*INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH*
*INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS*

2026, Vol. 21(1), 17–28
e-ISSN: 2956-7971, License CC-BY 4.0

DOI: https://doi.org/10.14597/infraeco.2026.002

# OCENA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

# THE EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF A PUBLIC BUILDING

***Łukasz SKRZYPEK*** [1]***, Maciej GLINIAK*** [1]

***STRESZCZENIE***

*Ocena efektywności energetycznej obiektu budowlanego jest ważnym elementem szacowania oraz minimalizowania jego kosztów eksploatacyjnych. Analiza ta ma szczególne znaczenie w przypadku obiektów o dużej kubaturze, w tym dla budynków użyteczności publicznej. Celem przeprowadzonych badań było określenie zużycia energii elektrycznej i ciepła przez budynek użyteczności publicznej tj. wybraną siedzibę Urzędu Gminy w woj. śląskim (pow. żywiecki). Zakres badań obejmował obliczenie zapotrzebowania na energię: użytkową (EU), końcową (EK) i pierwotną (EP) zarówno przed jak i po termomodernizacji przeprowadzonej w latach 2016-2019, a także opracowanie rekomendacji dla dalszych modernizacji mających na celu obniżenie energochłonności ocenianego obiektu. W wyniku analizy wskaźników energetycznych obliczonych dla budynku przed i po modernizacji termicznej stwierdzono, że wykonane prace budowlane pozytywnie wpłynęły na efektywność energetyczną i ekonomiczną tego obiektu zmniejszając zużycie energii pierwotnej z 639,04 kWh· m$^{-2}$·rok$^{-1}$ do 143,83 kWh·m$^{-2}$·rok$^{-1}$. Rekomenduje się wykonanie dalszych prac, w wyniku których zużycie energii pierwotnej może zostać zmniejszone do 92,20 kWh·m$^{-2}$·rok$^{-1}$ (35,9%), co pozwoli na osiągnięcie warunków technicznych przewidzianych dla obiektów użyteczności publicznej do 2030 roku.*

***Słowa kluczowe:*** *termomodernizacja, charakterystyka energetyczna, efektywność energetyczna*

***ABSTRACT***

*The assessment of a building's energy efficiency is a crucial element in estimating and minimizing its operational costs. This analysis is particularly significant in the case of large-volume structures, including public utility buildings. The aim of the conducted research was to determine the electricity and heat consumption of a*

[1] *Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Polska*

*public utility building, specifically the selected seat of the Commune Office in the Silesian Voivodeship (Żywiec County). The scope of the study included calculating the demand for useful energy (EU), final energy (EK), and primary energy (EP) both before and after the thermal modernization carried out in the years 2016–2019, as well as developing recommendations for further modernization aimed at reducing the energy intensity of the assessed facility. As a result of the analysis of energy indicators calculated for the building before and after thermal modernization, it was found that the construction works performed had a positive impact on the energy and economic efficiency of the facility, reducing primary energy consumption from 639.04 kWh·m⁻²·year⁻¹ to 143.83 kWh·m⁻²·year⁻¹. It is recommended to carry out further works, as a result of which primary energy consumption could be reduced to 92.20 kWh·m⁻²·year⁻¹ (35.9%), which will allow for achieving the technical conditions envisaged for public utility buildings by 2030.*

***Keywords**: thermomodernization, energy characteristics, energy efficiency*

## WSTĘP

Efektywność energetyczna obiektów to jeden z najważniejszych elementów polityki energetycznej i klimatycznej Unii Europejskiej (UE). Państwa członkowskie UE są zobowiązane do osiągnięcia następujących celów (za Dyrektywa UE 2023/2413):

- redukcja emisji dwutlenku węgla o co najmniej 55% do 2030 r. względem 1990r., zgodny z pakietem unijnym „Fit for 55”,
- wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych w Unii Europejskiej do 42,5%, z możliwością zwiększenia do 45%,
- zwiększenie efektywności energetycznej obiektów o co najmniej 11,7% do 2030 r. w stosunku do prognozowanego zużycia energii z 2020 r., co odpowiada redukcji zużycia energii pierwotnej o około 38–40% względem 2005 r.

W związku z realizacją powyższych celów w Polsce, w 2016 r. została uchwalona ustawa o efektywności energetycznej, której celem jest rozwój mechanizmów pozwalających na zwiększenie i poprawę efektywności energetycznej budynków (Dz. U. z 2016 r. poz. 831, z późn. zm.). Komisja Europejska ocenia, że budownictwo cechuje się najwyższym potencjałem w zakresie oszczędności energii (Bodziacki i in., 2024). Budynki użyteczności publicznej stanowią dużą część zasobów budowlanych, dlatego zobowiązane są do pełnienia roli wzorca w zakresie oszczędzania energii w budynkach (Szczerbowski, 2013).

