Łukasz Dymkowski*, Krzysztof Pawłowski*

ANALIZA PORÓWNAWCZA PARAMETRÓW TECHNICZNO-EKONOMICZNYCH BUDYNKU SZKOŁY PRZED I PO TERMOMODERNIZACJI

1. GENEZA

Termin termomodernizacja jest obecnie bardzo popularny i wykorzystywany do przedsięwzięć mających na celu poprawę parametrów energetycznych budynku. Jest to pojęcie bardzo szerokie obejmującym działania z zakresu budownictwa np. właściwa izolacja cieplna budynku, ale i również branży sanitarnej czy elektrycznej.

Zastanawiające jest, czy przed termomodernizacją można przewidzieć jak wpłynie ona na poszczególne parametry energetyczne budynku. Dzięki możliwości analizy dokumentacji projektowej oraz audytu energetycznego sprzed termomodernizacji w pracy przedstawiono analizę porównawczą podstawowych parametrów energetycznych związanych z funkcjonowaniem obiektu przed i po termomodernizacji. Do analiz wybrano budynek Szkoły Podstawowej w Topólce usytuowanej na terenie gminy wiejskiej Topólka, w powiecie radziejowskim, w województwie kujawsko-pomorskim.

2. OPIS TECHNICZNY ANALIZOWANEGO BUDYNKU

Opis techniczny zawiera charakterystykę materiałową elementów budynku, które są kluczowe do ustalenia parametrów energetycznych budynku. Na początku warto zaznaczyć, że przedmiotowy budynek Szkoły Podstawowej, jest usytuowany w Topólce na działce o numerze ewidencyjnym 72/6 pod adresem Topólka 26 w II strefie klimatycznej. Powierzchnia zabudowy stanowi 1146,60 m^2, co stanowi 27,88% powierzchni działki, powierzchnia ogrzewana wynosi 2449,23 m^2. Budynek jest usytuowany w wąwozie i dobrze osłonięty sąsiednimi budynkami i drzewami [8, 14]. Szkoła mieści się w budynku złożonym z kilku połączonych ze sobą segmentów a ich budowa realizowana była w różnych okresach, co wpłynęło na różne parametry energetyczne poszczególnych części szkoły.

Najstarsza część szkoły (rys. 1 i 2) została wybudowana ok. 1930 r. Mieszczą się w niej sale dydaktyczne. Pierwsza rozbudowa o kolejne sale dydaktyczne miała miejsce ok. 1960 r. W ramach rozbudowy ok. 1975 r. powstała kolejna część dydaktyczna oraz sala gimnastyczna. Kolejne sale dydaktyczne wybudowano ok. 1990 r., natomiast ostatnia rozbudowa szkoły miała miejsce ok. 2000 r. Zatem gmach Szkoły Podstawowej w Topólce stanowi sześć połączonych ze sobą budynków [14].

* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy

Rys. 1. Elewacja frontowa budynku szkoły – źródło: opracowanie własne [2]

Rys. 2. Elewacja boczna budynku szkoły – źródło: opracowanie własne [2]

Mury fundamentów i ławy fundamentowe wykonane zostały z betonu klasyB-15 (C 15/20) [14].

W najstarszych częściach szkoły ściany zewnętrzne (w dalszej części opracowania nazwane SZ 01, SZ 02 i SZ 03) o gr. 42 cm powstały jako warstwowe z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. W murze jedną z warstw stanowi pustka powietrzna gr. 5 cm. Kolejny typ ścian zewnętrznych

(SZ 04) powstały z cegły kratówki gr. 38 cm kl. 100 na zaprawie marki „15” na piętrze i „30” na parterze. Ściany zewnętrzne oznaczone jako (SZ 05) powstały z betonu komórkowego gr. 25 i warstwy zewnętrznej z bloczków wapienno-piaksowych gr. 12 cm. Ostatni typ ścian zewnętrznych stanowią mur z betonu komórkowego gęstości 0,5 o gr. 36 cm obustronnie otynkowany, docieplony styropianem o gr. 12 cm. [11, 14].

