

Wpływ lokalizacji lokalu mieszkalnego w budynku na roczne zużycie energii do ogrzewania

Impact of location of a flat in a multistorey building on the annual consumption of energy for heating

MACIEJ BESLER

DOI 10.36119/15.2021.12.2

W kontekście planowanego rozszerzenia informowania użytkowników o ilości zużywanej energii na cele ogrzewania i ciepłej wody poddano analizie wpływ lokalizacji mieszkania w bryle budynku na ilość zużywanej energii na ogrzewanie. Analizę przeprowadzono dla mieszkań znajdujących się na parterze, nad nieogrzewaną piwnicą, na kondygnacji pośredniej i na poddaszu. Porównano wyniki uzyskane dla mieszkań czółowych i mających jedną ścianę zewnętrzną. Obliczenia dodatkowo przeprowadzono dla warunków izolacyjności przegród budowlanych obowiązujących obecnie i w okresach ubiegłych (1976 – 1982, 2002-2008 i 2017-2021). W obliczeniach posłużono się liczbą stopniodni dla Wrocławia opracowaną na podstawie danych dla roku typowego zamieszczonych na stronach Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju. Pokazano też zmienność liczby stopniodni w latach na przykładzie wartości pomierzonych w stacji meteorologicznej Wrocław Strachocin. W pracy omówiono także trzy metody wyznaczania liczby stopniodni jakie mogą być stosowane w zależności od dokładności wyjściowych danych klimatycznych dla danej lokalizacji obiektu budowlanego.

Słowa kluczowe: ogrzewanie mieszkań, ochrona ciepła, ekonomika, stopniodni

In the context of the planned extension of informing users about the amount of energy used for heating and hot water, the impact of the location of an apartment in the building's body on the amount of energy used for heating was analyzed. The analysis was carried out for flats located on the ground floor, above the unheated basement, on the intermediate floor and in the attic. The results obtained for the front flats and those with one external wall were compared. The calculations were additionally carried out for the insulation conditions of building partitions applicable now and in previous periods (1976-1982, 2002-2008 and 2017-2021). The calculations used the number of degree days for Wrocław based on the data for a typical year published on the website of the Ministry of Investment and Economic Development. The variability of the number of degree days in years was also shown on the example of values measured at the Wrocław Strachocin meteorological station. The paper also discusses three methods of determining the number of degree days that can be used depending on the accuracy of the initial climatic data for a given location of a building object.

Keywords: apartment heating, heat protection, economy, degree days

Wstęp

24 grudnia 2018 r., w krajach Unii Europejskiej, weszła w życie dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. [1] zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE [2] w sprawie efektywności energetycznej. Zmieniona dyrektywa EED jako cel przedstawia zwiększenie efektywności energetycznej o co najmniej 32,5% w 2030 r., jednocześnie zakładając, iż w 2030 r. zużycie energii pierwotnej nie będzie większe niż 1273 Mtoe (tona oleju ekwiwalentnego), co stanowi ok. 53,3 mln TJ.

Wprowadzone w art. 9c Dyrektywy [1] zmiany dotyczące opomiarowania i informacji o rozliczeniach mówią o tym, że po

25 października 2020 r. nowo instalowane liczniki ciepła i podzielniki kosztów ciepła powinny umożliwiać zdalny odczyt, aby zapewnić efektywne kosztowo i częste udzielanie informacji nt. zużycia, a dotychczasowe będą musiały być wymienione na takie do 01.01.2027 r. Zmieniona dyrektywa EED w tym zakresie ma mieć zastosowanie jedynie do ogrzewania, chłodzenia i ciepłej wody (c.w.) z centralnego źródła. Ponadto, w nowych budynkach wielomieszaniowych mają zostać zainstalowane indywidualne liczniki ogrzewania i c.w., natomiast dla istniejących budynków wielomieszaniowych zaopatrywanych z systemu ciepłowniczego konieczne jest zapewnienie przejrzystych krajowych przepisów dotyczących podziału kosztów zuży-

cia ciepła i c.w. Zgodnie z art. 11 i 11a Dyrektywy odbiorcy końcowi muszą otrzymywać rachunki oraz informacje o zużyciu energii i rozliczeniach bezpłatnie.

W pierwszych dniach września 2021 roku na stronach Rządowego Centrum Legislacyjnego (RCL) pojawił się projekt rozporządzenia [3], które określi warunki techniczne umożliwiające zamontowanie ciepłomierzy, podzielników kosztów zakupu ciepła, wodomierzy do pomiaru ciepłej wody oraz kryteria opłacalności montażu tych urządzeń. Projekt jest rezultatem wytycznych (delegacji) ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 roku Prawo energetyczne (Dz. U. z 2021 r. poz. 716, z późn. zmianami) [3] wprowadzonej ustawą z dnia 20 kwietnia 2021 r. o zmianie ustawy o efektywności

dr inż. Maciej Besler, <https://orcid.org/0000-0002-5644-5805> – Katedra Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza. Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska, Faculty of Environmental Engineering, Wrocław University of Science and Technology. Adres do korespondencji/Corresponding author: maciej.besler@pwr.edu.pl.

energetycznej oraz innych niektórych ustaw (Dz. U. z 2021 r. poz. 868).