Ustawa o efektywności energetycznej definiuje efektywność energetyczną jako stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji (w typowych warunkach jego użytkowania lub eksploatacji) do zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, niezbędnej do uzyskania tego efektu (Żurawski, 2013). Efektywność energetyczna budynku, czyli jego sprawność energetyczna, to stopień przygotowania budynku do zapewnienia komfortu jego użytkowania zgodnie z przeznaczeniem przy jednoczesnym możliwie najniższym zużyciu energii przez ten budynek (Żurawski, 2013). Zmniejszenie zużycia energii elektrycznej i redukcja jej strat to główny cel analizy efektywności energetycznej obiektów. Zwiększenie poziomu

efektywności energetycznej polega na spotęgowaniu wykorzystania energii końcowej, dzięki zmianom gospodarczym, behawioryzmie użytkowników jak i zmianom technologicznym i projektowym urządzeń (Żurawski, 2013).

Proekologiczny behawioryzm mieszkańców poszczególnych krajów UE znajduje się na różnych poziomach i jest on ściśle zależny od rozwoju gospodarczego państw. Społeczeństwa państw zachodniej i środkowej części Europy prezentują się w tej kwestii znacznie lepiej niż mieszkańcy krajów wschodnich (Axon i in., 2018; Gródek-Szostak i in., 2021).

Ocena efektywności energetycznej, to ocena zbioru właściwości budynku mających wpływ na zużycie energii przez ten budynek niezbędnej do jego użytkowania. Ocena ta obejmuje m.in. analizę izolacyjności cieplnej przegród budowlanych oraz sprawności zastosowanych w nim instalacji i urządzeń. Podstawowe typy energii zużywanej przez budynek, to (Żurawski, 2013):

- energia wbudowana (EK), czyli energia powstała i skumulowana w budynku w czasie jego wznoszenia w postaci energii zużytej do produkcji i transportu materiałów użytych podczas budowy, procesów wydobywania potrzebnych surowców oraz energia, która potrzebna jest do przeprowadzania konserwacji oraz remontów,
- energia eksploatacyjna (EU) to energia, którą pochłania ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja oświetlenie, która powstaje na skutek eksploatacji budynku a także energia, która zostaje zużyta podczas remontów i konserwacji,
- energia pierwotna (EP) to zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię potrzebną m.in. do ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, oświetlenia i innych odbiorów.

Roczna ilość energii dla ogrzewania, chłodzenia i przygotowania ciepłej wody użytkowej określana jest zapotrzebowaniem na energię użytkową. Wyznacza się ją dla standardowych warunków klimatycznych oraz znormalizowanych warunków użytkowania i jest ona wyznacznikiem efektywności energetycznej budynku. Jest to energia, którą budynek potrzebuje, uwzględniając wszystkie straty ciepła przez przegrody i system wentylacji oraz zyski pochodzące z ciepła. Wysoka wartość wskaźnika EU informuje o tym, że budynek jest energochłonny (Dz. U. 2016 poz. 831).

Roczna ilość energii dla ogrzewania, chłodzenia i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz oświetlenia uwzględniająca sprawność tych systemów określana jest zapotrzebowaniem na energię końcową. Podobnie jak energia użytkowa jest ona obliczana dla standardowych warunków klimatycznych oraz znormalizowanych warunków użytkowania i jest wyznacznikiem efektywności energetycznej, ponadto jest również wyznacznikiem prawidłowego dobrania izolacji (Lis i Lis, 2015). Zapotrzebowanie na energię końcową to ilość energii bilansowana na granicy budynku, która standardowo powinna być dostarczana do budynku przy normalnych warunkach, obejmując jednocześnie wszystkie straty, tak aby zapewnić utrzymanie obliczeniowej temperatury wewnętrznej, wentylacji, wbudowanego oświetlenia i dostarczenia ciepłej wody użytkowej. Duża wartość EK może oznaczać, że budynek i oświetlenie są energochłonne lub instalacje w obiekcie charakteryzują się niską sprawnością (Dz. U. 2016 poz. 831). W takim przypadku koniecznym staje się wykonanie zabiegów termomodernizacyjnych (Krawczyk i in., 2015).

Termomodernizacja to wieloetapowy proces, który prowadzi do zmniejszenia kosztów pozyskiwania energii w wyniku obniżenia

zapotrzebowania budynku na energię cieplną. Dodatkowo proces ten redukuje ilość substancji szkodliwych emitowanych do środowiska (Gollinger-Tarajko, 2016; PN-EN 16247).