Dach (STZ-01 i STZ-02) nad starą częścią szkoły wykonany został jako konstrukcja drewniana z elementów kratowych pokrytych papą (rys. 3). Pomiędzy stropem ostatniej kondygnacji a dachem znajduje się niewentylowana pustka powietrzna o średniej wysokości 1,0 m [2]. Stropodach (STZ-03) wykonano z elementów prefabrykowanych typu DZ – 3 izolowanych żużlem paleniskowym i pokryty papą [11, 14]. Kolejny stropodach (STZ-04) znajduje się nad salą gimnastyczną. Wykonano go z płyt panwiowych opartych na dźwigarach stalowych, pokrycie dachu stanowi papa. [2]. Stropodach nad częścią z lat 90. ubiegłego stulecia (STZ-05) wykonano z elementów prefabrykowanych typu płyta stropowa żerańska gr. 24 cm. Na stropie ułożono maty z wełny mineralnej gr. 20 cm oraz warstwę wyrównawczą co pokryto papą [11, 14]. Natomiast ostatnią część stropodachu wentylowanego (STZ-06) również wykonano z elementów prefabrykowanych typu płyta stropowa żerańska gr. 24 cm z tą różnicą, że na stropie ułożono maty z wełny mineralnej gr. 15 cm, nad którymi znajduje się przestrzeń słabo wentylowana o średniej wysokości 1,0 m, nad którą ułożono konstrukcje z płyt panwiowych wspartych przez ścianki ażurowe [14].

Rys. 3. Widok dachów budynku szkoły – źródło: opracowanie własne [2]

Budynek szkoły jest bez podpiwniczenia. Podłoga na gruncie (PG-01, PG-02, PG-03, PG-05) ma następujący układ warstw: płytki ceramiczne gr. 1,0 cm, jastrych cementowy gr. 2,5 cm, izolacja 1x papa, podkład z betonu

gr. 10 cm, piasek ubijany warstwami gr. 30 cm [14]. Z kolei, podłoga na gruncie w sali gimnastycznej (PG-04) zbudowana jest z parkietu gr. 4,0 cm, niewentylowanej warstwy powietrznej gr. 20 cm, szlichty cementowej gr. 4,0 cm, izolacji 1x papa, posadzki betonowej gr. 10 cm, piasku ubijanego warstwami gr. 30 cm. [2]. W części z lat 90. podłoga na gruncie (PG-06) składa się z terakoty gr. 2,0 cm, jastrychu cementowego gr. 5,0 cm, styropianu gr. 5,0 cm, izolacji 2x papa, szlichty cementowej gr. 4 cm, podkładu z betonu gr. 10 cm, piasku ubijanego warstwami gr. 30 cm [14].

Budynek ma dwa typy stolarki okiennej. Pierwszy z nich to okna o ramach drewnianych z lat 90. XX w. Okna te, szklone pojedynczo, obecnie są w złym stanie technicznym z luzem wrębowym ok. 5 mm. Drugi typ okien ma ramy wykonane z PVC wzmacnianego stalą, szklone podwójnie szybami zespolonymi [14]. Do budynku prowadzą drzwi deskowe oraz drzwi klepkowe, nieocieplone. Trzeci typ drzwi ma ramę stalową wypełnioną szybami zespolonymi składającymi się z dwóch szyb wypełnionych powietrzem certyfikowane. W części dolnej wypełnione płytami warstwowymi ocieplone [2].

Budynek wyposażony jest w lokalną kotłownię c.o. z piecem węglowym o mocy 160 kW, max. temp. 95°C, max. Ciśnienie 0,25 MPa. Piec nie ma podajnika automatycznego (rys. 4). Kaloryfery płytowe stalowe. Rury wymienione w dobrym stanie technicznym. Piony są częściowo izolowane. Brak instalacji regulującej automatycznie pracę pieca w zależności od pogody [2, 16].

Rys. 4. Wnętrze szkolnej kotłowni – źródło: opracowanie własne [2]

Ciepła woda użytkowa pochodzi z zasobnika na c.w.u. o pojemności 200 litrów. Poza sezonem grzewczym c.w.u. przygotowywana jest w elektrycznym podgrzewaczu akumulacyjnym zasilanym elektrycznie [2, 16].

3. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU

W tej części pracy zaprezentowano dane z opracowania „Audyt Energetyczny" sporządzonego dla przedmiotowego budynku w grudniu 2016 r. Audyt został sporządzony zgodnie z przepisami Rozporządzenia o Audycie energetycznym na zlecenie gminy Topólka dla budynku Szkoły Podstawowej w Topólce.

3.1. Wybrane parametry energetyczne przed termomodernizacją

Przy obliczeniach współczynnika przenikania ciepła przyjęto przede wszystkim metodę obliczania zgodną z normą PN-EN ISO 6946:2008 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania", a wyniki zamieszczono w dokumencie audyt energetyczny budynku [8].

