



Ocena opłacalności dostosowania obiektu mieszkalnego do standardu budynku pasywnego

Mateusz Marciniak¹, Adam Ujma²

STRESZCZENIE:

W artykule omówiono problem związany z opłacalnością dostosowania istniejącego budynku mieszkalnego, wykonanego przy użyciu nowoczesnych materiałów i technologii, do standardu budynku pasywnego. W szczególności analizie poddana została kwestia modernizacji przegród budynku w celu uzyskania wymaganych parametrów przenikalności cieplnej. Główną ideą, jaka przyświecała tej analizie, była odpowiedź na pytanie, czy wykonanie termomodernizacji istniejącego budynku będzie efektywne pod względem energetycznym, ale przede wszystkim, czy będzie opłacalne dla inwestora.

SŁOWA KLUCZOWE:

budownictwo pasywne; audyt energetyczny, efektywność energetyczna, opłacalność

1. Wprowadzenie

Budownictwo pasywne jest standardem, który próbuje się wdrożyć od pewnego czasu w naszym kraju i Europie, m.in. w sektorze budownictwa mieszkaniowego. Standard ten związany jest z możliwością poprawy tak ekonomicznego aspektu utrzymania budynku, jak i poprawy jakości środowiska naturalnego. Możliwości i przykłady powstawania tego rodzaju obiektów w Polsce, w tym regionie Jury Krakowsko-Częstochowskiej, omówione zostały m.in. w opracowaniach [1–4]. Technologie niskoenergetyczne stosowane w budownictwie są z reguły drogie i wymagają odpowiedniej wiedzy co do ich właściwego zastosowania na etapie projektowania i wykonywania obiektu, a następnie podczas jego eksploatacji. Podejmując się realizacji, czy też modernizacji, budynku, mającej na celu uzyskanie standardu budynku pasywnego, należy zawsze ocenić opłacalność takiego przedsięwzięcia. Przykładem tego, iż nie zawsze zakładane korzyści finansowe związane z dążeniem do uzyskania odpowiednio niskich parametrów energetycznych budynku są możliwe do osiągnięcia, są wyniki analizy charakterystyki energetycznej modernizacji istniejącego budynku [5]. Do analizy wykorzystano metodologię audytu energetycznego, która pozwala ocenić racjonalność planowanych działań modyfikujących konstrukcję oraz wyposażenie techniczne budynku.

2. Podstawowe założenia analizy energetycznej modernizacji budynku mieszkalnego

Obiekt poddany analizie energetycznej i ekonomicznej jest budynkiem jednorodzinny, wolno stojącym, parterowym z poddaszem użytkowym i garażem. Budynek wykonany został

¹ Student – Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: m_marciniak@onet.pl

² Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42–218 Częstochowa, e-mail: aujma@bud.pcz.pl, orcid id: 0000-0001-5331-6808

w technologii tradycyjnej murowanej, ze stropem prefabrykowanym gęstożebrowym oraz więźbą dachową drewnianą [6].

Analiza dotyczyła możliwości i opłacalności dostosowania danego budynku do standardu budynku pasywnego. Oceniono kilka wariantów modyfikacji każdej z przegród zewnętrznych, wymianę okien, zastosowanie wentylacji mechanicznej z rekuperacją ciepła. Do obliczeń wykorzystano metodologię audytu energetycznego. Określono i porównano stopę zwrotu nakładów oraz wartość bieżącą zysków, wyrażoną wskaźnikiem NPV, możliwych do osiągnięcia dzięki przeprowadzonym modyfikacjom struktury budowlanej i instalacyjnej analizowanego obiektu. Efektem było wskazanie optymalnego rozwiązania modernizacyjnego. Rozwiązanie to jest najbardziej korzystne pod względem ekonomicznym oraz energetycznym.

3. Parametry energetyczne badanego obiektu

Podstawowym założeniem przyjętym do wykonania audytu energetycznego było ustalenie wymaganych kryteriów izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych. Porównanie wymagań i stanu izolacyjności cieplnej analizowanego budynku zamieszczono w tabeli 1.

