

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek dydaktyczny		1.2 Rok budowy
1.3 Właściciel lub zarządca budynku	Gmina Miejska Nowa Ruda Ul. Rynek 1 57-400 Nowa Ruda	1.4 Adres budynku	Ok. 1970 Ul. Stara Droga 39 57-400 Nowa Ruda Powiat Kłodzki Województwo Dolnośląskie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:			
Pracownia Projektowa „KONSTRUKTOR” ul. Wojska Polskiego 5, 58-160 Świebodzice, biuro: ul. Broniewskiego 1B, 58-309 Wałbrzych tel./fax. (0-74) 665-96-96, 606 81-20-89 REGON: 890658291			
3. Imię , nazwisko, adres oraz numer PESEL audytora koordynującego wykonywanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis			
mgr inż. Piotr Rajca ul. Wojska Polskiego 5, 58-160 Świebodzice	inżynier budownictwa – uprawnienia budowlane NBGP.V-7342/3/75/98 i 691/01/DUW kurs audytorów energetycznych KAPE/99/115	PESEL: 72061400352	Podpis:
4. Współautorzy			
Lp.	4.1 Imię i nazwisko	4.2 Zakres udziału w audycie	4.3 Posiadane kwalifikacje
5. Miejscowość: Świebodzice		data wykonania: lipiec 2015 r.	
6. Spis treści			
1. DANE OGÓLNE.4 1.1 Podstawa formalna 4 1.2 Podstawa prawna 4 1.3 Przedmiot opracowania 4 2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA OBIEKTU. 4 2.1 Opis techniczny konstrukcji i elementów budynku 4 2.1. System grzewczy 5 2.1.1. Charakterystyka 5 2.1.2. Zapotrzebowanie na ciepło i taryfy 6 2.2. System c.w.u. 6 2.3. System wentylacji 6 3. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTIMALIZACJI. 7 4. OPTIMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH. 8 4.1. Docieplenie ścian zewnętrznych 8 4.2. Docieplenie stropodachu niewentylowanego sali gimnastycznej i łącznika 8 4.3. Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego 8 5. PODSUMOWANIE 9 6. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI. 10 7. ZAŁĄCZNIKI..... 12			

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO WSTĘPNEGO

1. Dane ogólne			
1	Konstrukcja / technologia budynku	Technologia budynku – prefabrykaty wielkoblokowe żużlobetonowe i cegła ceramiczna pełna,	
2	Liczba kondygnacji	1-3	
3	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	8404	
4	Powierzchnia netto budynku [m ²]	2790	
5	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	91,0	
6	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	2297	
7	Liczba mieszkań	1	
8	Sposób przygotowania ciepłej wody	Kotłownia na opał stały	
9	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Kotłownia na opał stały/energia elektryczna	
10	Współczynnik kształtu [l/m]	0,34	
11	Inne dane charakteryzujące budynek		
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [W/m²K]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Ściany zewnętrzne	1,43	0,24
2	Stropodach wentylowany części głównej	0,17	0,17
3	Stropodach niewentylowany sali gimnastycznej, łącznika i zaplecza	1,28	0,20
4	Okna PCV	1,60	1,60
5	Drzwi aluminiowe	1,80	1,80
3. Sprawności składowe systemu grzewczego			
1	Sprawność wytwarzania η_g	0,82	0,82
2	Sprawność przesyłania η_d	0,80	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania η_e	0,77	0,88
4	Sprawność akumulacji η_s	1,00	1,00
5	Przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia w_t	1,00	0,85
6	Przerwy na ogrzewanie w ciągu doby w_d	1,00	0,95
4. Charakterystyka systemu wentylacji			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nieszczelności stolarki	nieszczelności stolarki
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	6494	6494
4	Liczba wymian [1/h]	0,77	0,77
5. Charakterystyka energetyczna budynku			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	313,4	222,6
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	25,0	25,0
3	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	1431,3	706,3
4	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	2833,6	823,3
5	Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. [GJ/rok]	222,6	88,6
6	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego i na przygotowanie c.w.u. (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	---	-
7	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [kWh/m ³ rok]	47,3	23,3
8	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [kWh/m ³ rok]	75,63	27,21
9	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [kWh/m ² rok]	329,61	95,77
6. Opłaty jednostkowe			
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie [zł]	35,20	35,20
2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	0,00	0,00