Współczynnik przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych w najstarszych częściach szkoły (SZ 01, SZ 02 i SZ 03) wynosi 1,47 [W/(m^2 K)]. Dla kolejnego typu ścian zewnętrznych (SZ-04) wyniósł 0,88 [W/(m^2 K)], a dla ściany zewnętrznej oznaczonej jako (SZ 05) wynosi 1,65 [W/(m^2 K)]. Ścianą która, spełnia wymagania Warunków Technicznych jest (SZ-06) z współczynnikiem 0,20 [W/(m^2 K)]. [2, 4, 8]

Dla dachów (STZ 01, STZ 02) współczynnik przenikania ciepła wyniósł 0,49 [W/(m^2 K)]. Natomiast stropodach (STZ-03) osiągnął współczynnik 0,59 [W/(m^2 K)], stropodach (STZ 04) 4,27 [W/(m^2 K)], stropodach (STZ 05) 0,24 [W/(m^2 K)], stropodach nad najnowszą częścią budynku (STZ-06) wynosi 0,17 [W/(m^2 K)]. [2, 8]

Współczynnik przenikania ciepła dla podłogi na gruncie (PG-01, PG-02, PG-03, PG-05) ma ten sam wynik 2,26 [W/(m^2 K)], natomiast współczynnik 2,26 [W/(m^2 K)] osiągnęła podłoga w sali gimnastycznej (PG-04), a podłoga w budynku nr 6 (PG-06) ma wynik 1,18 [W/(m^2 K)]. [2, 9]

Stolarka okienna (OZ 01, OZ 02, OZ 03, OZ 04 i OZ 05) o ramach drewnianych wymieniana w latach 90. ma współczynnik przenikania ciepła 2,26 [W/(m^2 K)]. Drugi typ okien o ramach z PVC ma współczynnik przenikania ciepła 1,40 [W/(m^2 K)]. Drzwi deskowe i klepkowe (DZ 01, DZ 02) nieocieplone mają współczynnik przenikania ciepła 5,00 [W/(m^2 K)] a drzwi (DZ 03, DZ 04, DZ 05) mające ramę stalową wypełnioną szybami zespolonymi mają współczynnik przenikania ciepła 2,00 [W/(m^2 K)] [2].

W tabeli 1 zestawiano wyniki współczynnika przenikania ciepła U uzyskane dla zewnętrznych przegród budowlanych z wartościami współczynnika przenikania ciepła U_{max}, które obecnie obowiązują [8].

Tabela 1. Zestawienie wartości współczynnika U obliczeniowego z U_{max} [8]

Lp.	Symbol przegrody	Budynek	$U_{obliczeniowe}$ [W/(m^2·K)]	Współczynnik przenikania ciepła U_{max}, [W/(m^2·K)] obecne wymagania
1	SZ 01	1	1,47	0,23
2	SZ 02	2	1,47	0,23
3	SZ 03	3	1,47	0,23
4	SZ 04	4	0,88	0,23
5	SZ 05	5	1,65	0,23
6	SZ 06	6	0,20	0,23
7	STZ 01	1	0,49	0,18
8	STZ 02	2	0,49	0,18
9	STZ 03	3	0,59	0,18
10	STZ 04	4	4,27	0,18
11	STZ 05	5	0,24	0,18
12	STZ 06	6	0,17	0,18
13	PG 01	1	2,26	0,30
14	PG 02	2	2,26	0,30
15	PG 03	3	2,26	0,30
16	PG 04	4	1,18	0,30
17	PG 05	5	2,26	0,30
18	PG 06	6	1,18	0,30
19	OZ 01 – OZ 05	1, 2, 3, 4, 5	5,00	1,10
20	OZ06 – OZ 16	6	1,40	1,10
21	DZ 01 - DZ 02	1, 2,	5,00	1,10
22	DZ 03 –DZ 05	4, 5	2,00	1,10

Zgodnie z zapisami karty audytu i metodologią obliczeń oraz danymi uzyskanymi od gminy Topólka obecne zużycie energii w budynku wygląda następująco:

- roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu wynosi 3.379,16 GJ/rok [2],
- roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej 58,02 GJ/rok [2],
- łączne zużycie energii: 3.437,18 GJ/rok x 277,77 = 954.744,66 kWh/rok [2].

