

## **Ocena zmniejszenia strat energii cieplnej budynku wielorodzinnego w wyniku przeprowadzonej termomodernizacji**

**Monika Jarosz-Hadam<sup>1</sup>, Stanisław Fic<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, Katedra Nauk Technicznych, Zakład Budownictwa, PSW Biela Podlaska im. Papieża Jana Pawła II, e-mail: m.jarosz-hadam@dydaktyka.pswbp.pl*

<sup>2</sup> *Katedra Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, e-mail: s.fic@pollub.pl*

**Streszczenie:** W artykule przeanalizowano wpływ wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej, z odzyskiem ciepła, na zmniejszenie zapotrzebowania na energię cieplną w budynku wielorodzinnym. Sprawdzono również wpływ rodzaju docieplenia na rozkład temperatur i ciśnień w przegrodzie. Obliczeń dokonano za pomocą programu Purmo OZC 6,0 dla zabytkowego budynku wielorodzinnego, 3-kondygnacyjnego, który poddany zostanie głębokiej termomodernizacji. Na podstawie obliczeń stwierdzono, iż rodzaj docieplenia ściany nie wpływa w znaczący sposób na straty ciepła przez przegrodę, a jedynie na grubość samej przegrody. Największe obniżenie zapotrzebowania energetycznego następuje w skutek zastosowania w budynku wentylacji mechanicznej. Analiza strat wykazuje, że tradycyjne systemy wentylacyjne wywołują duże straty ciepła na poziomie 46,9%. Obliczenia wykazały, iż wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła zmniejsza współczynnik strat ciepła do poziomu 26,5%.

**Słowa kluczowe:** wentylacja mechaniczna, termomodernizacja, energia cieplna.

### **1. Wprowadzenie**

Wraz z zaostrzającymi się warunkami technicznymi oraz wzrostem świadomości społeczeństwa, coraz większą wagę przywiązuje się do redukcji zapotrzebowania energetycznego budynków. Na możliwości oszczędzania energii zaczęli zwracać uwagę również mieszkańcy budownictwa wielorodzinnego. Wspólnoty i spółdzielnie mieszkaniowe zaczęły poszukiwać oszczędności, wykorzystywać programy na termomodernizację. Przez wiele lat skupiano się jednak głównie na termomodernizacji polegającej na dociepleniu ścian zewnętrznych, dociepleniu stropodachów oraz wymianie stolarki okiennej i drzwiowej. W praktyce bardzo duża ilość ciepła jest marnotrawiona poprzez nadmierne przewietrzanie pomieszczeń. W ostatnim czasie coraz częściej jednym z elementów termomodernizacji jest wymiana źródła ciepła na OZE oraz montaż wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła na poziomie 80–87 %. Bardzo dużym problemem przy termomodernizacji są budynki zabytkowe, w których konserwatorzy zabytków bardzo często zabraniają docieplania ścian zewnętrznych po stronie zewnętrznej.

We współczesnym budownictwie dążymy do zmniejszenia kosztów eksploatacji obiektów. Realizację tego sukcesu warunkuje dobrze przeprowadzony audyt energetyczny wskazujący procentową oszczędność zapotrzebowania energetycznego budynku oraz realizacja zadania zgodna z założeniami audytu [6]. Efektywność energetyczną gwarantuje między innymi bardzo dobra izolacyjność przegród zewnętrznych, w 2021 roku dopuszcza-

czalny współczynnik przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych będzie wynosił  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  [5,7], dla dachów  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dla okien  $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dla drzwi  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Zmianie do roku 2021 ulegną również maksymalne wskaźniki energii początkowej  $E_{p_{H+W}}$  na potrzeby co, wentylacji i cwu z obecnych 105 do  $65 \text{ kWh/m}^2$  rok.

Analiza cieplno-wilgotnościowa wykonana dla ściany zewnętrznej przy dociepleniu trzema różnymi materiałami zobrazuje prawidłowość przyjętych rozwiązań. Po termomodernizacji porównano straty ciepła w budynku przyjmując dwa rodzaje wentylacji: grawitacyjną i mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła. Wykazano wpływ przyjętych rozwiązań na efektywność energetyczną w świetle nowych przepisów.

