DOI: 10.65545/COW.2026.10.03

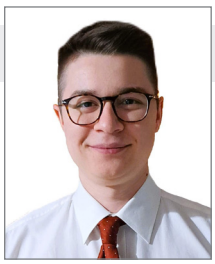


Modernizacja źródła ciepła w budynku historycznym – możliwości, wyzwania i efektywność energetyczna

The modernisation of heating source in historic building – opportunities, challenges, and energy efficiency



Dr inż. Natalia Fidorów-Kaprawy
ORCID ID: 0000-0002-0162-5796
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Wrocławska
natalia.fidorow-kaprawy@pwr.edu.pl



Mgr inż. Rafał Różański
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Wrocławska
rafal.roz123@gmail.com

Słowa kluczowe: termomodernizacja, budynki istniejące, odnawialne źródła energii, neutralność węglowa

Streszczenie
W artykule opisano analizę możliwości modernizacji źródła ciepła w historycznym budynku mieszkalnym. Miała ona na celu przeprowadzenie oceny technicznej oraz energetycznej takiego procesu w obiekcie zabytkowym. Do analizy zakwalifikowano sześć rozwiązań: węzeł cieplny, pompę ciepła powietrze-woda i centralny kocioł gazowy w budynku nieocieplonym oraz te same źródła zainstalowane w budynku po termomodernizacji przegród. Analiza pokazała, że wymiana źródła ciepła bez uprzedniej kompleksowej termomodernizacji jest nieuzasadniona. Termomodernizacja obiektu skutkuje obniżeniem zapotrzebowania na energię użytkową o 50%. Redukcja obciążenia cieplnego budynku umożliwi także obniżenie parametrów zasilania instalacji c.o. z 70/50 °C do 49/39 °C, tym samym pozytywnie wpływając na średnioroczny współczynnik sprawności pompy ciepła. Zdecydowano, że pompa ciepła powietrze-woda w budynku po termomodernizacji przegród budowlanych będzie najlepszą opcją dla analizowanego obiektu. Dla wybranego wariantu przeanalizowano również możliwość zastosowania instalacji fotowoltaicznej. Jej wykorzystanie pozwoliło na redukcję wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną nieodnawialną do standardów spełniających wymagania dla nowych budynków.

Keywords: thermomodernisation, existing buildings, renewable energy sources, carbon neutrality

Abstract
In the article an analysis assessing the feasibility of modernising the heat source in a historic residential building was described. The aim was to conduct a technical and energy assessment of the feasibility of such process in this building. Six solutions were considered in the analysis: a district heating substation, an air-to-water heat pump and a central gas-fired boiler in an uninsulated building, as well as the same heat sources installed in a building following thermomodernisation. The analysis showed that replacing the heat source without prior comprehensive thermal modernisation would be unjustified. Thermomodernisation of the building will result in a 50% reduction in useable energy demand. The reduction in the building's heat load made it possible to lower the central heating system's supply parameters from 70/50°C to 49/39 °C, thereby positively affecting the heat pump's seasonal coefficient of performance. It was decided that an air-to-water heat pump, installed following the thermal modernisation of the building's structural elements, would be the best option for the building under analysis. For the selected option, the possibility of installing a photovoltaic system was also analysed. Its use enabled the reduction of the non-renewable primary energy demand index to standards meeting the requirements for new buildings.

Wstęp

Konieczność modernizacji budynków istniejących w tym zabytkowych i historycznych

Przed polskim sektorem budowlanym stoi obecnie wyzwanie spełnienia restrykcyjnych wymogów wynikających zarówno z regulacji Unii Europejskiej, jak i z przepisów krajowych. Jednym z celów wprowadzonych regulacji jest obniżenie zapotrzebowania na energię niezbędną do eksploatacji budynków a także ograniczenie emisji CO_2 poprzez modernizację istniejących budynków oraz podniesienie standardów nowoprojektowanych obiektów. Sektor budowlany w Polsce odpowiada za wysokie zużycie energii. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego, udział gospodarstw domowych w krajowym zużyciu energii wynosił 20,3% w 2024 r. Przeciętne zużycie energii na jednego mieszkańca wynosiło 22,8 GJ, co nieznacznie przekroczyło unijną średnią wynoszącą 21,3 GJ (GUS, 2026). Eksploatacja budynków odpowiada za około 28% globalnych emisji CO_2 (UN & IEA, 2017). W pozostałych krajach Unii Europejskiej budynki odpowiadają za zużycie energii na poziomie 38% oraz za 33% emisji gazów cieplarnianych (Attia i in., 2022).

Począwszy od Dyrektywy Unijnej EPBD 2002/91/WE, a następnie na podstawie Dyrektywy EPBD UE 2018/844 z 30 maja 2018 r. państwa należące do Unii Europejskiej zostały zobligowane do ustanowienia długoterminowej

strategii renowacji budynków mającej na celu modernizację krajowych zasobów publicznych i prywatnych obiektów mieszkalnych oraz niemieszkalnych do roku 2050 oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych w państwach Unii Europejskiej o 80–95% w porównaniu z rokiem 1990. Planowana renowacja ww. obiektów ma w założeniu przełożyć się na podwyższenie efektywności energetycznej oraz dekarbonizację zasobów budowlanych przy jednoczesnym, uzasadnionym ekonomicznie przekształceniu istniejących obiektów w budynki o zużyciu energii bliskim zeru (Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2018). W Polsce strategia ta zakłada obniżenie wskaźnika EP (Energii Pierwotnej) do maksymalnie 50 kWh/(m^2·rok) dla 65% budynków na podstawie *Długoterminowej strategii renowacji budynków* (DSRB), przyjętej przez Radę Ministrów 9 lutego 2022 r. (Rada Ministrów, 2022). Ze względu na globalne wydarzenia w państwach UE wdrożone zostały również inne akty prawne. W 2020 r. Komisja UE opublikowała komunikat *A Renovation Wave for Europe*, w którym renowacja budynków jest jednoczesnym środkiem redukcji emisji oraz poprawy użytkowania budynków (Komisja Europejska, 2020). W maju 2022 roku uruchomiony został plan *REPowerEU*, wskazujący modernizację budynków jako jeden z elementów polepszających bezpieczeństwo energetyczne (Komisja Europejska, 2022). Obecnie aktem prawnym warunkującym strategię renowacji budynków jest dyrektywa EPBD UE 2024/1275 z 28 maja 2024 r., zaimplementowana do polskiego prawa 29 maja 2026 r. Jednymi z najistotniejszych celów nowej dyrektywy są: całkowite wycofanie kotłów na paliwa kopalne do 2040 roku, wprowadzenie paszportów renowacji oraz obniżenie emisji budynków do poziomu bezemisyjnego.