Uwzględniając współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na potrzeby energii cieplnej przy stanie obecnym równy 1,1 należy przyjąć, iż roczne zużycie energii pierwotnej EP w budynku wynosi 1.050.219,12 kWh/rok, co w przeliczeniu na powierzchnie ogrzewaną EP wynosi 428,80 kWh/m^2 rok [2, 17].

3.2. Termomodernizacja analizowanego budynku

Zgodnie z inwentaryzacją techniczno-budowlaną zawartą w „Audycie Energetycznym" wszystkie przegrody zewnętrzne rozpatrywanego budynku wymagają dodatkowej warstwy izolacji termicznej.

Termomodernizacja budynku będzie obejmować ocieplenie ścian zewnętrznych styropianem EPS o gr. 15 cm i współczynniku przewodności cieplnej $\lambda = 0{,}031$ W/(m·K) oraz ocieplenie cokołu budynku styropianem gr. 8 cm metodą bezspoinową z użyciem styropianu EPS oraz gotowej zaprawy klejącej, z przygotowaniem podłoża, ręcznym wykonaniem wyprawy elewacyjnej z tynku cienkowarstwowego barwionego w masie [4, 5, 10, 14]. Docieplenie ścian pociąga za sobą wykonanie niezbędnych robót towarzyszących, obejmujących: montaż instalacji odgromowej, wykonanie obróbek blacharskich, montaż rynien i rur spustowych, montaż kratek wentylacyjnych służących do wentylacji stropodachu, założenie osłon na wywietrzniki od wentylacji sali gimnastycznej, montaż budek lęgowych dla ptaków (zgodnie z zaleceniami ekspertyzy ornitologicznej). Nakłady te są niezbędne dla zachowania trwałości wykonanych prac termomodernizacyjnych.

Kolejnym działaniem termomodernizacyjnym jest ocieplenie stropu najwyższej kondygnacji płytami wełny mineralnej gr. 15 cm (budynek nr 1 i 2), ułożonej na membranie [14].

Z kolei, ocieplenie stropodachu nastąpi styropapą o gr. 15 cm i współczynniku przewodności cieplnej $\lambda = 0{,}031$ W/(m·K) (budynek nr 3), styropapą o gr. 20 cm i współczynniku przewodności cieplnej $\lambda = 0{,}031$ W/(m·K) (budynek nr 4) [4, 7, 8, 10, 14].

Nakłady na realizację poszczególnych wariantów uwzględniają również wykonanie niezbędnych robót towarzyszących, obejmujących: odtworzenie poszycia dachu z 2 x papy termozgrzewalnej wraz z deskowaniem pełnym, wykonanie obróbek fartuchów podrynnowych i nadrynnowych, wykonanie obróbek blacharskich wokół kominów, odbudowanie kominów wentylacyjnych od poziomu stropu ostatniej kondygnacji i wykonanie na nich czapek kominowych. Nakłady te są niezbędne dla zachowania trwałości wykonanych prac termomodernizacyjnych [13].

Przewidziano również wymianę istniejących, zużytych okien w ramach drewnianych na nowe okna w ramie z PVC o współczynniku przenikania ciepła $U = 0{,}80$ W/(m^2·K) [14]. Wymianie ulegną również istniejące zniszczone drzwi zewnętrzne drewniane i klepkowe na nowe drzwi zewnętrzne aluminiowe o współczynniku przenikania ciepła $U = 0{,}90$ W/(m^{2}K) [2].

Wykonana zostanie kompleksowa modernizacja instalacji c.o. polegająca na montażu kotła na pelet z pełną automatyką pracy kotła. Uwzględniono instalację kotła opalanego biomasą, spełniającego wymagania klasy 5 potwierdzone certyfikatem zgodności z normą PN-EN 303-5 „Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 500 kW – Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie" [2, 3, 16]. Montaż zaworów

termostatycznych we wszystkich budynkach. W budynkach nr 1, 2, 3, 4 i 5 zaprojektowano wymianę grzejników na stalowe dwupłytowe wraz z wymianą pionów c.o. i podejść do grzejników c.o. oraz wykonano izolację termiczną instalacji [2, 16].