## 2. Opis obiektu

Przedmiotem analizy cieplnej jest istniejący, 3 kondygnacyjny, zabytkowy budynek przystosowany do funkcji zabudowy wielorodzinnej, znajdujący się w miejscowości Kamień. Konstrukcja budynku tradycyjna, rok budowy 1900. Budynek przed termomodernizacją znajdował się w bardzo złym stanie technicznym, nie docieplone ściany i dach, źródło ciepła stanowiły piece kaflowe, brak instalacji ciepłej wody użytkowej.

W budynku ostatnią kondygnację stanowi poddasze użytkowe, jest on częściowo podpiwniczony, zbudowany w technologii tradycyjnej, ze ścianami murowanymi z cegły kratówki o grubości 50 cm. Stan techniczny ścian można określić jako dobry. Strop na poziomie parteru został wykonany jako strop Kleina na belkach stalowych. Stropy nad parterem i piętrzem są to stropy w konstrukcji drewnianej.

Klatka schodowa drewniana. Stan techniczny konstrukcji więźby dachowej średni, pokrycie dachu z dachówki ceramicznej stan średni. Fundamenty ceglane. Okna i drzwi drewniane, dwuskrzydłowe w bardzo złym stanie technicznym. Powierzchnia użytkowa  $433,95 \text{ m}^2$ . System grzewczy jest systemem prymitywnym, nie posiadającym rozprzewadzenia ciepła. Polega na ogrzewaniu pomieszczeń za pomocą pieców kaflowych, posiada szereg wad wynikających z braku możliwości regulacji temp. w pomieszczeniach. Wentylacja pomieszczeń mieszkalnych realizowana jest grawitacyjnie poprzez kratki wywiewne. Świeże powietrze infiltruje do środka przez nieszczelności drzwi i okien. Stan techniczny przewodów kominowych wg ekspertyzy kominarskiej jest zgodny z obowiązującymi wymaganiami technicznymi. Z uwagi na nieszczelną stolarkę okienną zaobserwowano nadmierne wychładzanie pomieszczeń.

Budynek wielorodzinny poddany zostanie kompleksowej termomodernizacji. Planowane prace przyczynią się do znacznego zmniejszenia strat ciepła w zakresie przenikania przez przegrody zewnętrzne, stolarkę okienną i drzwiową, duże znaczenie będzie miała również modernizacja instalacji co, cwu, wentylacji mechanicznej, elektrycznej, a także całkowita wymiana źródeł ciepła. Planowane prace termomodernizacyjne mają na celu zmniejszenie strat ciepła w zakresie przenikania przez przegrody zewnętrzne oraz poprawienie estetyki budynku, modernizacja instalacji ma na celu praktycznie wyeliminowanie emisji spalin do atmosfery, znaczną poprawę sprawności budynku, poprawę jakości użytkowania.

## 3. Analiza wariantów termomodernizacji budynku

W celu wykonania poprawnego Audytu Energetycznego dokonano analizy poszczególnych przegród mających wpływ na zapotrzebowanie energetyczne budynku. Przegrody powinny zapewnić wymagania WT 2021. Ściany zewnętrzne mają niezadowalające wartości współczynnika przenikania ciepła, należy docieplić przegrodę od strony wewnętrznej za

