

# KIERUNKI TERMOMODERNIZACJI

**dr inż. Paweł Krause,**  
**dr inż. Tomasz Steidl**  
Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa  
**dr inż. Dominik Wojewódka**  
Laboratorium Budownictwa  
Energooszczędnego, STEKRA Sp. z o.o.

W świetle zaostrzających się przepisów w zakresie oszczędności energii i izolacyjności cieplnej oraz zbliżającej się daty 31 grudnia 2020, od której w państwach członkowskich UE wszystkie nowo powstające budynki powinny wykazywać „niemal zerowe zapotrzebowanie na energię”, powstaje pytanie o możliwość modernizacji budynków istniejących. Wśród nich liczną grupę stanowią budynki wzniesione w technologii wielkopłytywowej.

Kierunki termomodernizacji będą podążały za planowanymi zmianami legislacyjnymi. Wybiegając w przyszłość, przeprowadzono analizę możliwych rozwiązań termomodernizacyjnych w najbliższych dziesięciu latach.

## Założenia do badań istniejącego budynku

W wybranym do analizy budynku rozpatrywano wpływ typowych zabiegów termomodernizacyjnych na obniżenie zapotrzebowania na energię użytkową. Wieloletnia praktyka wykonywania audytów energetycznych wskazuje, że najczęściej Inwestor decyduje się na termomodernizację budynku obejmującą przede wszystkim ściany zewnętrzne oraz strop nad ostatnią kondygnacją ogrzewaną (stropodach/dach).

Pozostałe możliwe usprawnienia, w tym docieplenie stropu nad piwnicą czy wymiana okien (poza częściami wspólnymi budynku), są często pomijane z uwagi na trudności natury technologicznej (niewystarczająca wysokość przestrzeni piwnicznej, uniemożliwiająca wykonanie docieplenia) lub wynikające ze struktury własnościowej (w lokalach własnościowych właściciele wymieniają okna indywidualnie).

Dla przykładowego budynku wielorodzinnego przeprowadzono ocenę stanu ochrony cieplnej w stanie istniejącym oraz w czterech wariantach:

- WT 2014 – dostosowanie jakości cieplnej (współczynnik przenikania ciepła U) do wymagań warunków technicznych obowiązujących od roku 2014,

- WT 2017 – dostosowanie jakości cieplnej (współczynnik przenikania ciepła U) do wymagań warunków technicznych obowiązujących od roku 2017,
- WT 2021 – dostosowanie jakości cieplnej (współczynnik przenikania ciepła U) do wymagań warunków technicznych obowiązujących od roku 2021,
- NF 15 – hipotetyczny możliwy kierunek kolejnej nowelizacji WT przyjęto jako aktualny standard NF 15 wg wytycznych Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW).

Przyjęto do analizy budynek mieszkalny, wolnostojący, pięciokondygnacyjny, całkowicie podpiwniczony, wykonany w technologii wielkopłytywowej typu FABUD-FT. Ściany zewnętrzne wielowarstwowe o gr. 25 i 23 cm. Stropy prefabrykowane żelbetowe. Dach został wykonany z płyt prefabrykowanych. Budynek posiada siedem klatek schodowych. Stolarka okienna w części mieszkaniowej oraz na klatkach schodowych wymieniona na nową z PVC. Stolarka w piwnicach wyeksploatowana, drewniana.

Założenia przyjęte w obliczeniach energetycznych:

- warunki klimatyczne jak dla miasta Katowice,
- temperatura obliczeniowa w pomieszczeniach mieszkalnych: 20°C,
- współczynnik osłonięcia przed wiatrem „e” przyjęto dla klasy osłonięcia – średnie osłonięcie, na poziomie 0,07,
- współczynniki przenikania ciepła obliczono zgodnie z normą PN-EN ISO 6946:2008,
- współczynniki przenikania ciepła dla okien obliczono zgodnie z normą PN-EN ISO 10077:2007,
- obliczenia pojemności cieplnej cm wykonano metodą szczegółową zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku (Dz.U. 2008 nr 201 poz. 1240),
- przyjęto strumień powietrza wentylacyjnego zgodnie z normą PN-83/B-03430/Az3:2000,
- wartości współczynników  $\psi$  dla liniowych mostków termicznych przyjęto na podstawie własnych analiz numerycznych.
- obliczenia wykonano w programie ArCADia TERMO 5.3.

