

Niedoskonałości metod obliczeniowych i informacyjnych świadectw charakterystyki energetycznej budynków

Imperfections of calculation and information methods of building energy performance certificates

ŁUKASZ TRZCIŃSKI, MICHAŁ TURSKI

DOI: 10.17512/INSTAL.2026.08.03

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP pełni w polskim systemie oceny energetycznej budynków funkcję regulacyjną i informacyjną. Stanowi kryterium zgodności z wymaganiami warunków technicznych oraz główny parametr prezentowany w świadectwie charakterystyki energetycznej. Taka kumulacja funkcji powoduje napięcie metodologiczne, ponieważ EP opisuje obciążenie budynku nieodnawialną energią pierwotną, lecz nie zawsze informuje użytkownika o zużyciu energii końcowej, kosztach eksploatacji oraz komforcie cieplnym. Celem artykułu jest wykazanie niedoskonałości obecnej metodyki oceny energetycznej budynków oraz wskazanie, że projektowane zmiany warunków technicznych z 9 czerwca 2025 r., mimo zaostreżenia części wymagań, nie usuwają problemów związanych z konstrukcją EP, oceną chłodzenia, oświetlenia i realnej eksploatacji. W budynku mieszkalnym bez instalacji chłodzenia składowa ΔEPC może wynosić zero, a składowa oświetlenia wbudowanego ΔEPL nie wpływa na wynik. W artykule przeanalizowano dwa przykłady obliczeniowe. W pierwszym budynku o słabej charakterystyce cieplnej i $EK = 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ przy ogrzewaniu gazem ziemnym uzyskał $EP = 198,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Po przypisaniu 80% bilansu do biomasy i 20% do gazu, EP spadło do $68,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Redukcja wyniosła $129,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, czyli 65,5%, mimo braku poprawy izolacyjności, stolarki, szczelności i zapotrzebowania na energię końcową. W drugim przykładzie budynek o $EP = 70,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ po zastosowaniu instalacji fotowoltaicznej uzyskał $EP = 65,55 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, co oznacza spadek o $4,45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, czyli 6,4%. Wynika to z faktu, że w budynkach mieszkalnych energia elektryczna zużywana przez urządzenia domowe i oświetlenie nie jest uwzględniana w obliczeniach świadectwa. Wyniki potwierdzają, że niski EP nie musi oznaczać niskiego zużycia energii końcowej ani wysokiej jakości użytkowej budynku. Świadectwo powinno być uzupełniane o wskaźniki ryzyka przegrzewania, zapotrzebowania na chłodzenie, energii końcowej i scenariusza eksploatacji. Słowa kluczowe: świadectwo charakterystyki energetycznej, EP, energia pierwotna, warunki techniczne, chłodzenie, przegrzewanie, biomasa, optymalizacja formalna, wartość informacyjna świadectwa

The annual non-renewable primary energy demand indicator EP performs both a regulatory and an informational function in the Polish system for assessing the energy performance of buildings. It is a criterion for compliance with the technical requirements and the main parameter presented in the energy performance certificate. This accumulation of functions creates methodological tension, because EP describes the building's burden in terms of non-renewable primary energy, but it does not always inform the user about final energy consumption, operating costs, or thermal comfort. The aim of the article is to demonstrate the imperfections of the current methodology for assessing the energy performance of buildings and to indicate that the proposed amendments to the technical requirements of 9 June 2025, despite tightening some requirements, do not eliminate the problems related to the structure of EP, the assessment of cooling, lighting, and actual operation. In a residential building without a cooling system, the ΔEPC component may be equal to zero, while the built-in lighting component ΔEPL does not affect the result. The article analyses two calculation examples. In the first example, a building with poor thermal performance and $EK = 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$, heated with natural gas, obtained $EP = 198.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$. After assigning 80% of the energy balance to biomass and 20% to gas, EP decreased to $68.4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$. The reduction amounted to $129.6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$, i.e. 65.5%, despite no improvement in insulation, windows and doors, airtightness, or final energy demand. In the second example, a building with $EP = 70.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$, after the application of a photovoltaic installation, obtained $EP = 65.55 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$, which means a decrease of $4.45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$, i.e. 6.4%. This results from the fact that, in residential buildings, the electricity used by household appliances and lighting is not included in the calculations for the energy performance certificate. The results confirm that a low EP value does not necessarily indicate low final energy consumption or high building performance in use. The energy performance certificate should therefore be supplemented with indicators of overheating risk, cooling demand, final energy demand, and the operational scenario.

Keywords: energy performance certificate, EP, primary energy, technical requirements, cooling, overheating, biomass, formal optimization, informational value of the certificate

Łukasz Trzciniński ORCID: 0000-0002-6064-2633, Autor korespondencyjny: e-mail: trzcinskilukasz1614@gmail.com, Michał Turski ORCID: 0000-0002-4341-3062, Wydział Infrastruktury i Środowiska, Politechnika Częstochowska, ul. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa, e-mail: michal.turski@pcz.pz

Data zgłoszenia: 8.05.2026. Data przyjęcia: 4.07.2026. Data publikacji: 26.08.2026.

Wprowadzenie

Świadectwo charakterystyki energetycznej budynku jest dokumentem, który określa wielkość zapotrzebowania na energię niezbędną do zaspokojenia potrzeb związanych z użytkowaniem budynku, głównie na potrzeby ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, chłodzenia, a w przypadku budynków niemieszkalnych również oświetlenia [1, 2]. Zgodnie z obowiązującym wzorem świadectwa dokument prezentuje między innymi wskaźniki EU, EK i EP, jednostkową wielkość emisji CO₂ oraz udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową [1, 2]. Już sam zakres informacji pokazuje, że świadectwo nie jest prostym zestawieniem rachunków za energię, lecz ustandaryzowaną oceną energetyczną budynku sporządzaną zgodnie z określoną metodyką. Znaczenie tego dokumentu jest dziś istotne, ponieważ świadectwo funkcjonuje jednocześnie w obrocie prawnym, projektowym i rynkowym [1, 3]. Jest ono wymagane przy sprzedaży, najmie i uzyskaniu pozwolenia na użytkowanie, a pośrednio bywa także traktowane jako skrócony opis jakości energetycznej obiektu. Z tego powodu sposób konstruowania wskaźników w świadectwie ma znaczenie nie tylko formalne, lecz także poznawcze i ekonomiczne [4]. Odbiorca dokumentu oczekuje bowiem nie tyle abstrakcyjnej zgodności z obecnym trendem energetycznym, ile możliwie wiarygodnej odpowiedzi na pytanie, czy budynek będzie tani w użytkowaniu, odporny na przegrzewanie i racjonalny energetycznie w codziennej eksploatacji.