pomocą tynku ciepłochronnego Perlicover TP500, o współczynniku  $\lambda = 0.021$  W/m K i grubości 9 cm. Wyboru rodzaju docieplenia dokonano z uwagi na zabytkowy charakter budynku oraz ze względu na wskazania konserwatora zabytków. Fundamenty mają niezadowalające wartości współczynnika przenikania ciepła i nie posiadają właściwej izolacji przeciwwilgotnościowej, należy je docieplić za pomocą styropianu ekstrudowanego o współczynniku  $\lambda = 0.03$  W/m K i grubości 14 cm, należy również zamontować izolację przeciwwilgotnościową. Stropodach należy docieplić wełną mineralną o współczynniku  $\lambda = 0.042$  W/m K i grubości 30 cm, zapewniającej wymagany opór cieplny. Drzwi i okna w bardzo złym stanie technicznym o nieprawidłowym współczynniku przenikania ciepła  $U$  [W/m<sup>2</sup> K] należy wymienić na drzwi o współczynniku  $U=1,3$  W/m<sup>2</sup>K oraz na okna o wsp.  $U = 0,9$  W/m<sup>2</sup> K spełniające wymogi WT 2021. W audycie zostanie ukazane obniżenie zużycia ciepła przez wprowadzenie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Budynek zostanie wyposażony w instalację cwu, piony, poziomy, armaturę, baterie z perlatorami, źródłem cwu będzie pompa ciepła. Zamontowane zostanie również oświetleniowej typu LED. System grzewczy, który jest w bardzo złym stanie technicznym, przejdzie kompleksową modernizację, instalacja zostanie opomiarowana. Źródłem ciepła będzie pompa ciepła, dodatkowym źródłem będzie kocioł na gaz propan-butan, zamontowane zostaną przewody poziome, piony, grzejniki, izolacje oraz niezbędna armatura w tym zawory termostatyczne do regulacji instalacji. Wykonana instalacja ogrzewania wykonana zostanie wraz z instalacją sterowaniem niezbędnymi akcesoriami, rurociągami, rozdzielaczami i doprowadzeniem pionów w otulinie kauczukowej do kotłowni. Jako dodatkowe źródło ciepła zamontowany zostanie kocioł na gaz propan-butan. W wyniku przeprowadzonego audytu dokonano analizy 9 wariantów, które zostały uszeregowane w zależności od rosnącego czasu zwrotu inwestycji

Tabela 1. Warianty przedsięwzięć termomodernizacyjnych

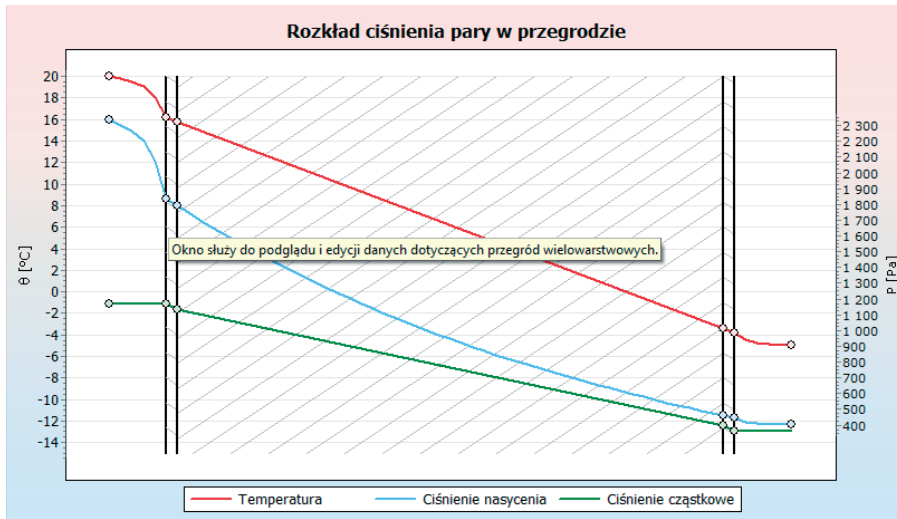
Lp.	Ulepszenie termomodernizacyjne	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Montaż instalacji co	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Montaż instalacji cwu	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Wymiana drzwi	X	X	X	X	X	X	X	X	
4	Ocieplenie dachu	X	X	X	X	X	X	X		
5	Montaż wentylacji mech. naw-wyw	X	X	X	X	X	X			
6	Wymiana okien	X	X	X	X	X				
7	Montaż źródła ciepła	X	X	X	X					
8	Ocieplenie ścian zew.	X	X	X						
9	Montaż paneli PV i wymiana ośw.	X	X							
10	Ocieplenie ścian fundamentowych	X								

