



## Wpływ doboru systemów technicznych na charakterystykę energetyczną nowo wybudowanego budynku jednorodzinnego – analiza wariantowa

The influence of the selection of technical systems on the energy performance of a newly constructed single-family building – variant analysis



**Milena Nurkiewicz**

Wydział Inżynierii Środowiska,  
Geodezji i Energetyki Odnawialnej  
Politechnika Świętokrzyska  
[milena.nurkiewicz@wp.pl](mailto:milena.nurkiewicz@wp.pl)



**Dr inż. Sylwia Wciślik**

ORCID ID: [0000-0003-2152-9686](https://orcid.org/0000-0003-2152-9686)  
Wydział Inżynierii Środowiska,  
Geodezji i Energetyki Odnawialnej  
Politechnika Świętokrzyska  
[sylwiazw@tu.kielce.pl](mailto:sylwiazw@tu.kielce.pl)

**Słowa kluczowe:** charakterystyka energetyczna, pompa ciepła, rekuperacja, OZE, EP, efektywność energetyczna

### Streszczenie

Artykuł przedstawia analizę wpływu doboru systemów technicznych na charakterystykę energetyczną nowo projektowanego budynku jednorodzinnego. Porównano warianty różniące się rodzajem źródła ciepła, wentylacją oraz zastosowaniem odnawialnych źródeł energii. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem programu ArCADia-TERMOCAD, wyznaczając wskaźniki EU, EK i EP. Najlepsze wyniki uzyskano dla wariantu z pompą ciepła, instalacją fotowoltaiczną oraz wentylacją mechaniczną z odzyskiem ciepła, dla którego EP wyniosło 38,3 kWh/(m<sup>2</sup>rok). Analiza wykazała także redukcję zużycia energii oraz korzystny, krótki okres zwrotu poniesionych nakładów.

**Keywords:** building energy performance, heat pump, mechanical ventilation, renewable energy sources, EP indicator, energy efficiency

### Abstract

The article presents an analysis of the impact of selected technical system parameters on the energy performance of a newly designed single-family house. The study compares variants differing in heat source type, ventilation system and the use of renewable energy sources. Calculations were carried out using ArCADia-TERMOCAD software, determining EU, EK and EP indicators. The most favorable results were obtained for the variant with a heat pump, photovoltaic system and mechanical ventilation with heat recovery, achieving an EP value of 38.3 kWh/(m<sup>2</sup>·year). The analysis also confirmed a significant reduction in energy consumption and a relatively short pay-back period, proving the technical and economic justification of the applied solutions.

## Wstęp

Sektor budownictwa odgrywa istotną rolę w krajowym bilansie energetycznym oraz w kształtowaniu poziomu emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Według najnowszych danych Głównego Urzędu Statystycznego całkowite zużycie energii pierwotnej w Polsce w 2023 roku wynosiło około 3,9–4,0 tys. PJ, co potwierdza utrzymujące się wysokie zapotrzebowanie energetyczne gospodarki. Nadal dominującym nośnikiem energii pozostają paliwa kopalne (31,6% w 2023 r.), jednak zauważalny jest stopniowy wzrost udziału odnawialnych źródeł energii, które w 2023 roku stanowiły około 16,5% końcowego zużycia energii brutto, co wskazuje, że transformacja energetyczna postępuje, lecz tempo tych zmian pozostaje umiarkowane (GUS, 2024, 2025).

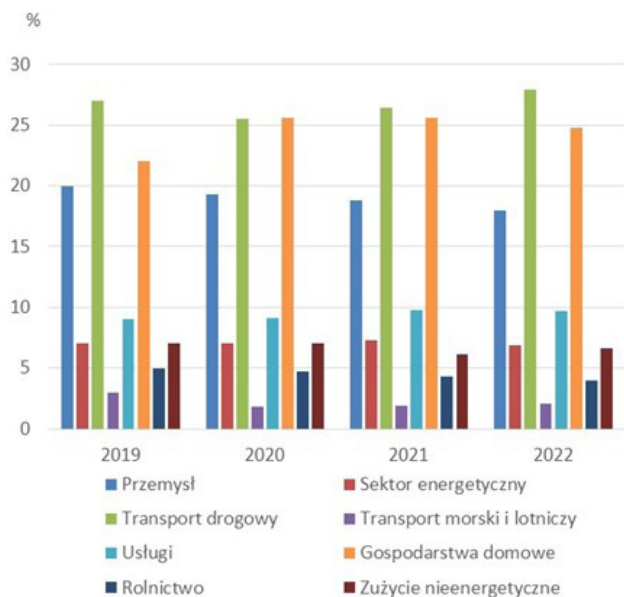
Istotną część zużycia końcowego energii stanowią gospodarstwa domowe, które odpowiadają głównie za zużycie energii na potrzeby ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz zasilania urządzeń bytowych, co przedstawiono na Rysunku 1.

Jednocześnie obserwowany jest wyraźna tendencja

wzrostowa cen energii elektrycznej oraz gazu ziemnego, wynikająca m.in. z rosnących kosztów paliw, polityki klimatycznej Unii Europejskiej oraz sytuacji geopolitycznej. Ceny energii stały się jednym z kluczowych czynników wpływających na decyzje inwestycyjne w sektorze budowlanym, a prognozy na kolejne lata wskazują na utrzymanie presji kosztowej, szczególnie w zakresie nośników wykorzystywanych do celów grzewczych (PGE, 2025).

Równocześnie obserwuje się stopniowy spadek energochłonności gospodarki, co świadczy o wzroście efektywności energetycznej, jednak wciąż istnieje znaczący potencjał dalszej optymalizacji, zwłaszcza w sektorze budownictwa mieszkaniowego. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabiera odpowiedni dobór systemów technicznych budynku, takich jak źródła ciepła, systemy wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Literatura oraz praktyka inżynierska wskazują, że to właśnie rozwiązania instalacyjne w istotnym stopniu determinują charakterystykę energetyczną obiektu oraz poziom jego przyszłych kosztów eksploatacyjnych.