Zgodnie z analizą danych pochodzących ze spisu powszechnego w Polsce w 2021 roku znajdowało się 6,8 mln budynków z przynajmniej jednym lokalem mieszkalnym. Polskie budownictwo jest zdominowane przez budynki jednorodzinne, których jest ponad 6,3 mln i stanowią one 91,8% wszystkich budynków mieszkalnych. Jednocześnie w Polsce istnieje ponad 556 000 budynków wielorodzinnych z czego wiele to kamienice oraz bloki mieszkalne znajdujące się w miastach (GUS, 2024).

Tabela 1. Budynki mieszkalne wg roku budowy w roku 2021 (GUS, 2024)
Table 1. Residential buildings by year of construction in 2021 (GUS, 2024)

Okres budowy	Miasto (tys.)	Miasto (%)	Wieś (tys.)	Wieś (%)
Ogółem	2416,3	100	3772,7	100
Przed 1918	137,7	5,7	158,5	4,2
1918–1944	287,5	11,9	411,2	10,9
1945–1970	451,8	18,7	867,7	23,0
1971–1978	217,5	9,0	343,3	9,1
1979–1988	321,4	13,3	452,7	12,0
1989–2002	408,4	16,9	524,4	13,9
2003–2011	278,9	11,5	437,6	11,6
2012–2016	130,5	5,4	249,0	6,6
2017–2021	130,5	5,4	245,2	6,5

Tabeli 1 zestawiono budynki wg roku budowy. Zgodnie z zestawieniem znaczna część budynków mieszkalnych została wybudowana w latach 1945–1988, co wskazuje na wysoki potencjał modernizacyjny i możliwość obniżenia zużycia energii oraz emisji dwutlenku węgla. Wskaźniki zapotrzebowania na energię pierwotną (EP) i końcową (EK) zaprezentowane zostały, również wg roku budowy, w Tabeli 2.

Tabela 2. Wskaźniki zapotrzebowania na energię dla budynków mieszkalnych (Maj et al., 2025)
Table 2. Energy demand indicators for residential buildings (Maj et al., 2025)

Okres budowy	EP, kWh/(m^2·rok)	EK, kWh/(m^2·rok)
Przed 1918	>350	>300
1918–1944	300–350	260–300
1945–1970	250–300	220–260
1971–1978	210–250	190–220
1979–1988	160–210	140–190
1989–2002	140–180	125–160

Modernizacja istniejących budynków jest jednym z kluczowych problemów współczesnego budownictwa. Ograniczenie zapotrzebowania na energię w sektorze odpowiedzialnym za znaczną część zużycia energii wiąże się z dużymi wyzwaniami. Starsze budynki, zwłaszcza wybudowane w latach 1918–1978 charakteryzują się dużą energochłonnością. Wysokie w porównaniu do nowoprojektowanych budynków koszty eksploatacyjne wprowadzają konieczność modernizacji polegających na termomodernizacji przegród oraz wymianie źródeł ciepła, co przekłada się na redukcję zapotrzebowania na energię. Renowacja zabytkowych i historycznych budynków stanowi duże wyzwanie poprzez konieczność obniżenia energochłonności budynku przy jednoczesnym zachowaniu wartości estetycznej oraz historycznej modernizowanego obiektu. Termomodernizacja przegród zewnętrznych takich jak ściany, dach, stolarka okienna oraz drzwiowa budynków zabytkowych oraz budynków z wielkiej płyty jest związana z dużą ilością ograniczeń często utrudniających modernizację oraz stanowiących duży koszt inwestycyjny (Sejm Rzeczypospolitej Polskiej, 2024; Kucharczyk-Brus, 2010; Maj et al., 2025). Z tego powodu nie zawsze może być ona wykonana kompleksowo. W takich wypadkach duży wpływ na całkowite zużycie energii w budynku wywiera źródło ciepła (Dmochowska et al., 2024).

Wyzwania związane z modernizacją historycznych oraz zabytkowych budynków mieszkalnych

Wykonanie termomodernizacji skutkuje lepszymi efektami w przypadku budynków, które w stanie pierwotnym, przed modernizacją cechowały się ponadprzeciętnym zapotrzebowaniem na energię. Dość często jest to bezpośrednio powiązane z wiekiem analizowanego obiektu. W przeszłości, w czasie projektowania i budowy nie przywiązywano dużej uwagi do parametrów cieplnych przegród lub sprawności systemów grzewczych i źródła ciepła. Im starszy jest obiekt przed modernizacją, tym lepsze są potencjalne efekty modernizacji (Życzyńska et al., 2020).

Znaczącym problemem są budynki historyczne oraz zabytkowe, które objęte są ochroną konserwatora zabytków.

Zgodnie z Tabelą 2, cechują się one wysokim zapotrzebowaniem na energię potrzebną do utrzymania komfortu cieplnego użytkowników, a z drugiej strony możliwość przeprowadzenia prac mających na celu modernizację przegród, instalacji oraz źródła ciepła jest mocno ograniczona przez wzgląd na wartości historyczne oraz wizualne danego obiektu. Powszechną przeszkodą jest brak możliwości zewnętrznego docieplenia budynku wynikającego z elewacji o historycznej wartości lub ryzykiem uszkodzenia i przykrycia detali architektonicznych (Jerominko, 2026). W przypadku braku takich detali istnieje jednak możliwość docieplenia budynku od strony zewnętrznej (Wolak, 2025).