## Analiza energetyczna

Jakość cieplną przegród, wyrażoną poprzez współczynnik przenikania ciepła U dla stanu istniejącego, przedstawiono na rys. 1.

W pierwszej kolejności dokonano analizy energetycznej stanu istniejącego budynku. Aby rozpoznać potencjał poprawy jakości energetycznej budynku poprzez termomodernizację przegród dokonano obliczeń strat ciepła przez przenikanie przez przegrody ograniczające strefę o regulowanej temperaturze w budynku i na potrzeby podgrzania powietrza wentylacyjnego (rys. 2).

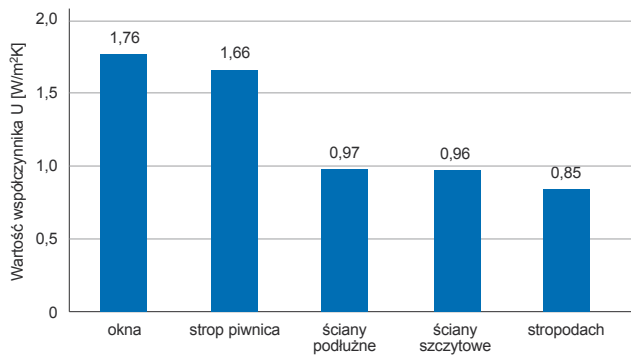
Zauważyć można, że w rozpatrywanym budynku, w stanie istniejącym, straty ciepła przez przenikanie stanowią ok 63% całkowitych strat ciepła. Potencjał termomodernizacji obudowy budynku wydaje się więc znaczący dla poprawy jego bilansu energetycznego. Zgodnie z przyjętymi założeniami w analizach rozpatrywano docieplenie ścian zewnętrznych oraz

Tabela 1. Potencjalne zmiany wymagań izolacyjności cieplnej przegród (współczynnik przenikania ciepła U)

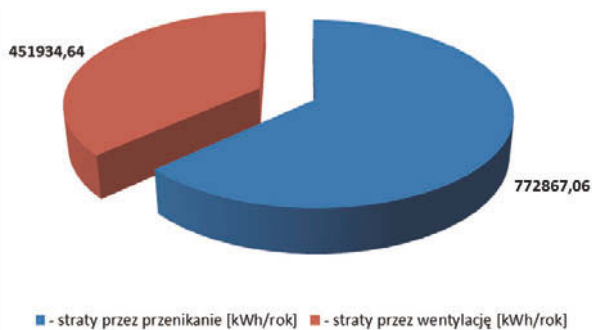
Przegroda	U stan istniej. [W/(m <sup>2</sup> K)]	U WT 2014 [W/(m <sup>2</sup> K)]	U WT 2017 [W/(m <sup>2</sup> K)]	U WT 2021 [W/(m <sup>2</sup> K)]	U NF 15 [W/(m <sup>2</sup> K)]
ściany zewnętrzne	0,96-0,97	0,25	0,23	0,20	0,15
dachy, stropodachy	0,85	0,20	0,18	0,15	0,12
stropy nad piwnicami	1,66	0,25	0,25	0,25	0,15
okna	1,76	1,30	1,10	0,90	0,80