Celem niniejszego artykułu jest analiza wpływu parametrów wybranych systemów technicznych na charak-



Rysunek 1. Zużycie końcowe energii wg sektorów (GUS, 2025; PGE, 2025)

Figure 1. Final energy consumption by economic sectors (GUS, 2025; PGE, 2025)

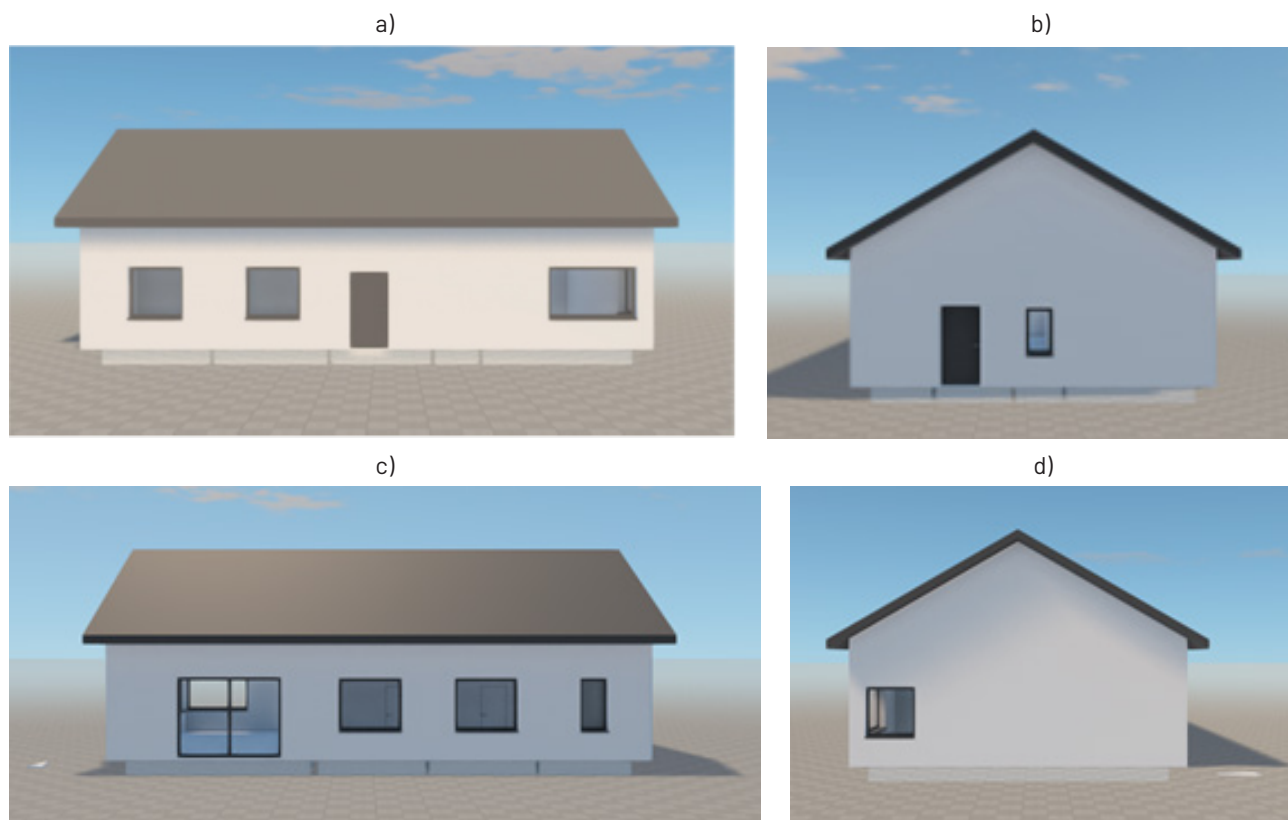
terystykę energetyczną nowego budynku jednorodzinnego. Ocenie poddano różne warianty instalacyjne w odniesieniu do wskaźników EU, EK oraz EP, wykorzystując metodykę świadectw charakterystyki energetycznej oraz program ArCADia-TERMOCAD. Przeprowadzona analiza pozwala na wskazanie rozwiązań najbardziej korzystnych zarówno pod względem energetycznym, jak i ekonomicznym.

## Charakterystyka nowo projektowanego budynku

Budynek czteroosobowej rodziny, dla którego wykonano analizę systemów technicznych oraz świadectwo charakterystyki energetycznej (ŚChE) jest budynkiem nowym, wzniesionym w technologii tradycyjnej. Budynek zlokalizowany jest w III strefie klimatycznej w miejscowości ze stacją meteorologiczną w Sandomierzu. Dom parterowy z poddaszem nieużytkowym, wzniesiony jest na rzucie prostokąta o wymiarach 15,60 m × 9,50 m, gdzie powierzchnia zabudowy wynosi 148,20 m<sup>2</sup>, a użytkowa 118,68 m<sup>2</sup>. Na Rysunku 2 przedstawiono budynek w widoku 3D, zamodelowany w edytorze graficznym TERMOCADIA. Budynek spełnia obecnie obowiązujące wymagania dot. Warunków Technicznych związane z izolacyjnością przegród oraz stolarką (Minister Rozwoju i Technologii, 2022), ponadto, wyposażony jest w instalację ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz wentylację.

## Metodyka obliczeń

Obliczenia charakterystyki energetycznej budynku zostały wykonane przy użyciu programu ArCADia-TERMOCAD, zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami dotyczącymi sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej (Minister Rozwoju i Technologii, 2015, 2022). Wskaźniki rocznego zapotrzebowania na energię (pierwotną EP, końcową EK oraz użytkową EU) określono na podstawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej opartej na standardowym sposobie użytko-



Rysunek 2. Elewacje budynku wykonane przy wykorzystaniu programu ArCADia-TERMOCAD ŚChE 11, opracowanie własne: a) północna/frontowa, b) wschodnia, c) południowa, d) zachodnia

Figure 2. Building elevations made using the ArCADia-TERMOCAD ŚChE 11 software, own work: a) north/front, b) east, c) south, d) west

Tabela 1. Warianty systemów technicznych w budynku. Źródło: opracowanie własne  
Table 1. Variants of technical systems in the Building. Source: authors' own study

Wariant 1	A	Pompa ciepła typu powietrze/woda zasilana energią elektryczną na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u., wentylacja grawitacyjna.
	B	Pompa ciepła typu powietrze/woda zasilana energią elektryczną na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u., wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna (rekuperator obrotowy z odzyskiem wilgoci).
Wariant 2	A	Pompa ciepła typu powietrze/woda wspomagana instalacją fotowoltaiczną na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u., wentylacja grawitacyjna.
	B	Pompa ciepła typu powietrze/woda wspomagana instalacją fotowoltaiczną na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u., wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna (rekuperator obrotowy z odzyskiem wilgoci).
Wariant 3	A	Kocioł gazowy na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u., wentylacja grawitacyjna.
	B	Kocioł gazowy na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u., wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna (rekuperator obrotowy z odzyskiem wilgoci).
Wariant 4	A	Kocioł na biomasę na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u., wentylacja grawitacyjna.
	B	Kocioł na biomasę na potrzeby ogrzewania i przygotowania c.w.u., wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna (rekuperator obrotowy z odzyskiem wilgoci).