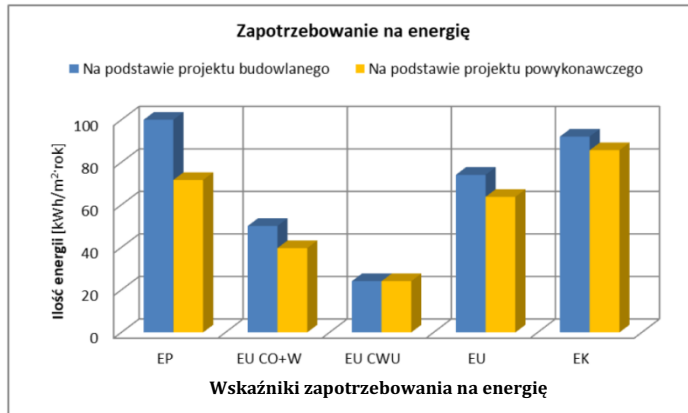
Tabela 1

Porównanie wymagań cieplnych w zakresie współczynnika U_c ze stanem istniejącym przegród budowlanych analizowanego budynku [7, 8]

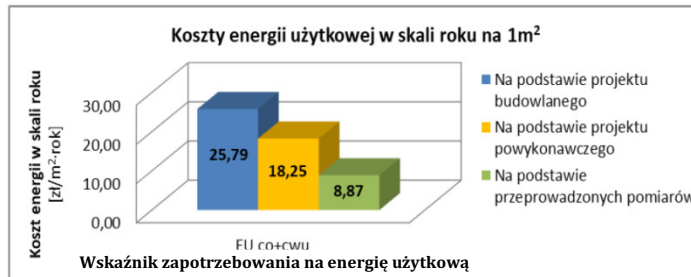
| Rodzaj przegrody | WT2017 | Budownictwo energooszczędne | Budownictwo pasywne | Stan aktualny |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------|
| | [W/(m ² ·K)] | | | |
| Ściany zewnętrzne | 0,23 | 0,150 | 0,100 | 0,151 |
| Dach | 0,18 | 0,120 | 0,100 | 0,130 |
| Podłoga na gruncie | 0,30 | 0,200 | 0,120 | 0,152 |
| Okna balkonowe | 1,10 | 1,000 | 0,800 | 0,500 |
| Drzwi zewnętrzne | 1,50 | 1,300 | 0,800 | 1,100 |

W celu dostosowania analizowanego budynku do standardu obiektu pasywnego wymagane jest dokonanie szeregu modyfikacji, w tym m.in. przegród zewnętrznych, skutkujące poprawą parametrów izolacyjności cieplnej tych przegród. W tym celu należy docieplić ściany zewnętrzne, dach, podłogę na gruncie oraz wymienić drzwi zewnętrzne. Dodatkowo należy zastosować wentylację mechaniczną z rekuperatorem o wysokiej wydajności odzysku ciepła, najlepiej na poziomie około 80%. Ustalono, iż analizowany budynek charakteryzuje się zapotrzebowaniem na energię użytkową równym 63,8 kWh/(m²·rok), czyli już w stanie wyjściowym jest ono bliskie poziomowi, jaki stawiany jest obiektom energooszczędnym. Przy czym wskaźnik ten, wyznaczony według danych projektu powykonawczego budynku, jest niższy niż dla danych zawartych w projekcie technicznym wyjściowym, co wskazuje na zastosowanie ostatecznie korzystniejszych rozwiązań budowlanych od założonych pierwotnie (rys. 1).

W celu wykonania oceny opłacalności przedsięwzięcia, które ma w efekcie obniżyć energochłonność budynku i przyrównać ją do standardu budynku pasywnego obliczono roczne szacowane koszty eksploatacji, odniesione do 1 m² powierzchni użytkowej obiektu. Według danych projektowych, wyniosły one 25,79 zł/(m²·rok), a według danych projektu powykonawczego 18,25 zł/(m²·rok) (rys. 2). Wyniki obliczeń energetycznych i ekonomicznych, według danych powykonawczych, wskazują na sensowność opracowywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków, które mogą znacznie odbiegać od tych wyznaczonych w projektowanej charakterystyce energetycznej budynku.



