



AUDYT ENERGETYCZNY

Centrum Kształcenia Praktycznego w Grudziądzu



Adres budynku:

Ul. Czarnieckiego 5/7
86-300 Grudziądz

Wykonawcy audytu:

mgr inż. Igor Kwiatkowski
mgr inż. Joanna Szczepaniak

Grudziądz, czerwiec 2016



1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

TABELA NR 1. STRONA TYTUŁOWA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU			
1. DANE IDENTYFIKACYJNE BUDYNKU			
1.1 Rodzaj budynku	Centrum Kształcenia Praktycznego	1.2 Rok budowy	Początek XX wieku
1.3 Inwestor	Miasto i Gmina Grudziądz	1.4 Adres budynku	Ul. Czarnieckiego 5/7 86-300 Grudziądz
2. NAZWA, NR REGON I ADRES PODIOMU WYKONUJĄDEGO AUDYT			
ASIG Igor Kwiatkowski Ul. Kosynierów Gdyńskich 67/2 51-686 Wrocław Regon: 361807384			
3. 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			
4. WSPÓLAUTORZY AUDYTU: IMIONA, NAZWISKA, ZAKRES PRAC, POSIADANE KWALIFIKACJE, PODPIS			
mgr inż. Igor Kwiatkowski – inwentaryzacja obiektu, wykonanie obliczeń w programie AUDYTOR OZC 6.7			
5. MIEJSCOWOŚĆ: Wrocław		DATA WYKONANIA OPRACOWANIA: 13.06.2016	
6. SPIS TREŚCI:			



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
Wizja lokalna	9
Wytyczne, sugestii, ograniczenia i uwagi inwestora	9
Wielkość środków własnych inwestora przeznaczonych na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz wysokość oczekiwanego dofinansowania. ...	9
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku	10
Dane podstawowe	15
Charakterystyka systemu ogrzewania	17
Wartości współczynników systemu ogrzewania przed termomodernizacją	17
Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej	18
Charakterystyka systemu wentylacji	18
5. Ocena aktualnego stanu technicznego budynku	19
Przegrody zewnętrzne.....	19
Okna i drzwi	19
System grzewczy	19
System zaopatrzenia w ciepłą wodę	19
Wentylacja	19
Końcowa ocena stanu istniejącego budynku oraz możliwości poprawy.....	19
6. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	20
Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie.....	22
Zestawienie optymalnych usprawnień i przedsięwzięć zmniejszających straty ciepła przez przenikanie od najniższego SPBT	40
7. Wybór optymalnego wariantu termomodernizacyjnego	41
Warianty przedsięwzięć termomodernizacyjnych	41
Zestawienie wariantów termomodernizacyjnych z uwzględnieniem kosztów.....	42
Zestawienie oszczędności kosztów wybranych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	43
Optymalny wariant termomodernizacyjny	44
Optymalny wariant termomodernizacyjny	45



8.	Opis techniczny wybranego wariantu termomodernizacyjnego	46
	Opis wykonanych robót.....	46
	Przedmiar robót wybranego wariantu termomodernizacji	47
	Charakterystyka finansowa wybranego wariantu	48
9.	Załączniki do audytu	49



2. Karta audytu energetycznego budynku

TABELA NR 2. KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU*			
DANE OGÓLNE			
1.	Konstrukcja/technologia budynku	tradycyjna	
2.	Liczba kondygnacji	2	
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	12 948,1	
4.	Powierzchnia budynku netto [m ²]	3 112,8	
5.	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	0	
6.	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	3 112,8	
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	
8.	Liczba osób użytkujących budynek	80	
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody	węzeł cieplny	
10.	Rodzaj systemu grzewczego w budynku	węzeł cieplny	
11.	Współczynnik kształtu A/V [m ³ /m ²]	0,24	
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	
WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA PRZEZ PRZEGRODY BUDOWLANE		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	S1 – ściana zewnętrzna , segment A	1,345	0,233
2.	S2 – ściana zewnętrzna, segment B	1,345	0,233
3.	S3 – ściana zewnętrzna, segment C	1,382	1,382
4.	S4 – ściana zewnętrzna, segment A przy gruncie	0,892	0,225
5.	Pg1 – podłoga w piwnicy i na gruncie, segment A, B, C	0,288	0,288
6.	Stp1 – stropodach niewentylowany segment A	0,191	0,191
7.	Stp2 – stropodach niewentylowany segment B	1,385	0,191



8.	Stp3 – stropodach niewentylowany segment C	0,507	0,507
9.	Okna PVC – segmenty A, B i C	1,800	1,800
10.	Okna stare – segment A	2,500	1,300
11.	Okna stare – segment B	2,500	1,300
12.	Okna stare – segment C	2,800	1,600
13.	Światlik w dachu – nowy segment C	1,700	1,700
14.	Światlik w dachu – stary segment B	2,500	1,500
15.	Drzwi nowe	1,800	1,800
16.	Drzwi stare	2,500	1,700
SPRAWNOŚCI SKŁADOWE SYSTEMU GRZEW CZEGO		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Sprawność wytwarzania	0,99	0,99
2.	Sprawność przesyłania	0,80	0,80
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	0,88	0,88
4.	Sprawność akumulacji	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia	0,85	0,85
6.	Uwzględnienie przerwy na ogrzewanie w ciągu doby	0,95	0,95
SPRAWNOŚCI SKŁADOWE SYSTEMU PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Sprawność wytwarzania	0,99	0,99
2.	Sprawność przesyłania	0,60	0,60
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	1,00	1,00
4.	Sprawność akumulacji	0,60	0,60



CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU WENTYLACJI		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	kanały wentylacyjne	kanały wentylacyjne
3.	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	12 948,1	12 948,1
4.	Liczba wymian [l/h]	1	1
CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	456,0	385,0
2.	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie cwu [kW]	16,0	16,0
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [GJ/rok]	1 617,96	1 149,59
4.	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [GJ/rok]	2 195,80	1 560,16
5.	Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania cwu [GJ/rok]	265,77	265,77
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	2 130,17	-
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	236,69	-
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² *rok]	144,38	102,59
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² *rok]	195,95	139,22
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]	57,15	57,15
2.	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	11 725,71	11 725,71
3.	Opłata za podgrzanie 1m ³ cwu [zł]	29,93	29,93
4.	Opłata za 1MW mocy zamówionej na podgrzanie cwu na miesiąc [zł]	11 725,71	11 725,71
5.	Opłata za ogrzanie 1m ² powierzchni użytkowej miesięcznie [zł]	40,31	28,64
6.	Inne – opłata abonamentowa [zł]	-	-
CHARAKTERYSTYKA EKONOMICZNA OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO			
Planowana suma kredytu [zł]	338 588	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	25,82
Planowane koszty całkowite [zł]	520 905	Premia termomodernizacyjna [zł]	67 718
Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]		37 159	

*) 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

- Protokół nr 151-154/2015 z oceny stanu technicznego budynku

Inne dokumenty

- Ustawa z dnia 21 listopada 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
- 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
- Program komputerowy Audytor OZC wersja 6.7

Wizja lokalna

22.03.2016 r.

Wytyczne, sugestii, ograniczenia i uwagi inwestora

- W ramach audytu dokonano oceny efektywności następujących usprawnień:
 - ocieplenie dachu,
 - ocieplenie ścian zewnętrznych,
 - wymiana okien i drzwi,
 - segment C jest budynkiem, znajdującym się pod opieką konserwatora zabytków; w tej części obiektu zostały już wykonane planowane usprawnienia, w ramach audytu należy rozpatrzyć wymianę starych okien na identyczne jak wymienione wcześniej.
- Inwestor planuje dodatkowo wymianę instalacji c.o., obliczenia wymiany instalacji nie wchodzi w zakres niniejszego opracowania

Wielkość środków własnych inwestora przeznaczonych na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz wysokość oczekiwanego dofinansowania.