wania budynku. W celu ich obliczenia, skorzystano z poniższych wzorów:

$$EP = \frac{Q_p}{A_f}, \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \quad (1)$$

gdzie:

$Q_p$  – roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną dla systemów technicznych, kWh/rok

$A_f$  – powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (powierzchnia ogrzewana), m<sup>2</sup>

$$EK = \frac{Q_k}{A_f}, \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \quad (2)$$

gdzie:

$Q_k$  – roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię końcową dostarczaną do budynku dla systemów technicznych, kWh/rok

$$EU = \frac{Q_u}{A_f}, \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) \quad (3)$$

gdzie

$Q_u$  – roczne zapotrzebowanie na energię użytkową, kWh/rok

## Warianty systemów technicznych analizowanych w budynku

Charakterystykę energetyczną budynku wykonano dla ośmiu wariantów systemów technicznych, zróżnicowanych ze względu na źródło ciepła zastosowane w instalacji ogrzewania, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz ze względu na rodzaj zastosowanego systemu wentylacji. Zaproponowane warianty są przedstawione w Tabeli 1; część z nich uwzględnia wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Wariant A przewiduje wentylację grawitacyjną, charakteryzującą się brakiem regulacji strumieni powietrza i odzysku ciepła, co skutkuje wyższymi stratami wentylacyjnymi. Wariant B, wykorzystuje wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z rekuperacją, w której odzysk ciepła jest przez wymiennik obrotowy z odzyskiem wilgoci, zapewniający zarówno poprawę bilansu energetycznego budynku, jak i stabilniejsze warunki mikroklimatyczne; obliczony strumień powietrza wentyla-

cyjnego wynosi w tym przypadku 240 m<sup>3</sup>/h (PKN, 1983). Wszystkie analizowane warianty systemów technicznych współpracują z ogrzewaniem podłogowym. Akumulacja ciepła w systemie ogrzewania ma miejsce w zbiorniku buforowym. W systemie c.w.u. przewidziano osobny zasobnik pojemnościowy. Dodatkowo, warianty 2A oraz 2B zakładają 50% pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną przez instalację PV.

W analizie zaobserwowano różnice pomiędzy parametrami urządzeń przyjmowanymi w metodologii obliczeń charakterystyki energetycznej (Minister Infrastruktury i Rozwoju, 2015), a wartościami deklarowanymi przez producentów oraz uzyskiwanymi w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Powoduje to potencjalne zawyżenie obliczeniowego zapotrzebowania na energię w stosunku do wartości osiąganych w praktyce. Opierając się na analizie rynku przyjęto: dla pompy ciepła współczynnik SCOP = 4,5, sprawność kotła gazowego oraz biomasowego odpowiednio  $\eta = 94\%$  i  $\eta = 90\%$ . W Tabeli 2 wskazano sprawność całkowitą systemu ogrzewania i przygotowania c.w.u., która stanowi iloczyn sprawności wytwarzania, regulacji oraz akumulacji.

Tabela 2. Sprawność całkowita systemu ogrzewania i przygotowania c.w.u. w zależności od wybranego wariantu. Źródło: opracowanie własne

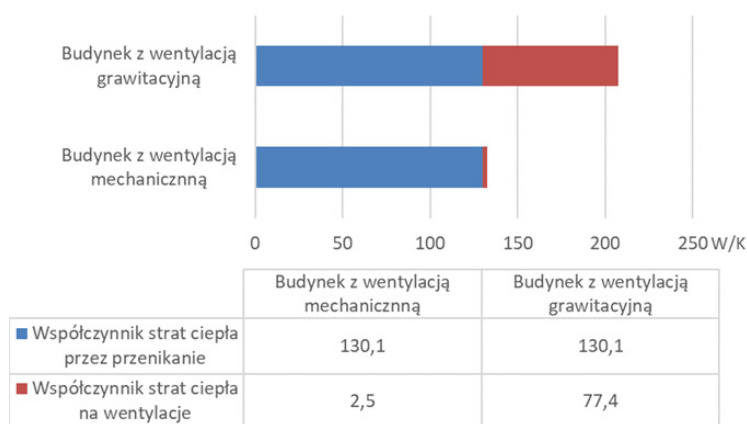
Table 2. Overall efficiency of the heating and domestic hot water preparation system depending on the selected variant. Source: authors' own study

Wariant		Sprawność całkowita systemu ogrzewania	Sprawność całkowita systemu przygotowania c.w.u.
		$\eta_{H,tot}$	$\eta_{W,tot}$
Wariant 1	A	3,65	2,29
	B	3,65	2,29
Wariant 2	A	3,65	2,29
	B	3,65	2,29
Wariant 3	A	0,76	0,42
	B	0,76	0,42
Wariant 4	A	0,73	0,42
	B	0,73	0,42

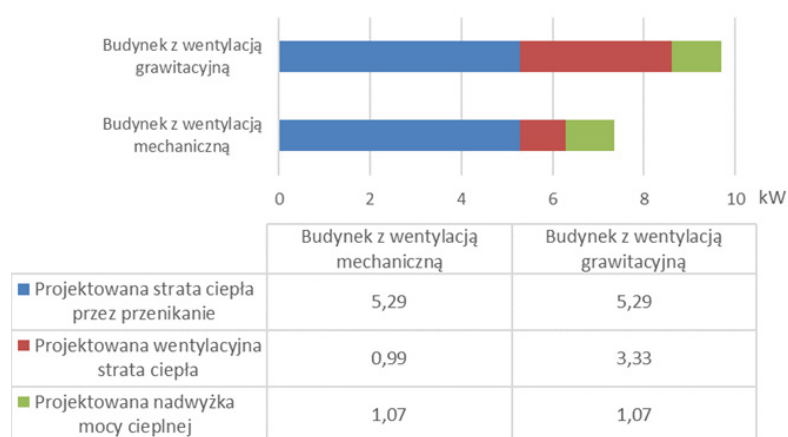
## Wyniki analizy energetycznej

Przeprowadzone obliczenia cieplne dla przedstawionych wariantów wykazały, że zapotrzebowanie na ciepło budynku uzależnione jest od wielu czynników, m.in. od systemu wentylacyjnego. Na Rysunku 3 pokazano, że przy różnicy temperatury wynoszącej 1 K pomiędzy wnętrzem budynku, a jego otoczeniem, strata ciepła dla systemu wentylacji grawitacyjnej wynosi 77,4 W, podczas gdy wartość ta dla rozwiązania alternatywnego to jedynie 2,6 W. Współczynnik strat ciepła przez przenikanie nie ulega zmianom.