Wykonywanie zabiegów termomodernizacyjnych na obiektach użyteczności publicznej znajdujących się w zarządzie gminnym zwiększa świadomość wśród mieszkańców dając pozytywny przykład. Dobrze ocieplony budynek przynosi korzyści nie tylko ekonomiczne, ale również ekologiczne (Krasoń i in., 2025). Poszerzanie świadomości mieszkańców w obszarze termicznej modernizacji budynków może poskutkować ogólną poprawą warunków termicznych w budynkach jednorodzinnych. Do najważniejszych korzyści z przeprowadzenia tych zabiegów pod względem ekologicznym należą poprawa jakości powietrza i obniżenie poziomu substancji szkodliwych w środowisku (Ostańska, 2025).

Celem pracy jest określenie zużycia energii elektrycznej i ciepła przez wybrany budynek użyteczności publicznej. Przedmiotem badań jest budynek Urzędu Gminy w woj. śląskim (pow. żywiecki). Zakres analiz obejmuje obliczenie zapotrzebowania na energię: użytkową, końcową i pierwotną zarówno przed jak i po termomodernizacji budynku administracji publicznej (którą przeprowadzono w latach 2016 - 2019), a także opracowanie rekomendacji dalszych modernizacji mających na celu obniżenie energochłonności ocenianego obiektu.

Opracowana analiza zapotrzebowania na energię pierwotną przez budynek gminy, została porównana z doniesieniami literaturowymi oraz wykorzystana do określenia możliwości obniżenia zużycia energii po procesie dalszej termomodernizacji.

## CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBIEKTU

Przedmiotem badań jest budynek użyteczności publicznej, który został poddany termomodernizacji. Budynek został oddany do użytkowania około 1976 roku. Termomodernizacja budynku została przeprowadzona w czerwcu 2019 roku.

Budynek został wzniesiony na planie prostokąta. Wejście główne zlokalizowano od północy. Dodatkowe wejście znajduje się przy parkingu od strony południowej. Budynek jest częściowo podpiwniczony oraz posiada cztery kondygnacje nadziemne. Dach budynku jest dwuspadowy z mansardą, został przykryty blachą płaską i trapezową. Kąt nachylenia połaci dachowych wynosi 33°. Obiekt posiada jedną klatkę schodową. Pierwotnie był to budynek 3 kondygnacyjny ze stropodachem. Czwarte piętro zostało nadbudowane w późniejszym czasie.

Kubatura obiektu wynosi 3962,40 $m^3$, natomiast użytkowa powierzchnia 932,17 $m^2$, ekspozycja słoneczna: południowa i południowo-wschodnia. Ściany nośne są murowane, piwnica jest wykonana w konstrukcji żelbetowej (50 cm). Kondygnacje nadziemne są wykonane z pustaków suporeks i cegły pełnej (średnia grubość: 42 cm), stropy i schody żelbetowe mają grubości 15 cm, więźba dachowa jest drewniana, stolarka okienna aluminiowa oraz PCV, drzwi zewnętrzne zostały wykonane z aluminium i PCV. Posadzki zabezpieczono parkietem i wykładziną PCV w biurach oraz lastrykiem na korytarzach.

## CHARAKTERYSTYKA TERMOMODERNIZACJI

W 2019 r. została przeprowadzona termomodernizacja obiektu, w ramach której ściany piwnic zabezpieczono izolacją przeciwwilgociową wraz z masą klejącą, a także ocieplono je płytą termoizolacyjną ze styropianu o podwyższonej odporności na wilgoć i korozję biologiczną. Całość zabezpieczono folią oraz zaprawą klejąco szpachlową wraz z zatopioną siatką z włókna szklanego i wykończono tynkiem mozaikowym cienkowarstwowym. Cokół o wysokości 30 cm powyżej poziomu terenu zaizolowano folią izolacyjną tłoczoną zgodnie z zaleceniami producenta. Elewację (ściany zewnętrzne) obłożono płytą termoizolacyjną ze styropianu o grubości 12 cm, pokryto siatką zbrojąca pancerną i siatką z włókna szklanego. Ściany wykończono za pomocą cienkowarstwowego tynku strukturalnego akrylowego. Istniejące stropy ocieplone zostały warstwą wełny mineralnej o grubości 12 cm. Zamontowany został kocioł IV klasy na węgiel kamienny oraz na drewno o mocy 26 kW. Zamontowana nową instalację doprowadzania ciepłej wody użytkowej oraz centralnego ogrzewania wykonaną z rur miedzianych z osłonami termicznymi zapobiegającymi stratom ciepła. Dodatkowo ograniczono zużycie energii elektrycznej poprzez zamontowanie oświetlenia LED.