- Wielkość środków własnych inwestora maksymalnie 185 000 zł



4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

Segment A:





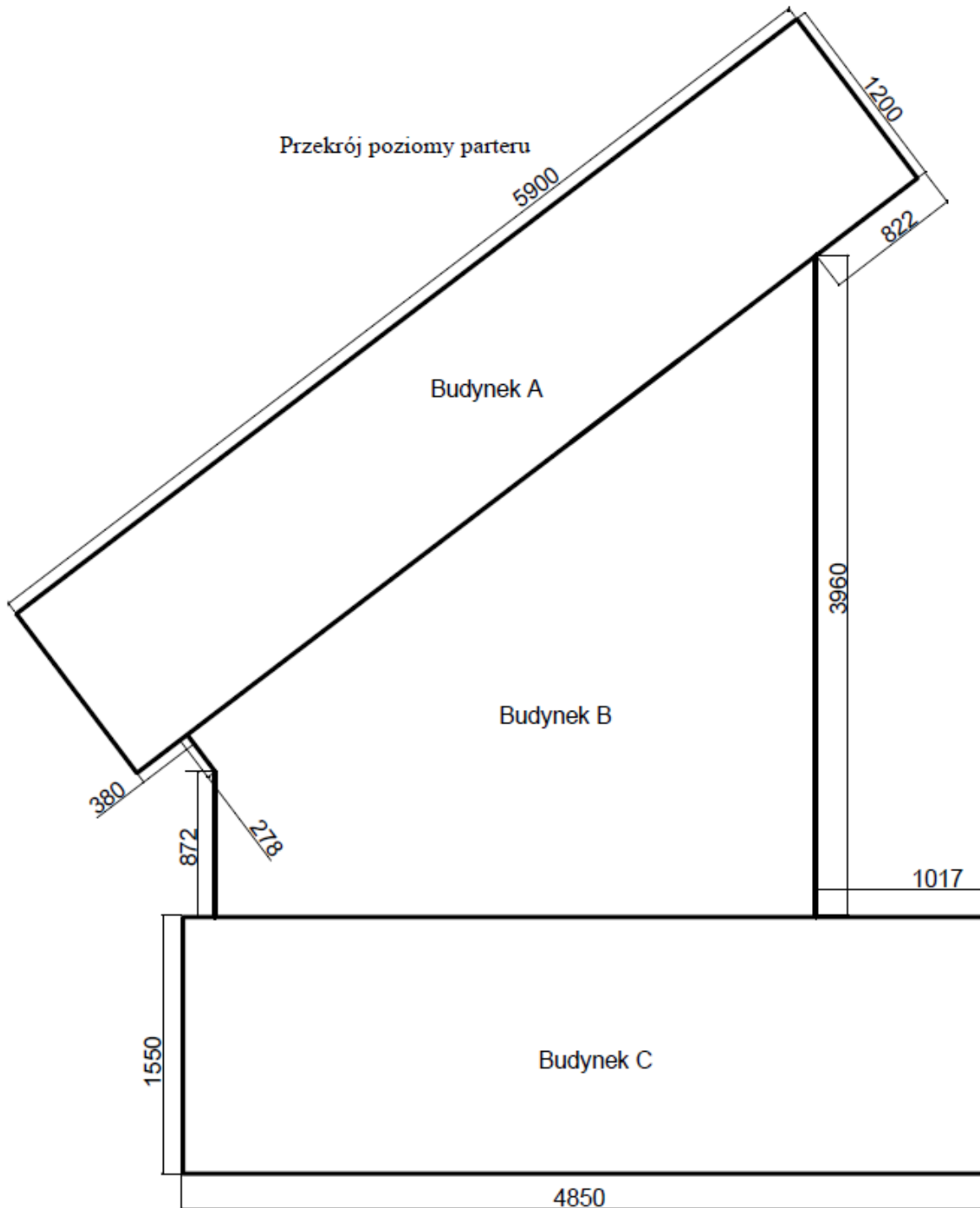
Segment B:

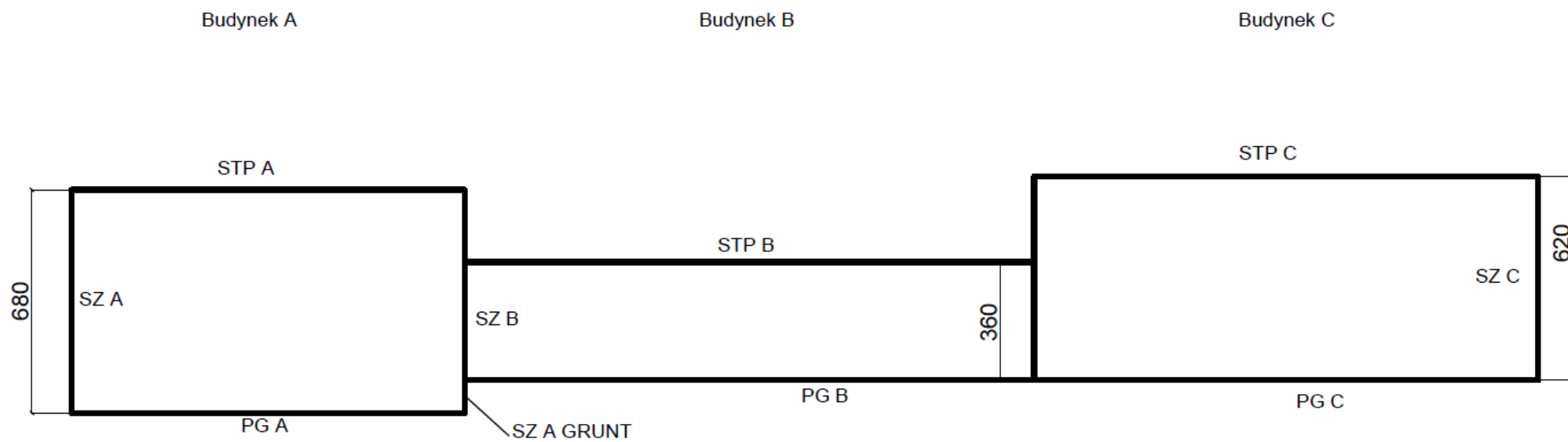




Segment C – warsztat znajdujący się pod opieką konserwatora zabytków:









Dane podstawowe

Lp.	Dane podstawowe	
1.	Własność:	Gmina – Miasto Grudziądz
2.	Przeznaczenie budynku:	obiekt użyteczności publicznej
3.	Adres:	ul. Czarnieckiego 5/7, Grudziądz
4.	Budynek:	wolnostojący
5.	Rok budowy:	Początek XX wieku
6.	Powierzchnia zabudowana [m ²]	3 112,8
7.	Kubatura budynku [m ³]	12 948,1
8.	Kubatura ogrzewanej części budynku powiększona o kubaturę ogrzewanych pomieszczeń na poddaszu użytkowym lub w piwnicy i pomniejszona o kubaturę wydzielonych klatek schodowych, szybów, wind, otwartych wnęk, loggii i galerii [m ³]	12 948,1
9.	Powierzchnia ogrzewana budynku [m ²]	3112,8
10.	Budynek podpiwniczony	Częściowo
11.	Liczba kondygnacji	2

Obiekt zbudowany w technologii tradycyjnej, ściany zewnętrzne murowane z cegły, konstrukcja murowana słupowo-ryglowa. Stropodach zbudowany z płyt korytkowych oraz panwiowych, krytych papą asfaltową oraz termozgrzewalną. Obiekt pełni rolę administracyjno-warsztatową. Do celów obliczeniowych został podzielony na trzy segmenty: część administracyjna (segment A), łącznik (segmenty B) oraz pracownię ślusarsko-tolarskie (segment C). Stolarka okienna drewniana, o różnym stopniu zużycia. Okna częściowo wymienione na nowe PCV, w segmencie C – stolarka stalowa. Segment C znajduje się pod ochroną konserwatorską, dlatego zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków nowe okna powinny wiernie odwzorować oryginalne.