W związku z powyższym, ostatecznie projektowana wentylacyjna strata ciepła dla modelowego budynku będzie o ok. 70% wyższa w przypadku wentylacji grawitacyjnej. Oznacza to, że projektowana moc źródła ciepła w budynku z wentylacją grawitacyjną wynosi blisko 10 kW i jest o ~24% wyższa niż dla domu wyposażonego w wentylację mechaniczną z odzyskiem wilgoci; tu źródło ciepła o mocy ~8 kW będzie wystarczające. Jako komentarz należy dodać, że w związku z uwzględnieniem nadwyżki mocy ciepła na pokrycie skutków ewentualnego osłabienia ogrzewania, całkowita strata ciepła dla budynku jest wyższa o 11% i 15% odpowiednio dla budynku z wentylacją naturalną oraz mechaniczną. Jako, że budynek jest parterowy,



Rysunek 3. Współczynniki strat ciepła dla analizowanego budynku w zależności od systemu wentylacji. Źródło: opracowanie własne  
Figure 3. Heat loss coefficients for the analyzed building depending on the ventilation system. Source: authors' own study



Rysunek 4. Projektowe obciążenie cieplne budynku w zależności od systemu wentylacji. Źródło: opracowanie własne  
Figure 4. Design heat load of the building depending on the ventilation system. Source: authors' own study

współczynnik kształtu również w pewnym stopniu wpływa na ogólne zapotrzebowanie na ciepło, które odpowiednio wynosi 81,7 W/m<sup>2</sup> oraz 61,98 W/m<sup>2</sup> (lub 52,9 W/m<sup>2</sup> oraz 72,6 W/m<sup>2</sup> bez uwzględnienia nadwyżki mocy cieplnej).

## Wskaźniki efektywności energetycznej

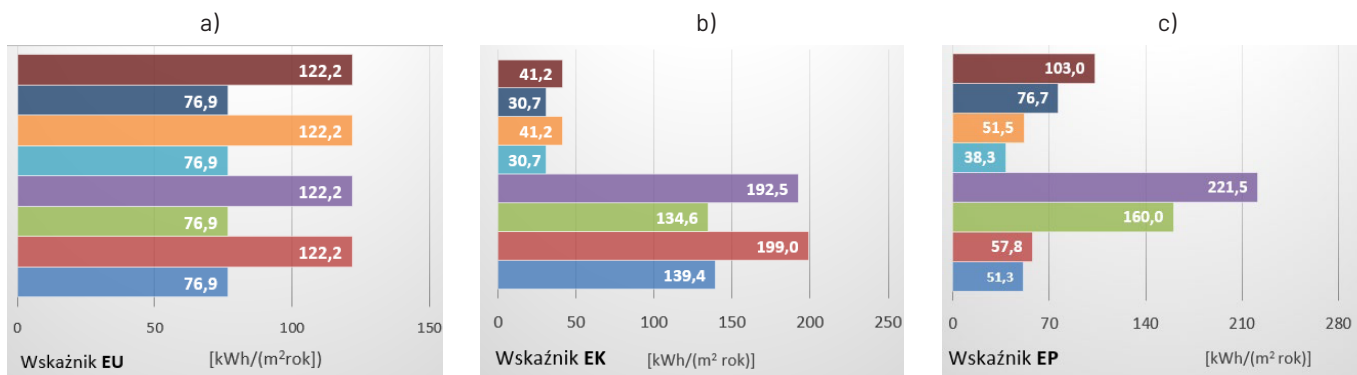
Analizie poddano następujące wskaźniki: EU, EK, EP, zgodnie z wytycznymi dotyczącymi zawartości świadectwa charakterystyki energetycznej budynku, który oddawany jest do użytkowania (Minister Rozwoju i Technologii, 2022). Ich wartości wyliczono w ujęciu rocznym i odniesiono do powierzchni o regulowanej temperaturze (czyli ogrzewanej).

Na Rysunku 5 zilustrowano, jak zmienia się wartość wskaźnika energii użytkowej EU w zależności od wariantu. Należy zauważyć, że dla wszystkich wariantów A, zakładających wentylację grawitacyjną, wskaźnik EU, wynosił 122,2 kWh/(m<sup>2</sup>rok), natomiast dla wariantów B, uwzględniających wentylację mechaniczną z odzyskiem wilgoci – EU = 73,4 kWh/(m<sup>2</sup>rok). Zapotrzebowanie na energię użytkową dla dwóch identycznych budynków posiadających ten sam system wentylacji, będzie takie samo i określa się go także jako sezonowe zapotrzebowanie na energię (SZE); wskaźnik EU nie zależy zatem od zastosowanych rozwiązań instalacyjnych. Niska wartość wskaźnika EU świadczy o bardzo dobrej izolacyjności budynku, niewielkich startach ciepła oraz o występujących zyskach ciepła.

Wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową EK wynika z danych EU ale jest skorygowany o sprawności systemów technicznych – za wielkość tego parametru inwestor zapłaci w rachunkach. Zależy on od wybranego systemu technicznego, tzn. sposobu regulacji, akumulacji ciepła, izolacji przewodów oraz sprawności zastosowanego źródła ciepła. Najmniejszą wartość współczynnika EK uzyskano dla wariantu 1B, który charakteryzuje pompa ciepła typu powietrze/woda zasilana energią elektryczną i wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem wilgoci oraz dla wariantu 2B, który łączy pompę ciepła typu powietrze/woda z instalacją fotowoltaiczną oraz wentylację mechaniczną.

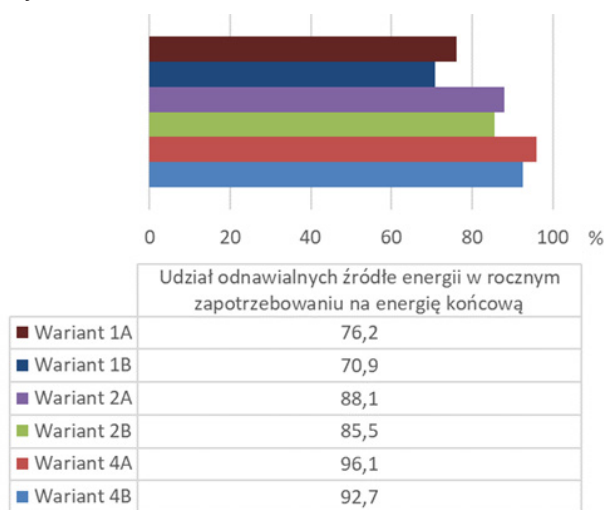
Ponadto, porównanie wskaźników EU i EK wykaże, który z wariantów ma największą sprawność instalacji. Im mniejsza różnica pomiędzy energią użytkową a końcową, tym systemy techniczne będą bardziej efektywne energetycznie. Również w tym przypadku, największą sprawność instalacji ma wariant 1B oraz 2B.