Podstawowy problem polega na tym, że świadectwo charakterystyki energetycznej oraz wymagania warunków technicznych korzystają z tego samego centralnego parametru, czyli wskaźnika EP [5, 2]. Taki zabieg porządkuje system i upraszcza ocenę formalną, lecz równocześnie miesza dwie różne logiki. Pierwsza logika jest regulacyjna i służy egzekwowaniu polityki energetycznej oraz promowaniu określonych technologii i nośników energii. Druga logika jest informacyjna i powinna odpowiadać na pytanie, jak budynek będzie się zachowywał w praktyce. Właśnie na styku tych dwóch funkcji pojawiają się najważniejsze niedoskonałości obecnego modelu.

Problematyka ograniczeń metodyki wyznaczania charakterystyki energetycznej budynków była podejmowana również w polskiej literaturze branżowo-naukowej. Koczergo i Niemyjski [6] wskazali, że możliwość spełnienia wymagań WT2021 w zakresie wskaźnika EP jest silnie uzależniona od zastosowanego źródła ciepła, rodzaju nośnika energii oraz wartości

współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej w_p . Oznacza to, że wynik EP nie zależy wyłącznie od jakości energetycznej obudowy budynku, lecz także od formalnie przyjętego sposobu zasilania budynku energią. Ner i Szulgowska-Zgrzywa [7] wykazały natomiast, że wartość wskaźnika EP może istotnie zmieniać się w zależności od przyjętych danych klimatycznych oraz metody wyznaczania sezonowej efektywności pompy ciepła SCOP. W analizowanym budynku jednorodzinnym zastosowanie nowszych danych klimatycznych powodowało zmniejszenie zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji o 2,9-18,8%, a różnica wartości SCOP względem wartości rekomendowanych w metodologii mogła sięgać 54%. Wskazane prace potwierdzają więc, że krajowa literatura również zwraca uwagę na dużą wrażliwość wskaźnika EP na przyjęte założenia obliczeniowe, parametry źródła energii oraz dane wejściowe, co ogranicza jego wartość jako jednoznacznej informacji o rzeczywistej charakterystyce użytkowej budynku.

Wskaźnik EP jako narzędzie regulacyjne, a nie pełna informacja o budynku

W obowiązujących warunkach technicznych maksymalną wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP oblicza się według wzoru [5]:

$$EP = EPH + W + \Delta EPC + \Delta EPL$$

gdzie:

EP – całkowity wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną;

EPH + W – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej;

ΔEPC – cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia;

ΔEPL – cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia wbudowanego.

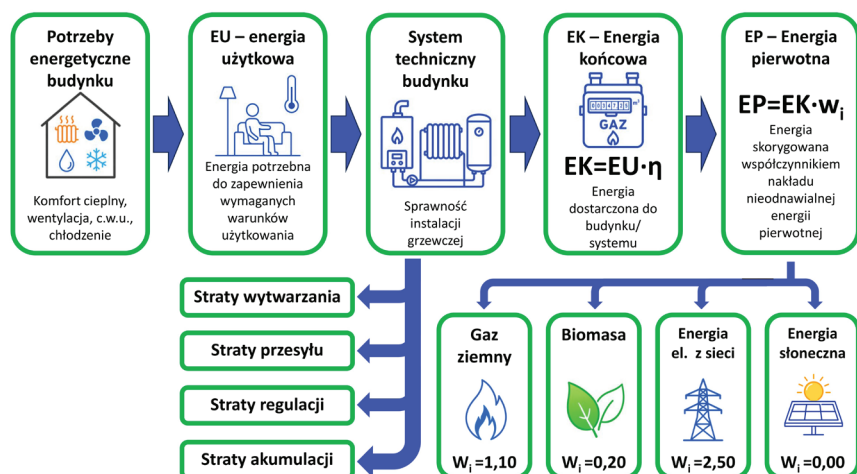
Ta sama konstrukcja została utrzymana w projekcie rozporządzenia z 9 czerwca 2025 r. [8]. Oznacza to, że zarówno obecny system, jak i projektowane zmiany nadal traktują wskaźnik EP jako sumę części odnoszących się do ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz dodatków dotyczących chłodzenia i oświetlenia. Sam schemat obliczeniowy nie został więc przebudowany, mimo że projekt wprowadza nowe wymagania jakościowe oraz zaostrza część progów liczbowych. Na poziomie polityki energetycznej taki model jest zro-

zumiały. Wskaźnik EP nie opisuje wyłącznie ilości energii dostarczanej do budynku, lecz uwzględnia również nakład nieodnawialnej energii pierwotnej związany z rodzajem nośnika energii. To właśnie dlatego ten sam budynek może uzyskać inną wartość EP przy tym samym zapotrzebowaniu użytkowym lub przy podobnej energii końcowej, jeżeli zmieni się źródło zasilania. W metodologii z 2023 r. dla biomasy przyjęto $w_i = 0,20$, dla gazu ziemnego $w_i = 1,10$, a dla energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej $w_i = 2,50$ [2]. Z punktu widzenia polityki klimatycznej oznacza to premiowanie nośników korzystniejszych systemowo. Z punktu widzenia użytkownika końcowego prowadzi to jednak do sytuacji, w której niski EP nie musi oznaczać również niskiego zużycia energii końcowej ani niskiego rachunku za eksploatację.

To rozróżnienie jest kluczowe, ponieważ w praktyce projektowej i rynkowej bardzo często dochodzi do utożsamiania niskiego EP z ogólną „energooszczędnością” budynku. Takie uproszczenie jest częściowo prawdziwe, ale niepełne. EP dobrze opisuje budynek jako element systemu energetycznego i narzędzie realizacji celów środowiskowych, lecz znacznie słabiej opisuje budynek jako produkt użytkowy oceniany przez przyszłego mieszkańca [9, 10-12]. Właśnie dlatego budynek może bardzo dobrze wypadać w logice regulacyjnej, a znacznie słabiej w logice codziennego użytkowania.

Dla lepszego zobrazowania zależności między energią użytkową, energią końcową i energią pierwotną na rysunku 1 przedstawiono uproszczony schemat przejścia od warunków użytkowania budynku do wskaźnika EP.