Lp.	Opis	Powierzchnia [m ²]	U [W/(m ² ·K)]	U max wg wskaźników od 01.01.2014 r. [W/(m ² ·K)]
1.	S1 – ściana zewnętrzna , segment A	519,20	1,345	0,250
2.	S2 – ściana zewnętrzna, segment B	127,18	1,345	0,250
3.	S3 – ściana zewnętrzna, segment C	545,98	1,382	0,250
4.	S4 – ściana zewnętrzna, segment A przy gruncie	123,40	0,892	
5.	Pg1 – podłoga w piwnicy i na gruncie, segment A, B, C	2 404,75	0,288	0,300
6.	Stp1 – stropodach niewentylowany segment A	708,00	0,191	0,200
7.	Stp2 – stropodach niewentylowany segment B	704,97	1,385	0,200
8.	Stp3 – stropodach niewentylowany segment C	703,75	0,507	0,200
9.	Okna PVC	199,24	1,800	1,300
10.	Okna stare – segment A	17,60	2,500	1,300
11.	Okna stare – segment B	15,26	2,500	1,300
12.	Okna stare – segment C	34,50	2,800	1,300
13.	Światlik w dachu – nowy segment C	48,00	1,700	1,500
14.	Światlik w dachu – stary segment B	240,03	2,500	1,500
15.	Drzwi nowe	26,2	1,800	1,700
16.	Drzwi stare	16,12	2,500	1,700



Charakterystyka systemu ogrzewania

Lp.	Dane	Wartość
1.	Typ instalacji	Ogrzewanie centralne wodne
2.	Parametry pracy	60/90
3.	Przewody w instalacji	rury stalowe
4.	Rodzaje grzejników	żeliwne
5.	Oslonięcie grzejników	brak
6.	Zawory termostatyczne	występują
7.	Liczba dni ogrzewania w tygodniu/liczba godzin na dobę	6/19

Wartości współczynników systemu ogrzewania przed termomodernizacją

Lp.	Opis	Wartość współczynnika	
1.	Sprawność wytwarzania ciepła	η_g	0,99
2.	Sprawność przesyłania ciepła	η_d	0,80
3.	Regulacja	η_e	0,88
4.	Sprawność akumulacji	η_s	1,0
5.	Sprawność całkowita systemu	η_{tot}	0,70
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	w_t	0,95
7.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	w_d	0,85



Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej

Lp.	Dane	Stan obecny
1.	Rodzaj instalacji	Instalacja z centralnym przygotowaniem ciepłej wody
2.	Piony i ich izolacja	Piony zaizolowane
3.	Opomiarowanie	brak
4.	Zbiornik akumulacyjny	brak

Charakterystyka systemu wentylacji

Lp.	Dane	Stan obecny
1.	Rodzaj wentylacji	Naturalna grawitacyjna
2.	Strumień powietrza wentylującego m ³ /h	12 948,1



5. Ocena aktualnego stanu technicznego budynku

Przegrody zewnętrzne

Większość przegród zewnętrznych nie spełnia wymogów, obowiązujących od 2014 roku, 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 duże straty ciepła. Wymogi spełniają jedynie: podłoga w piwnicy w internacie oraz podłoga na gruncie w stołówce.

Okna i drzwi

Okna i drzwi nie spełniają wymogów, obowiązujących od 2014 roku, 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 duże straty ciepła.

System grzewczy

Instalacja zasilana z OPEC. Stan instalacji oraz węzła c.o. dobry. Rozprowadzenie czynnika grzewczego rurami stalowymi zaizolowanymi.

System zaopatrzenia w ciepłą wodę

Instalacja zasilana z OPEC. Stan instalacji oraz węzła dobry.

Wentylacja

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

Końcowa ocena stanu istniejącego budynku oraz możliwości poprawy

Lp	Charakterystyka stanu istniejącego	Możliwości poprawy
1.	Przegrody zewnętrzne - część przegród nie spełnia wymogów obowiązujących od 2014 roku,	Docieplenie przegród pionowych od wewnątrz płytami Multipor, częściowo od zewnątrz styropianem grafitowym oraz stropodachów styropapą i wełną mineralną
2.	Okna i drzwi: - część okien i drzwi nie spełnia wymogów obowiązujących od 2014 roku,	Wymiana okien na nowe o współczynniku przenikania $U = 1,3$, wymiana drzwi na nowe o współczynniku przenikania $U = 1,7$
3.	Instalacja ciepłej wody użytkowej: - stan instalacji dobry	Nie przewiduje się wprowadzania zmian
4.	System grzewczy - grzejniki żeliwne - zawory termostatyczne	Nie przewiduje się wprowadzania zmian



6. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Do obliczeń przyjęto następujące dane:

obliczeniowa temperatura wewnętrzna w segmencie A 20°C, w segmentach B i C 16°C

obliczeniowa temperatura zewnętrzna – 18°C

Ustalenie liczby stopniodni S _d dla segmentu A:			
Dane wyjściowe:			
a) stacja meteorologiczna:		Toruń	
b) obliczeniowa temperatura wewnętrzna t _{wo} :		20°C	
MIESIĄC	t _e (m)	L _d (m)	S _d
Styczeń	-0,7	31	642
Luty	-0,9	28	585
marzec	3,3	31	518
kwiecień	6,8	30	396
maj	13,6	10	64
czerwiec	17,2	0	0
lipiec	17,0	0	0
sierpień	16,3	0	0
wrzesień	13,6	5	32
październik	7,7	31	381
listopad	2,4	30	528
grudzień	1,2	31	583
Liczba stopniodni =			3 729



Ustalenie liczby stopniodni S_d dla segmentów B i C:			
Dane wyjściowe:			
a) stacja meteorologiczna:		Toruń	
b) obliczeniowa temperatura wewnętrzna t_{wo} :		16°C	
MIESIĄC	$t_e(m)$	$L_d(m)$	S_d
Styczeń	-0,7	31	518
Luty	-0,9	28	473
marzec	3,3	31	394
kwiecień	6,8	30	276
maj	13,6	10	24
czerwiec	17,2	0	0
lipiec	17,0	0	0
sierpień	16,3	0	0
wrzesień	13,6	5	12
październik	7,7	31	257
listopad	2,4	30	408
grudzień	1,2	31	459
<u>Liczba stopniodni =</u>			2 821



Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie.