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną, EP jest najistotniejszy pod względem uzyskania pozwolenia na użytkowanie oraz ewentualnych dotacji. Na dzień dzisiejszy, maksymalna wartość EP = 70 kWh/(m<sup>2</sup>rok) (Minister Rozwoju i Technologii, 2022) lub EP = 55 kWh/(m<sup>2</sup>rok)



Rysunek 5. Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię: a) użytkową, b) końcową oraz c) pierwotną w zależności od wybranego wariantu. Źródło: opracowanie własne

Figure 5. Annual energy demand indicator: a) usable, b) final, and c) primary, depending on the selected option. Source: authors' own study



Rysunek 6. Udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową w zależności od wybranego wariantu. Źródło: opracowanie własne

Figure 6. The share of renewable energy sources in the annual final energy demand depending on the selected variant. Source: authors' own study

dla wymagań programu „Moje ciepło” (NFOŚiGW, 2022). Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń oraz Rysunku 5, wymagania techniczne (Minister Rozwoju i Technologii, 2022) zostały spełnione przez cztery warianty:

- wariant 2A uwzględniający pompę ciepła typu powietrze/woda wspomaganą instalacją fotowoltaiczną wraz z wentylacją grawitacyjną,
- wariant 2B uwzględniający pompę ciepła typu powietrze/woda wspomaganą instalacją fotowoltaiczną wraz z wentylacją mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem wilgoci,
- wariant 4A uwzględniający kocioł na biomasę i wentylację grawitacyjną,
- wariant 4B uwzględniający kocioł na biomasę i wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem wilgoci.

Kluczowym czynnikiem mającym wpływ na wartość końcową wskaźnika EP dla analizowanego budynku był rodzaj zastosowanego nośnika energii. W wariantach 2, instalacja fotowoltaiczna pozwoliła obniżyć współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie energii dla systemów technicznych ( $w_i$ ) z 2,5 dla pompy ciepła zasilanej energią elektryczną do 0,0

Tabela 3. Jednostkowa wielkość emisji CO<sub>2</sub> w zależności od wybranego wariantu. Źródło: opracowanie własne

Wariant	Jednostkowa wielkość emisji CO <sub>2</sub> , t CO <sub>2</sub> /(m²rok)
1A	0,02820
1B	0,02098
2A	0,01410
2B	0,01049
3A	0,04182
3B	0,03100
4A	0,00265
4B	0,00344

dla pompy ciepła wspomaganą instalacją fotowoltaiczną. W wariantach 4, zastosowanie kotła na biomasę przyczyniło się do zmniejszenia wartości wskaźnika EP z uwagi na fakt, iż współczynnik  $w_i$  dla biomasy wynosi 0,20. W przypadku pozostałych wariantów powodem niespełnienia wymagań był:

- 100% udział energii elektrycznej systemowej do zasilania pompy ciepła;  $w_i = 2,5$ ,
- zerowy udział odnawialnych źródeł energii,
- wysoka wartość współczynnika  $w_i$  dla gazu ziemnego,  $w_i = 1,10$ .

Na Rysunku 6 przedstawiono udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową. Parametr ten jest konieczny do podania w świadectwie charakterystyki energetycznej, co wynika z nowelizacji metodologii ws. ŚChE (Minister Rozwoju i Technologii, 2023).

## Analiza ekologiczna

Wśród danych zawartych w świadectwie charakterystyki energetycznej znajduje się także informacja o jednostkowej wielkości emisji dwutlenku węgla w ciągu roku na jednostkę powierzchni budynku. W Tabeli 3 zestawiono jednostkową wielkość CO<sub>2</sub> dla wszystkich wariantów.

Całkowita jednostkowa emisja CO<sub>2</sub> była najniższa w przypadku wariantu numer 4A, czyli kotła spalającego biomasę i wentylacji grawitacyjnej (patrz Tabela 5). Wynika to z faktu, że jednostkowy wskaźnik emisji dla biomasy

**Tabela 4.** Zużycie nośników energii w zależności od wybranego wariantu dla którego  $EP \leq 70$  kWh/(m<sup>2</sup>rok). Źródło: opracowanie własne

**Table 4.** Consumption of energy carriers depending on the selected variant for which  $EP \leq 70$  kWh/(m<sup>2</sup>year). Source: authors' own study

Wariant	Rodzaj nośnika energii	Zużycie nośnika na potrzeby ogrzewcze budynku	Zużycie nośnika na potrzeby przygotowania c.w.u.	Sumaryczne zużycie nośnika
2A	Energia elektryczna, kWh/rok	1818,0	626,8	2 444,8
	Energia słoneczna, kWh/rok	1818,0	626,8	2 444,8
2B	Energia elektryczna, kWh/rok	1 132,21	626,8	1 759,01
	Energia słoneczna, kWh/rok	1 132,21	626,8	1 759,01
4A	Biomasa, kg/rok	3677,5	1558,4	5 235,9
	Energia elektryczna, kWh/rok	668,4	262,5	930,9
4B	Biomasa, kg/rok	1981,3	1558,4	3 539,7
	Energia elektryczna, kWh/rok	946,8	262,5	1 209,3

**Tabela 5.** Całkowita emisja zanieczyszczeń w budynku w zależności od wybranego wariantu dla którego  $EP \leq 70$  kWh/(m<sup>2</sup>rok). Źródło: opracowanie własne

**Table 5.** Total pollutant emissions in the building depending on the selected variant for which  $EP \leq 70$  kWh/(m<sup>2</sup>year). Source: authors' own study

Wariant	Całkowita emisja zanieczyszczeń w budynku, kg/rok				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Pył
2A	1,06	1,11	0,63	1674,69	0,04
2B	0,79	0,82	0,47	1246,39	0,03
4A	1,35	7,20	30,87	10819,48	0,96
4B	1,16	5,13	21,02	7711,75	0,66

uznawany jest za równy zero, gdyż podczas jej spalania uwalnia się do atmosfery CO<sub>2</sub>, które następnie jest absorbowane przez rośliny w procesie fotosyntezy. W związku z tym, biomasa traktowana jest jako neutralna dla środowiska naturalnego. Wartość emisji dla wariantu 4A podana w Tabeli 3 dotyczy urządzeń pomocniczych niezbędnych do prawidłowej pracy instalacji, napędzanych energią elektryczną systemową.