Celem artykułu jest wykazanie niedoskonałości obecnego sposobu wykorzystywania wskaźnika EP w świadectwach charakterystyki energetycznej oraz w ocenie zgodności budynków z wymaganiami technicznymi. Analiza koncentruje się na tych elementach metodyki, które mogą prowadzić do rozbieżności między formalnym wynikiem obliczeniowym a rzeczywistą jakością eksploatacyjną budynku. Aspekt nowości pracy polega na zestawieniu obecnej konstrukcji wskaźnika EP z kierunkiem projektowanych zmian regulacyjnych oraz wykazaniu, że samo zaostrzenie wymagań liczbowych nie usuwa podstawowych problemów metodycznych. Oznacza to, że nawet po zmianie przepisów możliwe będzie utrzymanie rozbieżności między formalną oceną energetyczną budynku, a jego rzeczywistą energochłonnością, komfortem letnim i prawdopodobnym sposobem użytkowania instalacji.



Rys. 1. Zależność między energią użytkową EU, energią końcową EK i energią pierwotną EP w ocenie charakterystyki energetycznej budynku

Fig. 1. Relationship between useful energy (EU), final energy (EK), and primary energy (EP) in the assessment of a building's energy performance

Konstrukcyjne ograniczenia obecnego modelu EP

Najważniejsza wada konstrukcyjna dotyczy chłodzenia. Warunki techniczne przewidują, że dla budynków mieszkalnych cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia jest uwzględniana wyłącznie wtedy, gdy budynek ma instalację chłodzenia [5]. W przeciwnym przypadku ΔEPC przyjmuje wartość $0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ [5, 8]. Projekt z 9 czerwca 2025 r. utrzymuje dokładnie tę samą zasadę [8]. Oznacza to, że formalny wynik EP może całkowicie pomijać problem zapotrzebowania na chłód budynku, jeżeli na etapie projektu nie uwzględniono w nim systemu chłodzenia.

Analogiczna luka dotyczy oświetlenia wbudowanego [5, 8]. W obowiązujących WT dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych i wielorodzinnych przyjęto $\Delta EPL = 0$. Tę samą zasadę utrzymuje projekt z 2025 r. W rezultacie budynek mieszkalny jest oceniany przez EP przede wszystkim przez pryzmat ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej, natomiast część energii elektrycznej pozostaje poza zasadniczym komunikatem wskaźnika [8]. Z formalnego punktu widzenia jest to logiczne, ponieważ przepisy zostały tak skonstruowane. Z informacyjnego punktu widzenia jest to jednak obraz niepełny.

Warto przy tym zauważyć, że sam projekt WT z 2025 r. pośrednio potwierdza istnienie tego problemu, ponieważ obok utrzymania tej samej konstrukcji EP wprowadza również obowiązek ograniczenia ryzyka przegrzewania budynku w okresie letnim [8, 13]. Gdyby sam wskaźnik EP w wystarczającym stopniu opisywał jakość budynku również w sezonie letnim, nie byłoby potrzeby wprowadzania dodatkowego wymagania jakościowego odnoszą-

cego się do przegrzewania. To bardzo ważny argument metodologiczny. Pokazuje on, że nawet ustawodawca dostrzega rozdział między spełnieniem progu EP a rzeczywistym problemem komfortu cieplnego w okresie letnim [8, 13-15].

Standaryzacja obliczeń i ograniczona wiarygodność eksploatacyjna świadectwa

Drugim zasadniczym źródłem niedoskonałości jest sama natura metody obliczeniowej. Zgodnie z objaśnieniami do wzoru świadectwa wartości obliczeniowej rocznej ilości zużywanego nośnika energii lub energii nie pozwalają wnioskować o rzeczywistym zużyciu energii w budynku, ponieważ mają charakter przybliżony [2]. W tej samej metodologii wskazano, że roczne zapotrzebowanie na energię końcową określa ilość energii, która powinna być dostarczona do budynku przy standardowym lub faktycznym sposobie użytkowania, przy uwzględnieniu strat systemowych. Oznacza to, że świadectwo jest z natury rzeczą dokumentem referencyjnym, a nie odwzorowaniem indywidualnego sposobu eksploatacji [2, 12, 16].

To rozróżnienie ma ogromne znaczenie praktyczne. Mieszkańcy różnią się liczbą domowników, temperaturą preferowaną zimą, sposobem przewietrzania, stosowaniem osłon przeciwsłonecznych, intensywnością przygotowania ciepłej wody, sposobem użytkowania urządzeń elektrycznych oraz gotowością do obsługi źródeł wymagających regularnej pracy ręcznej [17-21]. Świadectwo z konieczności pomija ten poziom zróżnicowania, ponieważ musi zachować porównywalność między budynkami. Problem nie polega więc na tym, że metoda jest błędna, lecz na tym, że jej wynik bywa

odczytywany jako bardziej „życiowy”, niż jest w rzeczywistości [17, 19, 16].

Jeszcze wyraźniej widać to przy energii użytkowej. Objaśnienia do świadectwa wskazują, że w przypadku ogrzewania energia użytkowa jest energią przenoszoną z budynku do otoczenia przez przenikanie i wentylację, pomniejszoną o zyski ciepła, a niskie wartości sygnalizują między innymi optymalne zarządzanie zyskami słonecznymi. Ten zapis jest z punktu widzenia fizyki budowlany poprawny, ale w praktyce otwiera pole do bardzo selektywnej optymalizacji projektu pod wynik obliczeniowy [5, 13]. Jeżeli można poprawić bilans zimowy poprzez zwiększenie zysków słonecznych, a jednocześnie nie ponieść pełnych konsekwencji letnich w wyniku EP, to model zaczyna premiować rozwiązania korzystne, lecz niekoniecznie najbardziej racjonalne w ujęciu całorocznym [15, 22-24].

Praktyki formalnej optymalizacji wyniku EP

W tym miejscu należy przejść od ogólnej krytyki modelu do mechanizmów, które w praktyce projektowej mogą prowadzić do wyniku „lepszego na papierze” niż w rzeczywistej eksploatacji. Nie chodzi tu koniecznie o fałszowanie świadectw ani o działanie sprzeczne z literalnym brzmieniem przepisów. Chodzi raczej o praktyki formalnej optymalizacji, które wykorzystują konstrukcję metody obliczeniowej do osiągnięcia korzystniejszego wyniku EP, nawet jeżeli przyjęte założenia są mało reprezentatywne dla późniejszego użytkowania budynku [17, 19, 20].