1) ściana zewnętrzna segment A

Przegroda nr	1	Nazwa:	Ściana zewnętrzna
Dane	Powierzchnia przegrody do strat ciepła		$A = 519,2 \text{ m}^2$
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia		$A_o = 545,2 \text{ m}^2$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego		$T_{wo} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego		$T_{zo} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody		$S_d = 3 \text{ 729 dzień } \cdot \text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11 \text{ 725,71 zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z0} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0,00 \text{ zł/m-c}$
$O_{m1} = 11 \text{ 725,71 zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z1} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0,00 \text{ zł/m-c}$

Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:	
Współczynnik przenikania ciepła przegrody w stanie istniejącym:	1,345 W/m²K
Przewiduje się ocieplenie przegrody z użyciem	styropian grafitowy
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji $\lambda =$	0,031 W/m·K



Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:	
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona do	9,0 cm
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona do	10,0 cm
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona do	11,0 cm
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona do	12,0 cm

Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	warianty			
				1	2	3	4
1	grubość izolacji, d	cm	-	9,0	10,0	11,0	12,0
2	zwiększenie oporu ΔR	m ² K/W	-	2,90	3,23	3,55	3,87
3	opór cieplny przegrody R	m ² K/W	0,743	3,643	3,973	4,293	4,613
4	$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A/R$	GJ/a	225,1	45,9	42,1	39,0	36,3
5	$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{w0} - T_{z0})/R$	MW	0,0266	0,0054	0,0050	0,0046	0,0043
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ_{ru}	zł/a	-	13 224 zł	13 498 zł	13 731 zł	13 928 zł
7	Koszt jednostkowy ocieplenia	zł/m ²		114,0	118,0	122,0	126,0
8	Koszt usprawnienia N_u	zł		62 153 zł	64 334 zł	66 514 zł	68 695 zł
9	$SPBT = N_u / \Delta Q_u$	lata		4,70	4,77	4,84	4,93
10	U_0, U_1	W/(m ² *K)	1,345	0,274	0,252	0,233	0,217

Wybrano ocieplenie styropianem grafitowym o grubości **11 cm**. Jest to minimalna grubość ocieplenia, przy której przegroda **spełnia wymagania obowiązujące od 1.01.2014 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).

Wariant optymalny: **3**

Koszt: **66 514 zł**

SPBT: **4,84 lat**



2) Ściana zewnętrzna segment A przy gruncie

Przegroda nr	2	Nazwa:	Ściana zewnętrzna przy gruncie
Dane	Powierzchnia przegrody do strat ciepła		$A = 123,4 \text{ m}^2$
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia		$A_o = 129,6 \text{ m}^2$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego		$T_{wo} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego		$T_{zo} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody		$S_d = 3\,729 \text{ dzień }^{\circ}\text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11\,725,71 \text{ zł/MW}^{\circ}\text{m-c}$	$O_{z0} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0,00 \text{ zł/m-c}$
$O_{m1} = 11\,725,71 \text{ zł/MW}^{\circ}\text{m-c}$	$O_{z1} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0,00 \text{ zł/m-c}$

Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:	
Współczynnik przenikania ciepła przegrody w stanie istniejącym:	$0,892 \text{ W/m}^2\text{K}$
Przewiduje się ocieplenie przegrody z użyciem	styropian grafitowy
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji $\lambda =$	$0,031 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$

Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:	
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona do	6,0 cm
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona do	7,0 cm
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona do	8,0 cm
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona do	9,0 cm

Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	warianty			
				1	2	3	4
1	grubość izolacji, d	cm	-	6,0	7,0	8,0	9,0
2	zwiększenie oporu ΔR	m ² K/W	-	1,94	2,26	2,58	2,90
3	opór cieplny przegrody R	m ² K/W	1,621	3,561	3,881	4,201	4,521
4	$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A/R$	GJ/a	24,5	11,2	10,2	9,5	8,8
5	$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{w0} - T_{z0})/R$	MW	0,0029	0,0013	0,0012	0,0011	0,0010
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ_{ru}	zł/a	-	985 zł	1 056 zł	1 111 zł	1 165 zł
7	Koszt jednostkowy ocieplenia	zł/m ²		250,0	260,0	270,0	280,0
8	Koszt usprawnienia N_u	zł		32 400 zł	33 696 zł	34 992 zł	36 288 zł
9	$SPBT = N_u / \Delta Q_u$	lata		32,89	31,91	31,50	31,15
10	U_0, U_1	W/(m ² *K)	0,892	0,281	0,258	0,238	0,225

Wybrano ocieplenie styropianem grafitowym o grubości **9 cm** ze względu na najniższy współczynnik SPBT. Przy tej grubości ocieplenia przegroda **spełnia wymagania obowiązujące od 1.01.2021 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).

*W jednostkowy koszt ocieplenia wliczono:

- prace wykopowe
- oczyszczenie ściany
- odgrzybienie
- założenie izolacji wilgociowej (np. lepik)
- ocieplenie styropianem
- zabezpieczenie ściany (folia)
- prace zasypowe

Wariant optymalny: **4**

Koszt: **36 288 zł**

SPBT: **31,15 lat**



3) ściana zewnętrzna segment B

Przegroda nr	3	Nazwa:	Ściana zewnętrzna
Dane	Powierzchnia przegrody do strat ciepła		$A = 127,2 \text{ m}^2$
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia		$A_o = 133,6 \text{ m}^2$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego		$T_{wo} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego		$T_{zo} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody		$S_d = 2\,821 \text{ dzień }^{\circ}\text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11\,725,71 \text{ zł/MW}^{\circ}\text{m-c}$	$O_{z0} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0,00 \text{ zł/m-c}$
$O_{m1} = 11\,725,71 \text{ zł/MW}^{\circ}\text{m-c}$	$O_{z1} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0,00 \text{ zł/m-c}$

Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:	
Współczynnik przenikania ciepła przegrody w stanie istniejącym:	$1,345 \text{ W/m}^2\text{K}$
Przewiduje się ocieplenie przegrody z użyciem	styropian grafitowy
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji $\lambda =$	$0,031 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$

Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:	
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona do	9,0 cm
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona do	10,0 cm
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona do	11,0 cm
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona do	12,0 cm

Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	warianty			
				1	2	3	4
1	grubość izolacji, d	cm	-	9,0	10,0	11,0	12,0
2	zwiększenie oporu ΔR	m ² K/W	-	2,90	3,23	3,55	3,87
3	opór cieplny przegrody R	m ² K/W	0,743	3,643	3,973	4,293	4,613
4	$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A/R$	GJ/a	41,7	8,5	7,8	7,2	6,7
5	$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{w0} - T_{z0})/R$	MW	0,0058	0,0012	0,0011	0,0010	0,0009
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ_{ru}	zł/a	-	2 545 zł	2 599 zł	2 647 zł	2 690 zł
7	Koszt jednostkowy ogrzewania	zł/m ²		114,0	118,0	122,0	126,0
8	Koszt usprawnienia N_u	zł		15 230 zł	15 765 zł	16 299 zł	16 834 zł
9	$SPBT = N_u / \Delta Q_u$	lata		5,98	6,07	6,16	6,26
10	U_0, U_1	W/(m ² *K)	1,345	0,274	0,252	0,233	0,217

Wybrano ocieplenie styropianem grafitowym o grubości **11 cm**. Jest to minimalna grubość ocieplenia, przy której przegroda **spełnia wymagania obowiązujące od 1.01.2014 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).