Podsumowując, charakterystyka energetyczna budynku polega na analizie wskaźników energii użytkowej, końcowej i nieodnawialnej energii pierwotnej, jednak najważniejszym z wskaźników jest wskaźnik EP. W przypadku analizowanego budynku, najlepszym wariantem okazał się budynek z pompą ciepła typu powietrze/woda wspomagany instalacją fotowoltaiczną oraz z systemem wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem wilgoci (wariant 2B). Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną wyniósł zaledwie 38,3 kWh/(m<sup>2</sup>rok), natomiast całkowita jednostkowa wielkość emisji CO<sub>2</sub> jest równa 0,01410 t CO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>rok).

Uzyskanie tak niskiego wskaźnika EP jest możliwe poprzez zastosowanie wysokosprawnych systemów technicznych współpracujących z instalacjami odnawialnych źródeł energii. Dzięki temu budynek charakteryzuje się wysoką efektywnością energetyczną oraz niewielkim wpływem na środowisko. Kwalifikuje się także do dofinansowania z programu „Moje ciepło” oraz „Mój prąd” (wymagane  $EP \leq 55$  kWh/(m<sup>2</sup>rok)).

Ponadto, w ramach efektu ekologicznego, analizie pod-

dano zużycie nośników energii na potrzeby ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz inne emisje zanieczyszczeń uwalnianych do atmosfery. Analizę przeprowadzono wyłącznie dla wariantów, które uzyskały wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną  $EP \leq 70$  kWh/(m<sup>2</sup>rok) (Rysunek 6) czyli dla tych, które spełniają aktualne wymagania Warunków Technicznych (Minister Rozwoju i Technologii, 2015).

W Tabeli 5 przedstawiono zużycie nośników energii w podziale na potrzeby ogrzewcze i przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku. Zestawienie zużycia wskazuje, iż nośniki energii wykorzystywane są głównie w celach ogrzewczych. Ponadto, należy zauważyć, że zużycie nośnika uzależnione jest bezpośrednio od rodzaju i sprawności źródła ciepła oraz zastosowanego systemu wentylacji. W wyniku użytkowania systemów technicznych w budynkach, do powietrza przedostają się zanieczyszczenia, wśród których należy wymienić dwutlenki siarki, tlenki azotu, tlenki węgla, dwutlenek węgla oraz pył.

Tabela 5 potwierdza, że wykorzystanie nowoczesnych systemów przyczynia się do redukcji ilości zanieczyszczeń powstających w trakcie eksploatacji budynku. Wykorzystanie wentylacji mechanicznej w połączeniu z efektywnym źródłem energii, jakim jest pompa ciepła zmniejsza ilość negatywnych substancji uwalnianych do atmosfery. Wśród przedstawionych rodzajów zanieczyszczeń, największy udział w bilansie końcowym stanowi dwutlenek węgla. Należy jednak pamiętać o tym, iż w przypadku kotłów spalających biomasę, emisja CO<sub>2</sub> uważana jest za zerową, pomimo tego, że przekracza ona kilkukrotnie rozwiązanie alternatywne. Dodatkowo, kotły na biomasę emitują pyły, które wpływają na jakość powietrza zewnętrzne.

## Analiza ekonomiczna

W niniejszej części przeanalizowano orientacyjne koszty inwestycyjne i eksploatacyjne związane z realizacją wariantów 2A, 2B, 4A oraz 4B. Moc poszczególnych źródeł ciepła dobrano na podstawie otrzymanych wyników obciążenia cieplnego budynku dla każdego z wariantów oraz przy uwzględnieniu zapotrzebowania na cele c.w.u. Ceny pomp ciepła odnoszą się do średniej klasy urządzeń. W Ta-

**Tabela 6.** Orientacyjne koszty inwestycyjne związane z realizacją wariantów 2A, 2B, 4A, 4B. Źródło: opracowanie własne  
**Table 6.** Approximate investment costs related to the implementation of scenarios 2A, 2B, 4A, 4B. Source: authors' own study

Wariant	Rodzaj przedsięwzięcia	Kwota brutto, zł
2A	Zakup i montaż pompy ciepła typu powietrze/woda o mocy 12 kW i klasie A++	58 800,00
	Zakup i montaż instalacji fotowoltaicznej o mocy do 5 kWp	25 000,00
	Zakup i montaż zbiornika kombinowanego o pojemności 300/200	7 500,00
	<b>Razem</b>	<b>91 300,00</b>
2B	Zakup i montaż pompy ciepła typu powietrze/woda o mocy 10 kW i klasie A++	40 000,00
	Zakup i montaż instalacji fotowoltaicznej o mocy do 5 kWp	25 000,00
	Zakup i montaż zbiornika kombinowanego o pojemności 300/200	7 500,00
	Zakup i montaż rekuperatora obrotowego	12 700,00
	<b>Razem</b>	<b>85 200,00</b>
4A	Zakup i montaż kotła na pellet o mocy 20 kW	33 000,00
	Zakup i montaż zbiornika kombinowanego o pojemności 300/200	7 500,00
	<b>Razem</b>	<b>40 500,00</b>
4B	Zakup i montaż kotła na pellet o mocy 20 kW	33 000,00
	Zakup i montaż zbiornika kombinowanego o pojemności 300/200	7 500,00
	Zakup i montaż rekuperatora obrotowego	12 700,00
	<b>Razem</b>	<b>53 200,00</b>

beli 6 przedstawiono koszty inwestycyjne jakie należy ponieść w celu realizacji wariantów spełniających aktualnie obowiązujące warunki techniczne. W zestawieniu cenowym przedstawiono nowoczesne rozwiązanie, jakim jest zbiornik kombinowany łączący w sobie zbiornik ciepłej wody użytkowej i buforowy. Instalacja ta współpracuje zarówno z pompami ciepła, jak i kotłami c.o. Koszt inwestycyjny instalacji wentylacji mechanicznej przedstawiony w Tabeli 6 nie odzwierciedla pełnych nakładów finansowych, gdyż obejmuje wyłącznie różnicę kosztów pomiędzy instalacją wentylacji mechanicznej a grawitacyjnej.