Tabela 2. Przyjęte grubości docieplenia dla każdego wariantu

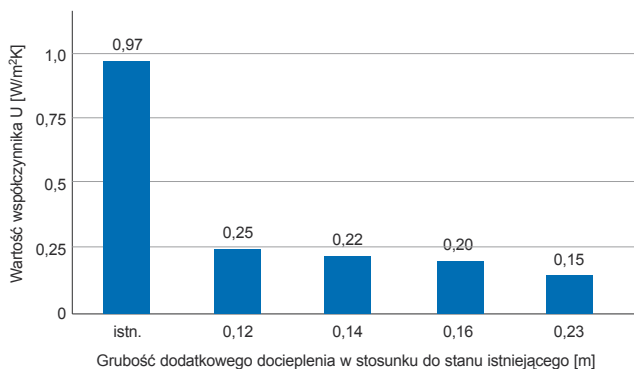
WARIANT	Ściany zewnętrzne		Stropodach	
	Zwiększenie grub. izolacji termicznej [cm]	U po modernizacji [W/(m <sup>2</sup> K)]	Zwiększenie grub. izolacji termicznej	U po modernizacji [W/(m <sup>2</sup> K)]
WT 2014	12	0,25	16	0,20
WT 2017	14	0,22	19	0,18
WT 2021	16	0,20	23	0,15
NF 15	23	0,15	30	0,12



Rys. 1. Współczynniki przenikania ciepła dla przegród w stanie istniejącym



Rys. 2. Straty ciepła w budynku – stan istniejący



Rys. 3. Izolacyjność termiczna ścian w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego

stropodachu według przyjętych wariantów obliczeniowych, prowadzących do spełnienia wymagań izolacyjności termicznej przegród. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Zaproponowano docieplenie ścian typowym materiałem termoizolacyjnym EPS 70-040 (współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$ ), natomiast stropodachu – granulatem wełny mineralnej, metodą wdmuchiwania do przestrzeni stropodachu (współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,042 \text{ W/(mK)}$ ). Zapewnienie standardu NF15 (zgodnie z wytycznymi NFOŚ) jest możliwe przy dociepleniu ścian zewnętrznych i stropodachu odpowiednio 23 i 30 cm materiału termoizolacyjnego. Może to stwarzać pewne utrudnienia technologiczne, takie jak dobór odpowiednio długich łączników do zakotwienia płyt izolacji termicznej do ściany istniejącej i dodatkowe wzmocnienie warstwy fakturowej czy konieczność zmiany położenia otworów wentylacyjnych w stropodachu wentylowanym (zasłonięcie istniejących nowym materiałem izolacyjnym o znacznej grubości).

Na rysunku 5 przedstawiono, jak zmniejszyło się zapotrzebowanie na energię użytkową w wyniku ocieplenia tylko ścian zewnętrznych oraz ścian wewnętrznych i stropodachu. Wraz ze zmniejszeniem zapotrzebowania na energię (GJ) obniża się także wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową –  $Eu_{CO}$  [kWh/m<sup>2</sup>rok] (rysunek 5). Trzeba w tym miejscu zwrócić uwagę, że standard budynku niskoenergetycznego to 40 kWh/m<sup>2</sup>rok a pasywnego 15 kWh/m<sup>2</sup>rok!

Pomimo zmniejszenia zapotrzebowania na energię o ponad 28% w stosunku do stanu istniejącego (wariant NF15 przy dociepleniu ścian i stropodachu, rysunek 7) wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową jest 10-krotnie większy od obowiązującego dla standardu NF15. Zatem typowe zabiegi termomodernizacyjne (docieplenie ścian zewnętrznych i stropodachu), zgodnie z przyjętymi zmianami w zakresie wymagań izolacyjności termicznej, zastosowane na budynku wielkopłytowym, mogą nie przynieść oczekiwanych efektów energetycznych – zbliżenia budynku do standardu pasywnego. Także hipotetyczne dostosowanie pozostałych przegród (strop nad piwnicą i okna – zmuszenie indywidualnych właścicieli do wymiany) do wymagań przyszłego standardu (np. NF15) nie daje wystarczającego efektu energetycznego (rys. 8). Nawet hipotetyczne zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła o sprawności ok. 90% w miejsce istniejącej wentylacji grawitacyjnej nie pozwala osiągnąć poziomu energochłonności dla standardu budynku NF15. Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na niebotyczne nakłady finansowe, jakie trzeba by ponieść na wykonanie takiej instalacji, i liczne problemy technologiczne utrudniające jej wykonanie (z brakiem technicznych możliwości włącznie). Zatem przedstawione na rysunku 8 wyniki należy traktować wyłącznie jako wielkości hipotetyczne.