3	Oплата за podgrzanie 1 m ³ c.w.u.	[zł]	0,00	0,00
4	Oплата за 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc	[zł]	0,0	0,0
5	Oплата за ogrzanie 1 m ² pow. użytkowej	[zł]	3,48	1,01
6	Oплата abonamentowa c.w.u.	[zł]	320,0	320,0
7	Inne	[zł]	-	-
7. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				
Planowane koszty całkowite [zł]		906 664,7	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	70,16
Roczna oszczędność kosztów energii [zł]		75 478,4		

1. DANE OGÓLNE

1.1. PODSTAWA FORMALNA

Opracowanie pn. **Audyt energetyczny wstępny. Budynek Miejskiego Zespołu Szkół nr 1 w Nowej Rudzie** zostało wykonane na zlecenie Gminy Miejskiej Nowa Ruda na podstawie umowy nr WI.2510.05.2015/MF.

1.2. PODSTAWA PRAWNA

Niniejszy audyt energetyczny został wykonany zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz wzorów świadectw charakterystyki energetycznej.

1.3. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego audytu energetycznego wstępnego jest budynek dydaktyczny Miejskiego Zespołu Szkół nr 1 położony przy ul. Stara Droga 39.

W opracowaniu zaproponowano i przeanalizowano (pod kątem oszczędności energii oraz opłacalności) szereg przedsięwzięć termomodernizacyjnych odnoszących się do w/w budynku.

Opracowanie kończy się wyborem najbardziej optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – wariant wybrany zgodnie z algorytmem oceny opłacalności, który spełnia wszystkie warunki i kryteria określone w ustawie, przeznaczony do realizacji. Wybrany wariant spełnia wymagania określone w Ustawie z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów.

2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO – BUDOWLANA OBIEKTU

Opisywany budynek został oddany do użytku ok. 1970r. Wykonany został w technologii przemysłowej – wielkoblokowej – żużlobetonowej oraz murowanej z cegły ceramicznej pełnej. Układ konstrukcyjny budynku mieszany.

Obiekt składa się z dwóch budynków – budynek główny – trzykondygnacyjny bez podpiwniczenia, sala gimnastyczna z łącznikiem, zapleczem i mieszkaniem – jednokondygnacyjny z podpiwniczeniem.

Obiekt użytkowany jest przez ok. 290-300 osób.

W budynku znajduje się 1 mieszkanie.

Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku została sporządzona w oparciu o :

- ◆ oględziny budynku,
- ◆ pomiary z natury wykonane w miesiącu lipcu 2015r,
- ◆ informacje przekazane przez użytkownika i właściciela budynku.

2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI I ELEMENTÓW BUDYNKU

Przedmiotowy budynek jest obiektem w części trzy a w części jednokondygnacyjnym, z częściowym podpiwniczeniem.

Budynek główny i sala gimnastyczna z łącznikiem wykonany jest w systemie przemysłowym wielkoblokowym – żużlobetonowym. Konstrukcję stropów stanowią

płyty żelbetowe kanałowe gr. 24cm. Pokrycie dachu budynku głównego stanowią płyty korytkowe oparte na ściankach ażurowych – stropodach wentylowany, natomiast nad salą gimnastyczną zapleczem i łącznikiem stropodach niewentylowany. Pokrycie dachu stanowi papa termozgrzewalna.

Stropodach wentylowany został docieplony w ostatnich latach przez użytkownika granulatem z wełny mineralnej gr. 20cm.

Dodatkowo, z wyjątkiem okien piwnicy) zostały wymienione wszystkie okna na nowe PCV. Drzwi do budynku, z wyjątkiem drzwi do kotłowni, zostały wymienione na nowe aluminiowe.

Do obliczeń ciepły przyjęto następujące założenia dotyczące stolarki okiennej i drzwiowej:

Okna PCV (wymienione w ostatnich latach) - $U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Stolarka drzwiowa aluminiowa - $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

W tabeli nr 1 zestawiono powierzchnie całkowite przegród zewnętrznych (nie odliczono powierzchni okien i drzwi) oraz przejęte współczynniki przenikania przegród budowlanych.

Tabela 1. Współczynnik przenikania przegród budowlanych (nie odliczono powierzchni okien).