Jednym z kluczowych aktów prawnych, który reguluje ochronę zabytków w Polsce jest Ustawa o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami z dnia 23 lipca 2003 r. (Sejm Rzeczypospolitej Polskiej, 2024). Ustawa ta wprowadza szereg regulacji, które mogą znacząco utrudnić oraz wydłużyć realizację przedsięwzięć prowadzących do podniesienia standardu energetycznego budynków. Zgodnie z Art. 36 ust. 1 pkt 1, prowadzenie prac konserwatorskich, restauratorskich lub robót budowlanych przy budynkach zabytkowych, a nawet prac polegających na usunięciu drzewa lub krzewu wiąże się z wymogiem uzyskania pozwolenia wojewódzkiego konserwatora zabytków. Zakres ingerencji w budynek oraz ograniczenia i wytyczne nałożone na planowane prace modernizacyjne mogą w przypadku podobnego architektonicznie budynku znacząco się różnić, co wynikać może z położenia budynku oraz jego statusu prawnego. W zależności od tego czy dany obiekt figuruje w gminnej ewidencji zabytków, rejestrze zabytków, czy położony jest w obszarze ochrony konserwatorskiej, możliwości jego modernizacji mogą od siebie znacząco odbiegać (Maj et al., 2025). Nierzadko konieczne jest spełnienie jednoczesnych oczekiwań użytkowników danego obiektu oraz wytycznych konserwatora zabytków, które w teorii mają wspomóc modernizację oraz ochronić cenne walory budynku przed uszkodzeniem lub zniszczeniem, jednak w praktyce często stają się utrudnieniem (Cichowicz et al., 2025; Jerominko, 2026).

Wielu autorów podkreśla, że zastosowanie w budynku źródeł ciepła uzyskujących najwyższą sprawność przy zastosowaniu niskotemperaturowych instalacji może być problematycznym rozwiązaniem biorąc pod uwagę, że w historycznych i zabytkowych budynkach często zainstalowane są grzejniki dostosowane do wysokich parametrów czynnika grzewczego. Montaż instalacji płaszczyznowych takich jak ogrzewanie podłogowe lub ścienne może wiązać się z poważną ingerencją w strukturę budynku czy koniecznością rozbiórki podłogi (Jeleński i in., 2022). Modernizacja źródła ciepła często wymusza wymianę części lub całości instalacji (Kucharczyk-Brus, 2010; Vogdt et al., 2012). Istniejące instalacje wysokotemperaturowe często stają się jedną z przeszkód w zastosowaniu np. pomp ciepła w modernizowanych obiektach. Istotną barierą w wykorzystaniu pomp ciepła w takich obiektach może być także konieczność ingerencji nie tylko we wnętrze budynku oraz jego strukturę, ale również jego bezpośrednie otoczenie. Usytuowanie jednostki zewnętrznej lub gruntowego wymiennika ciepła dla pompy ciepła może wiązać się z koniecznością zatwierdzenia przez konserwatora zabytków (Jerominko, 2026). W wielu przypadkach historyczne budynki charakteryzują się także niewielką powierzchnią dachu, co może być szczególnym wyzwaniem w przypadku chęci skombinowania ze sobą pompy ciepła z instalacją paneli fotowoltaicznych. Ze względu na małą możliwą do wykorzystania powierzchnię dachów, zastosowanie kolektorów słonecznych służących do przygotowania c.w.u. również może być problematyczne (Vogdt et al., 2012).

Źródła ciepła możliwe do zastosowania podczas modernizacji

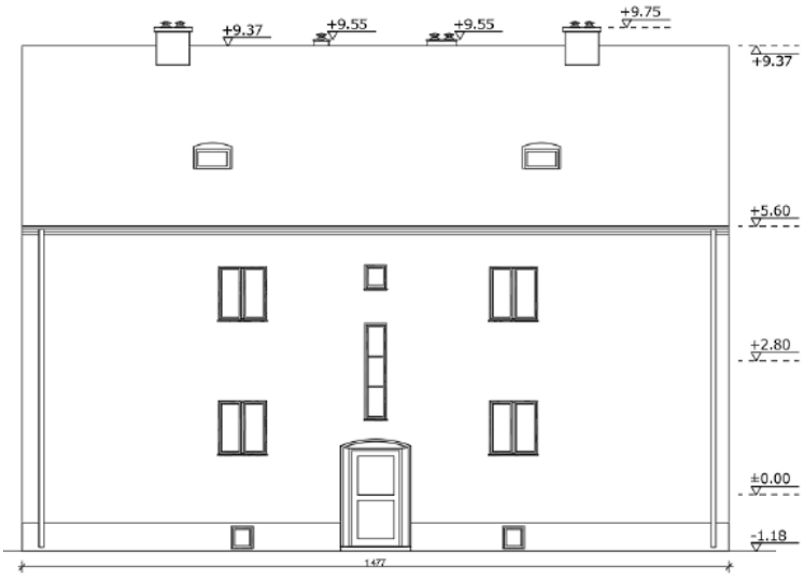
Przegląd źródeł wskazuje, że niemożliwe jest dobranie jednego, uniwersalnego źródła ciepła dla budynku mieszkalnego. Każda z dostępnych na rynku technologii wytwarzania ciepła cechuje się pewnymi zaletami i wadami. To czy dana cecha będzie zaletą czy wadą nierzadko wynika z charakterystyki budynku, w którym źródło ma być zamontowane. Powyższy stan rzeczy wymusza konieczność indywidualnego podejścia do każdego modernizowanego obiektu. Z jednej strony wybór odpowiedniego systemu zależny jest od uwarunkowań prawnych oraz środowiskowych, z drugiej konieczne do uwzględnienia są wymogi inwestora powiązane z nakładami inwestycyjnymi oraz kosztami eksploatacyjnymi, a w przypadku budynków historycznych i zabytkowych także wymogi narzucone przez konserwatora. Ponadto przesłanką do wyboru danego źródła może być dostępność infrastruktury takiej jak sieć gazowa czy ciepłownicza. Punktem wyjścia do jakichkolwiek rozważań nad wyborem technologii oraz nośnika energii jest określenie rzeczywistych potrzeb energetycznych analizowanego budynku. W tym celu niezbędne jest sporządzenie bilansu mocy i energii uwzględniające również przygotowanie c.w.u. Dopiero określenie tych parametrów pozwala na rzetelny wybór wariantu modernizacji źródła ciepła w budynku.

Dla zobrazowania wpływu termomodernizacji budynku o charakterze historycznym zarówno na jego zapotrzebowanie na energię jak i efektywność źródeł ciepła przeanalizowano szereg rozwiązań obejmujących modernizację wyłącznie źródła ciepła oraz wykonanie wymiany tego źródła po termomodernizacji obudowy budynku. Przeanalizowano następujące warianty: stan istniejący – indywidualne kotły gazowe dwufunkcyjne (Wariant bazowy), zastosowanie węzła cieplnego, pompy ciepła powietrze-woda lub kotła gazowego jednofunkcyjnego bez termomodernizacji przegród (Warianty 1, 2 i 3) oraz zastosowanie węzła cieplnego, pompy ciepła powietrze-woda lub kotła gazowego jednofunkcyjnego po przeprowadzeniu termomodernizacji obudowy budynku (Warianty 4, 5 i 6).