Maksymalizacja zysków słonecznych i jednocześnie pominięcie chłodzenia

Jednym z najbardziej czytelnych przykładów jest projektowanie bardzo dużych przeszkleń elewacji południowej w celu obniżenia zapotrzebowania na ciepło w modelu obliczeniowym. Skoro energia użytkowa dla ogrzewania jest pomniejszana o zyski ciepła, a objaśnienia metodologiczne wprost wskazują na znaczenie zarządzania zyskami słonecznymi, to zwiększenie zysków słonecznych w sezonie grzewczym może poprawiać wynik energetyczny budynku w obliczeniach [2]. Formalnie jest to zgodne z logiką modelu. Problem polega na tym, że ten sam zabieg projektowy może wywołać bardzo silny wzrost zysków ciepła w sezonie letnim [13-15, 23, 24].

Jeżeli jednak w takim budynku nie zostanie zaprojektowana instalacja chłodzenia, to zgodnie z obowiązującymi WT

oraz projektem WT z 2025 r. składowa ΔEPC przyjmuje wartość zero [5, 8]. Oznacza to, że budynek może zyskać w obliczeniach dzięki zimowym zyskom słonecznym, a nie utracić nic w liczbowym wyniku EP z tytułu przyszłego, prawdopodobnego przegrzewania latem. W konsekwencji możliwy jest budynek, który formalnie spełnia wymagania, lecz jego dobra ocena wynika tylko z tego, że model silniej nagradza zyski w sezonie grzewczym niż karze za letnie konsekwencje przy braku aktywnego chłodzenia. Takie rozwiązanie może więc prowadzić do pozornej poprawy charakterystyki energetycznej bez rzeczywistej poprawy całorocznej jakości użytkowej budynku.

W praktyce oznacza to, że budynek może zostać zaprojektowany tak, aby spełnić normy „na papierze”, choć z perspektywy użytkownika końcowego będzie wymagał intensywnego wietrzenia, rolet zewnętrznych, ograniczania zysków słonecznych albo późniejszego montażu klimatyzacji. Sam fakt, że projekt WT z 2025 r. wprowadza odrębne wymaganie ograniczenia ryzyka przegrzewania, potwierdza, iż problem jest realny i nie został rozwiązany przez sam wskaźnik EP [8, 13]. W tym sensie konstrukcja świadectwa pozostawia lukę, która może być wykorzystana do formalnie legalnej, lecz eksploatacyjnie wątpliwej optymalizacji budynku.

Deklarowanie dużego udziału biomasy w systemie ogrzewania

Drugim przykładem jest stosowanie układów hybrydowych, w których obok podstawowego źródła wygodnego eksploatacyjnie, na przykład kotła gazowego, wprowadzane jest źródło na biomasę, na przykład kominek z płaszczem wodnym, i przypisywany mu jest znaczny udział w pokryciu sezonowego zapotrzebowania na ciepło. Ponieważ metodologia przewiduje dla biomasy współczynnik $w_i = 0,20$, a dla gazu ziemnego $w_i = 1,10$, nawet częściowe przesunięcie udziału bilansowego w stronę biomasy może bardzo wyraźnie obniżyć wynik EP [2]. Mechanizm ten jest w pełni zrozumiały z punktu widzenia metody, ponieważ EP ma premiować nośniki mniej obciążające zasoby nieodnawialne.

Problem pojawia się wtedy, gdy zadeklarowany udział biomasy jest mało prawdopodobny z punktu widzenia realnego sposobu użytkowania. Kominek z płaszczem wodnym wymaga regularnej obsługi, dokładania paliwa, czyszczenia i stałego zaangażowania użytkownika [20, 21, 25]. Dla wielu gospodarstw domowych jest to rozwiązanie okazjonalne, a nie podstawowe źródło ciepła przez cały sezon. Jeżeli

jednak w modelu obliczeniowym przypisze się takiemu źródłu dominujący udział, a wygodnemu źródłu konwencjonalnemu udział mniejszy, to budynek może uzyskać bardzo korzystny wynik EP, mimo że w praktyce użytkownik przez większość czasu będzie ogrzewał budynek gazem [5, 20, 25, 26]. Wówczas świadectwo nie musi być formalnie błędne, ale opisuje raczej scenariusz optymalny dla modelu niż scenariusz najbardziej prawdopodobny eksploatacyjnie [17, 19, 20, 25].

To właśnie tutaj widać, że niedoskonałość nie wynika z jednego parametru, lecz z relacji między metodyką a zachowaniem użytkownika. Jeżeli model dopuszcza silne obniżenie EP na podstawie deklarowanego udziału źródła, którego stała i intensywna eksploatacja jest mało realna, to wynik świadectwa może stać się formalnie poprawny, ale poznawczo mylący. Tego typu praktyka nie musi naruszać przepisów, lecz może prowadzić do istotnej rozbieżności między charakterystyką obliczeniową a rzeczywistą charakterystyką użytkową budynku. Zjawisko to można interpretować jako przykład tzw. Energy Performance Gap, czyli luki między przewidywaną a rzeczywistą charakterystyką energetyczną budynku, której występowanie w budynkach mieszkalnych literatura wiąże między innymi z uproszczeniami modelowymi oraz rzeczywistym sposobem eksploatacji budynku [27].

Ograniczona wartość informacyjna świadectwa dla użytkownika końcowego

W konsekwencji opisanych mechanizmów świadectwo charakterystyki energetycznej w obecnym kształcie nie daje pełnej odpowiedzi na pytanie o przyszłe koszty użytkownika budynku. Pokazuje ono EU, EK, EP, emisję CO_2 i udział OZE, ale jednocześnie sama metodyka zastrzega, że uzyskane wartości nie pozwalają wprost wnioskować o rzeczywistym zużyciu energii [1, 2]. Oznacza to, że świadectwo należy interpretować jako dokument porównawczy i regulacyjny, a nie jako prostą prognozę rachunków. Jest to szczególnie istotne w budynkach mieszkalnych, gdzie poza zakresem głównej komunikacji EP pozostają istotne elementy codziennej konsumpcji energii elektrycznej oraz potencjalne późniejsze zużycie energii na chłodzenie, jeżeli użytkownik wprowadzi je po oddaniu budynku do użytkowania [2, 3, 16, 12].

Niski wskaźnik EP nie powinien więc być utożsamiany automatycznie z niskim kosztem eksploatacji, wysokim komfortem letnim ani małą całkowitą energochłonnością budynku [16, 28, 3]. Może on ozna-

czać dobrze zaprojektowaną obudowę, sprawny system techniczny i korzystny dobór nośnika energii, ale może też częściowo wynikać z założeń, które są mało reprezentatywne dla codziennego użytkowania. Im większa rozbieżność między scenariuszem obliczeniowym a zachowaniem rzeczywistym użytkowników, tym mniejsza praktyczna wartość informacyjna świadectwa jako dokumentu rynkowego.