W związku z montażem kotła opalanego wyłącznie biomasą konieczne będzie przystosowanie pomieszczenia kotłowni do wymogów pracy kotła, a więc: malowanie ścian i sufitów oraz położenie glazury na posadzce kotłowni, w celu uniknięcia zapylenia powietrza pobieranego przez kocioł do procesu spalania. Koszty te zostały uwzględnione w nakładach inwestycyjnych jako niezbędne dla zapewnienia prawidłowego funkcjonowania nowego kotła i zachowania jego trwałości [3, 16].

Realizacja termomodernizacji wymaga poniesienia przez inwestora nakładów inwestycyjnych. W tabeli 2 przedstawiono nakłady na podstawie kosztorysów inwestorskich z rozbiciem na poszczególne działania termomodernizacyjne.

Tabela 2. Nakłady inwestycyjne na termomodernizację [2, 3]

Lp.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Planowane koszty robót [w zł]
1	Kompleksowa modernizacja instalacji c.o.	677.213,28
2	Wymiana okien zewnętrznych	54.372,32
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych	457.121,29
4	Wymiana drzwi zewnętrznych	12.079,14
5	Ocieplenie stropodachu	213.215,59
Nakłady inwestycyjne razem		1.414.001,62

3.3. Wybrane parametry energetyczne po termomodernizacji

Po wykonaniu termomodernizacji w wyżej opisanym zakresie nastąpi poprawa parametrów energetycznych budynku.

Poprawie ulegnie współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych w najstarszych częściach szkoły (SZ 01, SZ 02, SZ 03, S 05) i wynosi 0,18 [W/(m^2 K)]. Ściana zewnętrzna (SZ-04) będzie charakteryzowała się współczynnikiem przenikania ciepła U równy 0,17 [W/(m^2 K)]. Dla dachu (STZ 01) i stropodachów (STZ 03 i STZ 5) współczynnik przenikania ciepła wyniesie 0,12 [W/(m^2 K)]. Natomiast dla stropodachów (STZ-02 i STZ 04) współczynnik osiągnie 0,13[W/(m^2 K)] [2, 7, 8, 10]. Współczynnik przenikania ciepła dla podłóg nie ulegnie zmianie ponieważ inwestor z uwagi na wysokie koszty robót budowlanych zrezygnował z usprawnień w tym zakresie [2, 3].

Stolarka okienna (OZ 01, OZ 02, OZ 03, OZ 04 i OZ 05) o ramach drewnianych zostanie wymieniona na nową o współczynniku przenikania ciepła 0,90 [W/(m^2 K)], a drzwi (DZ 01, DZ 02, DZ 03, DZ 04, DZ 05) będą mieć współczynnik przenikania ciepła na poziomie 0,90 [W/(m^2 K)] [2, 6, 15].

Dzięki przeprowadzeniu termomodernizacji w zaplanowanym zakresie nastąpi zmniejszenie rocznego zużycia energii do ogrzewania budynku do poziomu 790,58 GJ/rok. Redukcji ulegnie również roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej do poziomu 44,40 GJ/rok. Zatem łączne zużycie energii (834,98 GJ/rok x 277,77) wyniesie 231.931,26 kWh/rok [2, 3].

Poprawie ulegnie współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na potrzeby energii cieplnej do poziomu 0,2. Dlatego roczne zużycie energii pierwotnej w budynku szkoły po realizacji projektu wyniesie (231.931,26 kWh/rok x 0,2) 46.386,25 kWh/rok w przeliczeniu na powierzchnie ogrzewaną EP wynosi 18,94 kWh/m^2 rok [2].

W wyniku całościowej termomodernizacji, a przede wszystkim dzięki zmianie źródła ciepła i paliwa wykorzystywanego na potrzeby c.o., nastąpi spadek emisji gazów cieplarnianych.

4. ANALIZA PORÓWNAWCZA WYBRANYCH PARAMETRÓW

Obecnie przegrody zewnętrzne budynków Szkoły Podstawowej w Topólce, pomimo dobrego stanu technicznego, mają wysokie współczynniki przenikania ciepła i nie spełniają wymagań izolacyjności cieplnej określonych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2, 8, 14].

W przejrzysty sposób przedstawiają to dane zamieszczone w tabeli 3, gdzie zestawiono wartości współczynnika przenikania ciepła wszystkich przegród budowlanych występujących w budynku analizowanej szkoły. Większość z nich została poddana termomodernizacji.

Przegrody budowlane w budynku nr 6 z uwagi na dobry współczynnik przenikania ciepła w stanie pierwotnym nie podlegają termomodernizacji oraz podłogi na gruncie z uwagi na wytyczne wskazane przez inwestora [6, 14, 15].