Koszt inwestycyjny danego wariantu, uzależniony jest między innymi od rodzaju i mocy źródła ciepła w budynku. Dodatkowo, nakład finansowy jaki należy ponieść na zakup i montaż instalacji fotowoltaicznej jest znaczny w całkowitym rozrachunku. W związku z czym, rozwiązania wykorzystujące pompę ciepła i współpracujące z instalacją PV wyróżniają się znacząco kosztem realizacji na tle pozostałych wariantów. W następstwie takiej sytuacji, uruchomiono programy dofinansowujące wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w gospodarstwach domo-

**Tabela 7.** Kwoty dofinansowań do mikroinstalacji PV oraz dodatkowych urządzeń (NFOSŚiGW, 2019)

**Table 7.** Subsidies for PV micro-installations and additional devices (NFOSŚiGW, 2019)

Grupa wnioskodawców	Rodzaj przedsięwzięcia	Maksymalna kwota dotacji, zł
1, 2, 3	Instalacja PV zgłoszona do przyłączenia do dn. 31.07.2024 r. o mocy od 2 do 10 kW	6 000,00
1, 2	Instalacja PV zgłoszona do przyłączenia od dn. 01.08.2024 r. o mocy od 2 do 20 kW + urządzenie dodatkowe	7 000,00
1, 2, 3	Magazyn energii elektrycznej o pojemności min. 2 kWh, przy czym cena zakupu i montażu 1 kWh nie może przekroczyć 6 tys. zł	16 000,00
1, 2, 3	Magazyn ciepła o pojemności min. 20 dm <sup>3</sup>	5 000,00
Dodatkowo, do jednej mikroinstalacji można zgłosić wyłącznie jeden magazyn energii i/lub magazyn ciepła		

wych. W dalszej części analizy kosztów inwestycyjnych uwzględniono dotacje, jakie można uzyskać w ramach programu „Mój Prąd” oraz „Moje Ciepło” przy spełnieniu określonych warunków zawartych w regulaminie (patrz Tabela 7 i 8). Analiza ustanowionych wymagań wykazała, że dotacje ze wspomnianych programów uzyska wyłącznie wariant 2A oraz 2B. Co więcej, programy te mogą się łączyć. Warunki jakie spełniono w celu otrzymania środków finansowych z programu „Mój Prąd” są następujące:

- instalacja PV zgłoszona do przyłączenia od dn. 01.08.2024 r. o mocy od 2 do 20 kW + urządzenie dodatkowe,
- magazyn ciepła o pojemności min. 20 dm<sup>3</sup>.

Warianty 2A oraz 2B zakwalifikowały się także do otrzymania subwencji, z uwagi na to, iż budynek wyposażono w instalację fotowoltaiczną o mocy 5 kWp oraz magazyn ciepła o pojemności 30 dm<sup>3</sup> w postaci zbiornika kombinowanego, na zakup którego otrzymywane jest wsparcie finansowe. Kwota dotacji dla poszczególnych przedsięwzięć została przedstawiona w Tabeli 7 i dla analizowanych wariantów bezzwrotna pomoc finansowa wyniesie 12 000,00 zł. Dofinansowaniu nie podlegają magazyny ciepła, które są zasilane poprzez kotły na paliwo stałe, dlatego warianty 4A i 4B pozostają bez wsparcia.

Środki finansowe z programu „Moje Ciepło” otrzyma także budynek z systemem technicznym w wariantach 2A i 2B, ponieważ spełnił trzy kluczowe warunki, tj.:

- nowy budynek, wybudowany po 01.01.2021 r.,
- podwyższony standard energetyczny EP ≤ 55 kWh/(m<sup>2</sup>rok),
- brak źródła ciepła na paliwo stałe.

Kwota dofinansowania udzielana w programie (Tabela 9) dla pomp ciepła typu powietrze/woda w systemie centralnym wyniesie 7 000,00 zł. W związku z powyższym, łączna kwota przypadająca na każdy z wariantów 2A i 2B wyniesie 19 000,00 zł.

Tabela 8. Kwota dofinansowania udzielana w programie „Moje Ciepło” (NFOŚiGW, 2019)

Table 8. The amount of funding provided under the "Moje Ciepło" program (NFOŚiGW, 2019)

Rodzaj pompy ciepła	Typ	Dofinansowanie w formie dotacji		
		Procentowy udział w kosztach kwalifikowanych	Procentowy udział w kosztach kwalifikowanych dla osób fizycznych posiadających kartę dużej rodziny	Nie więcej niż, zł
Gruntowe	X	do 30%	do 45%	21 000
Powietrzne	Typu powietrze-powietrze w systemie centralnym	do 30%	do 45%	7 000
	Typu powietrze-woda	do 30%	do 45%	7 000

Tabela 9. Koszty inwestycyjne związane z realizacją wariantów 2A, 2B, 4A, 4B po uzyskaniu dotacji. Źródło: opracowanie własne

Table 9. Investment costs related to the implementation of variants 2A, 2B, 4A, 4B after obtaining the subsidy. Source: authors' own study

Wariant	Koszt inwestycyjny, zł	Kwota dotacji, zł	Koszt inwestycyjny z otrzymanym dofinansowaniem, zł
2A	91 300,00	19 000,00	82 300,00
2B	85 200,00	19 000,00	76 200,00
4A	40 500,00	0,00	40 500,00
4B	53 200,00	0,00	53 200,00

W Tabeli 9 zestawiono koszty inwestycyjne po otrzymaniu dofinansowania dla rozwiązań alternatywnych.

Koszt inwestycyjny związany z realizacją wariantów wykorzystujących pompę ciepła, spadł o około 20% w chwili otrzymania pełnego finansowania. Pomimo udzielonego wsparcia, koszt realizacji tych systemów jest ponad dwukrotnie większy niż w przypadku zakupu i montażu kotła na biomase. Oznacza to, że proekologiczne instalacje wymagają dużych nakładów środków finansowych. Z tego też tytułu, osoby stojące przed wyborem systemu ogrzewania i przygotowania c.w.u., analizują także wydatki związane

z eksploatacją danego systemu oraz jego dostępnością. W związku z tym, w Tabeli 10 przedstawiono koszty eksploatacyjne, jakie należy ponieść w przypadku realizacji danego rozwiązania w roku kalendarzowym. W wariantach 2A oraz 2B przedstawiono średni koszt 1kWh energii elektrycznej przy założeniu, że tylko 20% energii pochodzi z sieci elektroenergetycznej, a pozostała część zostanie wytworzona przez instalację PV.