Powyższe dokumenty zobowiązują ministra właściwego do spraw energii do określenia, w drodze rozporządzenia szczegółów warunków ustalania możliwości i opłacalności zastosowania ciepłomierzy i podzielników kosztów ogrzewania oraz opłacalności zastosowania wodomierzy do pomiaru ciepłej wody. W rozporządzeniu zawarte będą warunki wyboru metody rozliczania kosztów oraz zakres informacji przekazywanych użytkownikom w szczegółowych rozliczeniach.

Wejście w życie planowanego rozporządzenia jest niezbędne do zakończenia wdrażania wytycznych dyrektywy.

Przekazywane właścicielom lokali informacje mają skłonić użytkowników do racjonalniejszego wykorzystania ciepła. Z jednej strony, korzystający z zakupionego ciepła będą mieli większą kontrolę nad ponoszonymi kosztami, ale równocześnie sprzedający może uniknąć obciążenia odbiorców opłatami za nieużyte ilości ciepła, przez właściciela lokalu (czasem nawet przekraczające możliwości techniczne zamontowanych grzejników). Dodatkowo, wprowadzenie nowych zasad ma wyeliminować nieprawidłowości rozliczeń związanych z całkowitym brakiem pracy grzejników w wybranych lokalach i obciążanie kosztami ogrzewania pośrednio właścicieli sąsiednich lokali.

Szczegółowe rozliczenia zużytego ciepła na cele ogrzewania lokalu mieszkalnego muszą jednocześnie uwzględniać współczynniki wyrównawcze wynikające z jego położenia w bryle budynku określone w Prawie energetycznym (art. 45a pkt.9). [4] Pojawią się również wątpliwości użytkowników, czy przekazywane im informacje odzwierciedlają rzeczywiste wielkości zużycia. Szczególnie przy lokalach o podobnych powierzchniach i wielkościach okien w poszczególnych pomieszczeniach.

Warto się zastanowić jak lokalizacja lokalu mieszkalnego wpływa na specyficzną dla niego wielkość zużycia ciepła na cele ogrzewania i jak zmienia się ona względem okresu powstawania budynku w kontekście zmieniających się wymagań odnośnie do izolacyjności przegród budowlanych.

Zużycie ciepła do ogrzania mieszkania, a izolacyjność przegród

W pomieszczeniach bytowych konieczne jest doprowadzenie (lub odprowadzenie) odpowiedniego strumienia ciepła, stosownie do przyjętych warunków wewnętrznych oraz zewnętrznych warunków pogodowych.

Obecnie obowiązujące przepisy [5,6] nakładają na użytkowników do zwrócenia uwagi na oszczędzanie ciepła dostarczanego do budynków. Istniejące od wielu lat regulacje [7] wprowadziły dodatkowo narzędzia pozwalające w sposób ujednoczony na ocenę kosztów eksploatacyjnych budynków lub ich części.

W systemach ogrzewania budynków prawidłowe gospodarowanie energią polega na zastosowaniu jak najlepszej ochrony cieplnej przegród budowlanych i właściwej regulacji pracy systemu ogrzewania, zarówno źródła ciepła jak i poszczególnych obiegów grzewczych.

W typowym wielorodzinnym budynku wielokondygnacyjnym, można wyróżnić trzy grupy lokali mieszkalnych pod względem używanego przez nie ilości ciepła na cele ogrzewania. Są to mieszkania zlokalizowane na parterze, na kondygnacjach pośrednich i mieszkania na poddaszach (pod dachem lub stropodachem). Zarazem pomieszczenia w mieszkaniach mogą różnić się również orientacją ścian zewnętrznych względem stron świata, co dodatkowo różnicuje ich zapotrzebowanie ciepła.

Ilość potrzebnej energii na cele ogrzewania pomieszczeń bezpośrednio zależy od powierzchni przegród chłodzących, ich izolacyjności i strefy klimatycznej, w której zlokalizowany jest budynek. Od wielu lat obserwujemy stopniowy wzrost wymagań dotyczących minimalnych izolacyjności przegród zewnętrznych budynków. Na wykresie, dla przykładu, pokazano zmienność wymagań dla współczynników przenikania ciepła ścian i stropodachów. Równolegle zmieniały się wymagania dotyczące wartości tych współczynników dla okien i drzwi.