## METODYKA ANALIZ

Jak podaje Bać (2020) metodyka obliczeń charakterystyki energetycznej budynku składa się z trzystopniowego procesu określania zapotrzebowania na energię: użytkową , końcową i pierwotną. W pierwszym etapie określane jest zapotrzebowanie na energię użytkową, czyli ilość energii niezbędną do zapewnienia odpowiednich warunków cieplnych w budynku. Uwzględnia się tutaj straty ciepła wynikające z przenikania przez przegrody zewnętrzne, straty i zyski wentylacyjne oraz zapotrzebowanie na ogrzewanie, chłodzenie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Energia użytkowa odzwierciedla zapotrzebowanie cieplne wynikające wyłącznie z cech konstrukcyjnych budynku, takich jak izolacyjność, szczelność czy obecność mostków cieplnych (Bandurski, 2021; Szul, 2019).

W drugim etapie określa się energię końcową, czyli ilość energii, którą należy dostarczyć do budynku, aby pokryć zapotrzebowanie na energię użytkową. W obliczeniach uwzględnia się sprawność techniczną instalacji grzewczych, wentylacyjnych, chłodniczych, oświetleniowych oraz straty energii na przesyle, akumulacji i regulacji. Energia końcowa stanowi sumę energii dostarczanej do budynku przez wszystkie systemy techniczne, niezbędne do jego prawidłowego funkcjonowania.

Ostatni etap obliczeń obejmuje przeliczenie energii końcowej na energię pierwotną, czyli ilość energii nieodnawialnej potrzebnej do wytworzenia energii końcowej. W tym celu stosuje się współczynniki nakładu dla poszczególnych nośników energii, takich jak węgiel, gaz, energia elektryczna czy biomasa.

Nowo wznoszone obiekty lub te, które poddano termomodernizacji powinny spełniać określone warunki techniczne w zakresie zapotrzebowania na energię pierwotną. W tabeli 1 zastawiono warunki techniczne na lata 2014, 2017 oraz na 2021 dla budynków użyteczności publicznej.

Prowadzenie analiz na potrzeby oceny efektywności energetycznej obiektów użyteczności publicznej jest jednym z kluczowych działań Unii Europejskiej, wdrażających zapisy Dyrektywy 2012/27/UE. Dyrektywa ta

zakłada, że wszystkie instytucje publiczne powinny wdrażać działania z zakresu poprawy efektywności energetycznej. Efektem tego mają być redukcja lub ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, wzrost bezpieczeństwa energetycznego jak również wzrost konkurencyjności gospodarki Unii Europejskiej (Różycki, 2017).

**Tabela 1.** Warunki techniczne na lata 2014, 2017 i 2021 dla budynków użyteczności publicznej
**Table 1.** Technical conditions for the years 2014, 2017, and 2021 for public utility buildings

| **Warunki techniczne w poszczególnych latach / Technical conditions for buildings in individual years** | **WT 2014** | **WT 2017** | **WT 2021** |
|---|---|---|---|
| EP (nieodnawialna energia pierwotna na cele centralnego ogrzewania, chłodzenia, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej kWh·m$^{-2}$·rok$^{-1}$ | 165 | 160 | 95 |

*Źródło / Source:* Dz. U. 2013 poz. 926

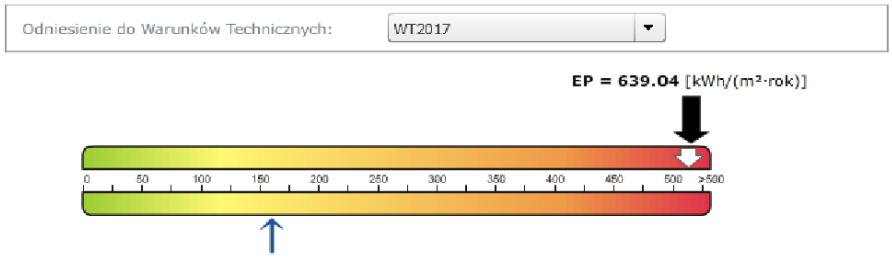
Analizę efektywności energetycznej procesu termomodernizacji budynku wykonano z wykorzystaniem programu BuildDesk Energy Certificate Professional (BDEC PRO, Wielka Brytania). Program służy do analizy energetycznej budynków. Przygotowywane w oprogramowaniu BDEC PRO świadectwa energetyczne są zgodne z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 18 marca 2015 roku, w sprawie metodologii wykonywania obliczeń charakterystyki energetycznej budynku.

Oprogramowanie umożliwia uwzględnienie właściwości cieplno-wilgotnościowych całego budynku jak i poszczególnych jego przegród. BuildDesk Energy Certificate Professional posiada rekomendację Narodowej Agencji Poszanowania Energii do przygotowania świadectw charakterystyki energetycznej budynków (www.builddesk.pl). W oprogramowaniu obliczenia wykonywane są zawsze dla dwóch podejść: podstawowego i alternatywnego.