Znaczenie projektu warunków technicznych z 9 czerwca 2025 r.

Projekt rozporządzenia warunków technicznych z 9 czerwca 2025 r., opublikowany w Rządowym Centrum Legislacji 13 czerwca 2025 r., pozostaje projektem otwartym i wdraża dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2024/1275 [8, 29]. W warstwie regulacyjnej projekt wprowadza istotne zmiany, w tym zaostrzenie części progów od 2030 r., na przykład obniżenie wartości EPH+W dla budynku mieszkalnego jednorodzinnego z 70 kWh do 63 kWh oraz dla budynku wielorodzinnego z 65 do 58. Wprowadza także pojęcia budynku o niskim zużyciu energii oraz budynku bezemisyjnego, a ponadto nakazuje ograniczenie ryzyka przegrzewania budynku w okresie letnim [8]. Jednocześnie sama zmiana progów EP nie rozstrzyga kwestii uwzględniania energii odnawialnej w bilansie energetycznym budynku. Zarówno dokumenty Komisji Europejskiej dotyczące wdrażania dyrektywy EPBD, jak i opracowania REHVA odnoszące się do granicy bilansowej i rozliczania energii odnawialnej, podkreślają znaczenie jednoznacznego określenia, czy energia odnawialna jest wytwarzana na miejscu, w pobliżu budynku, w ramach społeczności energetycznej czy dostarczana z zewnętrznego systemu [30, 31]. Energia wytworzona i zużyta na miejscu zmniejsza bowiem zapotrzebowanie na energię dostarczaną przez granicę bilansową, natomiast energia pochodząca spoza tej granicy powinna być oceniana z wykorzystaniem odpowiednich współczynników nakładu. W efekcie przyszłe wymagania dotyczące EP będą zależeć nie tylko od zaostrzonych wartości granicznych, lecz również od przyjętych zasad bilansowania energii odnawialnej.

Z punktu widzenia niniejszej analizy zasadnicze jest jednak to, że projekt nie zmienia podstawowej logiki wskaźnika EP [8]. Utrzymuje ten sam wzór, utrzymuje zerowanie składowej chłodzenia przy braku instalacji chłodzenia i utrzymuje zerową składową oświetlenia w budynkach mieszkalnych [8]. Oznacza to, że projekt zaostrza wymagania, ale nie usuwa podstawowej luki informacyjnej świadectwa.

Nadal możliwa pozostaje sytuacja, w której budynek spełnia coraz bardziej wymagające progi formalne, lecz wynik ten nie daje pełnej informacji o jego realnej całorocznej pracy.

Uproszczona analiza obliczeniowa wpływu nośnika energii i instalacji PV na wartość wskaźnika EP

W celu uzupełnienia rozważań jakościowych wykonano prostą analizę obliczeniową, której celem było pokazanie dwóch odmiennych mechanizmów wpływających na interpretację wskaźnika EP. Analiza nie stanowi pełnego świadectwa charakterystyki energetycznej budynku, lecz ma charakter ilustracyjny i służy wykazaniu, że wynik EP może być bardzo silnie kształtowany przez formalny dobór nośnika energii, a jednocześnie może słabo odzwierciedlać część rzeczywistych efektów eksploatacyjnych, na przykład wynikających z zastosowania instalacji fotowoltaicznej w budynku mieszkalnym jednorodzinnym.

W uproszczeniu wartość wskaźnika EP można przedstawić jako sumę energii końcowej przypisanej do poszczególnych nośników energii, przemnożonej przez odpowiadające im współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej. Dla potrzeb analizy przyjęto współczynnik $w_{\text{gaz}} = 1,10$ dla gazu ziemnego, $w_{\text{biomasa}} = 0,20$ dla biomasy oraz $w_{\text{el}} = 2,50$ dla energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej.

$$EP = \sum EK_i \cdot w_i$$

Pierwsza analiza dotyczy budynku o bardzo słabej charakterystyce energetycznej. Przyjęto przypadek obiektu z nieoptymalną obudową zewnętrzną i starą stolarką okienną, dla którego jednostkowe zapotrzebowanie na energię końcową na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej wynosi $EK = 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Jeżeli całe to zapotrzebowanie zostanie pokryte przez kocioł gazowy, wartość wskaźnika EP wyniesie:

$$EP_{\text{gaz}} = EK \cdot w_{\text{gaz}} \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

$$EP_{\text{gaz}} = 180 \cdot 1,1 = 198,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Otrzymany wynik wskazuje na budynek wyraźnie niespełniający wymagań w zakresie wskaźnika EP. Następnie przyjęto, że ten sam budynek, bez poprawy izolacyjności przegród, bez wymiany stolarki okiennej i bez zmniejszenia rzeczywistego zapotrzebowania na ciepło, zostaje opisany jako budynek ogrzewany w 80%

energii końcowej biomasa, a 20% energii końcowej gazem ziemnym.

$$EK_{\text{biomasa}} = EK \cdot 0,8, \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

$$EK_{\text{biomasa}} = 180 \cdot 0,8 = 144 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

$$EK_{\text{gaz}} = EK \cdot 0,2, \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

$$EK_{\text{gaz}} = 180 \cdot 0,2 = 36 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Po przeliczeniu na nieodnawialną energię pierwotną otrzymuje się:

$$EP = EK_{\text{biomasa}} \cdot w_{\text{biomasa}} + EK_{\text{gaz}} \cdot w_{\text{gaz}} \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

$$EP = 144 \cdot 0,2 + 36 \cdot 1,1 = 68,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Przykład ten pokazuje, że ten sam budynek może przejść od wartości 198,0 kWh/(m²·rok) do wartości około 68,4 kWh/(m²·rok), co odpowiada redukcji EP o 129,6 kWh/(m²·rok), czyli o 65,5%. Dzieje się tak mimo że jego obudowa zewnętrzna, stolarka okienna, szczelność i rzeczywiste zapotrzebowanie na energię końcową nie uległy poprawie. Zmiana wyniku wynika tylko z przypisania znacznej części bilansu do biomasy, dla której współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej jest niski. W ujęciu formalnym budynek może więc uzyskać korzystny wynik EP, mimo że z punktu widzenia użytkowego nadal pozostaje obiektem o wysokim zapotrzebowaniu na energię końcową i słabej jakości ciepłej.

Drugie rozważanie dotyczy sytuacji odwrotnej niż w pierwszym przykładzie. Przyjęto budynek mieszkalny jednorodzinny o bardzo dobrej charakterystyce energetycznej, gdzie wartość energii pierwotnej wynosi $EP = 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Następnie rozpatrzono zastosowanie instalacji fotowoltaicznej.