Z wykresu widać, że wpływ warunków zewnętrznych na zużywanie ciepła przez ogrzewane pomieszczenia z biegiem lat i zmieniających się przepisów relatywnie maleje. Rosnące wymagania izolacyjności przegród budowlanych osiągnęły już taki

poziom, że w wielu przypadkach zużywane ilości ciepła na potrzeby wentylacji są większe niż potrzeby na cele grzewcze obiektu. Stąd rosnące zainteresowanie urządzeniami wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła w matych obiektach, na przykład budynkach jednorodzinnych. Z zamieszczonego wykresu widać też, że zmiany pojawiające się w przepisach nie są już tak duże jak w poprzednich latach.

Budynki mieszkalne wielorodzinne często posiadają piwnice, z nieogrzewanymi garażami wielostanowiskowymi. Garaże są okresowo wentylowane mechanicznie nieuzdatnianym powietrzem zewnętrznym, co powoduje spadek temperatury tych pomieszczeń w okresie zimnym, czasem nawet do temperatur niższych od zera i w konsekwencji powodują znaczne zwiększenie zapotrzebowania ciepła na ogrzanie lokali znajdujących się bezpośrednio nad nimi.

Strop nad piwnicą wykonywany jest zazwyczaj konstrukcyjnie podobnie jak pozostałe stropy pomiędzy kondygnacjami pośrednimi. Pewne różnice mogą wynikać z potrzeby zachowania większej ochrony przeciwpożarowej lub akustycznej.

Dodatkowo stosuje się jedynie zwiększoną izolację termiczną od strony piwnic. Najczęściej jest to warstwa styropianu lub wełny o grubości powyżej 10 cm. Współczynnik przenikania takiej przegrody wynosi wówczas $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

W pomieszczeniach na poddaszach, w odróżnieniu od pomieszczeń na kondygnacjach pośrednich, występuje przegroda chłodząca w postaci dachu lub stropodachu. Przegrody te są w praktyce termicznie lepiej izolowane niż wymagają tego obowiązujące przepisy. Stosuje się zazwyczaj izolację z wełny mineralnej o grubości nie mniejszej niż 20-25 cm. Czasem także w stropodachach wykorzystuje się styropian. Dzisiaj współczynnik przenikania ciepła dla takiej przegrody wynosi co najwyżej $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jednak jeszcze



Rys. 1. Zmiany współczynnika przenikania dla ścian zewnętrznych i stropodachów [8]
Fig. 1. Changes in the penetration coefficient for external walls and flat roofs [8]

w roku 2016 było to $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, a w roku 2008 $U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Starsze budynki budowane były przy jeszcze mniejszych reżimach izolacyjności ($U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ – lata osiemdziesiąte). Budynki te w sporej części poddane są już termomodernizacji. Jednak część budynków powstałych w okresach gorszych wymagań izolacyjności przegród nie jest i nie będzie z różnych powodów podlegać ociepleniu. Powodem może być na przykład decyzja konserwatora mająca na celu zachowanie oryginalnego wyglądu elewacji.

Pomieszczenia znajdujące się na kondygnacjach pośrednich wymagają odpowiednio mniej ciepła dla celów grzewczych. Nie posiadają bowiem wymienników przegród chłodzących.

W budynku wielorodzinnym również układ mieszkań i powierzchni komunikacyjnych może mieć znaczący wpływ na zużycie ciepła na cele ogrzewania konkretnego mieszkania. Chodzi tu o sąsiedztwo klatki schodowej i korytarzy z pomieszczeniami lokalu mieszkalnego.

W przestrzeniach komunikacyjnych temperatura zazwyczaj normowana jest na znacznie niższym poziomie niż w pomieszczeniach mieszkalnych, a wymagania odnośnie do współczynnika przenikania ciepła dla przegród wewnętrznych są znacznie mniej restrykcyjne niż dla ścian zewnętrznych.

Problem z ustalającą się na klatce schodowej temperaturą powietrza wiąże się też z wietrznością i większymi nieszczelnościami obudowy klatki schodowej związanymi z wymogami oddymiania dróg ewakuacyjnych (Warunki Techniczne § 207). [9] W związku z bardziej intensywnym przepływem powietrza i wysokością klatki schodowej pojawiają się nie do końca kontrolowane zmiany temperatury powietrza na różnych wysokościach. Zmienia się też wymiana ciepła w lokalach na poszczególnych kondygnacjach. Dodatkowo, nieszczelności w dolnej części klatki schodowej, przy nieszczelnych drzwiach na korytarze, mogą powodować przepływy powietrza zmieniające działanie wentylacji grawitacyjnej w poszczególnych mieszkaniach. Zjawiska te są trudne do przewidzenia i ujęcia w ramy jednoznacznych wytycznych dla metod obliczania zapotrzebowania ciepła i rozliczeń jego zużycia.

Obliczanie ilości energii dla potrzeb ogrzewania

Ilość energii zużytej na potrzeby ogrzewania w sezonie grzewczym zależy od powierzchni przegród chłodzących, ich współczynników przewodzenia ciepła,

temperatury w pomieszczeniach i zmienności temperatur zewnętrznych. Dodatkowo w budynkach mieszkalnych system ogrzewania musi pokryć również energię potrzebną do podgrzania strumienia powietrza pierwotnego wpływającego do pomieszczenia i wynikającego z koniecznej wymiany powietrza.