Rys. 1. Porównanie wskaźników zapotrzebowania na energię wyznaczonych dla projektu wyjściowego i powykonawczego [oprac. własne]



Rys. 2. Porównanie kosztów jednostkowych energii w analizowanym budynku [oprac. własne]

Rzeczywisty wskaźnik kosztów jednostkowych energii na 1 m² powierzchni użytkowej równy jest 8,87 zł/(m²·rok) i okazał się jeszcze niższy, ponad dwukrotnie, od wyznaczonego na podstawie projektu powykonawczego. Rezultat ten w istotnej mierze jest związany z warunkami klimatycznymi i użytkowania budynku w badanym okresie eksploatacji budynku. W danym przypadku okazuje się, iż warunki klimatyczne w analizowanym okresie, tj. lata 2017–2018, były korzystniejsze, występowały wyższe temperatury powietrza zewnętrznego niż przyjmowane dla standardowego okresu grzewczego. Według danych *WeatherOnline*, w grudniu 2017 r. średnia temperatura powietrza była wyższa o 3,5°C, a w styczniu 2018 r. o 4,2°C w stosunku do danych przyjmowanych dla standardowego roku meteorologicznego.

4. Analiza efektywności energetycznej i ekonomicznej

W celu dostosowania analizowanego budynku do standardu budynku pasywnego przewidziane zostały różne ulepszenia. Szacunkowe koszty i wyznaczone okresy zwrotu nakładów zamieszczono w tabeli 2.

Wybrane w audycie warianty modernizacyjne spełniają założenia techniczne i cieplne, jednak wykazują bardzo długie okresy zwrotu nakładów. Wynika to z faktu dużej dysproporcji między niezbędnymi nakładami a osiągniętymi w ich efekcie oszczędnościami. Efektywność energetyczną oceniono poprzez porównanie charakterystyki energetycznej budynku przed i po jego zmodyfikowaniu do standardu budynku pasywnego (tab. 3).

Tabela 2

Zestawienie planowanych kosztów i okresy zwrotu nakładów prac modernizacyjnych [oprac. własne]

| Lp. | Rodzaj i zakres ulepszenia termomodernizacyjnego albo wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego | Planowane koszty robót | SPBT |
|-----|---|------------------------|--------|
| | | [zł] | [lata] |
| 1 | Skucie istniejącego tynku, montaż dodatkowej warstwy izolacji, odtworzenie tynku wewnętrznego, | 486,61 zł | 21,5 |
| 2 | Montaż centrali wentylacyjnej z wymiennikiem ciepła i sterowaniem | 13 000,00 zł | 21,8 |
| 3 | Wykonanie dodatkowego docieplenia przegrody, skucie zewnętrznej warstwy tynku, wklejenie dodatkowej warstwy styropianu i ponowne wykonanie tynku zewnętrznego | 19 018,33 zł | 87,4 |
| 4 | Wykonanie docieplenia przy użyciu wełny mineralnej | 4 628,63 zł | 97,5 |
| 5 | Skucie istniejącej wylewki betonowej, montaż dodatkowej warstwy izolacji z płyt styropianowych XPS i ponowne odtworzenie wylewki betonowej | 23 260,23 zł | 109,9 |
| 6 | Wymiana okien połaciowych | 15 342,00 zł | 741,6 |

Tabela 3

Porównanie parametrów energetycznych budynku w stosunku do założeń projektowych [oprac. własne]

| Rodzaj energii | Jednostka | Obiekt w stanie istniejącym | Obiekt po modernizacji | Zmiana procentowa wskaźnika [%] |
|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|
| <i>EP</i> | kWh/(m ² ·rok) | 71,70 | 41,30 | 42 |
| <i>EU_{CO₂}</i> | kWh/(m ² ·rok) | 39,66 | 14,11 | 64 |
| <i>EU_{CWU}</i> | kWh/(m ² ·rok) | 24,09 | 24,09 | 0 |
| <i>EU</i> | kWh/(m ² ·rok) | 63,75 | 38,19 | 40 |
| <i>EK</i> | kWh/(m ² ·rok) | 85,68 | 58,04 | 32 |
| <i>H_{tr}</i> | W/K | 134,92 | 83,94 | 38 |
| <i>H_{ve}</i> | W/K | 77,35 | 55,28 | 29 |
| <i>Q_{P,H}</i> | kWh/rok | 9205,15 | 3237,67 | 65 |
| <i>Q_{P,W}</i> | kWh/rok | 4781,41 | 4781,41 | 0 |