## Wnioski z badań

W wyniku przeprowadzonych obliczeń i analiz energetycznych dla budynku wielkopłytowego można sformułować następujące wnioski:

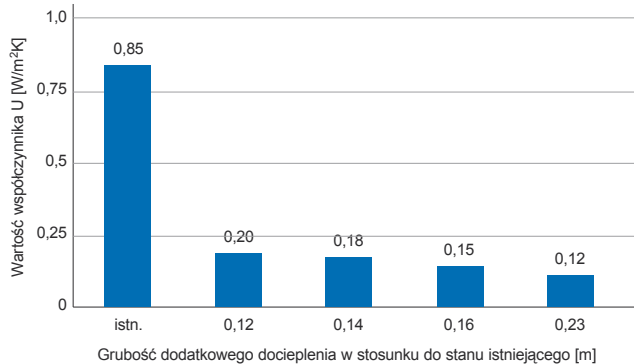
- istnieje znaczny potencjał zmniejszenia energochłonności budynków wielkopłytowych,
- uzyskanie wymaganej efektywności energetycznej budynku jest uzależnione w istotny sposób od przeprowadzenia poprawnej i pełnej diagnostyki cieplnej budynku w stanie istniejącym oraz zrealizowanych właściwych rozwiązaniach projektowych,
- typowe zabiegi termomodernizacyjne (docieplenie ścian zewnętrznych i stropodachu) dla analizowanego przykładowego budynku powodują 28% zmniejszenie zapotrzebowania na energię użytkową w stosunku do stanu istniejącego. Obliczony wskaźnik  $Eu_{CO}$ , na poziomie 151 kWh/m<sup>2</sup>rok jest 10-krotnie wyższy od wskaźnika granicznego dla standardu NF15, wynoszącego 15,0 kWh/m<sup>2</sup>rok;
- hipotetyczne doprowadzenie w analizowanym budynku całej obudowy ograniczającej strefę o regulowanej temperaturze do standardu NF15 i wprowadzenie systemu wysokosprawnej wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła na poziomie ok. 90% nie pozwoli na uzyskanie granicznego wskaźnika dla standardu pasywnego (23,4 > 15,0 kWh/m<sup>2</sup>rok);
- możliwość modernizacji budynku w kierunku standardu NF15 jest ściśle związana z jego orientacją względem stron świata (pasywne zyski ciepła od promieniowania słonecznego).

- termomodernizacja obejmująca jedynie obudowę budynków wielkopłytych nie jest w pełni skuteczna, a dalsze zwiększanie grubości izolacji termicznej nie skutkuje znacznym obniżeniem zapotrzebowania na energię.
- potencjał termomodernizacji budynków wielkopłytych jest wysoki, jednakże doprowadzenie ich do standardu pasywnego może być bardzo trudne lub wręcz niemożliwe (wprowadzenie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, zwiększenie stopnia przeszklenia ścian zewnętrznych);
- zagadnienia szczelności budynków wielkopłytych w odniesieniu do obudowy zewnętrznej, sposobu mocowania stolarki okiennej oraz rozwiązań w zakresie wentylacji powinny być poddane szczegółowym badaniom i analizom przy wykorzystaniu metody Blower Door, w kontekście nieporównania mikroklimatu wewnątrz przy poprawie jakości energetycznej budynków,
- jeżeli uwarunkowania techniczne i finansowe pozwalałyby na kompleksową termomodernizację obudowy budynku i wprowadzenie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła w miejsce istniejącej wentylacji grawitacyjnej, możliwe jest osiągnięcie standardu niskoenergetycznego ( $Eu_{CO-MAX} = 40 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$ ). ■