#### 4. Analiza strat energii cieplnej w budynku w zależności od rodzaju materiału użytego do docieplenia ścian zewnętrznych

Przy rozpatrywaniu docieplenia ścian zewnętrznych do analizy wybrano trzy warianty docieplenia ścian zewnętrznych wykonanych z następujących materiałów:

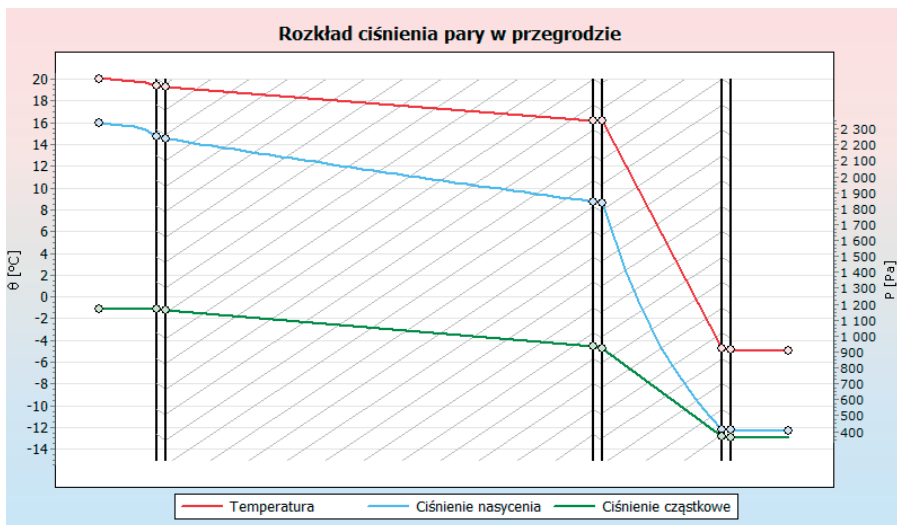
- 1) Styropian grafitowy o współczynniku  $\lambda = 0,032$  W/m K
- 2) wełna mineralna o współczynniku  $\lambda = 0,043$  W/m K
- 3) tynk ciepłochronny Perlicower TP 500  $\lambda = 0,032$  W/m K.

Ściany zewnętrzne w rozpatrywanym budynku bez docieplenia posiadają współczynnik przenikalności  $U = 1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Audyt przewiduje docieplenie ścian wg WT 2021.



Rys. 1. Rozkład temperatury i ciśnienia w ścianie zewnętrznej bez docieplenia

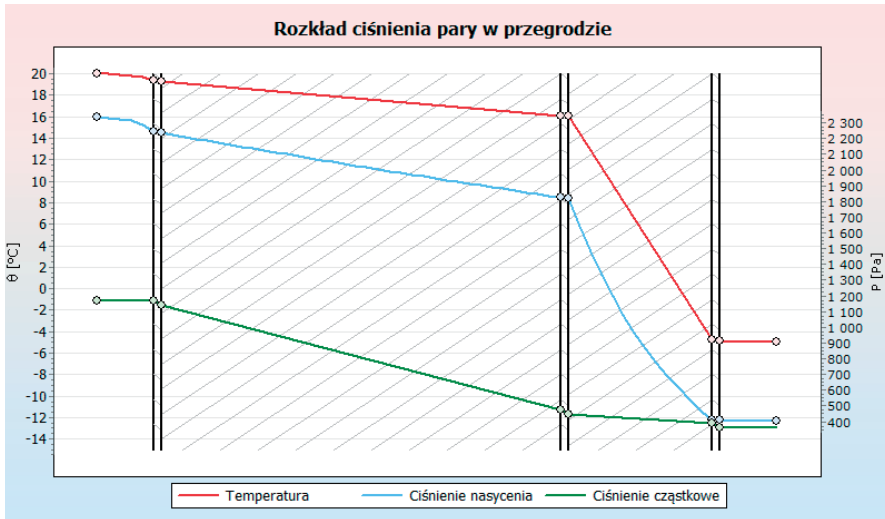
Wykresy ciśnień nie przecinają się (Rys. 1), kondensacja pary wodnej nie zachodzi.