L.p.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m ²]	[W/m ² K]
1	Ściana zewnętrzna	2078	1,43
2	Stropodach wentylowany części głównej	696	0,17
3	Stropodach niewentylowany sali gimnastycznej z zapleczem i łącznika	480	1,28
4	Strop piwnicy	140	1,76
5	Podłoga na gruncie	616	1,25

2.2. SYSTEM GRZEWczy

2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek jest zasilany w energię ciepłą na potrzeby c.o. z lokalnej kotłowni na paliwo stałe - węgiel. Kotłownia zlokalizowana jest w części budynku pod salą gimnastyczną. Kotłownia wyposażona jest w 2 kotły na paliwo stałe – miał węglowy. Kotłownia zasila w c.o. budynek szkoły oraz mieszkanie (brak rozdzielania systemów grzewczych).

Wyposażenie kotłowni stanowią kotły: KWM-S o mocy 150 kW każdy. Kotłownia bez sterowania i automatyki. Kotły zostały zamontowane w 2014r.

Budynek jest wyposażony w tradycyjny typ instalacji c.o. i wyposażona w grzejniki żeliwne. Na grzejnikach nie są zamontowane zawory termostatyczne.

W związku z planowaną termomodernizacją cała kotłownia kwalifikuje się także do modernizacji z wymiana kotłów na nowe z podajnikami oraz automatyką.

Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015).

Sprawność regulacji przyjęto na podstawie wzoru:

$$\eta_{H,e} = \eta_{H,e}' + 0,03 \cdot X - 0,03$$

$\eta_{H,e}' = 0,77$ (pkt 4.1.2.3, tab. 3 lp. 5a) – ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi w przypadku regulacji centralnej bez automatycznej regulacji miejscowej

$X = 1,00$ (stosunek mocy grzejników usytuowanych przy ścianach zewnętrznych do sumy mocy cieplnej wszystkich grzejników w systemie grzewczym) – na podstawie oględzin stwierdzono, że grzejniki usytuowane są przy ścianach zewnętrznych

$$\eta_{H,e} = 0,77 + 0,03 \cdot 1,00 - 0,03 = 0,77$$

Tabela 2. Składowe sprawności systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_{Hg}	0,82
2	Sprawność przesyłania ciepła	η_{Hd}	0,80
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	η_{He}	0,77
4	Sprawność akumulacji	η_{Hs}	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	1,00
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	W_d	1,00
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,5051

2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Taryfy opłat za energię ciepła pokazuje tabela 3.

Tabela 3. Taryfy opłat za energię cieplną z VAT.

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/m-c]	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	35,20
Abonament	[zł/m-c]	0,0

Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła analizowanego budynku wyznaczone dla standardowego sezonu grzewczego wykonano przy użyciu programu Certo 2015 – zgodnie z Rozporządzeniem MIR z dnia 27.02.2015:

Tabela 4. Obliczeniowe zużycie energii analizowanego budynku w sezonie standardowym ze sprawnością systemu grzewczego.

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	2833,6
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,3134

2.3. SYSTEM c.w.u.

Analizowany budynek posiada system zaopatrzenia w c.w.u z istniejącej kotłowni na paliwo stałe poprzez wymiennik ciepła. W okresie zimowym zasilanie c.w.u. odbywa się z kotłowni węglowej.

W okresie letnim zasilanie w c.w.u. elektryczne – podgrzewanie w wymienniku ciepła elektrycznym ze wspomaganie pompą ciepła pobierająca ciepło z sali gimnastycznej.

Przyjęto zgodnie z obowiązującymi przepisami:

- Zużycie ciepłej wody użytkowej – 0,8 dm³/m²*doba
- Czas użytkowania – 200,8 doby/rok
- Sprawność wytwarzania– 65% (kotły na paliwo stałe)
- Sprawność akumulacji – 85% (zasobnik c.w.u. wyprodukowany po 2005)
- Sprawność transportu – 50% (podgrzewanie wody centralne bez obiegów cyrkulacyjnych)
- Sprawność wytwarzania– 260% (podgrzewacz z powietrzna pompa ciepła)
- Sprawność akumulacji – 85% (zasobnik c.w.u. wyprodukowany po 2005)
- Sprawność transportu – 50% (podgrzewanie wody centralne bez obiegów cyrkulacyjnych)

Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody – 25,0 kW

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u.– 61820 kWh = 222,6 GJ

Składnik taryfy dla okresu zimowego	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/m-c]	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	35,20
Abonament	[zł/m-c]	0,0

Składnik taryfy dla okresu letniego	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/m-c]	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	149,0
Abonament	[zł/m-c]	320,0

2.4. SYSTEM WENTYLACJI

W analizowanym budynku występuje wyłącznie grawitacyjny system wentylacji poprzez kratki wentylacyjne. Przy obliczeniach strat ciepła przyjęto normowe ilości wymian w pomieszczeniach – minimalne krotności wymian powietrza do mocy cieplnej 1,0 1/h.