Tabela 10 wskazuje, że roczne koszty eksploatacyjne pomp ciepła, które współpracują z instalacją fotowoltaiczną są zdecydowanie mniejsze niż w przypadku kotłów na biomase. Gospodarstwa domowe, które podjęły decyzję o realizacji takiego systemu technicznego są w mniejszym stopniu uzależnione od zmieniających się cen energii. Wynika to z faktu, że pompa ciepła, aby móc działać, potrzebuje energii elektrycznej, nawet wtedy, gdy zasilana jest energią wyprodukowaną przez panele fotowoltaiczne. Jednak produkcja zielonej energii przez instalacje PV pozwala zmniejszyć udział energii elektrycznej pobieranej z sieci i tym samym obniża koszty związane z eksploatacją. Kolejną przeważającą zaletą pomp ciepła jest ich bezobsługowość. W przypadku kotłów na biomase, należy pamiętać o zapewnieniu i uzupełnianiu materiału wsadowego, a także o usuwaniu popiołu i regularnych czyszczeniach oraz przeglądach. Omówione powyżej zależności i koszty wpływają na wybór systemów technicznych wykorzystywanych w budynkach jednorodzinnych, jednak ostateczna decyzja należy do inwestora.

Tabela 10. Roczny koszt eksploatacyjny wariantów 2A, 2B, 4A oraz 4B. Źródło: opracowanie własne

Table 10. Annual operating cost of scenarios 2A, 2B, 4A and 4B. Source: authors' own study

Wariant	Rodzaj nośnika energii	Zużycie nośnika c.o. + c.w.u.	Koszt jednostkowy zakupu, zł	Koszt całkowity, zł
2A	Energia elektryczna, kWh/rok	1818,00 + 626,8	1,32	2 444,8
	<b>Razem</b>			<b>2 444,8</b>
2B	Energia elektryczna, kWh/rok	1 132,21 + 626,8	1,32	1 759,01
	<b>Razem</b>			<b>1 759,01</b>
4A	Biomasa, t/rok	5,236	1500,00	7 853,85
	Energia elektryczna, kWh/rok	930,9	1,32	578,27
	<b>Razem</b>			<b>8 432,12</b>
4B	Biomasa, t/rok	3,540	1500,00	5 305,05
	Energia elektryczna, kWh/rok	1209,3	1,32	751,21
	<b>Razem</b>			<b>6 056,26</b>

Ponadto, porównując wariant o najniższym wskaźniku EP i EK (wariant 2B; EP = 38,3 kWh/m<sup>2</sup>rok; EK = 30,7 kWh/m<sup>2</sup>rok) z tym o najwyższym (wariant 4A; EP = 57,8 kWh/m<sup>2</sup>rok, EK = 139,4 kWh/m<sup>2</sup>rok) okazuje się, że prosty czas zwrotu nakładów poniesionych na inwestycję w rozwiązania alternatywne uwzględniające OZE wyniesie poniżej 6 lat:

$$SPBT = \frac{76\,200,00 - 40\,500,00}{8\,432,12 - 1959,01} = \frac{35\,700,00}{6473,11} = 5,52 \approx 6 \text{ lat}$$

Wynika to przede wszystkim z niewielkiego zapotrzebowania na energię użytkową (to, za co płaci użytkownik). Ciekawym spostrzeżeniem jest fakt, że wariant, który został wykluczony ze względu na zbyt wysoką wartość wskaźnika EP – wariant 1B (EP = 76,7 kWh/m<sup>2</sup>rok > 70 kWh/m<sup>2</sup>rok) ma bardzo niskie zapotrzebowanie na energię końcową, EK = 30,7 kWh/m<sup>2</sup>rok, zatem spodziewane koszty eksploatacyjne będą również niewielkie.

## Wnioski praktyczne dla projektantów

Zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła pozwoliło ograniczyć wartość wskaźnika EU o około 40% w porównaniu z wentylacją grawitacyjną. Najkorzystniejsze parametry energetyczne uzyskano dla wariantu z pompą ciepła, instalacją fotowoltaiczną i rekuperacją, dla którego wskaźnik EP osiągnął poziom 38,3 kWh/(m<sup>2</sup>rok), spełniając z dużym zapasem wymagania WT (EP ≤ 70 kWh/(m<sup>2</sup>rok)). Zastosowanie OZE umożliwiło obniżenie wartości EK o ponad 50% oraz redukcję rocznych kosztów eksploatacyjnych o kilkadziesiąt procent w porównaniu do wariantów tradycyjnych. Analiza ekonomiczna wykazała, że mimo wyższych kosztów inwestycyjnych, ze względu na programy dofinansowujące, czas zwrotu poniesionych nakładów jest relatywnie krótki i wynosi kilka lat, co potwierdza zasadność ekonomiczną zastosowanych rozwiązań alternatywnych.

## Bibliografia

- NFOŚiGW. (2019). *Mój Prąd. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej*. Strona programu Mój Prąd <https://mojprad.gov.pl> (Dostęp z 28.11.2025)
- NFOŚiGW. (2022). *Moje Ciepło. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej*. <https://moje-cieplo.gov.pl> (Dostęp z 28.11.2025)
- GUS. (2024). *Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2022 i 2023. Główny Urząd Statystyczny*. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/gospodarka-paliwowo-energetyczna-w-latach-2022-i-2023>
- GUS. (2025). *Energia 2025. Główny Urząd Statystyczny*. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-2025> (Dostęp z 28.11.2025)
- Minister Infrastruktury i Rozwoju. (2015). Rozporządzenie z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015 poz. 376)
- Minister Rozwoju i Technologii. (2022). Obwieszczenie z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2022 poz. 1225).
- Minister Rozwoju i Technologii. (2023). Rozporządzenie zmieniające rozporządzenie w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. 2023 poz. 697). <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20230000697>
- PGE. (2025). Oferta taryfowa dla domu. PGE Polska Grupa Energetyczna <https://www.gkpge.pl/dla-domu/oferta/oferta-taryfowa> (Dostęp z 28.11.2025)
- PKN. (1983). PN-83/B-03430/Az3:2000: Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Warszawa. *Polski Komitet Normalizacyjny*.

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0*.

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license*.



POLSKIE ZRZESZENIE  
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW  
SANITARNYCH

## Certyfikacja kwalifikacji zawodowych PZITS

PZITS prowadzi proces **certyfikacji serwisantów małych oczyszczalni ścieków**, obejmujący weryfikację wiedzy i umiejętności przed komisją. Pozytywna ocena skutkuje wpisem na oficjalną listę certyfikowanych specjalistów.

Szczegóły: [www.pzits.pl/mos](http://www.pzits.pl/mos)