Analiza efektywności ekonomicznej oparta została na wyznaczonych szacunkowych kosztach modernizacji i możliwych efektach finansowych tych działań:

- koszt jednostkowy planowanych działań termomodernizacyjnych wynosi 388,19 zł/m²,
- spadek kosztów eksploatacji wg charakterystyki energetycznej po wykonaniu modernizacji, obniżył się z 3560,22 zł do 2050,38 zł; co stanowi zmniejszenie nakładów finansowych o 42,4%,
- jednostkowa wartość nakładów na energię, wyliczoną na podstawie charakterystyki energetycznej wynosi 18,25 zł/(m²·rok),
- wartość nakładów na energię, wyliczoną na podstawie przeprowadzonych pomiarów (rzeczywiste zużycie gazu) to 8,87 zł/(m²·rok),
- wartość kosztów wyliczona w audycie energetycznym to 10,39 zł/(m²·rok),
- wartość szacowanych kosztów wynikająca z rzeczywistego zużycia gazu po wykonaniu modernizacji wyniesie 5,11 zł/(m²·rok).

Oszczędności ekonomiczne w skali roku na podstawie obliczeń wyniosły:

- wg założeń obliczeniowych audytu energetycznego: 544,05 zł,
- wg założeń obliczeniowych charakterystyki energetycznej: 1509,84 zł,
- wg realnych kosztów eksploatacji zmierzonych w obiekcie: 760,61 zł.

Jak można zauważyć, największa rozbieżność wyników występuje w przypadku założeń stosowanych na podstawie charakterystyki energetycznej. Jest to związane z pewnymi uprosz-

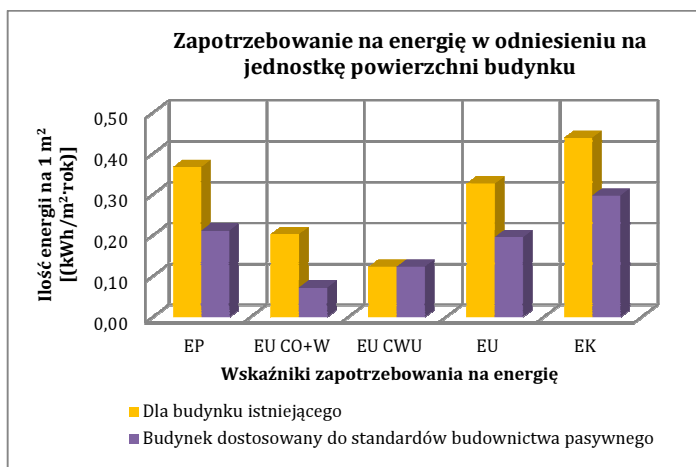
zeniami, jakie są stosowane w obliczeniach szacowanych kosztów oraz przyjętych danych klimatycznych.

Wykorzystując wyniki przeprowadzonych dociekań, można stwierdzić, iż dostosowanie analizowanego budynku, będącego budynkiem praktycznie energooszczędnym, do standardu budownictwa pasywnego jest nieopłacalne. Poniżej przedstawiono potwierdzające to argumenty:

- nakłady finansowe na modernizację wynoszą 19% nakładów na budowę (nakład wynosi ponad 75 000 zł),
- bardzo wysokie procentowe oszczędności energii w skali roku, rzędu 44%, nie przekładają się na wysokie roczne zyski finansowe, które oscylują na poziomie ok. 760 zł.