Na niski komfort cieplny w przedmiotowym budynku wpływa także stan techniczny wybranych okien i drzwi zewnętrznych, które są nieszczelne i znacznie zużyte, w związku z czym również nie spełniają wymagań izolacyjności cieplnej wg rozporządzenia [14].

Elementy te obecnie nie zapewniają wymaganej termoizolacji budynku oraz efektywnej gospodarki energetycznej, co bezpośrednio wiąże się z energochłonnością, a tym samym zwiększonymi kosztami ponoszonymi na ogrzewanie i eksploatację. Główną przyczyną dużego zużycia energii (ciepła) są nadmierne straty ciepła spowodowane przez nieodpowiednio izolowane ściany zewnętrzne, stropodachy, a także nieszczelne i niskiej jakości okna i drzwi zewnętrzne [17].

Niekorzystną sytuację pogarsza niska sprawność źródła ciepła oraz pozostałych elementów instalacji c.o. Elementy te ze względu na niską sprawność i zużycie eksploatacyjne nie są w stanie zagwarantować odpowiedniego komfortu cieplnego wewnątrz pomieszczeń Szkoły Podstawowej w Topólce [2].

Tabela 3. Tabelaryczne zestawienie wartości współczynnika przenikania ciepła U przed i po termomodernizacji z współczynnikami przenikania ciepła U_{max} [2, 5, 15]

Lp.	Symbol przegrody	$U_{obliczeniowe}$ [W/(m²·K)]		Termo-modernizacja	Współczynnik przenikania ciepła U_{max}, [W/(m²·K)]		Czy spełnia wymagania WT
		Przed	Po		od 1.01.2017	od 1.01. 2021	
1	SZ 01	1,47	0,18	Tak	0,23	0,20	Tak
2	SZ 02	1,47	0,18	Tak	0,23	0,20	Tak
3	SZ 03	1,47	0,18	Tak	0,23	0,20	Tak
4	SZ 04	0,88	0,17	Tak	0,23	0,20	Tak
5	SZ 05	1,65	0,18	Tak	0,23	0,20	Tak
6	SZ 06	0,20	0,20	Nie	0,23	0,20	Tak
7	STZ 01	0,49	0,12	Tak	0,18	0,15	Tak
8	STZ 02	0,49	0,13	Tak	0,18	0,15	Tak
9	STZ 03	0,59	0,12	Tak	0,18	0,15	Tak
10	STZ 04	4,27	0,13	Tak	0,18	0,15	Tak
11	STZ 05	0,24	0,12	Tak	0,18	0,15	Tak
12	STZ 06	0,17	0,13	Nie	0,18	0,15	Tak
13	PG 01	2,26	2,26	Nie	0,30	0,30	Nie
14	PG 02	2,26	2,26	Nie	0,30	0,30	Nie
15	PG 03	2,26	2,26	Nie	0,30	0,30	Nie
16	PG 04	1,18	1,18	Nie	0,30	0,30	Nie
17	PG 05	2,26	2,26	Nie	0,30	0,30	Nie
18	PG 06	1,18	1,18	Nie	0,30	0,30	Nie
19	OZ 01 – OZ 05	5,00	0,80	Tak	1,10	0,90	Tak
20	OZ06 – OZ 16	1,40	1,40	Tak	1,10	0,90	Nie
21	DZ 01 – DZ 02	5,00	0,90	Tak	1,10	0,90	Tak
22	DZ 03 –DZ 05	2,00	0,90	Tak	1,10	0,90	Nie

Brak odpowiedniej termoizolacji nie tylko podwyższa koszty ogrzewania i utrzymania budynku, ale obniża również efektywność pracy oraz nauki. Na podstawie przeprowadzonych badań naukowych stwierdzono, iż nieutrzymanie wymaganego komfortu cieplnego, znaczne stężenie zanieczyszczeń w powietrzu, nieodpowiednia cyrkulacja powietrza oraz zbyt duża zawartość wilgoci w pomieszczeniach, jest powodem ogólnie złego samopoczucia, bólów i zawrotów głowy, zmęczenia i rozdrażnienia, problemów z koncentracją, podrażnienia błon śluzowych nosa, gardła, skóry, uczuleń i chorób dróg oddechowych. Elementy te niewątpliwie pośrednio obniżają jakość i efektywność nauczania w Szkole Podstawowej w Topólce [1, 12].