Materiały i metody

Charakterystyka analizowanego budynku

Budynek, będący przedmiotem rozważań, znajduje się we Wrocławiu. Został zaprojektowany oraz wzniesiony jako wolnostojący w 1940 r. (obecnie cześć południowej ściany budynku przylega do budynku nowo wybudowanego). Posiada dwie kondygnacje mieszkalne, piwnicę oraz strych, a także pojedynczą klatkę schodową. Dach budynku jest dwuspadowy, nachylony pod kątem 37°. Powierzchnia zabudowy wynosi 140,6 m^2, powierzchnia całkowita – 442,75 m^2, a powierzchnia użytkowa lokali mieszkalnych – 198,60 m^2, przy kubaturze równej 1246 m^3. Obecnie na kondygnacjach mieszkalnych wydzielone są 4 indywidualne lokale.



Rysunek 1. Elewacja północno-zachodnia budynku (ZZK, 2026)
Figure 1. The northwest facade of the building (ZZK, 2026)

Analizowany budynek wyposażony jest w wentylację naturalną grawitacyjną. Wewnątrz rozprowadzona jest instalacja gazowa niskiego ciśnienia zasilana gazem ziemnym wysokometanowym E. Każdy z czterech lokali mieszkalnych ogrzewany jest za pomocą indywidualnego gazowego kotła dwufunkcyjnego o mocy grzewczej 19 kW, spaliny odprowadzane są za pomocą indywidualnych wkładów kominowych. Odbiornikami ciepłą dla wodnej instalacji ogrzewania o parametrach 70/50 °C są grzejniki płytowe stalowe oraz grzejniki łazienkowe (drabinkowe).

Budynek ujęty w gminnej ewidencji zabytków miasta Wrocław (Urząd Miejski Wrocław, 2026), położony jest na terenie historycznego układu urbanistycznego w modelowym osiedlu spółdzielni Schlesische Heimstatte, obecnie na terenie osiedla Nowy Dwór powstałego w latach 30. XX w.–1945 r. (WUOZ, 2026). W związku z powyższym oraz Ustawą z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami analizowany obiekt budowlany wraz z terenem go otaczającym podlega ochronie wojewódzkiego konserwatora zabytków.

Stan istniejący

Z uwagi na historyczny charakter obiektu konstrukcja przegród opiera się na tradycyjnych technologiach wznoszenia. Ściany zewnętrzne oraz wewnętrzne o grubości od 0,40 do 0,52 m wykonane zostały jako murowane z cegły pełnej na zaprawie wapiennej. Wschodnia oraz zachodnia ściana budynku została w przeszłości ocieplona styropianem o grubości 0,10 m. Przegrody północne oraz południowe w stanie istniejącym nie posiadają izolacji termicznej. Strop nad nieogrzewaną piwnicą wykonany został w technologii Kleina, a stropy między kondygnacyjne oraz pod strychem są wykonane w technologii belek drewnianych. W pomieszczeniach mieszkalnych wykończeniem podłogi są: deski, panele, lastryko czy płytki ceramiczne w zależności od pomieszczenia. Podłogę w piwnicy stanowi wylewka betonowa. Więźba dachowa wykonana jest jako dwuspadowa konstrukcja drewniana, pokryta dachówką ceramiczną i nie posiada żadnej izolacji termicznej. Stolarka okienna i drzwiowa obiektu jest niejednorodna o różnych wymiarach oraz stanie technicznym. Okna w piwnicy oraz na parterze budynku są drewniane, skrzynkowe. Stolarka okienna zamontowana na kolejnych kondygnacjach to okna z ramą PVC z 1998 r. Drzwi wewnętrzne budynku wykonane są w całości z drewna.

Termomodernizacja

Jak wspomniano wcześniej, w celu zobrazowania wpływu zapotrzebowania budynku na energię na pracę źródła ciepła, podjęto decyzję o rozszerzeniu analizy o warianty uwzględniające kompleksową termomodernizację obiektu. Niskotemperaturowe źródła ciepła takie jak pompy ciepła lepiej pracują w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię, a ich zastosowanie może czasem wręcz wymagać wcześniejszego ograniczenia strat ciepła.

Z uwagi na fakt, że głównym przedmiotem analizy jest wariantowa ocena możliwości modernizacji źródła ciepła, zrezygnowano ze szczegółowej analizy termomodernizacji przegród budowlanych wraz ze stolarkami. Przyjęto docieplenie kluczowych przegród budynku do poziomu spełnienia wymagań przedstawionych w Warunkach Technicznych (Minister Rozwoju i Technologii, 2022), przy założeniu współpracy z wojewódzkim konserwatorem zabytków. W zakres termomodernizacji weszło: docieplenie przegród zewnętrznych z zastosowaniem technik i materiałów pozwalających zachować charakter elewacji, docieplenie podłogi na gruncie i stropu w piwnicy, docieplenie zarówno stropu pod strychem jak i dachu, a także wymianę stolarki okiennej i drzwiowej na drewnianą stylizowaną zgodnie z epoką z zastosowaniem nowoczesnych szyb zespolonych. W Tabeli 3 przedstawiono parametry przegród budowlanych użytych do sporządzenia bilansów mocy i energii.

Bilans mocy i energii

Bilans mocy oraz zapotrzebowania na energię użytkową wykonano w oprogramowaniu komputerowym. Obliczenia zostały przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego, oraz PN-EN ISO 13790 Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia. Ze względu na położenie we Wrocławiu w II strefie klimatycznej przyjęto temperaturę zewnętrzną obliczeniową równą –18,0°C oraz średnią roczną 7,9°C. Zapotrzebowanie na energię końcową i pierwotną oraz wskaźniki zapotrzebowania na energię użytkową, końcową i pierwotną nieodnawialną wyliczono w oparciu o Rozporządzenie (Minister Infrastruktury i Rozwoju, 2015). Założenia sprawności systemów przyjęte dla analizowanych wariantów przedstawiono w Tabeli 4.