W przypadku budynku mieszkalnego jednorodzinnego energia elektryczna zużywana przez urządzenia domowe oraz oświetlenie nie wchodzi w zakres obliczeń wskaźnika EP. Oznacza to, że instalacja PV nie obniża wartości EP o całkowitą ilość energii elektrycznej rzeczywiście zużywanej w gospodarstwie domowym, a jedynie części energii elektrycznej, pomocniczej systemów technicznych. Dla potrzeb analizy przyjęto jednostkowe zużycie energii końcowej pompy obiegowej C.O.: $EK_{\text{pom,CO}} = 1,71 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ oraz pompy ładującej zasobnik C.W.U.: $EK_{\text{pom,CWU}} = 0,07 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Łączne zapotrzebowanie na energię końcową napędów pomocniczych wynosi zatem: $EK_{\text{pom}} = 1,78 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Ponieważ energia pomocnicza jest energią elektryczną, należy przeliczyć ją przez współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla energii elektrycznej z sieci:

$$EP_{\text{pom}} = EK_{\text{pom}} \cdot w_{\text{el}} \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

$$EP_{\text{pom}} = 1,78 \cdot 2,5 = 4,45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Przy zainstalowanej instalacji fotowoltaicznej, wskaźnik EP wyniesie:

$$EP_{\text{pV}} = EP - EP_{\text{pom}}, \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

$$EP_{\text{pV}} = 70,0 - 4,45 = 65,55 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Drugi przykład pokazuje, że nawet w budynku o bardzo dobrej charakterystyce energetycznej instalacja PV może powodować ograniczoną zmianę wskaźnika EP, jeżeli energia elektryczna urządzeń domowych i oświetlenia pozostaje poza zakresem obliczeń. W analizowanym przypadku PV obniża EP jedynie z 70,0 do 65,55 kWh/(m²·rok), czyli o 4,45 kWh/(m²·rok). Odpowiada to redukcji wskaźnika EP o 6,4%, mimo że w rzeczywistej eksploatacji instalacja może ograniczać znacznie większą część poboru energii elektrycznej z sieci.

Wyniki uproszczonej analizy wskazują, że przy podejmowaniu działań modernizacyjnych pierwszeństwo powinny mieć rozwiązania zmniejszające zapotrzebowanie budynku na energię, a dopiero w dalszej kolejności działania polegające na zmianie źródła ciepła lub zastosowaniu instalacji OZE. Takie podejście jest zgodne z zasadą „Energy Efficiency First”, zgodnie z którą w decyzjach inwestycyjnych w pierwszej kolejności należy rozważać rozwiązania ograniczające zapotrzebowanie na energię [30].

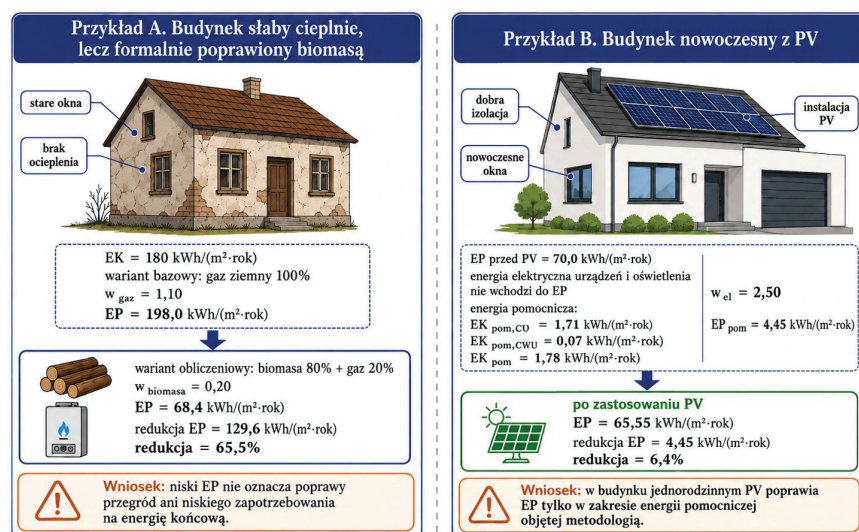
Podobną logikę przyjmuje krajowy „Poradnik w zakresie poprawy charakterystyki energetycznej budynków”, w którym poprawa charakterystyki energetycznej jest wiązana przede wszystkim ze zmniejszeniem zapotrzebowania na energię wykorzystywaną na potrzeby ogrzewania, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody użytkowej i oświetlenia [32]. Zbieżne zalecenie zawarto również w materiałach programu „Czyste Powietrze”, gdzie wskazano, że modernizację należy rozpoczynać od działań zmniejszających zapotrzebowanie na energię, takich jak docieplenie przegród i wymiana stolarki, a dopiero na końcowym etapie wymieniać źródło ciepła, tak aby nowe urządzenie było dostosowane do obniżonych potrzeb energetycznych budynku [33]. Oznacza to, że racjonalna modernizacja nie powinna polegać wyłącznie na uzyskaniu korzystnego wyniku EP przez zmianę nośnika energii, lecz przede wszystkim na trwałym ograniczeniu strat ciepła, poprawie izolacyjności przegród, ograniczeniu mostków cieplnych, poprawie szczelności oraz modernizacji systemów technicznych budynku.

Podsumowanie przedstawiono graficznie na rysunku 2, gdzie zestawiono dwa skrajne przypadki interpretacji wskaźnika EP: budynek o słabej jakości cieplnej, którego wynik formalny ulega znacznemu obniżeniu dzięki dużemu udziałowi biomasy, oraz budynek nowoczesny z instalacją PV, w którym poprawa EP jest ograniczona do energii pomocniczej.

widoczne jest to w przypadku budynków mieszkalnych, w których składowa chłodzenia może przyjmować wartość zerową, jeżeli instalacja chłodzenia nie została formalnie przewidziana, a składowa dotycząca oświetlenia wbudowanego również nie wpływa na wynik EP. W konsekwencji świadectwo charakterystyki energetycznej może nie oddawać w pełni rzeczywistego

przy ogrzewaniu gazem ziemnym uzyskał $EP = 198,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Po zmianie struktury bilansu na 80% biomasy i 20% gazu, bez poprawy izolacyjności przegród, stolarki, szczelności i rzeczywistego zapotrzebowania na energię końcową, wartość EP spadła do $68,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.