## WYNIKI

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki analizy efektywności energetycznej budynku przed termomodernizacją. System podstawowy i alternatywny uwzględniają te same dane, tak by system alternatywny stanowił punkt odniesienia przy modernizacji termicznej. Ponadto na rysunku 1 zilustrowano roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla budynku bazowego (przed termomodernizacją). Zapotrzebowanie na energię pierwotną wynosiło 639,04 *kWh·m$^{-2}$·rok$^{-1}$*. Wynik ten znacząco przekracza wartość podaną w tabeli 1 dla 2017 roku (o ok. 300%).

W opracowaniu Piotrkowskiej-Wroniak i Wroniak (2012) przedstawiono wyniki analizy termomodernizacji hotelu wybudowanego w podobnych latach jak obiekt analizowany w niniejszej pracy. Zapotrzebowanie na energię pierwotną dla hotelu wynosiło 342,84 *kWh·m$^{-2}$·rok$^{-1}$*. Na tej podstawie można wnioskować, że osiągnięty wynik dla wskaźnika EP budynku Urzędu Gminy był bardzo wysoki i budynek powinien był zostać poddany modernizacji termicznej. Badany obiekt cechował się bardzo wysoką energochłonnością, a jego termomodernizacja była uzasadniona.




Budynek z systemem alternatywnym

| | | System podstawowy | System alternatywny |
|---|---|---|---|
| **Zapotrzebowanie na energię pierwotną:** | | | |
| **Budynek oceniany:** | **EP [kWh/(m²·rok)]** | **639.04** | **639.04** |
| **Maksymalna wartość wskaźnika EP:** | **EP [kWh/(m²·rok)]** | **160.00** | **160.00** |
| **Pozostałe parametry energetyczne budynku:** | | | |
| **Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji:** | $EU_{CO+W}$ [kWh/(m²·rok)] | 231.37 | 231.37 |
| **Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody użytkowej:** | $EU_{CWU}$ [kWh/(m²·rok)] | 4.68 | 4.68 |
| **Zapotrzebowanie na energię końcową:** | **EK [kWh/(m²·rok)]** | **580.94** | **580.94** |
| Współczynnik strat mocy cieplnej przez przenikanie przez wszystkie przegrody zewnętrzne: | $H_{tr}$ [W/K] | 2618.02 | 2618.02 |
| Współczynnik strat mocy cieplnej na wentylacje: | $H_{ve}$ [W/K] | 888.98 | 888.98 |
| Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system grzewczy i wentylacyjny: | $Q_{P,H}$ [kWh/rok] | 575680.25 | 575680.25 |
| Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system do podgrzania ciepłej wody: | $Q_{P,W}$ [kWh/rok] | 20541.94 | 20541.94 |

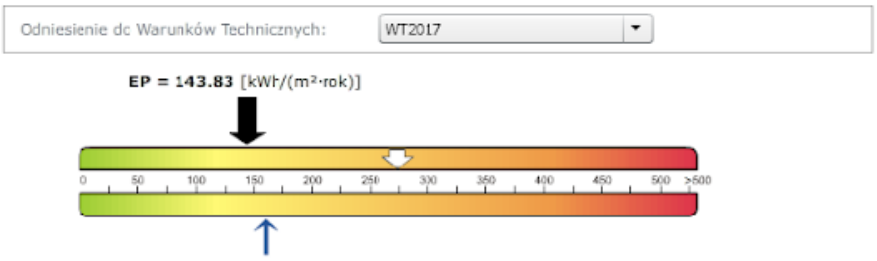
**Rysunek 1.** Fragment raportu energetycznego budynku przed termomodernizacją
**Figure 1.** Excerpt from the building's energy performance report prior to thermal modernization

*Źródło/Source: Opracowanie własne / Own elaboration*

Rysunek 2 przedstawia wyniki analizy efektywności energetycznej analizowanego budynku po termomodernizacji. System podstawowy zawiera zainstalowany po modernizacji kocioł i instalację. System alternatywny to niezachowana instalacja do przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz centralnego ogrzewania, która zostałaby w budynku po jego modernizacji termicznej.

Zapotrzebowanie na energię pierwotną po termomodernizacji wynosi 143,83 $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ co oznacza, że termomodernizacja została wykonana poprawnie, a wprowadzone zmiany pozwalają na oszczędne użytkowanie budynku. Wartość wskaźnika EP jest zgodna z wartością oczekiwaną dla roku 2017 podaną w tabeli 1. Uzyskany wynik jest satysfakcjonujący. Zapotrzebowanie na energię pierwotną zostało obniżone o około 77,5%.