Wyniki i dyskusja

Bilans mocy i energii przed i po termomodernizacji budynku

Przeprowadzone obliczenia pokazały, że obiekt w obecnym stanie technicznym charakteryzuje się bardzo wysokim zapotrzebowaniem na moc i energię, co jest bezpośrednim wynikiem niskiej izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych. Projektowe obciążenie cieplne budynku

Tabela 3. Parametry przegród przed i po termomodernizacji. Źródło: opracowanie własne
Table 3. Partitions' parameters before and after the thermomodernisation. Source: authors' own study

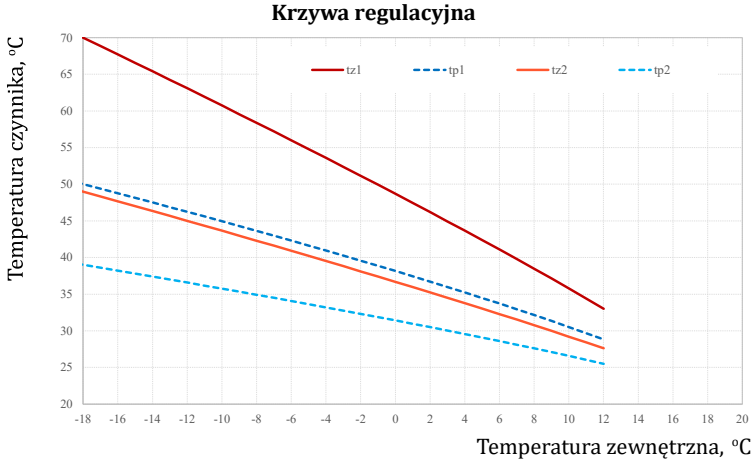
Opis przegrody	$U_{1,2,3}$* W/(m²·K)	$U_{4,5,6}$** W/(m²·K)	U_{WT21}*** W/(m²·K)
Ściany zewnętrzne: N i S	1,41	0,17	0,20
Ściany zewnętrzne: W i E	0,33–0,31	0,18	0,20
Strop w piwnicy	1,48	0,28	0,25
Podłoga na gruncie	0,62	0,20	-
Strop pod strychem	1,64	0,14	0,15
Dach	4,77	0,15	-
Okna z ramą PVC	1,50	0,90	0,90
Okna drewniane skrzynkowe	2,50	0,90	0,90
Drzwi zewnętrzne drewniane	2,50	1,30	1,30

* Wartości uwzględnione w wariantach 1, 2 i 3
** Wartości uwzględnione w wariantach 4, 5 i 6
*** Wartości wymagane przez Warunki Techniczne od 2021r.

Tabela 4. Sprawności dla przyjętych wariantów źródeł ciepła. Źródło: opracowanie własne
Table 4. Efficiencies for the selected heat source options. Source: authors' own study

Numer wariantu / Opis parametru	W 0*	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6
Średnia sezonowa sprawność całkowita systemu ogrzewania	0,75	0,78	1,47	0,72	0,78	2,28	0,72
Średnia sezonowa sprawność wytwarzania ciepła	0,91	0,98	2,00	0,91	0,98	3,09	0,91
Średnia roczna sprawność całkowita systemu przygotowania c.w.u.	0,52	0,69	1,13	0,43	0,69	1,31	0,43
Średnia roczna sprawność wytwarzania ciepła	0,65	0,98	1,90	0,85	0,98	2,20	0,85

* W 0 – wariant bazowy



Rysunek 2. Krzywa grzewcza przed i po termomodernizacji. Źródło: opracowanie własne
Figure 2. Heating curve before and after thermomodernisation. Source: authors' own study

wynosi 26,8 kW. Wskaźnik obciążenia cieplnego jest równy 135,6 W/m², co klasyfikuje budynek jako wysoce energochłonny w standardzie dawnego budownictwa. Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową wynosi 340,0 kWh/(m²·rok). Przeprowadzenie termomodernizacji analizowanego budynku znacząco obniżyłoby obciążenie cieplne; z 26,8 kW do poziomu 14,2 kW. Stanowi to spadek zapotrzebowania na moc grzewczą o około 47%. Również wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową uległby zmniejszeniu w przypadku docieplenia budynku i wyniósłby 169,8 kWh/(m²·rok).

W tak zoptymalizowanym pod kątem ochrony cieplnej budynku instalacja nowoczesnych, niskotemperaturowych źródeł ciepła znajduje pełne uzasadnienie technologiczne i ekonomiczne. Zmniejszenie projektowego obciążenia cieplnego budynku może bezpośrednio wpłynąć na parametry pracy instalacji centralnego ogrzewania. Przyjęte założenia dotyczące modernizacji źródła ciepła nie obejmują wymiany istniejących odbiorników ciepła, redukcja strat ciepła sprawia jednak, że do zapewnienia komfortu cieplnego użytkowników wystarczy zasilanie czynnikiem grzewczym o niższych temperaturach, co obrazuje krzywa regulacyjna instalacji (Rysunek 2). W stanie bazowym, w warunkach obliczeniowych, instalacja wymagała wysokich parametrów wynoszących 70/50°C, natomiast po ociepleniu te same odbiorniki ciepła są w stanie w pełni zapewnić komfort cieplny użytkowników przy parametrach obniżonych do temperatury 49 °C na zasilaniu oraz 39 °C na powrocie.