W pracy ocenione zostały również wartości wskaźników energetycznych odniesione do 1 m² powierzchni użytkowej budynku (rys. 3). Wskazują one na znaczące obniżenie tych parametrów w przypadku obiektu pasywnego w stosunku do budynku tradycyjnego.

Aspekt ekonomiczny wynikający ze zmniejszenia zapotrzebowania na energię budynków jest podstawowym argumentem przemawiającym do ich właścicieli za wykonaniem modernizacji. Pomimo tego, iż oszczędność energii użytkowej dla danego obiektu w standardzie pasywnym, w stosunku do budynku istniejącego, wynosi około 40%, a zapotrzebowanie na energię użytkową wykorzystywaną na potrzeby ogrzewania i wentylacji obniża się nawet o 65%, to, jak wynika z obliczeń, taka modernizacja nie może być przeprowadzana za wszelką cenę. Najbardziej racjonalnym podejściem jest budowa nowych obiektów pasywnych od podstaw.



Rys. 3. Porównanie wskaźników energetycznych odniesionych na jednostkę powierzchni analizowanego budynku [oprac. własne]

Wartości parametrów energetycznych i ekonomicznych zaczerpnięte z audytu energetycznego budynku są ważne w przypadku braku danych z pomiarów bezpośrednich na obiekcie i mogą być wykorzystane do analizy rzeczywistych oszczędności. W danym przypadku ocena efektywności ekonomicznej przedsięwzięć modernizacyjnych wykonywanych w celu uzyskania standardu budynku pasywnego wykazuje nieracjonalność tych działań. Można zauważyć, iż wzrost nakładów finansowych na budowę i modyfikację obiektu jest znaczny, i wynosi odpowiednio dla budynku pasywnego około 20% w stosunku do budynku istniejącego (wartość 1973,35 zł/m² dla istniejącego budynku oraz 2361,54 zł/m² dla budynku dostosowanego do standardu budynku pasywnego).

W celu uzyskania kompletnych danych odnośnie do całkowitych nakładów finansowych wykonano symulację kosztów, jakie trzeba ponieść na budowę i eksploatację budynku w założonym okresie eksploatacji wynoszącym 30 lat. Mogło to dać odpowiedź na pytanie, czy inwestowanie w istniejący budynek w celu ograniczenia zapotrzebowania na energię ma sens w długim okresie czasu. Wartości te wynoszą odpowiednio:

- koszt realizacji obiektu w stanie istniejącym: 482 038,16 zł,
- koszt modernizacji i dostosowania budynku do standardu budownictwa pasywnego: 515 115,19 zł.

Znaczące obniżenie zapotrzebowania na energię w skali roku nie ma racjonalnego pokrycia w całkowitych kosztach użytkowania. Koszt, który należy ponieść w celu dostosowania obiektu do parametrów budynku pasywnego, nie jest w stanie zwrócić się w okresie jego eksploatacji.

Budynek dostosowany do standardu budynku pasywnego na przestrzeni 30 lat jest tańszy w użytkowaniu tylko o około 7%.

W celu dokonania oceny opłacalności planowanej inwestycji zastosowano wskaźnik *NPV*. Wskaźnik ten dla budynku dostosowanego do standardu budynku pasywnego w oparciu o szacunkowe koszty utrzymania obiektu wyliczone w charakterystyce oraz pomierzone bezpośrednio w budynku wynoszą odpowiednio 50 118,40 zł oraz 73 574,70 zł.

Planując dostosowanie istniejącego obiektu do standardu budynku pasywnego, należy ocenić, czy obiekt rzeczywiście się do tego kwalifikuje. Wykonywanie takiej adaptacji obiektu, który był zbudowany w oparciu o przestarzałe technologie i rozwiązania projektowe, może okazać się inwestycją bardziej korzystną, ponieważ efekt oszczędnościowy jest w takim przypadku znaczący, przekraczający efekt, jaki uzyskano dla obiektu praktycznie energooszczędnego.