### Literatura

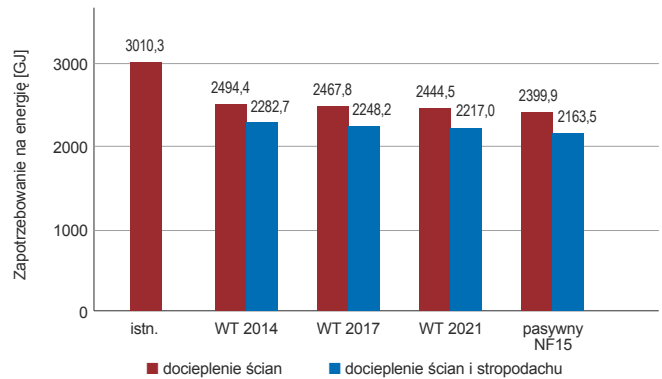
- [1] Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [2] Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r., w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej, listopad 2008.
- [3] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. poz. 926.
- [4] PN-EN 13187 Właściwości cieplne budynków – Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – metoda podczerwieni.
- [5] Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego „STEKRA” – materiały własne.
- [6] Wytyczne zabezpieczania przed przeciekami i przemarzaniem ścian zewnętrznych z wielkomiarowych prefabrykatów warstwowych w wykonanych budynkach mieszkalnych, Instrukcja ITB 128, Warszawa 1972.

**Directions of thermal modernization.** *The directions of thermal modernization will follow the planned changes in law, both local and dictated by the European Union. Looking to the future, an analysis of possible thermal modernization solutions in the next ten years has been carried out by the authors of the article presented.*

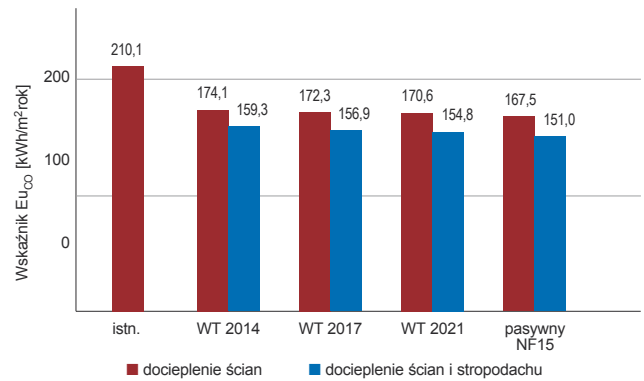


Rys. 4. Izolacyjność termiczna stropodachu w zależności od grubości materiału termoizolacyjnego

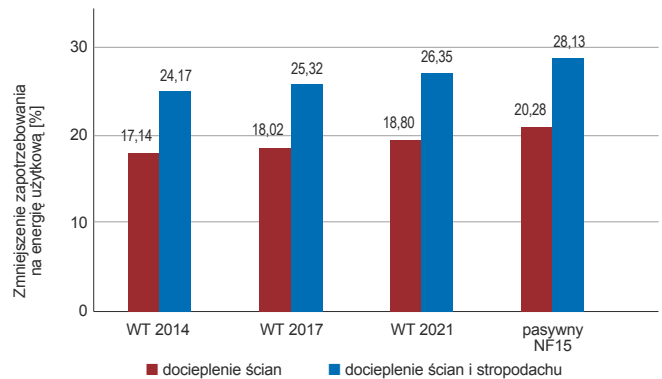
Fot. i rysunki archiwum outcra



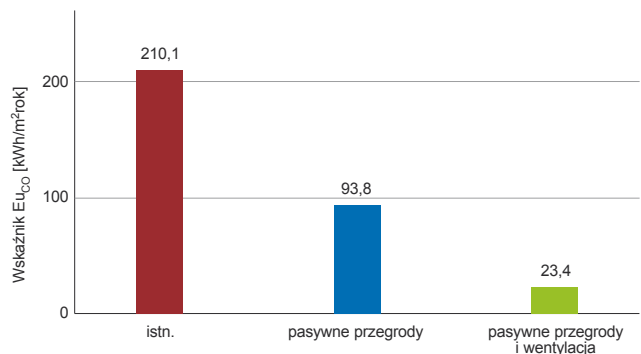
Rys. 5. Obniżenie zapotrzebowania na energię użytkową w budynku dla każdego wariantu



Rys. 6. Obniżenie wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową w budynku dla każdego wariantu



Rys. 7. Procentowe obniżenie zapotrzebowania na energię użytkową w budynku dla każdego wariantu



Rys. 8. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową dla dodatkowych zabiegów termomodernizacyjnych