Analiza SCOP pomp ciepła powietrze-woda

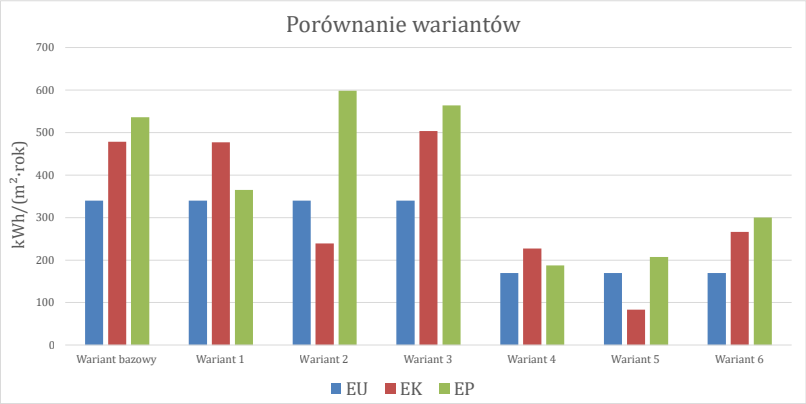
W celu oceny sezonowej efektywności energetycznej pompy ciepła przeprowadzono całoroczną analizę pracy urządzenia w dwóch wariantach budynku – przed oraz po termomodernizacji. Wykonana została ona zgodnie z normą *PN-EN 15316-4-2:2017-06 Charakterystyka energetyczna budynków – Metoda obliczania zapotrzebowania na ciepło przez instalację i sprawności układu – Część 4-2: Źródła ciepła w pomieszczeniach, instalacje z pompami ciepła, Moduł M3-8-2, M8-8-2*. Wyznaczenie sezonowego współczynnika efektywności SCOP pozwala na uwzględnienie wpływu zmienności temperatur zewnętrznych oraz parametrów czynnika i sposobu regulacji na charakterystykę pracy urządzenia. Przeprowadzona analiza potwierdza poprawę sprawności sezonowej pompy ciepła po termomodernizacji. Wzrost wskaźnika SCOP z 2,00 do 3,09 przy pracy na cele c.o. oraz z 1,90 do 2,2 przy pracy na cele c.w.u. wynika zarówno z obniżenia parametrów jak i z lepszego dopasowania mocy pompy ciepła do obiektu. Skutkuje to także redukcją pracy grzałki elektrycznej z poziomu 27% przed termomodernizacją do 3% po termomodernizacji.

Porównanie wskaźników energetycznych wariantów

W Tabeli 5 zestawiono wyniki obliczeń wskaźników zapotrzebowania budynku na energię użytkową, końcową i pierwotną dla wszystkich przeanalizowanych wariantów modernizacji źródła ciepła w budynku historycznym.

Tabela 5. Zestawienie wskaźników zapotrzebowania na energię analizowanych wariantów modernizacji źródła ciepła. Źródło: opracowanie własne
Table 5. Summary of energy demand indicators for the analysed heat source modernization options. Source: authors' own study

Wariant	Opis	EU, kWh/(m²·rok)	EK, kWh/(m²·rok)	EP, kWh/(m²·rok)
0	Stan istniejący budynku	340,0	478,6	536,1
1	Węzeł cieplny, bez termomodernizacji	340,0	477,2	365,3
2	Pompa ciepła A/W, bez termomodernizacji	340,0	239,6	598,4
3	Kocioł gazowy, bez termomodernizacji	340,0	504,0	564,2
4	Węzeł cieplny, po termomodernizacji	169,8	227,0	187,8
5	Pompa ciepła A/W, po termomodernizacji	169,8	83,1	207,7
6	Kocioł gazowy, po termomodernizacji	169,8	266,1	300,0



Rysunek 3. Porównanie wariantów modernizacji źródła ciepła. Źródło: opracowanie własne
Figure 3. Comparison of heat source modernization options. Source: authors' own study

Ze względu na stosunkowo niskie sprawności całkowite systemów wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową EK, której koszty ostatecznie ponoszą użytkownicy obiektu, wynosi 478,6 kWh/(m²·rok) w wariancie bazowym. Zaopatrywanie budynku w ciepło na podstawie nieodnawialnego nośnika energii, jakim jest gaz ziemny, ze współczynnikiem nakładu wynoszącym 1,10 skutkuje wysokim wskaźnikiem rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP na poziomie 536,1 kWh/(m²·rok), co jest wartością typową dla niezmodernizowanych budynków historycznych. Wyniki przeprowadzonej analizy jednoznacznie wskazują więc na wysoce niezadowalający stan energetyczny istniejącego budynku.

Wdrożenie Wariantu 1 pozwoliłoby na nieznaczne obniżenie wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową EK do poziomu 477,2 kWh/(m²·rok). Kluczową zmianą w tym wariancie jest duży spadek wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną EP względem wariantu bazowego do 365,3 kWh/(m²·rok). W wariancie 2 zapotrzebowanie na energię końcową budynku ulega znacznej redukcji, do 239,6 kWh/(m²·rok), co jest spowodowane znacznie wyższą od innych źródeł ciepła sprawnością. Wartym uwagi jest fakt, że w porównaniu do wariantu bazowego oraz wariantu nr 1, powiększeniu uległ wskaźnik zapotrzebowania na energię pierwotną EP (598,4 kWh/(m²·rok)), co spowodowane jest wysokim wskaźnikiem nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej wynoszącym w tym przypadku 2,5. W analizowanym przypadku, scentralizowanie źródła ciepła wpływa negatywnie sprawność systemu. Zastosowanie zasobnika obniża sprawność akumulacji do poziomu η = 0,85 oraz obniża się sprawność przesytu ciepła z 1,00 do 0,90 względem wariantu bazowego. Wybór wariantu 3 polegającego na montażu centralnego źródła ciepła – gazowego kotła kondensacyjnego pogorszyłby warunki energetyczne budynku, podnosząc wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową o 25,4 kWh/(m²·rok). Obniżenie wskaźnika zapotrzebowania energii użytkowej budynku do poziomu 169,8 kWh/(m²·rok) spowodowane termomodernizacją obiektu wywarło wpływ na pozostałe wskaźniki. Wdrożenie wariantu 4 pozwala na obniżenie zapotrzebowania na energię końcową do poziomu 227,0 kWh/(m²·rok). W zestawieniu z nieocieplonym budynkiem (wariant 1), termomodernizacja przegród pozwoliła na niemal 50-procentową redukcję ilości ciepła, którą fizycznie trzeba byłoby dostarczyć do budynku, a także na tożsame obniżenie wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. Piąty rozważany wariant modernizacji z zastosowaniem powietrznej pompy ciepła o parametrach pracy 49/39 °C, pozwolił na redukcję wskaźnika EK do poziomu 83,1 kWh/(m²·rok). Jest to ponad 5 krotna redukcja w porównaniu do wariantu bazowego budynku. Wskaźnik zapotrzebowania na energię pierwotną również uległ redukcji (do 207,7 kWh/(m²·rok)), jednak w dalszym ciągu nie spełnia on wymogów dla nowoprojektowanych budynków wielorodzinnych. W tym przypadku można jednak obniżyć wskaźnik EP poprzez zastosowanie odnawialnych źródeł energii, np. indywidualnej instalacji fotowoltaicznej. Ostatnim analizowanym scenariuszem jest Wariant 6, który zakłada instalację centralnego kotła gazowego w ocieplonym budynku. Zapotrzebowanie na energię końcową EK spadło do 266,1 kWh/(m²·rok). Choć jest to wynik o blisko 52% lepszy niż przed ociepleniem, to nadal pozostaje on najgorszym rezultatem spośród wszystkich wariantów w docieplonym budynku. W konsekwencji wysoka pozostaje również wartość EP (300,0 kWh/(m²·rok)), która jest znacznie niższa od wartości w wariancie bez ocieplenia, jednak z uwagi na zastosowanie paliwa jakim jest gaz ziemny wskaźnik ten jest najwyższy ze wszystkich analizowanych wariantów budynku po termomodernizacji. Na Rysunku 3 graficznie zobrazowano wyniki analizy.