Wariant optymalny: **3**

Koszt: **16 299 zł**

SPBT: **6,16 lat**



4) stropodach segment B

Przegroda nr	4	Nazwa:	Ściana zewnętrzna
Dane	Powierzchnia przegrody do strat ciepła		$A = 705,0 \text{ m}^2$
	Powierzchnia do kosztów ocieplenia		$A_o = 740,3 \text{ m}^2$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego		$T_{wo} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego		$T_{zo} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody		$S_d = 2\,821 \text{ dzień }^{\circ}\text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11\,725,71 \text{ zł/MW}^{\circ}\text{m-c}$	$O_{z0} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0,00 \text{ zł/m-c}$
$O_{m1} = 11\,725,71 \text{ zł/MW}^{\circ}\text{m-c}$	$O_{z1} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0,00 \text{ zł/m-c}$

Opis wariantu ULEPSZENIA zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie:	
Współczynnik przenikania ciepła przegrody w stanie istniejącym:	$1,385 \text{ W/m}^2\text{K}$
Przewiduje się ocieplenie przegrody z użyciem	styropapa
Współczynnik obliczeniowy przewodzenia ciepła dla izolacji $\lambda =$	$0,035 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$

Rozpatruje się następujące warianty o różnych grubościach warstwy ocieplającej:	
Wariant 1: - grubość warstwy zwiększona do	13,0 cm
Wariant 2: - grubość warstwy zwiększona do	14,0 cm
Wariant 3: - grubość warstwy zwiększona do	15,0 cm
Wariant 4: - grubość warstwy zwiększona do	16,0 cm

Lp.	Opis	Jednostka	stan istniejący	Warianty			
				1	2	3	4
1	grubość izolacji, d	cm	-	13,0	14,0	15,0	16,0
2	zwiększenie oporu ΔR	m ² K/W	-	3,71	4,00	4,29	4,57
3	opór cieplny przegrody R	m ² K/W	0,949	4,659	4,949	5,239	5,519
4	$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A/R$	GJ/a	181,1	36,9	34,7	32,8	31,1
5	$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{w0} - T_{z0})/R$	MW	0,0253	0,0051	0,0048	0,0046	0,0043
6	Roczna oszczędność kosztów energii ΔQ_{ru}	zł/a	-	11 083 zł	11 251 zł	11 388 zł	11 527 zł
7	Koszt jednostkowy ogrzewania	zł/m ²		94,0	96,0	98,0	100,0
8	Koszt usprawnienia N_u	zł		69 588 zł	71 069 zł	72 549 zł	74 030 zł
9	$SPBT = N_u / \Delta Q_u$	lata		6,28	6,32	6,37	6,42
10	U_0, U_1	W/(m ² *K)	1,385	0,215	0,202	0,191	0,181

Wybrano ocieplenie styropapą o grubości **15 cm**. Jest to minimalna grubość ocieplenia, przy której przegroda **spełnia wymagania obowiązujące od 1.01.2014 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).

Wariant optymalny: **3**

Koszt: **72 549 zł**

SPBT: **6,37 lat**



5) Drzwi - segment B

Drzwi zewnętrzne		
dane	Strumień powietrza wentylującego	$V_{nom} = 3024 \text{ m}^3/\text{h}$
	Współczynnik U	$U=2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego	$T_{wo} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego	$T_{zo} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody	$S_d = 2\,821 \text{ dzień} \cdot \text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11\,725,71 \text{ zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z0} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0 \text{ zł/m-c}$
$O_{m1} = 11\,725,71 \text{ zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z1} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0 \text{ zł/m-c}$

Warianty wymiany drzwi o następujących współczynnikach przenikania:	
Wariant 1:	$U_{drz} = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 2:	$U_{drz} = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 3:	$U_{drz} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$



Lp.	Opis /wyszczególnienie		jednostki	stan istn.	Warianty		
					1	2	3
1	Powierzchnia drzwi		m ²		16,1		
2	Współczynnik przenikania		W/(m ² *K)	2,5	1,7	1,6	1,5
3	Współczynniki korekcyjne wg TAB 2	Cr	-	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cm	-	1,0	1,0	1,0	1,0
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{drz} \cdot U$		GJ/a	9,8	6,7	6,3	5,9
5	$2,94 \cdot 10^{-5} \cdot c_r \cdot c_m \cdot V_{nom} \cdot S_d$		GJ/a	250,8	250,8	250,8	250,8
6	Q _{0u} , Q _{1u} = poz.4 + poz.5		GJ/a	260,6	257,5	257,1	256,7
7	$10^{-6} \cdot A_{drz} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$		MW	0,0014	0,0009	0,0009	0,0008
8	$3,4 \cdot 10^{-7} \cdot c_m \cdot V_{nom} \cdot (t_{wo} - t_{zo})$		MW	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
9	q ₀ , q ₁ = poz 7 + poz. 8		MW	0,0364	0,0359	0,0359	0,0358
10	Roczna oszczędność kosztów energii $\Delta Q_{rdz} + \Delta Q_{rw}$		zł/rok		248	270	307
11	Cena jednostkowa wymiany drzwi		zł/m ²		1100	1250	1400
12	Koszt wymiany okien N _{drz}		Zł		17 710 zł	20 125 zł	22 540 zł
13	SPBT=(N _{drz} +N _w)/Σ(ΔQ _{rdz} + ΔQ _{rw})		-		71,41	74,54	73,42

Za najbardziej optymalny wariant wymiany wybrano **drzwi spełniające wymagania obowiązujące od 1.01.2014 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).

Wymiana na drzwi o współczynniku przenikania $U = 1,7$ jest najbardziej opłacalna ze względów ekonomicznych, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań zawartych w Rozporządzeniu. Mimo długiego czasu zwrotu inwestycji (SPBT = 71,41), wymiana drzwi jest konieczna nie tylko ze względu na zmniejszenie strat ciepła, ale także ze względów estetycznych. Budynek Centrum Kształcenia Praktycznego jest obiektem użyteczności publicznej, część drzwi została już wymieniona, w związku z czym inwestor zwraca uwagę na konieczność poprawy wyglądu i estetyki obiektu oraz ujednolicenia wyglądu okien i drzwi.

Wariant optymalny: **1**

Koszt: **17 710 zł**

SPBT: **71,41 lat**



6) Okna segment A

\ Okna		
dane	Strumień powietrza wentylującego	$V_{nom} = 7\,363\text{ m}^3/\text{h}$
	Współczynnik U	$U=2,5\text{ W/m}^2\text{K}$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego	$T_{wo} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego	$T_{zo} = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody	$S_d = 3\,729\text{ dzień}\cdot\text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11\,725,71\text{ zł/MW}\cdot\text{m}\cdot\text{c}$	$O_{z0} = 57,15\text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0\text{ zł/m}\cdot\text{c}$
$O_{m1} = 11\,725,71\text{ zł/MW}\cdot\text{m}\cdot\text{c}$	$O_{z1} = 57,15\text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0\text{ zł/m}\cdot\text{c}$

Warianty wymiany okien o następujących współczynnikach przenikania:	
Wariant 1:	$U_{ok} = 1,3\text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 2:	$U_{ok} = 1,2\text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 3:	$U_{ok} = 1,1\text{ W/m}^2\text{K}$



Lp.	Opis /wyszczególnienie		jednostki	stan istn.	Warianty		
					1	2	3
1	Powierzchnia okien		m ²		17,6		
2	Współczynnik przenikania		W/(m ² *K)	2,5	1,3	1,2	1,1
3	Współczynniki korekcyjne wg TAB 2	Cr	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cm	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cw	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{ok} \cdot U$		GJ/a	14,2	7,4	6,8	6,2
5	$2.94 \cdot 10^{-5} \cdot c_r \cdot c_m \cdot V_{nom} \cdot S_d$		GJ/a	807,2	807,2	807,2	807,2
6	$Q_{0u}, Q_{1u} = \text{poz.4} + \text{poz.5}$		GJ/a	821,4	814,6	814,0	813,4
7	$10^{-6} \cdot A_{ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$		MW	0,0017	0,0009	0,0008	0,0007
8	$3,4 \cdot 10^{-7} \cdot c_m \cdot V_{nom} \cdot (t_{wo} - t_{zo})$		MW	0,0951	0,0951	0,0951	0,0951
9	$q_0, q_1 = \text{poz 7} + \text{poz. 8}$		MW	0,0968	0,0960	0,0959	0,0958
10	Roczna oszczędność kosztów energii $\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw}$		zł/rok		501	550	598
11	Cena jednostkowa wymiany okien		zł/m ²		950	1100	1250
12	Koszt wymiany okien Nok		zł		16 720 zł	19 360 zł	22 000 zł
13	$SPBT = (N_{ok} + N_w) / \Sigma(\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw})$		-		33,37	35,20	36,79

Za najbardziej optymalny wariant wymiany starych okien w wybrano okna **spełniające wymagania obowiązujące od 1.01.2014 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). Wymiana na okna o współczynniku przenikania $U = 1,3$ jest najbardziej opłacalna ze względów ekonomicznych, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań zawartych w Rozporządzeniu.