Termomodernizacja hotelu opisana w pracy Piotrkowska-Wroniak i Wroniak (2012) pozwoliła na uzyskanie wartości EP na poziomie 126,83 $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$. Wskazuje to na możliwość uzyskania przez analizowany obiekt Urzędu Gminy jeszcze korzystniejszego wyniku w zakresie zapotrzebowania na energię pierwotną.

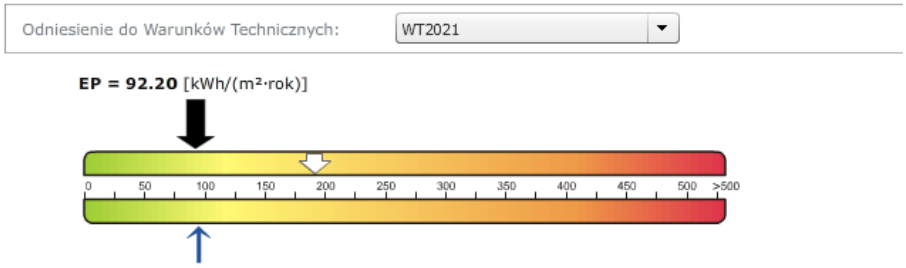



| | | System podstawowy | System alternatywny |
|---|---|---|---|
| **Zapotrzebowanie na energię pierwotną:** | | | |
| **Budynek oceniany:** | EP [kWh/(m²·rok)] | **143.83** | **273.21** |
| **Maksymalna wartość wskaźnika EP:** | EP [kWh/(m²·rok)] | **160.00** | **160.00** |
| **Pozostałe parametry energetyczne budynku:** | | | |
| **Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji:** | $EU_{CO+W}$ [kWh/(m²·rok)] | 94.19 | 94.19 |
| **Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody użytkowej:** | $EU_{CWU}$ [kWh/(m²·rok)] | 4.68 | 4.68 |
| **Zapotrzebowanie na energię końcową:** | EK [kWh/(m²·rok)] | **130.76** | **248.37** |
| Współczynnik strat mocy cieplnej przez przenikanie przez wszystkie przegrody zewnętrzne: | $H_{tr}$ [W/K] | 1201.50 | 1201.50 |
| Współczynnik strat mocy cieplnej na wentylację: | $H_{ve}$ [W/K] | 888.98 | 888.98 |
| Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system grzewczy i wentylacyjny: | $Q_{P,H}$ [kWh/rok] | 126636.52 | 234359.79 |
| Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system do podgrzania ciepłej wody: | $Q_{P,W}$ [kWh/rok] | 7560.26 | 20541.94 |

**Rysunek 2.** Fragment raportu energetycznego budynku po termomodernizacją
**Figure 2.** Excerpt from the building's energy performance report after thermal modernization

*Źródło/Source: Opracowanie własne / Own elaboration*

Na rysunku 3 zilustrowano wyniki analizy efektywności energetycznej analizowanego budynku zakładając dodatkową modernizację obiektu, w taki sposób, aby spełniał on warunki WT 2021 (tabela 1). Aby budynek spełniał warunki WT2021, należałoby zmienić źródło centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej na najbardziej wydajny i cechujący się najwyższą sprawnością kocioł (zastosowano kocioł V klasy na biomasę). Zaproponowano wprowadzenie urządzeń (termostaty elektroniczne), które pozwoliłyby obniżyć temperaturę w budynku w weekendy oraz w godzinach zamknięcia urzędu. Niezbędna byłaby również dodatkowa modernizacja termiczna, przy której szczególną uwagę należałoby zwrócić na straty na mostkach liniowych. System podstawowy przedstawia zastosowanie nowoczesnej instalacji wraz z jeszcze głębszą termomodernizacją. System alternatywny przedstawia zachowaną od początku przestarzałą instalację (rysunek 3).




Budynek z systemem alternatywnym

| | | System podstawowy | System alternatywny |
|---|---|---|---|
| **Zapotrzebowanie na energię pierwotną:** | | | |
| **Budynek oceniany:** | **EP [kWh/(m²·rok)]** | **92.20** | **190.68** |
| **Maksymalna wartość wskaźnika EP:** | **EP [kWh/(m²·rok)]** | **95.00** | **95.00** |
| **Pozostałe parametry energetyczne budynku:** | | | |
| **Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji:** | $EU_{CO+W}$ [kWh/(m²·rok)] | 66.00 | 66.00 |
| **Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody użytkowej:** | $EU_{CWU}$ [kWh/(m²·rok)] | 3.12 | 3.12 |
| **Zapotrzebowanie na energię końcową:** | **EK [kWh/(m²·rok)]** | **83.82** | **173.34** |
| Współczynnik strat mocy cieplnej przez przenikanie przez wszystkie przegrody zewnętrzne: | $H_{tr}$ [W/K] | 990.85 | 990.85 |
| Współczynnik strat mocy cieplnej na wentylacje: | $H_{ve}$ [W/K] | 888.98 | 888.98 |
| Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system grzewczy i wentylacyjny: | $Q_{P,H}$ [kWh/rok] | 82289.53 | 164206.54 |
| Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system do podgrzania ciepłej wody: | $Q_{P,W}$ [kWh/rok] | 3737.62 | 13694.63 |