Rys. 2. Rozkład temperatury i ciśnienia w ścianie zewnętrznej docieplonej od str. zewnętrznej styropianem

Ściana docieplona styropianem grafitowym o grubości 14 cm, o współczynniku  $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ , po dociepleniu ściana posiada współczynnik  $U = 0,191 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , co jest wartością mniejszą od wymaganej w roku 2020 wartości  $U = 0,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

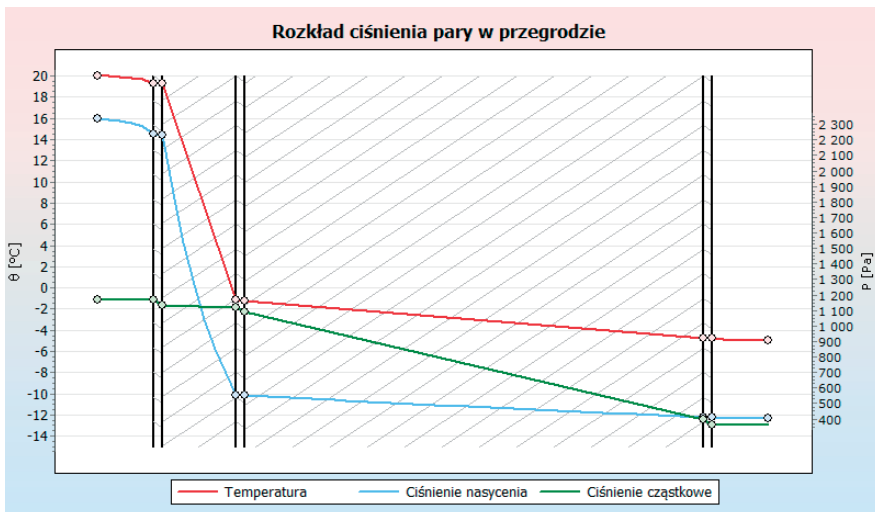
Wykresy ciśnień nie przecinają się (Rys. 2), kondensacja pary wodnej nie zachodzi. Największy spadek temperatury następuje w warstwie termoizolacji.



Rys. 3. Rozkład temperatury i ciśnienia w ścianie zewnętrznej docieplonej od str. zewnętrznej wełną mineralną

Ściana docieplona od strony zewnętrznej wełną mineralną grubości 18 cm, o współczynniku  $\lambda = 0,043 \text{ W/mK}$ , po dociepleniu ściana posiada współczynnik  $U = 0,198 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$ , co jest mniejsze od wymaganego w roku 2020  $U = 0,2 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$ .

Wykresy ciśnień nie przecinają się (Rys. 3), kondensacja pary wodnej nie zachodzi. Największy spadek temperatury następuje w warstwie termoizolacji.



Rys. 4. Rozkład temperatury i ciśnienia w ścianie zewnętrznej docieplonej od str. wewnętrznej tynkiem ciepłochronnym

Wariant docieplenie za pomocą tynku ciepłochronnego Perlicover rozpatrywany jest ze względu na zabytkowy charakter budynku i zalecenia konserwatora zabytków. Ściana docieplona od strony wewnętrznej tynkiem ciepłochronnym Perlicover o grubości 9 cm, po dociepleniu ściana posiada współczynnik  $U = 0,194 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$ , co jest mniejsze od wyma-

ganego w roku 2021  $U = 0,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . W analizowanych przypadkach, dla których grubość izolacji termicznej wynosi 9-18 cm, współczynnik przenikania ciepła oscyluje w granicach wartości  $U = 0,19 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  i jest niższy niż graniczny współczynnik równy  $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  przegród w budynkach wg WT 2021 [5].

Wykresy ciśnień przecinają się Rys. 3, zachodzi kondensacja międzywarstwowa dla układu w jednej płaszczyźnie stykowej. Największy spadek temperatury następuje w warstwie termoizolacji.