- Redukcja EP w przykładzie z biomasą wyniosła $129,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, czyli około 65,5%. Tak duża poprawa wyniku nie wynikała z ograniczenia strat ciepła ani modernizacji budynku, lecz wyłącznie z zastosowania niskiego współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla biomasy, który wynosi $w_i = 0,20$, podczas gdy dla gazu ziemnego wynosi $w_i = 1,10$.
- Drugi analizowany przypadek pokazuje odwrotny problem interpretacyjny. W budynku o dobrej charakterystyce energetycznej, dla którego przyjęto $EP = 70,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, zastosowanie instalacji fotowoltaicznej zmniejszyło wskaźnik EP jedynie do $65,55 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Oznacza to redukcję o $4,45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, czyli około 6,4%.
- Ograniczony wpływ instalacji PV na wartość EP wynika z tego, że w budynku mieszkalnym jednorodzinny energia elektryczna używana przez urządzenie domowe oraz oświetlenie nie jest uwzględniana w obliczeniach świadectwa. W analizowanym przypadku PV mogła obniżyć EP jedynie w zakresie energii pomocniczej systemów technicznych, obejmującej pompę obiegową C.O. $E_{K, \text{pom}, \text{CO}} = 1,71 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ oraz pompę ładującą zasobnik C.W.U. $E_{K, \text{pom}, \text{CWU}} = 0,07 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, czyli łącznie $E_{K, \text{pom}} = 1,78 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.
- Zestawienie obu przykładów wskazuje na istotną asymetrię informacyjną wskaźnika EP. Budynek słaby energetycznie może uzyskać bardzo dobry wynik formalny przez zmianę nośnika energii, natomiast budynek rzeczywiście dobry energetycznie może wykazywać tylko ograniczoną poprawę EP po zastosowaniu instalacji PV, mimo że w realnej eksploatacji instalacja ta może znacząco zmniejszać pobór energii elektrycznej z sieci.
- Szczególnym ograniczeniem obecnej metodyki jest sposób traktowania chłodzenia. Jeżeli budynek mieszkalny nie ma formalnie zaprojektowanej instalacji chłodzenia, składowa ΔEPC wynosi $0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, nawet jeżeli rozwiązania projektowe, na przykład duże przeszklenia południowe, zwiększają ryzyko przegrzewania w okresie letnim.
- Maksymalizacja zysków słonecznych przez duże przeszklenia południowe



Rys. 2. Uprozczone porównanie udziału biomasy oraz instalacji PV na wartość wskaźnika EP w dwóch skrajnych przypadkach budynków
Fig. 2. A simplified comparison of the contribution of biomass and PV systems to the EP index value in two extreme building scenarios

Wnioski

Przeprowadzona analiza wykazała, że podstawowy problem obecnego systemu oceny energetycznej budynków nie wynika z samego faktu stosowania wskaźnika EP, lecz z nadania mu jednocześnie funkcji regulacyjnej i informacyjnej. W ujęciu formalnym EP jest użytecznym narzędziem polityki energetycznej, ponieważ pozwala promować rozwijanie ograniczające zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej oraz promować nośniki energii uznawane za korzystniejsze środowiskowo. Jednocześnie wskaźnik ten nie jest wystarczającym opisem rzeczywistej jakości użytkowej budynku, ponieważ jego wartość może być silnie kształtowana przez przyjęty nośnik energii, współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej oraz formalne założenia bilansowe, a nie wyłącznie przez rzeczywiste ograniczenie strat ciepła, poprawę izolacyjności przegród, szczelność budynku, ograniczenie przegrzewania czy zmniejszenie zapotrzebowania na energię końcową.

Wyniki przedstawione w artykule potwierdzają, że obecna metodyka może prowadzić do istotnej rozbieżności między oceną formalną a rzeczywistą charakterystyką eksploatacyjną budynku. Szczególnie

zużycia energii elektrycznej, ryzyka przegrzewania w sezonie letnim ani późniejszego montażu klimatyzacji przez użytkownika. Projekt warunków technicznych z 9 czerwca 2025 r. zastrzega część wartości granicznych, między innymi obniżając od 2030 r. wartość $EPH+W$ dla budynków jednorodzinnych z 70 do $63 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, a dla budynków wielorodzinnych z 65 do $58 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, jednak nie zmienia podstawowej logiki obliczania wskaźnika EP. Oznacza to, że samo zastrzeżenie progów liczbowych nie usuwa głównych problemów metodycznych wskazanych w artykule.

- Wskaźnik EP powinien być interpretowany przede wszystkim jako parametr regulacyjny i środowiskowy, a nie jako bezpośrednia informacja o rzeczywistych kosztach eksploatacji budynku. Niska wartość EP nie musi automatycznie oznaczać niskiego zużycia energii końcowej, niskich rachunków ani wysokiego komfortu użytkowników.
- Obecna konstrukcja wskaźnika EP umożliwia uzyskanie korzystnego wyniku formalnego bez rzeczywistej poprawy jakości energetycznej obudowy budynku. W analizowanym przykładzie budynek o słabej charakterystyce cieplnej, dla którego przyjęto $EK = 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$,

może poprawiać bilans sezonu grzewczego i obniżać wynik EP, ale jednocześnie może pogarszać komfort ciepły latem. Jeżeli chłodzenie nie zostanie uwzględnione w projekcie, konsekwencje energetyczne przegrzewania nie zostaną w pełni pokazane w wartości EP.

- Racjonalna modernizacja budynku nie powinna polegać wyłącznie na zmianie nośnika energii w celu uzyskania korzystniejszego EP. Pierwszeństwo powinny mieć działania ograniczające rzeczywiste zapotrzebowanie na energię, czyli poprawa izolacyjności przegród, wymiana stolarki, ograniczenie mostków cieplnych, poprawa szczelności, modernizacja wentylacji oraz dobór źródła ciepła do obniżonych potrzeb energetycznych budynku.
- Najważniejszy wniosek z przeprowadzonej analizy jest taki, że projektowane zmiany przepisów mogą zaostreść wymagania liczbowe, ale bez zmiany logiki metodycznej nadal pozostawiają możliwość rozbieżności między formalną oceną energetyczną budynku a jego rzeczywistą energochłonnością, komfortem użytkowania i kosztami eksploatacji.

Podziękowania

Badania naukowe sfinansowano z subwencji statutowej Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej.