Wariant optymalny: **1**

Koszt: **16 720 zł**

SPBT: **33,37 lat**



7) Okna segment B

Okna		
dane	Strumień powietrza wentylującego	$V_{\text{nom}} = 3\,024 \text{ m}^3/\text{h}$
	Współczynnik U	$U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego	$T_{\text{wo}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego	$T_{\text{zo}} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody	$S_d = 2\,821 \text{ dzień} \cdot \text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11\,725,71 \text{ zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z0} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0 \text{ zł/m-c}$
$O_{m1} = 11\,725,71 \text{ zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z1} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0 \text{ zł/m-c}$

Warianty wymiany okien o następujących współczynnikach przenikania:	
Wariant 1:	$U_{\text{ok}} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 2:	$U_{\text{ok}} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 3:	$U_{\text{ok}} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$



Lp.	Opis /wyszczególnienie		jednostki	stan istn.	Warianty		
					1	2	3
1	Powierzchnia okien		m ²		15,3		
2	Współczynnik przenikania		W/(m ² *K)	2,5	1,3	1,2	1,1
3	Współczynniki korekcyjne wg TAB 2	Cr	-	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cm	-	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cw	-	1,0	1,0	1,0	1,0
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{ok} \cdot U$		GJ/a	9,3	4,8	4,5	4,1
5	$2.94 \cdot 10^{-5} \cdot c_r \cdot c_w \cdot V_{nom} \cdot S_d$		GJ/a	250,8	250,8	250,8	250,8
6	$Q_{0u}, Q_{1u} = \text{poz.4} + \text{poz.5}$		GJ/a	260,1	255,6	255,3	254,9
7	$10^{-6} \cdot A_{ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$		MW	0,0013	0,0007	0,0006	0,0006
8	$3,4 \cdot 10^{-7} \cdot c_m \cdot V_{nom} \cdot (t_{wo} - t_{zo})$		MW	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
9	$q_0, q_1 = \text{poz 7} + \text{poz. 8}$		MW	0,0363	0,0357	0,0356	0,0356
10	Roczna oszczędność kosztów energii $\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw}$		zł/rok		342	373	396
11	Cena jednostkowa wymiany okien		zł/m ²		950	1100	1250
12	Koszt wymiany okien Nok		zł		14 535 zł	16 830 zł	19 125 zł
13	$SPBT = (N_{ok} + N_w) / \Sigma(\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw})$		-		42,50	45,12	48,30

Za najbardziej optymalny wariant wymiany starych okien w wybrano okna **spełniające wymagania obowiązujące od 1.01.2014 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). Wymiana na okna o współczynniku przenikania $U = 1,3$ jest najbardziej opłacalna ze względów ekonomicznych, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań zawartych w Rozporządzeniu.

Wariant optymalny: 1

Koszt: **14 535 zł**

SPBT: **42,50 lat**



8) świetlik - segment B – kopuła poliwęglanowa

Okna		
dane	Strumień powietrza wentylującego	$V_{nom} = 3024 \text{ m}^3/\text{h}$
	Współczynnik U	$U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego	$T_{wo} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego	$T_{zo} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody	$S_d = 2\,821 \text{ dzień} \cdot \text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11\,725,71 \text{ zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z0} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0 \text{ zł/m-c}$
$O_{m1} = 17\,725,71 \text{ zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z1} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0 \text{ zł/m-c}$

Warianty wymiany okien o następujących współczynnikach przenikania:	
Wariant 1:	$U_{ok} = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 2:	$U_{ok} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 3:	$U_{ok} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$



Lp.	Opis /wyszczególnienie		jednostki	stan istn.	Warianty		
					1	2	3
1	Powierzchnia okien		m ²		240,0		
2	Współczynnik przenikania		W/(m ² *K)	2,5	1,6	1,5	1,4
3	Współczynniki korekcyjne wg TAB 2	Cr	-	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cm	-	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cw	-	1,0	1,0	1,0	1,0
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{ok} \cdot U$		GJ/a	146,2	93,6	87,7	81,9
5	$2.94 \cdot 10^{-5} \cdot c_r \cdot c_w \cdot V_{nom} \cdot S_d$		GJ/a	250,8	250,8	250,8	250,8
6	$Q_{0u}, Q_{1u} = \text{poz.4} + \text{poz.5}$		GJ/a	397,0	344,4	338,5	332,7
7	$10^{-6} \cdot A_{ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$		MW	0,0204	0,0131	0,0122	0,0114
8	$3,4 \cdot 10^{-7} \cdot c_m \cdot V_{nom} \cdot (t_{wo} - t_{zo})$		MW	0,0350	0,0350	0,0350	0,0350
9	$q_0, q_1 = \text{poz 7} + \text{poz. 8}$		MW	0,0554	0,0481	0,0472	0,0464
10	Roczna oszczędność kosztów energii $\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw}$		zł/rok		4 033	4 497	4 941
11	Cena jednostkowa wymiany okien		zł/m ²		900	1000	1100
12	Koszt wymiany okien Nok		zł		216 000 zł	240 000 zł	264 000 zł
13	$SPBT = (N_{ok} + N_w) / \Sigma(\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw})$		-		53,56	53,37	53,43

Za najbardziej optymalny wariant wymiany starych świetlików w wybrano świetliki **spełniające wymagania obowiązujące od 1.01.2014 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). Wymiana na świetliki o współczynniku przenikania $U = 1,5$ jest najbardziej opłacalna ze względów ekonomicznych, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań zawartych w Rozporządzeniu.

Wariant optymalny: 2

Koszt: **240 000 zł**

SPBT: **53,37 lata**



9) Okna segment C – część obiektu znajdująca się pod opieką konserwatora zabytków

Okna		
dane	Strumień powietrza wentylującego	$V_{nom} = 4\,360 \text{ m}^3/\text{h}$
	Współczynnik U	$U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Obliczeniowa temp. powietrza wewnętrznego	$T_{wo} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$
	Obliczeniowa temp. powietrza zewnętrznego	$T_{zo} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$
	Liczba stopniodni dla przegrody	$S_d = 2\,821 \text{ dzień} \cdot \text{K/rok}$

Taryfa opłat za ciepło:		
Opłaty stałe	Opłaty zmienne	Abonament
$O_{m0} = 11\,725,71 \text{ zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z0} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b0} = 0 \text{ zł/m-c}$
$O_{m1} = 17\,725,71 \text{ zł/MW} \cdot \text{m-c}$	$O_{z1} = 57,15 \text{ zł/GJ}$	$A_{b1} = 0 \text{ zł/m-c}$

Warianty wymiany okien o następujących współczynnikach przenikania:	
Wariant 1:	$U_{ok} = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 2:	$U_{ok} = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wariant 3:	$U_{ok} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$