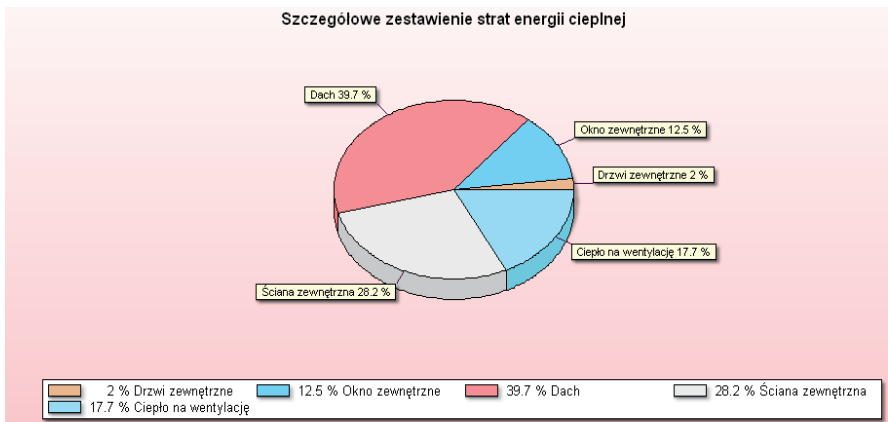
## 5. Analiza strat energii cieplnej w budynku w zależności od rodzaju wentylacji

W audycie energetycznym porównano również straty energii cieplnej przed termomodernizacją – Rys. 5, Rys. 6 przy wyposażeniu budynku w wentylację naturalną – Rys. 7 i mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła o sprawności 87 % – Rys. 8.

Obliczenia wykonane zostały w programie Purmo OZC 6.0

Opis	GJ/Rok	kWh/rok	%
Drzwi zewnętrzne	22.94	6371	2.0
Okno zewnętrzne	144.79	40219	12.5
Dach	459.88	127745	39.7
Ściana zewnętrzna	326.50	90694	28.2
Ciepło na wentylację	205.15	56986	17.7
Σ Razem	1159.25	322014	100.0

Rys. 5. Szczegółowe zestawienie strat ciepła przed termomodernizacją

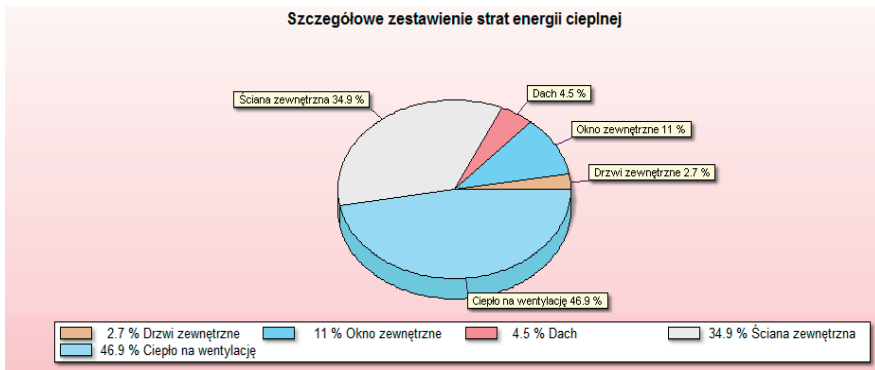


Rys. 6. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej przed termomodernizacją

Analizie poddano straty ciepła po wykonanej termomodernizacji i rozpatrzono dwa warianty wyposażenia budynku w :

1. wentylację grawitacyjną
2. wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła.

W wyniku przeprowadzonego audytu zmienia się natomiast procentowy udział poszczególnych elementów wchodzących w skład przeprowadzanej termomodernizacji.



Rys. 7. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej po termomodernizacji z wentylacją grawitacyjną



Rys. 8. Szczegółowe zestawienie strat energii cieplnej po termomodernizacji z wentylacją mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła

## 6. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie obliczeń stwierdzamy, iż rodzaj docieplenia ściany nie wpływa w znaczący sposób na straty ciepła przez przegrodę, a jedynie na grubość samej przegrody.

