nieogrzewanym poddaszem za pomocą wełny mineralnej o grubości 16 cm i współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	x	x	x				
6.	Wykonanie systemu wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła	x	x					
	Wykonanie systemu zarządzania energią w obiekcie							
7.	Wymiana drzwi DZ1 na nowe o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,300 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	x						
	Wymiana okien na nowe drewniane o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,100 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$							

Zestawienie wariantów termomodernizacyjnych z uwzględnieniem kosztów

Wybrany wariant Termomodernizacyjny	Koszt termomodernizacji netto [zł]	Koszt termomodernizacji brutto [zł]
1.	2 997 607,00	3 687 056,61
2.	2 111 707,00	2 597 399,61
3.	1 011 707,00	1 244 399,61
4.	837 387,00	1 029 986,01
5.	794 092,00	976 733,16
6.	94 092,00	115 733,16
7.	40 752,00	50 124,96

Zestawienie oszczędności kosztów wybranych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Wariant	c.o.						c.w.u.			Oszczędność		
	q [MW]	Q [GJ/rok]	η	$w_d \cdot w_t$	$Q \cdot w_d \cdot w_t / \eta$	Opłata [zł]	q [MW]	$Q \cdot w_d / \eta$ [GJ/rok]	Opłata [zł]	GJ/rok	zł	%
1.	0,176	856,21	0,87	1	1025,77	33205,30	0,042	816,46	25008,17	1093,36	35211,55	37,24
2.	0,199	932,82	0,87	1	1 061,03	34285,31	0,042	816,46	25008,17	1058,10	34131,54	36,04
3.	0,216	964,38	0,87	1	1108,48	35738,70	0,042	816,46	25008,17	1010,65	32678,15	34,43
4.	0,216	1005,93	0,87	1	1156,24	37201,59	0,042	816,46	25008,17	962,89	31215,26	32,80
5.	0,220	1028,18	0,87	1	1181,82	37985,11	0,042	816,46	25008,17	937,31	30431,74	31,93
6.	0,220	1028,18	0,69	1	1490,12	47428,34	0,061	1213,65	37174,10	231,82	8822,58	7,90
7.	0,223	1141,74	0,69	1	1654,70	52469,42	0,061	1213,65	37174,10	67,24	3781,50	2,29
stan istniejący	0,225	1188,13	0,69	1	1721,94	56250,92	0,061	1213,65	37174,10			

Optymalny wariant termomodernizacyjny

Wybrany wariant termomodernizacyjny	Koszt całkowity [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu	
1	3 687 056,61	35 211,55	37,24	737 411,32 2 949 645,29	20% 80%
2	2 597 399,61	34 131,54	36,04	519 479,92 2 077 919,69	20% 80%
3	1 244 399,61	32 678,15	34,43	248 879,92 995 519,69	20% 80%
4	1 029 986,01	31 215,26	32,80	205 997,20 823 988,81	20% 80%
5	976 733,16	30 431,74	31,93	195 346,63 781 386,53	20% 80%
6	115 733,16	8 822,58	7,90	23 146,63 92 586,53	20% 80%
7	50 124,96	3 781,50	2,29	10 024,99 40 099,97	20% 80%

Optymalny wariant termomodernizacyjny

Na podstawie dokonanej oceny wybrano **wariant nr 1** przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

1. Roczna oszczędność zapotrzebowania na energię wyniesie **37,24%**.

Opis techniczny optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przewidzianego do realizacji