Literatura

- [1] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 24 stycznia 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o charakterystyce energetycznej budynków. Dz.U. 2024 poz. 101.
- [2] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 28 marca 2023 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej. Dz.U. 2023 poz. 697.
- [3] Carvalho, C., Cleto, J., Monteiro, C., Fernandes, J., & Fragoso, R. (2024). Energy performance certificates: Policy needs and best practices. BPIE.
- [4] Andalaro, A. P. F., Salomone, R., Ioppolo, G., & Andalaro, L. (2010). Energy certification of buildings: A comparative analysis of progress towards implementation in European countries. Energy Policy, 38(10), 5840–5866. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.039>
- [5] Obwieszczenie Ministra Rozwoju i Technologii 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.
- [6] Koczergo, K., & Niemyski, O. (2020). Wybrane aspekty poprawy efektywności energetycznej dostawy ciepła do budynków według standardów WT2021. Instal, (9), 5–12. <https://doi.org/10.36119/15.2020.9.1>
- [7] Ner, M., & Szulowska-Zgrzywa, M. (2025).

- The impact of climatic conditions and the method of determining the SCOP of air/water heat pumps on the annual non-renewable primary energy demand of a single-family building: A case study for selected cities in Poland. Instal, (11), 16–25. <https://doi.org/10.36119/15.2025.11.3>
- [8] Projekt z dnia 9 czerwca 2025 r. rozporządzenia Ministra Rozwoju i Technologii w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
 - [9] International Organization for Standardization. (2017). Energy performance of buildings—Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads—Part 1: Calculation procedures (ISO 52016-1:2017). ISO.
 - [10] International Organization for Standardization. (2017). Energy performance of buildings—External climatic conditions—Part 1: Conversion of climatic data for energy calculations (ISO 52010-1:2017). ISO.
 - [11] International Organization for Standardization. (2017). Energy performance of buildings—Overarching EPB assessment—Part 1: General framework and procedures (ISO 52000-1:2017). ISO.
 - [12] Cichowicz, R., & Jerominko, T. (2023). Comparison of calculation and consumption methods for determining Energy Performance Certificates (EPC) in the case of multi-family residential buildings in Poland (Central-Eastern Europe). Energy, 282, 128393. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128393>
 - [13] Chartered Institution of Building Services Engineers. (2017). TM59: Design methodology for the assessment of overheating risk in homes. CIBSE.
 - [14] McLeod, R. S., Hopfe, C. J., & Kwan, A. (2013). An investigation into future performance and overheating risks in Passivhaus dwellings. Building and Environment, 70, 189–209. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.024>
 - [15] Building Research Establishment. (2015). Overheating in dwellings. BRE Trust.
 - [16] Cozza, S., Chambers, J., Deb, C., Scarcezini, J. L., Schlüter, A., & Patel, M. K. (2020). Do energy performance certificates allow reliable predictions of actual energy consumption and savings? Learning from the Swiss national database. Energy and Buildings, 224, 110235. <https://doi.org/10.1016/j.enbuid.2020.110235>
 - [17] de Wilde, P. (2014). The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. Automation in Construction, 41, 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.009>
 - [18] Menezes, A. C., Cripps, A., Bouchlaghem, D., & Buswell, R. (2012). Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap. Applied Energy, 97, 355–364. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.075>
 - [19] van Dronkelaar, C., Dowson, M., Burman, E., Spataru, C., & Mumovic, D. (2016). A review of the energy performance gap and its underlying causes in non-domestic buildings. Frontiers in Mechanical Engineering, 1, 17. <https://doi.org/10.3389/fmech.2015.00017>
 - [20] Mahdavi, A., Berger, C., Amin, H., Ampatzi, E., Andersen, R. K., Azar, E., Barthelmes, V. M., Favero, M., Hahn, J., Khovalyg, D., Knudsen, H. N., Luna-Navarro, A., Roetzel, A., Sangogboye, F. C., Schweiker, M., Taheri, M., Teli, D., Touchie, M., & Verbruggen, S. (2021). The role of occupants in buildings' energy performance gap: Myth or reality? Sustainability, 13(6), 3146. <https://doi.org/10.3390/su13063146>
 - [21] Wagner, A., & O'Brien, L. (Eds.). (2024). Occupant-centric building design and operation: IEA EBC Annex 79 final report. IEA Energy in Buildings and Communities Programme.
 - [22] Gupta, R., & Kapsali, M. (2016). Empirical assessment of indoor air quality and overheating in low-carbon social housing dwellings in England, UK. Advances in Building Energy Research, 10(1), 46–68. <https://doi.org/10.1080/17512549.2015.1014843>
 - [23] Moreno, B., & Hernández, J. A. (2018). Analytical solutions to evaluate solar radiation overheating in simplified glazed rooms. Building and Environment, 140, 162–172. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.037>
 - [24] Szabó, G. L., & Kalmár, F. (2018). Parametric analysis of buildings' heat load depending on glazing: Hungarian case study. Energies, 11(12), 3291. <https://doi.org/10.3390/en11123291>
 - [25] Department for Energy Security and Net Zero. (2025). Understanding secondary heating behaviours. UK Government.
 - [26] Fedoruk, L. E., Cole, R. J., Robinson, J. B., & Cayuela, A. (2015). Learning from failure: Understanding the anticipated–achieved building energy performance gap. Building Research & Information, 43(6), 750–763. <https://doi.org/10.1080/09613218.2015.1036227>
 - [27] Li, J., Iulo, L. D., & Poerschke, U. (2023). A review of the energy performance gap between predicted and actual use in buildings. In Proceedings of Building Simulation 2023: 18th Conference of IBPSA. <https://doi.org/10.26868/25222708.2023.1430>
 - [28] Arcipowska, A., Anagnostopoulos, F., Mariottini, F., & Kunkel, S. (2014). Energy performance certificates across the EU: A mapping of national approaches. BPIE.
 - [29] Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2024, April 24). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1275 w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona) (Dz.Urz. UE L 2024/1275, 8.05.2024).
 - [30] European Commission. (n.d.). Energy efficiency first principle. Directorate-General for Energy.
 - [31] REHVA Technology and Research Committee, EPBD Implementation Guidance Task Force. (2024, March 18). Primary energy and operational CO₂ indicators calculation in revised EPBD: Technical guidance for EPBD implementation task force.
 - [32] Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju. (2019). Poradnik w zakresie poprawy charakterystyki energetycznej budynków. Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju.
 - [33] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. (2025). Podręcznik nowego programu Czyste Powietrze obowiązującego od 31 marca 2025 r. Część IV: Program Czyste Powietrze 2025. NFOŚiGW.
 - [34] Coyne, B., & Denny, E. (2021). Mind the energy performance gap: Testing the accuracy of building Energy Performance Certificates in Ireland. Energy Efficiency, 14, 57. <https://doi.org/10.1007/s12053-021-09960-1>