W bilansie ciepła, przy wyznaczaniu charakterystyki energetycznej budynku, uwzględnia się też zyski ciepła pochodzące od ludzi, urządzeń i nasłonecznienia. Zgodnie z procedurą obliczeniową normy PN-EN 12831 przy wyznaczaniu projektowego obciążenia cieplnego pomieszczeń zysków nie uwzględnia się. W przypadku pomieszczeń nie ogrzewanych sąsiadujących z ogrzewanym pomieszczeniem temperatura pomieszczenia nieogrzewanego zależy od jego strat ciepła i temperatury średniej powietrza zewnętrznego.

Aby określić zmienność temperatury powietrza zewnętrznego w sezonie grzewczym należy dysponować danymi klimatycznymi. Dla wybranej lokalizacji budynku dostępne mogą być dane temperatury godzinowych lub tylko średnie temperatury dzienne lub miesięczne.

Po wyznaczeniu różnicy temperatur po obu stronach przegród chłodzących w pomieszczeniach, w godzinach lub w miesiącach, można obliczyć dzienne lub miesięczne ilości energii potrzebne do pokrycia strat ciepła budynku. Jako parametr powszechnie służący do prowadzenia obliczeń służy liczba stopniodni lub stopniogodzin grzania.

Obliczanie liczby stopniodni grzania

Powszechnie, jako metody porównawcze, do określania zapotrzebowania ilości zużywanego na cele ogrzewania ciepła, stosowane jest określanie liczby stopniodni dla danej lokalizacji obiektu. Stopniodni (S_d) mogą być określane dla różnych okresów: dni, miesięcy lub sezonów. Na przykład sezonu grzewczego. Stopniodni w rzeczywistości oznaczają sumę stopniogodzin podzieloną przez liczbę godzin doby. Pomysł zastosowania stopniodni w kalkulacjach szacowania potrzeb cieplnych w Wielkiej Brytanii stosowany już był po roku 1878. Do dzisiaj stosowane jest wiele określeń z tamtych czasów [10, 11].

Na przestrzeni lat pojawiło się wiele różnych metod określania liczby stopniodni i następnie stosowania uzyskanych wyników do obliczeń. Ze względu na korzystanie jako danych wyjściowych pomiarów klimatu (temperatur powietrza zewnętrznego) obliczenia dają wyniki przybliżone, obciążone błędem statystycz-

nym. Służą z reguły do porównań obiektów i do przewidywań przyszłego zapotrzebowania na energię. Korzystają z tych metod na przykład przedsiębiorstwa energetyczne. Zaletą ich jest prostota i czytelność procedur obliczeniowych, czego często nie gwarantują metody symulacji komputerowych.

W czasach, gdy nie były dostępne urządzenia do obliczeń cyfrowych stosowano uproszczoną metodę obliczania stopniodni zwaną Meteorological Office (opracowana w 1928 r). Opierała się ona na wyznaczaniu minimum i maximum dziennej temperatury powietrza zewnętrznego (T_{\min} , T_{\max}) i tak zwanej temperatury bazowej (T_b).

Wartość temperatury bazowej określa się w różnych krajach na nieco innym poziomie. W USA jako temperaturę bazową przyjmuje się $18,3^\circ\text{C}$ (65°F). W Europie kontynentalnej najczęściej jako temperaturę bazową przyjmuje się 18°C , w Danii i Szwecji 17°C , w Grecji 14°C .

Obniżenie wartości temperatury bazowej względem typowo przyjmowanej wartości temperatury utrzymywanej w pomieszczeniach bytowych (T_w) wynika z uwzględnienia zysków wewnętrznych budynków Q pochodzących z mocy działających urządzeń (łódówka, zmywarka, telewizor, komputer) lub, na przykład, z zysków od promieniowania słonecznego. Przy pewnym założonym ładunku ciepła można nawet przy obniżonej temperaturze powietrza zewnętrznego nie uruchamiać instalacji ogrzewania. Wartość temperatury bazowej T_b można wyznaczyć po podstawieniu zakładanych zysków ciepła Q i T_w do zależności:

$$T_b = T_w - \frac{Q}{U \cdot F}$$

Gdzie U określa całkowity współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne budynku i F powierzchnię tych przegród. W praktyce instalacje ogrzewania mogą być uruchamiane zgodnie z indywidualną decyzją użytkownika. Poziom temperatury powietrza zewnętrznego, przy którym uruchamiane jest ogrzewanie budynku zależy między innymi od stopnia jego izolacji termicznej, upodobań użytkowników i wielkości wewnętrznych zysków ciepła. Faktyczna minimalna temperatura, przy której instalacje są uruchamiane może być nawet o $3 \div 5^\circ\text{C}$ niższa od powszechnie przyjmowanej wartości temperatury bazowej T_b .