Stopień szczelności obudowy budynku – średni (krotność wymiany powietrza $n_{50}=6$) .

Podstawowy strumień powietrza wentylacji naturalnej do ciepła

$$- V_{ve,1,s} = 0,00056 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$$

Uśredniony w czasie strumień powietrza zewnętrznego w strefie ogrzewanej

$$- V_{ve,1,n} = 1,337 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dodatkowy strumień powietrza zewnętrznego infiltrującego

$$- V_{inf} = n \cdot V / 3600 = 0,2 \cdot 8404 / 3600 = 0,467 \text{ m}^3/\text{s}$$

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego – 6494 m³/h.

3. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ PRZYJĘTYCH DO OPTYMALIZACJI

W tabeli 5 zestawiono wszystkie możliwe do zrealizowania w analizowanym budynku mieszkalnym usprawnienia o charakterze termomodernizacyjnym.

Tabela 5. Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych w systemie BSO.
2	Docieplenie stropodachu niewentylowanego sali gimnastycznej z zapleczem socjalnym, łącznikiem oraz częścią mieszkalną wełną mineralną/styropapą z wykonaniem nowego pokrycia z papy termozgrzewalnej,
3	Modernizacja (wymiana) całej instalacji c.o. wraz z modernizacją kotłowni – wymiana kotła na nowy na paliwo stałe z automatyką wraz ze zmianą sposobu przygotowania c.w.u. poprzez montaż elektrycznych pojemnościowych podgrzewaczy wody w węzłach sanitarnych. W ramach usprawnienia systemu c.o. i c.w.u należy również uwzględnić rozdzielenie systemów szkoły i mieszkania (pozwoli to na wprowadzenie przerw w ogrzewania w okresie dnia i tygodnia dla pomieszczeń szkolnych)

4. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

4.1. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych styropianem w systemie BSO. Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu $\lambda=0,04$.

Tabela 6. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych

grubość dociepl.	Sd	A	Q _{ou}	Q _{1u}	q _{ou}	q _{1u}	Nu	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca	3706	1449,80	663,84		0,0829		-	0,699	-
10,0				145,10		0,0181	406581,9	3,199	22,27
11,0				134,58		0,0168	410148,4	3,449	22,02
12,0				125,49		0,0157	411931,7	3,699	21,74
13,0				117,55		0,0147	415498,2	3,949	21,61
14,0				110,55		0,0138	419064,7	4,199	21,52
15,0				104,34		0,0130	424414,5	4,449	21,55
16,0				98,79		0,0123	429764,2	4,699	21,61

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych będzie warstwa styropianu o grubości 14 cm.

4.2. DOCIEPLENIE STROPODACHU NIEWENTYLOWANEGO.

Proponuje się wykonanie ocieplenia stropodachu niewentylowanego sali gimnastycznej z zapleczem, łącznika i mieszkania warstwą wełny mineralnej twardej/styropapy z jednoczesnym wykonaniem niezbędnego pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej wraz z obróbkami blacharskimi. Założony do obliczeń współczynnik przewodności cieplnej dla wełny mineralnej twardej/styropapy $\lambda=0,037$

Tabela 7. Wybór optymalnej grubości docieplenia stropodachu niewentylowanego.

grubość dociepl.	Sd	A	Q _{ou}	Q _{1u}	q _{ou}	q _{1u}	Nu	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca	3706	480,00	196,73		0,0246		-	0,781	-
14,0				33,67		0,0042	102720,0	4,565	17,90
15,0				31,79		0,0040	104160,0	4,835	17,94
16,0				30,10		0,0038	105600,0	5,106	18,00
17,0				28,59		0,0036	107040,0	5,376	18,09
18,0				27,22		0,0034	108480,0	5,646	18,18
19,0				25,98		0,0032	109920,0	5,916	18,29

Zgodnie z obliczeniami najkrótszy okres zwrotu docieplenia stropodachu, spełniający wymagania minimalnej wartości oporu cieplnego oraz warunków technicznych WT 2014 - będzie miała warstwa wełny mineralnej twardej/styropapy grubości 16 cm.