Lp.	Opis /wyszczególnienie		jednostki	stan istn.	Warianty		
					1	2	3
1	Powierzchnia okien		m ²		34,5		
2	Współczynnik przenikania		W/(m ² *K)	2,8	1,7	1,6	1,5
3	Współczynniki korekcyjne wg TAB 2	Cr	-	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cm	-	1,0	1,0	1,0	1,0
		Cw	-	1,0	1,0	1,0	1,0
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{ok} \cdot U$		GJ/a	23,5	14,3	13,5	12,6
5	$2.94 \cdot 10^{-5} \cdot c_r \cdot c_w \cdot V_{nom} \cdot S_d$		GJ/a	361,6	361,6	361,6	361,6
6	$Q_{0u}, Q_{1u} = \text{poz.4} + \text{poz.5}$		GJ/a	385,1	375,9	375,1	374,2
7	$10^{-6} \cdot A_{ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$		MW	0,0033	0,0020	0,0019	0,0018
8	$3,4 \cdot 10^{-7} \cdot c_m \cdot V_{nom} \cdot (t_{wo} - t_{zo})$		MW	0,0504	0,0504	0,0504	0,0504
9	$q_0, q_1 = \text{poz 7} + \text{poz. 8}$		MW	0,0537	0,0524	0,0523	0,0522
10	Roczna oszczędność kosztów energii $\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw}$		zł/rok		709	768	834
11	Cena jednostkowa wymiany okien		zł/m ²		1000	1150	1300
12	Koszt wymiany okien Nok		zł		34 500 zł	39 675 zł	44 850 zł
13	$SPBT = (N_{ok} + N_w) / \Sigma(\Delta Q_{rok} + \Delta Q_{rw})$		-		48,66	51,66	53,78

Za najbardziej optymalny wariant wymiany starych okien w segmencie C (budynek warsztatowy znajdujący się pod opieką konserwatora) wybrano okna identyczne z wcześniej wymienionymi, jedynie o lepszych parametrach przenikania ciepła, możliwych obecnie do uzyskania (zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków wszystkie wymienione okna mają być takie same).

Wariant optymalny: **2**

Koszt: **39 675 zł**

SPBT: **51,66 lat**



Zestawienie optymalnych usprawnień i przedsięwzięć zmniejszających straty ciepła przez przenikanie od najniższego SPBT

Lp	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Warstwa docieplenia	Planowane koszty robót [zł]	SPBT [lata]
1.	Ściana zewnętrzna segment A	11,0 cm	66 514	4,84
2.	Ściana zewnętrzna segment B	11,0 cm	16 299	6,16
3.	Strop segment B	15,0 cm	72 549	6,37
4.	Ściana zewnętrzna segment A grunt	9,0 cm	36 288	31,15
5.	Okna segment A	1,300	16 720	33,37
6.	Okna segment B	1,300	14 535	42,50
7.	Okna segment C	1,600	39 675	51,66
8.	Świetlik segment B	1,500	240 000	53,37
9.	Drzwi segment B	1,700	17 710	71,41



7. Wybór optymalnego wariantu termomodernizacyjnego

Warianty przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Wariant termomodernizacji								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Ściana zewnętrzna segment A	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2.	Ściana zewnętrzna segment B	x	x	x	x	x	x	x	x	
3.	Strop segment B	x	x	x	x	x	x	x		
4.	Ściana zewnętrzna segment A grunt	x	x	x	x	x	x			
5.	Okna segment A	x	x	x	x	x				
6.	Okna segment B	x	x	x	x					
7.	Okna segment C	x	x	x						
8.	Światlik segment B	x	x							
9.	Drzwi segment B	x								



Zestawienie wariantów termomodernizacyjnych z uwzględnieniem kosztów

Wybrany wariant termomodernizacyjny	Koszt termomodernizacji [zł]	Koszt wykonania audytu [zł]	Koszt całkowity [zł]
1	520 290	615	520 905
2	502 580	615	503 195
3	262 580	615	263 195
4	222 905	615	223 520
5	208 370	615	208 985
6	191 650	615	192 265
7	155 362	615	155 977
8	82 813	615	83 428
9	66 514	615	67 129



Zestawienie oszczędności kosztów wybranych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Wariant	c.o.						c.w.u.			Oszczędność		
	q [MW]	Q [GJ/rok]	η	w_d	$Q \cdot w_d / \eta$	Opłata [zł]	q [MW]	Q [GJ/rok]	Opłata [zł]	GJ/rok	zł	%
1	0,385	1 149,59	0,7	0,95	1 560,16	93 678	0,016	265,77	15 376	636	37 159	25,82
2	0,385	1 152,11	0,7	0,95	1 563,58	93 873	0,016	265,77	15 376	633	36 964	25,71
3	0,393	1 210,83	0,7	0,95	1 643,27	98 521	0,016	265,77	15 376	553	32 316	22,46
4	0,395	1 220,63	0,7	0,95	1 656,57	99 305	0,016	265,77	15 376	540	31 532	21,93
5	0,395	1 224,58	0,7	0,95	1 661,93	99 611	0,016	265,77	15 376	534	31 226	21,69
6	0,396	1 231,78	0,7	0,95	1 671,70	100 181	0,016	265,77	15 376	525	30 656	21,32
7	0,397	1 240,88	0,7	0,95	1 684,05	100 899	0,016	265,77	15 376	512	29 938	20,80
8	0,425	1 443,88	0,7	0,95	1 959,55	116 972	0,016	265,77	15 376	237	13 865	9,63
9	0,430	1 477,41	0,7	0,95	2 005,06	119 631	0,016	265,77	15 376	191	11 206	7,76
Stan istniejący	0,456	1 617,96	0,7	0,95	2 195,80	130 837	0,016	265,77	15 376	0	-	-



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		Premia termomodernizacyjna		
						20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2-letnie oszczędności
1	520 905	37 159	25,82	182 317	35%	67 718	83 345	74 318
				338 588	65%			
2	503 195	36 964	25,71	176 118	35%	65 415	80 511	73 928
				327 077	65%			
3*	263 195	32 316	22,46	92 118	35%	34 215	42 111	64 632
				171 077	65%			
4*	223 520	31 532	21,93	78 232	35%	29 058	35 763	63 064
				145 288	65%			
5*	208 985	31 226	21,69	73 145	35%	27 168	33 438	62 452
				135 840	65%			
6*	192 265	30 656	21,32	67 293	35%	24 994	30 762	61 312
				124 972	65%			
7*	155 977	29 938	20,80	54 592	35%	20 277	24 956	59 876
				101 385	65%			
8*	83 428	13 865	9,63	29 200	35%	10 846	13 348	27 730
				54 228	65%			
9*	67 129	11 206	7,76	23 495	35%	8 727	10 741	22 412
				43 634	65%			

*Warianty niespełniające minimalnych wymogów zwiększenia efektywności energetycznej



Optymalny wariant termomodernizacyjny

Na podstawie dokonanej oceny wybrano **wariant nr 1** przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, obejmujący docieplenie przegród zewnętrznych, wymianę okien oraz świetlików w segmencie B, a także wymianę drzwi.

Przedsięwzięcie to spełnia warunki ustawowe:

1. Roczna oszczędność zapotrzebowania ciepła wyniesie 25,82%

Projekt w kryterium B.12 – Działanie 3.3 Efektywność energetyczna w sektorze publicznym i mieszkaniowym, schemat: Modernizacja energetyczna budynków publicznych – w ramach polityki terytorialnej mieści się w przedziale „zwiększenie efektywności energetycznej o wartości z przedziału 25-35%”.