W metodzie Meteorological rozpatruje się 4 przypadki relacji temperatur: minimalnej, maksymalnej i bazowej, dla każdego z analizowanych dni sezonu grzewczego.

1. Temperatura bazowa T_b jest większa od maksymalnej dziennej temperatury T_{max} .
 2. Maksymalna temperatura T_{max} jest większa od temperatury bazowej T_b ale mniej niż minimalna temperatura T_{min} jest mniejsza od temperatury bazowej.
 3. Maksymalna temperatura T_{max} jest większa od temperatury bazowej T_b ale więcej niż minimalna temperatura T_{min} jest mniejsza od temperatury bazowej.
 4. Minimalna temperatura T_{min} jest większa o temperatury bazowej T_b .
- Stosowane równania dla rozpatrywanych przypadków pokazano poniżej [8]:

1	$S_d = \sum_{n=1}^n \left[T_b - \left(\frac{T_{min(i)}}{2} \right) \right] - \left[\frac{T_{max} - T_b}{4} \right]$
2	$S_d = \sum_{n=1}^n \left[T_b - \left(\frac{T_{min(i)}}{2} \right) \right] - \left[\frac{T_{max} - T_b}{4} \right]$
3	$S_d = \sum_{n=1}^n \left[T_b - \left(\frac{T_{min(i)}}{2} \right) \right]$
4	0

Z racji lepszych dostępnych danych pogodowych, obecnie bardziej popularna i powszechnie stosowana jest metoda opierająca się o wartości dziennej temperatury średniej. Ta metoda proponowana jest na przykład w Stanach Zjednoczonych (ASHRAE 2001), Niemczech (VDI 2067) i innych. Z pewnymi modyfikacjami proponowana jest też przez Eurostat.

W metodzie północno-amerykańskiej dla obliczenia liczby stopniodni (S_d) należy wyznaczyć dla każdego z dni średnią temperaturę powietrza zewnętrznego (T_{sr}) i porównać jej wartości z wartością temperatury bazowej (T_b).

$$S_d = \sum_{n=1}^n [T_b - T_{sr}] \text{ dla } T_{sr} \leq T_{gr}$$

$$S_d = 0 \text{ dla } T_{sr} > T_{gr}$$

n – oznacza liczbę dni.

Metoda zakłada, że ogrzewanie jest wyłączone w dniach, kiedy średnia dzienna temperatura powietrza jest większa od temperatury bazowej T_b .

Nieco inaczej liczbę stopniodni określa się w metodzie Eurostatu. Dodatkowo przyjęto w niej tzw. temperaturę graniczną. Wartość temperatury granicznej przyjmuje się poniżej wartości temperatury bazowej. Stopniodni grzania $S_d(T_b)$ dla temperatury

bazowej $T_b = 18^\circ\text{C}$ i temperatury granicznej $T_{gr} = 15^\circ\text{C}$ oblicza się ze wzoru:

$$S_d = \sum_{n=1}^n [T_b - T_{sr}] \text{ dla } T_{sr} \leq T_{gr}$$

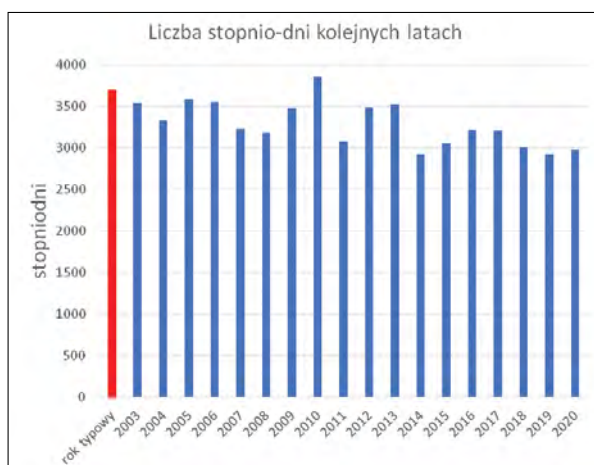
Dodatkowe uwzględnienie temperatury granicznej pozwala na bardziej prawidłowe wyznaczenie liczby stopniodni na początku i na końcu sezonu grzewczego (wrzesień, kwiecień). W tych miesiącach, dzięki stosunkowo wysokiej wartości promieniowania słonecznego, pojawiają się dni nie wymagające uruchamiania ogrzewania, pomimo niskiej temperatury średniej powietrza zewnętrznego. Eliminuje też ono miesiące poza sezonem, w których mogą pojawić się krótko-okresowe obniżenia temperatury, raczej nie wpływające na konieczność uruchamiania ogrzewania. Wartości temperatury granicznej T_{gr} mogą się różnić w różnych krajach stosujących tę metodę obliczeniową. Obliczone metodą Eurostatu liczby stopniodni określa się dodatkowo opisując dla jakiej wartości temperatury bazowej i temperatury granicznej zostały obliczone $S_d(T_b, T_{gr})$.