Wybór najkorzystniejszego wariantu modernizacji

Celem przeprowadzania analiz modernizacji źródeł ciepła jest wyłonienie najkorzystniejszych rozwiązań. Termomodernizacja przegród budynku pozwoliła na znaczącą redukcję obciążenia cieplnego oraz wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową. Ocieplenie

budynku umożliwiło także obniżenie parametrów pracy z 70/50°C do 49/39°C, stwarzając tym samym odpowiednie środowisko pracy dla pompy ciepła. Pod względem zapotrzebowania na energię końcową EK zastosowanie wariantu 5 jest najbardziej korzystne ze względu na najniższą uzyskaną wartość tego wskaźnika. Paradoksalnie jednak, ze względu na budowę polskiego systemu energetycznego opartego jeszcze w dużej mierze na nieodnawialnych paliwach kopalnych, ten wariant charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem zapotrzebowania na energię pierwotną. Pod kątem zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej najlepiej wypada zastosowanie węzła cieplnego w budynku po wykonaniu termomodernizacji jego obudowy. Niemniej nadal wskaźnik ten znacząco odbiega od wymaganych dla budynków nowoprojektowanych 65 kWh/(m^2·rok), a różnica między wariantami 4 i 5 wynosi jedynie 19,9 kWh/(m^2·rok). Jak wspomniano wcześniej, zasilenie pompy ciepła z indywidualnej instalacji fotowoltaicznej pozwoliłoby na obniżenie zapotrzebowania na energię nieodnawialną. Redukcja EP w przypadku zastosowania węzła ciepłowniczego, jest również możliwa przy zastosowaniu źródeł energii odnawialnej, ale bardziej skomplikowana. Po rozważeniu powyższych aspektów za wariant najlepszy uznano wariant 5 polegający na instalacji pompy ciepła powietrze/woda w budynku po kompleksowej termomodernizacji. W celu pełnego wykorzystania potencjału wybranego wariantu źródła ciepła oraz obniżyć wpływ budynku na środowisko przeanalizowano możliwość zastosowania instalacji fotowoltaicznej.

Instalacja fotowoltaiczna

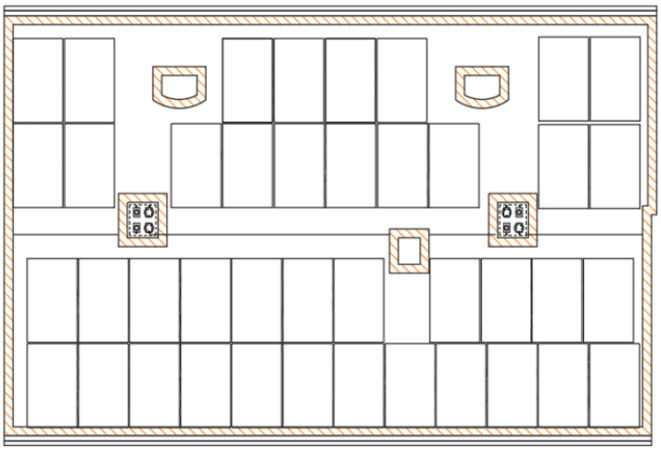
W celu redukcji wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną EP, który wynosi w wybranym wariancie 207,7 kWh/(m^2·rok), dobrano instalację fotowoltaiczną (PV). W doborze instalacji PV posłużono się rocznym zapotrzebowaniem na energię końcową wraz z energią pomocniczą, równą zapotrzebowaniu na energię elektryczną systemu z pompą ciepła wynoszącemu 16868 kWh. Moc instalacji niezbędną do pokrycia zapotrzebowania na energię wyliczono przy założeniu sprawności systemu równej 82% i średniego rocznego uzysku energii ze słońca przy uwzględnieniu położenia wschód-zachód równego 819,4 kWh/kWp i wynosi ona 25,1 kWp.

Na podstawie przykładowych ogniw fotowoltaicznych dostępnych na rynku o mocy 480 W wyliczono wymaganą liczbę paneli równą 53 sztuki.

Należy zaznaczyć, że konserwatorzy zabytków często dopuszczają umieszczenie instalacji fotowoltaicznej tylko na nieeksponowanych połaciach dachu. Biorąc pod uwagę lokalizację drogi dojazdowej do budynku, która przebiega od strony północnej, połacie wschodnia i zachodnia nie są bezpośrednio widoczne od ulicy. W związku z tym przyjęto wariant zakładający możliwość pełnego zagospodarowania całego dachu.

Po uwzględnieniu rozmiarów ogniw oraz stref ochronnych od kominów, okien oraz krawędzi dachu, rozplanowano instalację. Na połaci dachu w rozmieszczeniu wschód-zachód udało się zmieścić 41 ogniw. Na Rysunku 4 pokazano rozmieszczenie ogniw PV na dachu budynku.

Uzysk energii z instalacji zasymulowano w narzędziu PVGIS-5. Przy kącie montażu równym 37° uzyskano z połaci wschodniej 6778 kWh, a z zachodniej 8473 kWh. Łączna roczna produkcja energii z instalacji fotowoltaicznej wynosi 15 250 kWh, co odpowiada około 90,4% pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną. Wykorzystanie instalacji pozwoliłoby na obniżenie wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną nieodnawialną budynku do wartości 47,8 kWh/(m^2·rok), co przekłada się na niemal 80% redukcję i możliwość spełnienia restrykcyjnych wymagań EP = 65,0 kWh/(m^2·rok) dla nowobudowanych budynków.