**Rysunek 3.** Fragment raportu energetycznego budynku bazowego z uwzględnieniem modernizacji spełniających wytyczne WT2021
**Figure 3.** Excerpt from the baseline building energy performance report, including modernization measures compliant with WT2021 requirements
Źródło: *Opracowanie własne / Own elaboration*

Tabela 2 przedstawia wyniki poszczególnych etapów termomodernizacji analizowanego budynku użyteczności publicznej. Analiza tabeli pozwala zaobserwować zmniejszające się zapotrzebowanie na energię pierwotną oraz zmniejszenie współczynników strat mocy wraz z kolejnymi etapami termomodernizacji. Tabela ta jest potwierdzeniem słuszności wykonania termomodernizacji analizowanego budynku użyteczności publicznej.

**Tabela 2.** Porównanie poszczególnych etapów termomodernizacji budynku użyteczności publicznej
**Table 2.** Comparison of the stages of the thermomodernisation of public utility building

| **Wskaźnik / Indicator** | **Jednostka / Unit** | **Budynek przed termomodernizacją / WT2017** | **Budynek po termomodernizacji bez zmiany CO i CWU WT2017** | **Budynek po pełnej termomodernizacji WT2017** | **Budynek spełniający WT2021** |
|---|---|---|---|---|---|
| Budynek badany | $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ | 639,04 | 273,21 | 143,83 | 92,20 |
| Maksymalna wartość wskaźnika EP | $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ | 160 | 160 | 160 | 95 |
| Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji $EU_{CO+W}$ | $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ | 231,37 | 94,19 | 94,19 | 66,00 |
| Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody użytkowej $EU_{CWU}$ | $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ | 4,68 | 4,68 | 4,68 | 3,12 |
| Zapotrzebowanie na energię końcową EK | $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ | 580,94 | 248,37 | 130,76 | 83,82 |
| Współczynnik strat mocy cieplnej przez przenikanie przez wszystkie przegrody zewnętrzne $H_{tr}$ | $W \cdot K^{-1}$ | 2618,02 | 1201,50 | 1201,50 | 990,85 |
| Współczynnik strat mocy cieplnej na wentylację $H_{ve}$ | $W \cdot K^{-1}$ | 888,98 | 888,98 | 888,98 | 888,98 |
| Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system grzewczy i wentylacyjny $Q_{P,H}$ | $kWh \cdot rok^{-1}$ | 575680,25 | 234359,79 | 126636,52 | 82289,53 |
| Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system do podgrzania ciepłej wody $Q_{P,W}$ | $kWh \cdot rok^{-1}$ | 20541,94 | 20541,94 | 7560,26 | 3737,62 |

Źródło: *Opracowanie własne / Own elaboration*

## WNIOSKI

Przeprowadzone analizy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Analiza efektywności energetycznej budynku Urzędu Gminy wykazała, że proces termomodernizacji jest kluczowym narzędziem służącym do ograniczenia zapotrzebowania na energię. Zrealizowane działania modernizacyjne, obejmujące ocieplenie przegród budowlanych, modernizację instalacji grzewczej oraz poprawę parametrów izolacyjnych obiektu, pozwoliły na znaczną redukcję zapotrzebowania na energię pierwotną (z 639,04 do 143,83 $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$, co stanowi zmniejszenie zapotrzebowania o ok. 77,5%).
2. Dalsze prace modernizacyjne, ze szczególnym uwzględnieniem wymiany systemu grzewczego na bardziej efektywny oraz ograniczenie strat ciepła na mostkach termicznych mogą dodatkowo obniżyć wartość wskaźnika EP do poziomu 92,20 $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$, umożliwiając spełnienie wymagań WT2021 oraz standardów przewidzianych dla obiektów w roku 2030.
3. Termomodernizacja analizowanego obiektu wpłynęła na obniżenie zapotrzebowania na energię końcową z 580,94 do 130,76 $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$.
4. Przeprowadzona termomodernizacja przyczyniła się do znaczącego ograniczenia strat ciepła. Współczynnik strat Htr został obniżony z 2618,02 do 1201,50 $W \cdot K^{-1}$, co świadczy o poprawie jakości izolacji cieplnej oraz ograniczeniu mostków termicznych.
5. Analiza porównawcza wykazała, że najwyższą skuteczność w redukcji energochłonności daje połączenie modernizacji przegród zewnętrznych z wymianą instalacji grzewczych na nowoczesne rozwiązania o wysokiej sprawności. Wprowadzenie rozwiązań ograniczających zużycie energii poza godzinami funkcjonowania urzędu (m.in. automatycznej regulacji i obniżenia temperatury w nocy oraz weekendy) może stanowić istotny element wpływający na końcową efektywność systemu ogrzewania.