Aby zastosować metodę Eurostatu, należy dysponować dość dokładnymi danymi meteorologicznymi. Nie zawsze jest to możliwe lub dane dla określonej lokalizacji i okresu nie są dostępne bezpłatnie. Dostępne są natomiast bardzo często dane miesięcznych temperatur średnich powietrza zewnętrznego. W Wielkiej Brytanii stosowana jest metoda, która przy założeniu normalnego rozkładu wartości temperatur zewnętrznych, pozwala na wyznaczenie liczby stopniodni dla poszczególnych miesięcy na podstawie znanej wartości miesięcznej temperatury średniej. Jest to metoda Hitchina [10, 11].

$$S_d(T_b) = \frac{T_b - T_{sr}}{1 - \exp[-k \cdot (T_b - T_{sr})]} \cdot L$$

$$k = \frac{2,5}{\sigma}$$

Rys. 2. Porównanie liczby stopniodni w poszczególnych latach z danymi dla stacji meteo Wrocław-Strachowice i roku typowego (kolor czerwony) Fig. 2. Comparison of the number of degree days in individual years with the data for the Wrocław-Strachowice weather station and the typical year (red)



Gdzie:

$S_d(T_b)$ – liczba stopniodni dla założonej temperatury bazowej;

T_b – temperatura bazowa;

T_{sr} – średnia temperatura miesięczna;

k – stała przyjmowana z wytycznych (np. w Wielkiej Brytanii $k=0,71$) lub obliczana;

L – liczba dni w miesiącu;

σ – odchylenie standardowe temperatury w analizowanym miesiącu.

Dane klimatyczne powietrza zewnętrznego

Wybór danych klimatycznych do przeprowadzenia analizy zapotrzebowania ciepła na cele ogrzewania może mieć znaczący wpływ na uzyskane wyniki.

Dla wielu lokalizacji dostępne są dane statystyczne oferowane przez stacje meteorologiczne. Nie zawsze są to dane dostępne lub dostępne bezpłatnie. Dla przeprowadzenia analiz można skorzystać z danych dla Typowego roku meteorologicznego, dla wybranej lokalizacji obiektu, zamieszczonych na stronach Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju [12]. Są to wieloletnie dane opracowane na podstawie normy EN ISO 15927:4 z 61 stacji meteorologicznych Polski.

Często używane do analizy dostępne dane ze stacji meteo lub innych źródeł obejmują krótsze okresy. Dodatkowo obserwujemy w ostatnich latach dużą zmienność klimatu i to w przeważającej części w stronę wyższych wartości temperatur powietrza zewnętrznego na danym terenie.

Obliczono liczbę stopniodni metodą Eurostatu $S_d(18,3^\circ\text{C}, 15^\circ\text{C})$ na podstawie danych temperatury dla roku typowego dla warunków Wrocławia. Dla porównania możliwej zmienności wyników obliczono również roczne liczby stopniodni dla danych zmierzonych w stacji meteorologicznej znajdującej się we Wrocławiu na

Tabela. 1. Zestawienie liczb stopniodni w miesiącach dla stacji meteorologicznej Wrocław Strachowice i roku typowego dla Wrocławia (kolor czerwony)
Table. 1. Summary of the number of degree days in months for the Wrocław Strachowice meteorological station and for the typical year of Wrocław (red)

	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
rok typowy	579,75	531,30	481,92	331,08	154,84	59,07	69,20	33,32	131,90	292,27	435,89	600,44
2003	640,56	604,44	454,44	321,11	46,11	25,00	3,89	12,78	124,44	395,56	386,67	525,56
2004	506,11	486,67	443,33	269,44	184,44	62,22	41,11	17,78	127,78	247,22	412,78	527,78
2005	527,22	568,33	523,33	279,44	165,56	75,56	22,78	47,78	100,00	253,33	461,67	565,00
2006	755,56	585,56	555,56	270,00	151,67	63,33	3,33	60,00	69,44	223,33	362,22	450,00
2007	435,56	445,00	383,89	240,56	127,78	26,11	36,11	33,89	162,78	313,33	476,11	544,44
2008	486,67	418,33	435,56	293,89	142,22	36,11	16,67	34,44	150,56	265,00	377,78	517,78
2009	666,11	516,67	436,67	201,11	151,11	94,44	18,89	16,11	90,00	333,33	351,67	598,33
2010	764,44	554,44	455,56	281,11	172,22	48,33	1,11	21,67	148,33	333,89	348,33	726,11
2011	545,00	554,44	438,33	187,78	122,22	18,33	31,67	5,00	70,56	251,67	412,22	442,22
2012	523,89	655,56	351,67	286,11	127,22	70,56	20,00	29,44	115,00	305,56	380,56	615,00
2013	631,11	516,67	592,22	284,44	135,00	73,89	11,11	36,11	162,78	213,89	390,56	475,00
2014	546,67	390,00	347,78	220,56	155,56	68,33	7,78	45,00	75,00	215,00	355,00	495,00
2015	492,78	466,11	389,44	291,67	162,22	71,11	14,44	6,11	97,78	297,78	360,00	395,56
2016	603,89	406,11	425,00	283,33	110,00	17,22	17,78	29,44	70,00	295,56	448,89	511,67
2017	671,67	474,44	340,30	303,33	130,56	22,22	14,44	18,33	150,56	225,60	379,90	472,40
2018	474,20	569,60	518,70	144,20	62,70	33,40	14,20	10,70	83,10	226,80	392,10	474,10
2019	571,50	416,80	352,50	232,80	198,20	0,30	25,00	4,10	111,60	222,80	333,60	452,20
2020	489,70	376,30	401,80	248,30	201,90	42,70	28,30	9,50	92,90	220,80	374,70	489,60