1. **Docieplenie ST1 – stropu pod nieogrzewanym poddaszem** za pomocą wełny mineralnej o grubości 16 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
2. **Docieplenie stropodachu STD1** za pomocą styropapy o grubości 19 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
3. **Docieplenie stropodachu STD2** za pomocą styropapy o grubości 19 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
4. **Docieplenie ściany zewnętrznej murowanej SZ2** za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,080 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
5. **Docieplenie ściany zewnętrznej betonowej SZ4** za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,080 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
6. **Docieplenie ściany zewnętrznej przy gruncie mur nieocieplony SZPG2** za pomocą styroduru XPS o grubości 13 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
7. **Wymiana stolarki okiennej OK – okno zewnętrzne** na nowe okna drewniane o współczynnika przenikania ciepła $U = 1,100 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
8. **Wymiana stolarki drzwiowej DZ1 – drzwi zewnętrzne** na nowe drzwi o współczynnika przenikania ciepła $U = 1,300 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
9. **Przebudowa/modernizacja systemów grzewczych wraz z wymianą źródła ciepła**
 - wymiana istniejącego kotła gazowego na nowy kocioł
 - wymiana instalacji c.o., w tym wymiana rurociągów (piony i poziomy)
 - wymiana grzejników
 - wykonanie izolacji termicznej
 - montaż armatury regulacyjnej, zaworów podpionowych, rozdzielaczy
 - instalacja liczników ciepła i energii elektrycznej
10. **Modernizacja instalacji c.w.u. (po modernizacji źródła ciepła)** – wymiana instalacji
11. **Wykonanie wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła (rekuperacją)**
12. **Wykonanie systemu zarządzania energią w obiekcie**

Przedmiar robót wybranego wariantu termomodernizacji

Lp.	Opis przedsięwzięcia	Obmiar [m ²]	Cena jednostkowa [zł/m ²]	Koszt całkowity netto [zł]
1.	Docieplenie ściany zewnętrznej SZ4 za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,080 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	117,8	90,00	10 602,00
2.	Modernizacja instalacji c.w.u	-	-	200 000,00
3.	Docieplenie stropodachu STD1 za pomocą styropapy o grubości 19 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	136,4	210,00	28 644,00
4.	Docieplenie stropodachu STD2 za pomocą styropapy o grubości 19 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	117,6	210,00	24 696,00
5.	Docieplenie ściany zewnętrznej SZ2 za pomocą tynku termoizolacyjnego o grubości 5 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,080 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	335,0	90,00	30 150,00
6.	Przebudowa/ modernizacja systemów grzewczych wraz z wymianą źródła ciepła	-	-	400 000,00
7.	Wykonanie systemu zarządzania energią w obiekcie	-	-	150 000,00
8.	Docieplenie ściany zewnętrznej przy gruncie SZPG2 za pomocą styroduru XPS o grubości 13 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	123,7	350,00	43 295,00
9.	Docieplenie ST1 stropu pod nieogrzewanym poddaszem za pomocą wełny mineralnej o grubości 16 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	871,6	200,00	124 320,00
10.	Wymiana drzwi DZ1 na nowe o współczynnika przenikania ciepła $U = 1,300 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	26,5	1 200,00	31 800,00
11.	Wykonanie systemu wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła	-	-	950 000,00
12.	Wymiana okien na nowe drewniane o współczynnika przenikania ciepła $U = 1,100 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	590,6	1500,00	885 900,00
13.	Modernizacja oświetlenia wbudowanego	-	-	300 000,00
SUMA NETTO [zł]				3 297 607,00

Charakterystyka finansowa wybranego wariantu termomodernizacyjnego z uwzględnieniem modernizacji oświetlenia

Lp.	Pozycja	Finansowanie	Kwota [zł]
1.	Całkowity koszt robót brutto		4 056 056,61
2.	Przewidywany wkład własny	20%	811 211,32
3.	Przewidywane dofinansowanie	80%	3 244 845,29

Efekt ekologiczny

Wskaźniki emisji zanieczyszczeń przyjęte zgodnie z EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013

Emisja – kocioł gazowy	Wartość
Wielkość emisji pyłu PM10 [g/GJ]	0,5
Wielkość emisji pyłu PM2,5 [g/GJ]	0,5
Wielkość emisji CO ₂ [kg/GJ]	55,82
Wielkość emisji Benzo(a)piren [mg/GJ]	0
Wielkość emisji SO ₂ [g/GJ]	0,5
Wielkość emisji NO _x [g/GJ]	50

Emisja przed termomodernizacją [Mg/rok]		Emisja po termomodernizacji [Mg/rok]	Efekt ekologiczny	
			[Mg/rok]	[%]
PM 10	0,001468	0,000921	0,000547	37,26
PM 2,5	0,001468	0,000921	0,000547	37,26
CO ₂	163,865	102,833	61,032	37,25
B(a)P	0,000000	0,000000	0,000000	0,00
SO ₂	0,001468	0,000921	0,000547	37,26
NO _x	0,146780	0,092112	0,054668	37,24