5. Wnioski

Dostosowywanie istniejących obiektów, mające na celu spełnianie standardu budownictwa energooszczędnego i pasywnego, jest ważnym kierunkiem zmian charakteru jakościowego budownictwa, przyczyniającym się m.in. do ochrony środowiska naturalnego, oszczędności energii i kosztów eksploatacji. Niestety, jak wykazała analiza przeprowadzona w niniejszej pracy, wysokie standardy oszczędności energii dla tego rodzaju budynków, przy założeniu obecnych warunków klimatycznych Polski i aktualnego poziomu cen nośników energii, dowodzą, że tego rodzaju inwestycje mogą być nieopłacalne pod kątem ekonomicznym.

W przypadku założenia modernizacji istniejącego budynku, który zaprojektowany był w 2015 roku, kiedy zaostżone zostały standardy energetyczne, próba dostosowania go do standardu budynku pasywnego wykazuje nieracjonalność podjęcia takiego wyzwania.

W polskim klimacie optymalnym rozwiązaniem wydaje się budowa przede wszystkim nowych obiektów energooszczędnych, a nie pasywnych, jednak tylko uwzględniając przyjęcie takiego założenia od samego początku procesu projektowania i realizacji. Tego rodzaju rozwiązanie charakteryzuje się racjonalnie niskim okresem zwrotu inwestycji, wynoszącym ok. 30–40 lat.

Ważnym instrumentem w przypadku planowania przedsięwzięć modernizacji budynku jest przeprowadzenie audytu energetycznego. Dzięki uzyskanym wynikom analizy audytingowej można określić rzeczywistą efektywność planowanego przedsięwzięcia zarówno pod kątem energetycznym, jak i ekonomicznym.

Wykonana i przedstawiona w pracy analiza udowadnia, iż dostosowywanie istniejącego budynku, w miarę nowego i wykonanego z wykorzystaniem nowych materiałów i technologii, do standardu budynku energooszczędnego lub pasywnego, w praktyce, z ekonomicznego punktu widzenia, okazuje się przedsięwzięciem nieopłacalnym. Poniesiony nakład pracy nie daje tak znaczącego odzwierciedlenia w oszczędnościach finansowych podczas użytkowania budynku.

Literatura

- [1] Lis A., Lis P., Ograniczanie zużycia energii do ogrzewania budynków mieszkalnych, Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym 2018, 7, 1, 43–50.
- [2] Ujma A., Lis A., Influence of transparent partitions on selected energy indicators of the building located in Central Europe, Advanced Materials Research 2014, 1020. Contemporary Problems in Architecture and Construction. Selected, Peer Reviewed Papers from the 6th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, June 24-27, Ostrava 2014.

- [3] Ujma A., Parametry budynku energooszczędnego w warunkach klimatu Jury Krakowsko-Częstochowskiej, *Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym* 2014, 1(13), 138-147.
- [4] Blukacz A., Ujma A., Możliwości realizacji pasywnego budynku agroturystycznego na terenie Jury Krakowsko-Częstochowskiej, *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej* 2016, seria *Budownictwo* 22, 15-26.
- [5] Belniak S., Głuszak M., Zięba M., *Budownictwo ekologiczne. Aspekty ekonomiczne*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2013.
- [6] Projekt budowlany budynku mieszkalnego „Jelonek Rex” – wykonany przez biuro projektowe Archeton Sp. z o.o. 2015.
- [7] Węglarz A., Stępień R., *Dom pasywny*, Instytut na rzecz Ekorozwoju przy współpracy Krajowej Agencji Poszanowania Energii S.A., Warszawa 2011.
- [8] *Domy energooszczędne – Podręcznik dobrych praktyk*, Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A., Warszawa 2012.

Assessment of profitability of adaptation of a residential building to the standard of a passive building

ABSTRACT:

The aim of the article is to discuss the problem related to the profitability of adapting the existing residential building made using modern materials and technologies to passive building standards. In particular, the issue of modernization of building partitions in order to obtain the required thermal permeability parameters was analyzed. The main idea behind the analysis is the answer to the question: whether the thermo-modernization of the existing building will be effective in terms of energy, but above all whether it will be profitable for the investor.

KEYWORDS:

passive construction; energy audit; energy efficiency; profitability