Planowana termomodernizacja budynków użyteczności publicznej umożliwi:

- zwiększenie efektywności energetycznej budynku o 75,71%,
- zmniejszenie zużycia energii pierwotnej w wyniku realizacji projektu – o 1.003.832,87 kWh/rok,

- pozytywne oddziaływanie na środowisko na skutek ograniczenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery – o 325,50 Mg CO_2/rok i o 0,59 Mg PM10/rok,
- osiągnięcie odpowiedniego komfortu cieplnego pomieszczeń w budynku użyteczności publicznej objętym projektem,
- poprawę estetyki budynku,
- poprawę warunków zdrowotnych i komfortu przebywania w przedmiotowym budynku,
- utrzymanie we wszystkich pomieszczeniach budynku temperatury i wilgotności umożliwiającej efektywne realizowanie funkcji społecznych o każdej porze roku,
- zmniejszenie kosztów ogrzewania budynku o 52.530,39 zł/rok [2, 4].

Wymiana źródła ciepła na nowe z zastosowaniem biomasy zapewnia jednocześnie poprawę sprawności wytwarzania i akumulacji ciepłej wody użytkowej, która będzie przygotowywana za pomocą kotła dwufunkcyjnego opalanego biomasą (pelet), wyposażonego w zasobnik buforowy na ciepłą wodę użytkową [16]. Realizacja projektu zwiększy efektywność energetyczną budynku Szkoły Podstawowej w Topólce przy jednoczesnej poprawie jakości powietrza atmosferycznego na skutek ograniczenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Nastąpi ograniczenie zapotrzebowania na ciepło budynku użyteczności publicznej, poprzez wykonanie usprawnień w zakresie przegród zewnętrznych (ściany i stropodach), stolarki okiennej i drzwiowej budynków oraz w poprawić sprawności wytwarzania ciepła [1, 3].

Tabela 4 pokazuje wartości graniczne dla współczynnika energii pierwotnej w budynkach użyteczności publicznej w zestawieniu z wartościami tego EP dla przedmiotowego budynku przed i po termomodernizacji. Widać, że budynek obecnie mocno przekracza wartości graniczne EP, ale po termomodernizacji wartość EP będzie dużo mniejsza od dopuszczalnej. [4, 18].

Tabela 4. Wartości energii pierwotnej dla budynku użyteczności publicznej [4, 6, 18]

Rodzaj obiektu	Wartości EP dla przedmiotowego budynku [kWh/m^2 rok]		Wartości graniczne EP [kWh/m^2 rok]		
	Przed	Po	od 2014 r. do 2016 r.	od 2017 r. do 2020 r.	od 2021 r.
Użyteczności publicznej	428,80	18,94	65	60	45

Realizacja projektu mającego na celu poprawę efektywności energetycznej budynku Szkoły Podstawowej w Topólce, wiąże się z poniesieniem nakładów na przygotowanie i wdrożenie inwestycji o łącznej wartości 1.480.908,64 zł brutto. Biorąc pod uwagę koszty realizacji inwestycji (por. tabeli 2) przypadające na poszczególne elementy termomodernizacji oraz oszczędności wynikające ze zwiększenia efektywności energetycznej można określić wskaźniki efektywności ekonomicznej (SPBT), które wskazują po ilu latach zwrócą się nakłady inwestycyjne, co szczegółowo prezentuje tabela 5.

Tabela 5. Wskaźniki efektywności ekonomicznej termomodernizacji [2]

Lp.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	SPBT [w latach]
1	Kompleksowa modernizacja instalacji c.o.	31,07
2	Wymiana okien zewnętrznych	19,79
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych	35,43
4	Wymiana drzwi zewnętrznych	52,96
5	Ocieplenie stropodachu	82,72

Dokonując całościowej analizy efektywności ekonomicznej dla budynku Szkoły Podstawowej w Topólce należy wspomnieć, iż obecnie roczne koszty ogrzewania to 85.929,43 zł natomiast po realizacji termomodernizacji przewiduje się, że będą one wynosić 33.399,04 zł, więc będą one mniejsze o 52.530,39 zł. Zatem wskaźnik efektywności ekonomicznej (SPBT) dla całej inwestycji będzie wynosił 26,92 lat [2, 3].