## LITERATURA


1. Axon, S.; Morrissey, J.; Aiesha, R.; Hillman, J.; Revez, A.; Lennon, B.; Salel, M.; Dunphy, N.; Boo, E. (2018). *The human factor: Classification of European community-based behaviour change initiatives*. Journal of Cleaner Production, 182, 567–586.
2. Bać, A. (red.). (2020). *Architektura energoaktywna po 2021. Tom 1. Zagadnienia architektoniczno-budowlane*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław.
3. Bandurski, K. (2021). *Transformacja energetyczna a metodologia sporządzania charakterystyki energetycznej budynków*. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 9(52), 20–26.
4. Bodziacki, S.; Malinowski, M.; Famielec, S.; Krakowiak-Bal, A.; Basak, Z.; Łukasiewicz, M.; Wolny-Koładka, K.; Atılgan, A.; Artun, O. (2024). *Environmental Assessment of Energy System Upgrades in Public Buildings*. Energies, 17, 3278.
5. Dyrektywa (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r. zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001 w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (RED III). Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L, 2023/2413.
6. Gollinger-Tarajko, M. (2016). *Wzrost efektywności energetycznej w budownictwie jako element zrównoważonego rozwoju*. Inżynieria Ekologiczna, 50, 67–74.

7. Gródek-Szostak, Z.; Malinowski, M.; Suder, M.; Kwiecień, K.; Bodziacki, S.; Vaverková, M.D.; Krakowiak-Bal, A.; Ziemiańczyk, U.; Uskij, H.; Kotulkiewicz-Wisińska, K.; Lisiakiewicz, R.; Niemczyk, A.; Szeląg-Sikora, A.; Niemiec, M. (2021). *Energy Conservation Behaviors and Awareness of Polish, Czech and Ukrainian Students: A Case Study*. Energies, 14, 5599.
8. Krasoń, J.; Barnat, E.; Babiarz, B. (2025). *Wpływ zmian klimatu na efektywność energetyczną budynków*. Materiały Budowlane, 634(6), 61–72.
9. Krawczyk, E.; Łagosz, M.; Harmata, G. (2008). *Termomodernizacja budynku urzędu gminy w Rajczy.* Dokument wewnętrzy Urzędu Gminy Rajcza.
10. Lis, A.; Lis, P. (2015). *Efektywność energetyczna budynków edukacyjnych – zarys problemu*. Modern Engineering, 2(17), 36–42.
11. Norma PN-EN 16247 Audity energetyczne. PKN. Warszawa
12. Ostańska, A. (2025). *Analysis of energy effects and costs of thermomodernization of operating residential buildings in WBLŻ system*. Materiały Budowlane, 635, 31–40.
13. Piotrkowska-Wroniak, J.; Wroniak, G. (2012). *Efekty energetyczne, ekonomiczne i ekologiczne termomodernizacji budynku hotelowego w Białymstoku.* Budownictwo i Inżynieria Środowiska, 3.
14. Różycki, K. (2017). *Termomodernizacja przykładowego budynku użyteczności publicznej w polskich warunkach klimatycznych.* Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym. 1(19), 81–88.
15. Szczerbowski, R. (2013). *Bezpieczeństwo energetyczne Polski – mix energetyczny i efektywność energetyczna.* Polityka energetyczna. 16(4), 35–46.
16. Szul, T. (2018). *Ocena efektywności energetycznej budynków: wybrane zagadnienia z przykładami*. Wyd. Nauk. Intellect. Waleńczów.
17. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej, Dz. U. 2016 poz. 831.
18. Żurawski, J. (2013). *Efektywność energetyczna w budownictwie*. https://www.lex-bud.com.pl/pdfpliki/efektywnoscenergia.pdf - dostęp 13.11.2025 r.

Autor korespondencyjny: Łukasz Skrzypek
ORCID: 0009-0007-0684-2080
E-mail: l.skrzypek@student.urk.edu.pl

Maciej Gliniak
ORCID: 0000-0002-2244-1726
e-mail: maciej.gliniak@urk.edu.pl

Katedra Inżynierii Bioprocesów, Energetyki i Automatyzacji
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116 b,
30-149 Kraków

Otrzymano: 12.12.2025
Zwrócono po recenzji: 13.01.2026
Opublikowano: 14.01.2026