Największe obniżenie zapotrzebowania energetycznego następuje w skutek zastosowania w budynku wentylacji mechanicznej.

Obniżenie zapotrzebowania na energię do ogrzania uzależnione jest nie tylko od dobrej izolacyjności przegród oraz stolarki okiennej i drzwiowej ale również od zastosowania wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła oraz niekonwencjonalnych źródeł energii.

Analiza strat wykazuje, że tradycyjne systemy wentylacyjne wywołują duże straty ciepła na poziomie 46,9%. Obliczenia wykazały, iż wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła zmniejsza współczynnik strat ciepła do 26,5%.

Dla porównania straty energii cieplnej przez przegrodę zewnętrzną kształtują się kolejno na poziomie 34,9% przy wentylacji naturalnej oraz 48,3% przy wentylacji mechanicznej [1].

Ze względu na możliwości oszczędzania w przypadku budownictwa wielorodzinnego zarządzanego przez wspólnoty mieszkaniowe, coraz powszechniejsze staje się dążenie do ograniczenia zużycia energii i zapewnienie komfortu cieplnego. Mieszkańcy decydują się na inwestowanie w instalację, które zmniejszają zapotrzebowanie ciepłe budynku, przepro-

wadzają kompleksowe termomodernizacje. W dużym stopniu jest to wymuszone poprzez coraz bardziej rygorystyczne WT.

W wyniku przeprowadzonego audytu jednoznacznie można stwierdzić, iż jedynie kompleksowe podejście do termomodernizacji będzie gwarantem uzyskania zmniejszenia efektywności energetycznej powyżej 60%.

## Literatura

1. PN-EN 12831 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
2. PN-EN ISO 13788 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku.
3. PN-B 03406 Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m<sup>3</sup>.
4. PN-EN ISO 6946 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
5. Warunki Techniczne
6. Wnuk R. *Budowa Domu Pasywnego w praktyce*. Przewodnik budowlany 2012, Wydanie III poprawione.
7. Sadowska B.: *Model projektowania niskoenergetycznych budynków mieszkalnych w zabudowie jednorodzinnej*. Izolacje, 1/2013
8. Kurtz K.: *Projektowanie budynków niskoenergetycznych*. Izolacje, 11-12/2012
9. Firląg Sz. *NordPass – koncepcja budynków pasywnych i niskoenergetycznych w krajach Europy Północnej*. Materiały Budowlane, 1/2012
10. Dyrektywa w sprawie efektywności energetycznej przyjęta PAP 12.09.2012

## The rating of reduce the loss of heat energy in multi-family building as a result of the thermomodernization

Monika Jarosz-Hadam<sup>1</sup>, Stanisław Fic<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Economic Sciences and Technology, Department of Technical Sciences, Department of Civil Engineering, PSW Biala Podlaska them. Pope John Paul II, e-mail: m.jarosz-hadam@dydaktyka.pswbp.pl

<sup>2</sup> Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Engineering and Architecture, Lublin University of Technology, e-mail: s.fic@pollub.pl

**Abstract:** In the article, the impact of supply and exhaust mechanical ventilation with the recovery on reduce the demand for thermal energy in an apartment building was analyzed. Also examined was the impact of the type of an external thermal insulation on distribution of temperature and pressure in the partition. The calculation was made using Purmo OZC 6.0 software for a historic building, 3-storey, which will undergo a deep thermomodernization. Based on the calculations it was found that the type of the insulation do not affect in a significant way to a heat loss through the baffle, and only affects the thickness of the baffle. The greatest reduction in the energy demand occurs in the result of the application of the mechanical ventilation in the building. Analysis of the loss shows that the traditional ventilation systems produce large heat losses at the level of 46.9%. The calculations have shown that supply and exhaust mechanical ventilation with the heat recovery reduces the heat loss ratio to the level of 26.5%.

**Keywords:** mechanical ventilation, thermomodernization, thermal energy.