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Termomodernizacja, jeżeli zostanie dobrze zaplanowana, niewątpliwie wpływa na poprawę parametrów energetycznych budynku. Kompleksowa termomodernizacja Szkoły Podstawowej w Topólce może doprowadzić do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło budynku szkoły o 75,71% w stosunku do stanu przed realizacją projektu. Taki wniosek nasuwa się po analizie podstawowych parametrów energetycznych, ukazanych w audycie energetycznym [2].

Ponadto termomodernizacja wymaga dużych nakładów inwestycyjnych o długim okresie zwrotu. Takie inwestycje w przypadku gmin wiejskich stanowią istotne obciążenie dla budżetu. Dlatego kompleksowe termomodernizacje budynków najczęściej realizowane są przy wsparciu funduszy zewnętrznych. Realizacja projektów termomodernizacyjnych przyczynia się bowiem do ograniczenia zapotrzebowania na ciepło oraz ograniczenia ilości zużywanego paliwa, co oprócz oszczędności w zakresie kosztów ogrzewania obiektu, przynosi także istotne efekty środowiskowe.

Obecnie gmina Trólka przygotowuje się do podpisania umowy o dofinansowanie projektu ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2014-2020. Dofinansowanie projektu sięgnie 68,88%. Następnie wyłoniony zostanie wykonawca robót termomodernizacyjnych.

Termomodernizacja budynków istniejących w Polsce wymaga szczegółowych obliczeń i analiz techniczno-ekonomicznych, opracowania profesjonalnego projektu w zakresie działań modernizacyjnych oraz poprawnego (o wysokiej jakości) wykonania wszystkich zaplanowanych działań. Pozwoli to na eksploatację budynku, spełniając wymagania w zakresie odpowiednich parametrów mikroklimatu wnętrza: temperatura, wilgotność i czystość oraz wysoką jakość powietrza.

LITERATURA

[1] Dylla A., 2009. Praktyczna fizyka budowli. Szkoła projektowania złączy budowlanych. Wydawnictwo Uczelniane UTP Bydgoszcz.

[2] Dymkowski Ł., 2016. Audyt energetyczny budynku użyteczności publicznej: Szkoły Podstawowej w Topólce. Włocławek.

[3] Dymkowski Ł., 2016. Studium wykonalności dla projektu: Termomodernizacja budynku Szkoły Podstawowej w Topólce. Włocławek.

[4] Pawłowski K., 2008. Współczesna charakterystyka mostka cieplnego. Izolacje 9, 39-43.

[5] Pawłowski K., 2009. Kryteria oceny ścian zewnętrznych. Izolacje 3, 20-23.

[6] Pawłowski K., 2016. Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Stan prawny luty 2016. Grupa Medium, Bydgoszcz.

[7] PN-EN ISO 12524: 2003. Materiały i wyroby budowlane. Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabelaryczne wartości obliczeniowe.

[8] PN-EN ISO 6946: 2004. 2008. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.

[9] PN-EN ISO 13370: 2008. Cieplne właściwości użytkowe budynków – Przenoszenie ciepła przez grunt – Metody obliczania.

[10] PN-EN ISO 10456: 2009. Materiały i wyroby budowlane – właściwości cieplno-wilgotnościowe. Stabelaryzowane wartości obliczeniowe.

[11] Praca zbiorowa pod kierunkiem Dobak J., 1968. Architektura i budownictwo szkolne PRL. Arkady Warszawa.

[12] Praca zbiorowa pod kierunkiem Klemma. P., 2005. Budownictwo ogólne. tom 2. Fizyka budowli. Wydawnictwo Arkady Warszawa.

[13] Praca zbiorowa pod kierunkiem Stefańczyka B., 2009. Budownictwo ogólne. Tom 1. Materiały i wyroby budowlane. Wydawnictwo Arkady Warszawa.

[14] Rafalski D., Dymkowski Ł., 2016. Projekt budowlany. Termomodernizacja budynku Szkoły Podstawowej w Topólce. Branża budowano-architektoniczna. Włocławek.

[15] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych. jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. nr 75. poz. 690 z dnia 15 czerwca 2002. z późn. zm.

[16] Sikorski K., 2016. Projekt budowlany. Termomodernizacja budynku Szkoły Podstawowej w Topólce. Branża sanitarna. Włocławek.

[17] Żarski K., 2010. Charakterystyka energetyczna budynków. Wydawnictwo Ośrodek Informacji Technika instalacyjna w Budownictwie Warszawa.

[18] Żurawski J. 2014. Wymagania w zakresie EP a izolacyjność termiczna przegród. Izolacje 1.