lotnisku Strachowice. Wyniki porównania pokazuje rysunek 2.

W tabeli 1 zamieszczono wyniki obliczenia stopniodni dla poszczególnych miesięcy i lat.

Jak widać z wykresu na rysunku 3, obliczone liczby stopniodni mogą się znacznie różnić w poszczególnych latach. Różnice w okresie objętym na wykresie,

się powierzchnię (59,7 m³ mieszkanie czotowe, 56,8 m² mieszkanie z jedną ścianą zewnętrzną).

Dla wymienionych powyżej przypadków dokonano obliczeń dla czterech wartości izolacyjności przegród budowlanych, określonych w przepisach, jakie obowiązywały w latach poprzednich i obecnie. Wartości współczynników przenikania

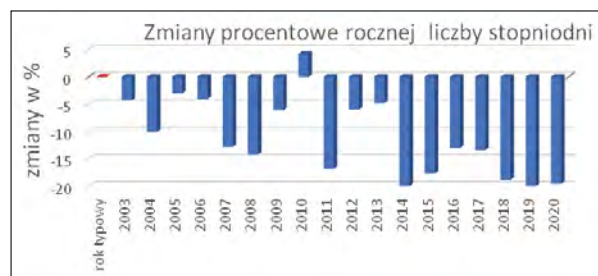
nich warunków pozwala ocenić jak zmieniły się w przeszłości relacje zużycia ciepła w różnie zlokalizowanych w bryle budynku mieszkaniach. Nadal w substancji mieszkaniowej naszych miast występuje wiele takich obiektów, które nie podlegały termomodernizacji od czasu ich wybudowania.

Zużycie ciepła w sezonie grzewczym obliczono na podstawie roku typowego dla danych klimatycznych Wrocławia.

Uzyskane wyniki ilości ciepła wynikające z przyjętych założeń zamieszczono w tabelach.

Obliczono nadwyżki potrzebnego ciepła względem mieszkania na kondygnacji pośredniej (tabela 5,6), mieszkań zlokalizowanych na poddaszu i na parterze nad nieogrzewaną piwnicą.

Wyniki wskazują, że na skutek różnic w odniesieniu do przegród zmieniających się wymagań izolacyjności przegród zewnętrznych i wewnętrznych zmieniły się udziały poszczególnych składowych strat ciepła w lokalach. W latach 2002-2008 proporcjonalnie mieszkania więcej



Rys. 3. Zmienność w procentach rocznej liczby stopniodni dla Wrocławia względem roku typowego (kolor czerwony)
Fig. 3. Percentage volatility of the annual number of degree days for Wrocław compared to a typical year (red)

w przypadku kilku lat; przekraczają nieznacznie 20%.

Porównanie zużycia ciepła do ogrzewania dla różnych lokali mieszkalnych

Przeprowadzono próbę oszacowania zapotrzebowania na ciepło do celów ogrzewania dla mieszkań w przykładowym budynku wielorodzinnym. Obliczenia przeprowadzono dla trzech lokalizacji mieszkania (na parterze, na kondygnacji pośredniej i na poddaszu). Porównano dwa przypadki mieszkań: mieszkanie szczytowe i mieszkanie z ekspozycją pomieszczeń na jedną stronę świata. Mieszkania miały taką samą liczbę pomieszczeń i nieznacznie różniącą

ciepła dla głównych elementów budynku pokazano w tabeli 2.