4.3. POPRAWA SPRAWNOŚCI CIEPLNEJ SYSTEMU GRZEWczego

W tabeli poniżej zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na określeniu poprawy sprawności systemu grzewczego. W ramach modernizacji system grzewczego uwzględniono:

- Wymiana instalacji c.o. na nową z rur stalowych wraz z wymianą grzejników na konwekcyjne oraz montażem zaworów termostatycznych na grzejnikach i zaworów podpionowych na pionach, modernizacja kotłowni węglowej z wymianą kotła na kocioł z podajnikiem oraz automatyką (w cenie przedsięwzięcia uwzględniono również korektę ogrzewania c.w.u. po likwidacji kotłów zmianie systemu c.w.u. na pojemnościowe

podgrzewacze wody w węzłach sanitarnych), w wycenie uwzględniono rozdzielanie systemów grzewczych szkoły i mieszkania. - 382 000,0 zł

Tabela 8. Poprawa sprawność systemu grzewczego.

Rodzaj usprawnienia	η_{ω}	η_p	η_r	η_c	η	Q_{oco} [GJ/rok]	q_p [MW]	q_l [MW]	N_{co} [zł]	ΔQ_{oco} [zł/rok]	SPBT [zł]
modernizacja c.o. i kotłowni	0,82	0,96	0,88	1	0,6927	1431,30	0,3134	0,2285	382000,0	41013,77	9,31

Tabela 9. Składowe sprawności systemu grzewczego po usprawnieniach systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_{Hg}	0,82
2	Sprawność przesyłania ciepła – wymiana instalacji	η_{Hd}	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania montaż zaworów termostatycznych i podpionowych	η_{He}	0,88
4	Sprawność akumulacji	η_{Hs}	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	0,85
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	w_d	0,95
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,6927

5. POSUMOWANIE

W tabelach 10 zestawiono wyłonione powyżej zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania analizowanego budynku na ciepło w wyniku zmniejszenia strat przegrody zewnętrzne oraz usprawnienia systemu grzewczego budynku.

Tabela 10. Zoptymalizowane usprawnienia zmniejszające straty ciepła przez przegrody.

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[zł]	[lata]
1.	Docieplenie stropodachu niewentylowanego sali gimnastycznej z zapleczem socjalnym, łącznikiem oraz częścią mieszkalną wełną mineralną/styropapą gr. 16cm ($\lambda=0,037$) z wykonaniem nowego pokrycia z papy termozgrzewalnej,	105 600,0	18,0
2.	Docieplenie ścian zewnętrznych 14 cm warstwą styropianu w systemie BSO ($\lambda=0,04$)	419 064,7	21,52
3.	Modernizacja (wymiana) całej instalacji c.o. na nową z rur stalowych wraz z modernizacją kotłowni – wymiana kotła na nowy na paliwo stałe z automatyką wraz ze zmianą sposobu przygotowania c.w.u. poprzez montaż elektrycznych pojemnościowych podgrzewaczy wody w węzłach sanitarnych. W ramach usprawnienia systemu c.o. i c.w.u należy również uwzględnić rozdzielanie systemów szkoły i mieszkania (pozwoli to na wprowadzenie przerw w ogrzewania w okresie dnia i tygodnia dla pomieszczeń szkolnych	382 000,0	9,31

6. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI

W celu wyznaczenia optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w *sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego, a także części audytu remontowego*, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego oblicza się kolejno:

- ♦ planowane koszty całkowite N (w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji projektowej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii),
- ♦ kwotę rocznych oszczędności ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia

$$\Delta O_{ro} = (w_{to} * w_{do} * Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) * O_{0z} - (w_{tl} * w_{dl} * Q_{lco} / \eta_l + Q_{lcw}) * O_{0z} + 12 * [(q_{0m} + q_{0cw}) * Q_{om} - (q_{1m} + q_{cw}) * Q_{1m}] + 12 * (Ab_0 - Ab_1) ; [zł/rok] \quad (15)$$

gdzie:

- Q_{oco} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją; [GJ/rok],
- Q_{lco} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło po termomodernizacji; [GJ/rok],
- η_o, η_l - całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po termomodernizacji obliczana ze wzoru (11),
- w_{to}, w_{tl} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia; tu: przed 1,0 i po 0,85,
- w_{do}, w_{dl} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie dnia; tu przed 1,0 i po 0,95
- q_{om}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku
- q_{0u}, q_{1u} - roczne zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego [MW];

- ♦ zmniejszenie (w%) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją z uwzględnieniem sprawności całkowitej,

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) - (w_{dl} w_{tl} Q_{lco} / \eta_l + Q_{lcw})}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw})} * 100 [\%] \quad (16)$$

Za optymalną kombinację przedsięwzięć termomodernizacyjnych uznaje się taką kombinację, która spełnia wymagania Ustawy z dnia 21 listopada 2008 roku o *wspieraniu termomodernizacji i remontów*:

- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wynosi co najmniej 10 % - gdy modernizuje się jedynie system grzewczy,
- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wynosi co najmniej 15 % - w budynkach, w których modernizację systemu grzewczego przeprowadzono po 1984r.,
- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych wynosi co najmniej 25 % - dla pozostałych budynków,

Wykaz kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych z wartościami obliczonych dla nich parametrów opisanych powyższymi formułami matematycznymi w tabeli 11. Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło analizowanego budynku oraz maksymalne zapotrzebowanie mocy ciepła przed termomodernizacją i po realizacji każdej z zaproponowanych kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych wykonano programem Certo 2015.

Tabela 11. Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych (wg ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów z dnia 21 listopada 2008r).

L.p.	Kombinacja przedsięwzięć ¹⁾	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczęd. zapotrzeb. na energię z uwzględnieniem sprawności ΔQ	Premia termomodernizacyjna	
					16% kosztów	2x rocznej oszczęd.
		[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł]	[zł]
1	2	3	4	5		
A	1+2+3	906 664,7	75 478,4	70,16	145 066,4	150 956,8
B	1+3	487 600,0	52 927,5	49,20	78 016,0	105 855,0
C	3	382 000,0	31 730,3	29,50	61 120,0	63 460,6

- 1) numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 10 i są kwotami brutto.
2) Numerem 3 oznaczono usprawnienia systemu grzewczego

Zgodnie z Ustawą z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych powinno wynosić co najmniej 25%. W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 70,16% - wymagania Ustawy są spełnione.

Z tabeli oraz wymagań ustawy wynika, że optymalną kombinacją przedsięwzięć termomodernizacyjnych jest kombinacja oznaczona literą **A** tzn. przewidującą wykonanie:

1.	Docieplenie stropodachu niewentylowanego sali gimnastycznej z zapleczem socjalnym, łącznikiem oraz częścią mieszkalną wełną mineralną/styropapą gr. 16cm ($\lambda=0,037$) z wykonaniem nowego pokrycia z papy termozgrzewalnej,
2.	Docieplenie ścian zewnętrznych 14 cm warstwą styropianu w systemie BSO ($\lambda=0,04$)
3.	Modernizacja (wymiana) całej instalacji c.o. na nową z rur stalowych wraz z modernizacją kotłowni – wymiana kotła na nowy na paliwo stałe z automatyką wraz ze zmianą sposobu przygotowania c.w.u. poprzez montaż elektrycznych pojemnościowych podgrzewaczy wody w węzłach sanitarnych. W ramach usprawnienia systemu c.o. i c.w.u. należy również uwzględnić rozdzielenie systemów szkoły i mieszkania (pozwoli to na wprowadzenie przerw w ogrzewania w okresie dnia i tygodnia dla pomieszczeń szkolnych

7. ZAŁĄCZNIKI

- Załącznik I *Rysunki budowlane budynku MZS nr 1 Nowa Ruda.*
- Załącznik II *Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła oraz maksymalnego obciążenia cieplnego dla stanu istniejącego oraz wybranego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – **program Certo 2015***

LITERATURA:

1. PN-EN-ISO-6946: 1998r. „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń.”
2. PN-EN-13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków – obliczenie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
3. PN-ISO-9836: 1997r. „Właściwości użytkowe w budownictwie. Określanie i obliczanie wskaźników powierzchniowych i kubaturowych.”
4. PN-82/B-02402. „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.”
5. PN-82/B-02403. „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. – z późniejszymi zmianami
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r.. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytu , a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 poz. 346).
8. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów.
9. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku i części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.