2. Planowany kredyt nie przekracza wartości możliwej do zaciągnięcia przez inwestora.



8. Opis techniczny wybranego wariantu termomodernizacyjnego

Opis wykonanych robót

1) Docieplenie przegród zewnętrznych:

- ściana zewnętrzna segment A – styropian grafitowy fasadowy o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,031 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ o grubości 11 cm. Montaż metodą lekką-mokrą BSO,
- strop segment B– styropapa o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ o grubości 15 cm. Montaż z zastosowaniem paroizolacji przy użyciu kleju oraz mechanicznych łączników. Na wierzch warstwa papy termozgrzewalnej z obróbką blacharską,
- ściana zewnętrzna segment B– styropian grafitowy fasadowy o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,031 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ o grubości 11 cm. Montaż metodą lekką-mokrą BSO,
- ściana zewnętrzna segment A grunt – styropian grafitowy o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,031 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ o grubości 9 cm. Montaż metodą lekką-mokrą BSO. W celu docieplenia należy wykonać prace wykopowe, oczyścić, odgrzybić ścianę, założyć izolację przeciwwilgociową, styropian, zabezpieczyć ścianę folią oraz wykonać prace zasypowe,

2) Wymiana okien:

- segment A okna o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- segment B okna o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- segment B świetlik o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- segment C okna o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$,

3) Wymiana drzwi

- segment B drzwi o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Przedmiar robót wybranego wariantu termomodernizacji

Lp.	Opis przedsięwzięcia	Obmiar [m ²]	Cena jednostkowa [zł/m ²]	Koszt całkowity [zł]
1.	Ściana zewnętrzna segment A	545,2	122,00	66 514
2.	Ściana zewnętrzna segment B	133,6	122,00	16 299
3.	Strop segment B	740,3	98,00	72 549
4.	Ściana zewnętrzna segment A grunt	129,6	280,00	36 288
5.	Okna segment A	17,6	950,00	16 720
6.	Okna segment B	15,3	950,00	14 535
7.	Świetlik segment B	240,0	1 000,00	240 000
8.	Okna segment C	34,5	1 150,00	39 675
9.	Drzwi segment B	16,1	1 100,00	17 710



Charakterystyka finansowa wybranego wariantu

Lp.	Pozycja	Finansowanie	Kwota [zł]
1.	Całkowity koszt robót	Środki własne inwestora/ kredyt	520 905
2.	Udział środków własnych	35%	182 317
3.	Kwota dofinansowania	65%	338 588
4.	Premia termomodernizacyjna	20% kredytu / 16% kosztów całkowitych / 2-letnie oszczędności	67 718



9. Załączniki do audytu

Załącznik nr 1 Efekt ekologiczny

Załącznik nr 2 Współczynniki przenikania dla przegród przed termomodernizacją – wydruk z programu Audytor OZC

Załącznik nr 3 Współczynniki przenikania dla przegród po termomodernizacji – wydruk z programu Audytor OZC



Załącznik nr 1

EFEKT EKOLOGICZNY

Efekt ekologiczny obliczono w oparciu o „Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2013 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2016”.

Emisja – kocioł na paliwo stałe	Wartość
Wielkość emisji CO ₂ [kg/GJ]	94,96
Wielkość emisji pyłu PM10 [kg/GJ]	0

Emisja przed termomodernizacją [Mg/rok]		Emisja po termomodernizacji [Mg/rok]		Efekt ekologiczny	
				[Mg/rok]	[%]
CO ₂	233,75	173,39		60,36	25,82
Pył PM 10	0	0		0	0

Redukcja emisji CO₂ jest równa redukcji zużycia zapotrzebowania na energię użytkową i wynosi **25,82 %**.

Brak emisji pyłu PM10 w istniejącym źródle ciepła, w związku z czym jego redukcja wynosi **0 %**.



Załącznik nr 2

Współczynniki przenikania dla przegród przed termomodernizacją

Symbol	Rodzaj	d	Ri	Re	R	U
		m	m ² · K/W	m ² · K/W	m ² · K/W	W/m ² · K
DRZW N A	Drzwi zewnętrzne					1,800
DRZW N B	Drzwi zewnętrzne					1,800
DRZW N C	Drzwi zewnętrzne					1,800
DRZW S A	Drzwi zewnętrzne					2,500
DRZW S B	Drzwi zewnętrzne					2,500
DRZW S C	Drzwi zewnętrzne					2,500
O NOWE A	Okno zewnętrzne					1,800
O NOWE B	Okno zewnętrzne					1,800
O NOWE C	Okno zewnętrzne					1,800
O STARE A	Okno zewnętrzne					2,500
O STARE B	Okno zewnętrzne					2,500
O STARE C	Okno zewnętrzne					2,800
PG A	Podłoga na gruncie	0,900	2,000		3,476	0,288
PG A PIW	Podłoga w piwnicy	0,900	2,000		3,476	0,288
PG B	Podłoga na gruncie	0,900	2,000		3,476	0,288
PG C	Podłoga na gruncie	0,900	2,000		3,476	0,288
STP A	Stropodach niewentylowany	0,580	0,100	0,040	5,230	0,191
STP B	Stropodach niewentylowany	0,390	0,100	0,040	0,722	1,385
STP WAR	Stropodach niewentylowany	0,440	0,100	0,040	1,972	0,507
SZ A	Ściana zewnętrzna	0,460	0,130	0,040	0,744	1,345
SZ A GRUNT	Ściana zewnętrzna przy gruncie	0,410	0,598		1,121	0,892
SZ B	Ściana zewnętrzna	0,460	0,130	0,040	0,744	1,345
SZ C	Ściana zewnętrzna	0,440	0,130	0,040	0,724	1,382
ŚWIETL N B	Okna zewnętrzne w dachu					1,700
ŚWIETL N C	Okna zewnętrzne w dachu					1,700
ŚWIETL S B	Okna zewnętrzne w dachu					2,500
ŚWIETL S C	Okna zewnętrzne w dachu					2,500



Załącznik nr 3

Współczynniki przenikania dla przegród po termomodernizacji

Symbol	Rodzaj	d	R _i	R _e	R	U
		m	m ² · K/W	m ² · K/W	m ² · K/W	W/m ² · K
DRZW N A	Drzwi zewnętrzne					1,800
DRZW N B	Drzwi zewnętrzne					1,800
DRZW N C	Drzwi zewnętrzne					1,800
DRZW S A	Drzwi zewnętrzne					1,700
DRZW S B	Drzwi zewnętrzne					1,700
DRZW S C	Drzwi zewnętrzne					2,500
O NOWE A	Okno zewnętrzne					1,800
O NOWE B	Okno zewnętrzne					1,800
O NOWE C	Okno zewnętrzne					1,800
O STARE A	Okno zewnętrzne					1,300
O STARE B	Okno zewnętrzne					1,300
O STARE C	Okno zewnętrzne					1,600
PG A	Podłoga na gruncie	0,900	2,000		3,476	0,288
PG A PIW	Podłoga w piwnicy	0,900	2,000		3,476	0,288
PG B	Podłoga na gruncie	0,900	2,000		3,476	0,288
PG C	Podłoga na gruncie	0,900	2,000		3,476	0,288
STP A	Stropodach niewentylowany	0,580	0,100	0,040	5,230	0,191
STP B	Stropodach niewentylowany	0,530	0,100	0,040	5,230	0,191
STP WAR	Stropodach niewentylowany	0,440	0,100	0,040	1,972	0,507
SZ A	Ściana zewnętrzna	0,600	0,130	0,040	4,292	0,233
SZ A GRUNT	Ściana zewnętrzna przy gruncie	0,540	0,984		4,446	0,225
SZ B	Ściana zewnętrzna	0,600	0,130	0,040	4,292	0,233
SZ C	Ściana zewnętrzna	0,440	0,130	0,040	0,724	1,382
ŚWIETL N B	Okna zewnętrzne w dachu					1,700
ŚWIETL N C	Okna zewnętrzne w dachu					1,700
ŚWIETL S B	Okna zewnętrzne w dachu					1,500
ŚWIETL S C	Okna zewnętrzne w dachu					2,500