Rysunek 4. Rozmieszczenie ogniw PV na dachu budynku. Źródło: opracowanie własne
Figure 4. Layout of PV modules on the roof of a building. Source: authors' own elaboration

Wnioski

Analiza możliwości modernizacji źródła ciepła w historycznym budynku mieszkalnym miała na celu przeprowadzenie procesu oceny technicznej oraz energetycznej możliwości wymiany tego źródła w zabytkowym obiekcie wybudowanym w 1940 r. znajdującym się we Wrocławiu. Przeanalizowano sześć wariantów: węzeł cieplny, pompa ciepła powietrze-woda i centralny kocioł gazowy w nieocieplonym budynku oraz te same trzy opcje w budynku po termomodernizacji. Przegląd literaturowy wraz z analizą zapotrzebowania na moc i energię pokazały, że wymiana źródła ciepła bez uprzedniej kompleksowej termomodernizacji rozpatrywanego budynku będzie nieuzasadniona. Termomodernizacja obiektu pozwoliła na obniżenie zapotrzebowania na energię użytkową, w tym wskaźnika EU z 340,0 kWh/(m^2·rok) do 169,8 kWh/(m^2·rok). Redukcja obciążenia cieplnego budynku skutkowała także zmianą parametrów zasilania instalacji c.o. z 70/50 °C do 49/39 °C, tym samym pozytywnie wpływając na możliwość zastosowania pompy ciepła i zwiększenie średniorocznego współczynnika sprawności tego urządzenia. Na skutek powyższych zdecydowano się na wybór wariantu z pompa ciepła powietrze-woda w budynku po modernizacji przegród budowlanych z instalacją fotowoltaiczną pokrywającą 90,4% zapotrzebowania na energię elektryczną. Wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej pozwoliło na redukcję wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną do 47,8 kWh/(m^2·rok) a tym samym do standardów spełniających wymagania dla nowych budynków.

Bibliografia

Attia, S., Kosiński, P., Wójcik, R., Węglarz, A., Koc, D., & Laurent, O. (2022). Energy efficiency in the polish residential building stock: A literature review. *Journal of Building Engineering*, 45 (March 2021), 103461. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103461

Cichowicz, R., Jerominko, T., Grzelakowski, T., & Zaguła, A. (2025). Contemporary Challenges for Heating Historic Church Buildings from the Late 19th and Early 20th Centuries. *Energies*, 18(4). https://doi.org/10.3390/en18040889

Dmochowska, A., Guzal, J., & Nędzyński, K. (2024). 10 milionów szans, czyli jak termomodernizować budynki z wielkiej płyty w Polsce. *Polska Izba Budownictwa.* https://itech.lukasiewicz.gov.pl/wp-content/uploads/sites/38/2025/07/PIB_RAPORT_2024.pdf Dostęp: 27 września 2026

GUS. (2026). *Archiwum Głównego Urzędu Statystycznego.* https://stat.gov.pl Dostęp: 27 września 2026

GUS. (2024). Warunki mieszkaniowe w Polsce w świetle wyników Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań 2021. *Główny Urząd Statystyczny* https://stat.gov.pl/spisy-powszechne/nsp-2021/nsp-2021-wyniki-ostateczne/warunki-mieszkaniowe-w-polsce-w-swietle-wynikow-narodowego-spisu-powszechnego-ludnosci-i-mieszkan-2021,5,2.html Dostęp: 27 września 2026

Jeleński, T., Zaręba, A., Konarzewski, Ł., Wójcik, R., Kosiński, P., Czemplik, C., Pękała, E., & Czachowska, A. (2022). *Rewaloryzacja i modernizacja budynków historycznych w dobie kryzysu klimatycznego (T. Jeleński* (ed.)). Fundacja Sendzimira; Croatia Green Building Council.

Jerominko, T. (2026). Analiza źródeł ciepła dla budynku zabytkowego z uwzględnieniem efektywności energetycznej. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*, 57(1), 23–27. https://doi.org/10.65545/COW.2026.01.04

Komisja Europejska. (2020). Fala renowacji na potrzeby Europy – ekologizacja budynków, tworzenie miejsc pracy, poprawa jakości życia (COM(2020) 662 final).

Komisja Europejska. (2022). Plan REPowerEU (COM(2022) 230 final)

Kucharczyk-Brus, B. (2010). Modernizacja budynków mieszkalnych wielorodzinnych – oszczędność czy rozrzutność? *Czaspoismo Techniczne – Architektura*, 14(6-A/1), 137–143.

Maj, M., Węglarz, A., Żurawski, J., & Kluczberg, B. (2025). Analiza energetyczna budynków historycznych. *Materiały Budowlane*, 1, 38–45.

Minister Infrastruktury i Rozwoju. (2015). Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju 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).

Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2018). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej,* L 156, 75–91

Rada Ministrów. (2022). *Długoterminowa Strategia Renowacji Budynków. Załącznik do Uchwały nr 23/2022 Rady Ministrów z Dnia 9 Lutego 2022 r.* (Issue 23).

Sejm Rzeczypospolitej Polskiej. (2024). Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami. Dz.U. 2003 nr 162, poz. 1568

UN, & IEA. (2017). Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. *In Global Status Report 2017*.

Urząd Miejski Wrocławia. (2026). Biuletyn Informacji Publicznej Urzędu Miejskiego Wrocławia. https://bip.um.wroc.pl Dostęp: 27 września 2026

Vogdt, F. U., Schaudienst, F., Baumbach, A., Walsdorf-Maul, M., & Schwabe, K. (2012). Energy modernization of tenements: from existing standard to low energy. *Czasopismo Techniczne – Budownictwo*, 2-B/2012(3).

Wolak, I. (2025). Termomodernizacja budynku zabytkowego w kierunku wysokiej efektywności energetycznej i jakości środowiska wewnętrznego. *Rynek Instalacyjny*, 4, s. 30-36

WUOZ. (2026). Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków we Wrocławiu. https://wosoz.ibip.wroc.pl/public Dostęp: 27 września 2026

ZZK. (2026). Zarząd Zasobu Komunalnego. https://zzk-wroc.logintrade.net/rejestracja/ustawowe.html?page=28 Dostęp: 27 września 2026

Życzyńska, A., Suchorab, Z., Kočí, J., & Černý, R. (2020). Energy Effects of Retrofitting the Educational Facilities Located in South-Eastern Poland. Energies. https://doi.org/10.3390/en13102449

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 jakiekolwiek 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.*