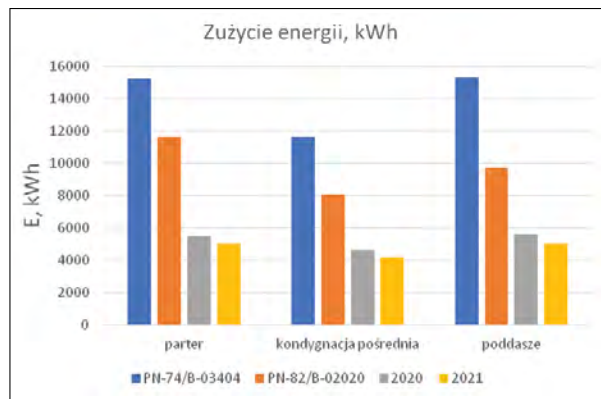
Wybrane przypadki różnią się dość znacznie pod względem wartości wymaganych izolacyjności przegród budowlanych. Porównanie aktualnych i historycz-

Tabela. 2. Dane współczynników przenikania ciepła dla analizowanych przypadków
Table. 2. Data of heat transfer coefficients for the analyzed cases

przypadek	regulacja prawna	okres obowiązywania	wartość współczynników U, W/m ² K			
			ściana zewnętrzna	okno	stropodach	strop nad nieogrzewaną piwnicą
1	PN-74/B-03404	1976 – 1982 r.	1,16	2,8	0,7	1,16
2	PN-82/B-02020	2002 – 2008 r.	0,5	2,6	0,3	1,16
3	DzU 2015 poz.1422 z dnia 2015-09-18	2017 – 2020 r.	0,23	1,1	0,18	0,25
4	DzU 2015 poz.1422 z dnia 2015-09-18	od 2021 r.	0,2	0,9	0,15	0,25

Tabela 3. Zużycie ciepła na cele ogrzewania dla mieszkań szczytowych
Table 3. Consumption of heat energy for heating purposes for front flats

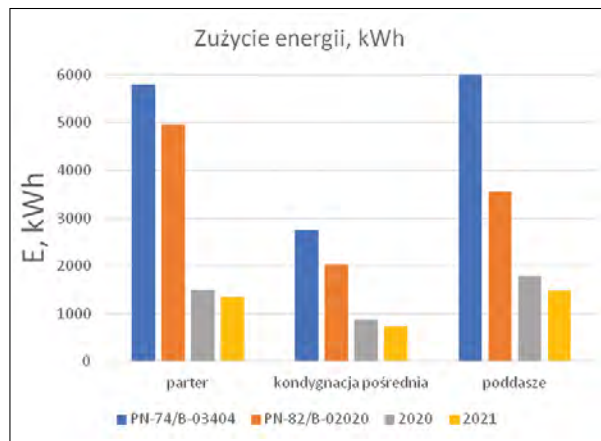
zużycie ciepła, kWh			
przypadek	parter	kondygnacja pośrednia	poddasze
1	15238	11631	15320
2	11629	8087	9734
3	5453	4611	5592
4	5013	4178	5000



Rys. 4. Zmienność zużycia ciepła dla mieszkań budowanych w różnych latach (mieszkanie czołowe)
Fig. 4. Variability of heat energy consumption for apartments built in different years (front apartment)

Tabela 4. Zużycie ciepła na cele ogrzewania dla mieszkań z jedną ścianą zewnętrzną
Table 4. Consumption of heat energy for heating purposes for apartments with one external wall

zużycie ciepła, kWh			
przypadek	parter	kondygnacja pośrednia	poddasze
1	10092	6773	10305
2	8675	5388	7031
3	4236	3439	4399
4	3974	3190	3993



Rys. 5. Zmienność zużycia ciepła dla mieszkań budowanych w różnych latach (mieszkanie z jedną ścianą zewnętrzną)
Fig. 5. Variability of heat energy consumption for dwellings built in different years (an apartment with one external wall)

Tabela 5. Różnice procentowe zwiększenia zużycia ciepła dla obiektów zrealizowanych w różnych okresach (mieszkanie szczytowe)
Table 5. Percentage differences in increasing heat consumption for buildings constructed in different periods (front apartment)

przypadek	parter, %	kondygnacja pośrednia	poddasze, %
1	31,01	0	31,71
2	43,80	0	20,36
3	18,25	0	21,28
4	19,99	0	19,68

ciepła traciły przez podłogę piwnic niż przez stropodachy.

Odwrotną sytuację można zaobserwować dla wymagań obowiązujących przed rokiem 2020. Różnica w ilości ciepła jest nieznaczna z powodu wzrostu wymagań odnośnie do współczynnika przenikania ciepła przegród. Ostatnia zmiana obowiązująca od roku 2021 to nieznaczne różnice niweluje.

Wpływ ściany na klatkę schodową i korytarz może w sposób istotny zwiększyć zużycie ciepła pomieszczenia bezpośrednio stykającego się z pomieszczeniem o obniżonej temperaturze. Z jednej strony występuje w tym przypadku mniejsza różnica temperatur po obu stronach przegrody, ale jednocześnie wymagania izolacyjności przegrody są dużo mniejsze niż dla ściany zewnętrznej.

Tabela 6. Różnice procentowe zwiększenia zużycia ciepła dla obiektów zrealizowanych w różnych okresach (mieszkanie z jedną ścianą zewnętrzną)
Table 6. Percentage differences of heat consumption increase for buildings constructed in different periods (flat with one external wall)

przypadek	parter, %	kondygnacja pośrednia	poddasze, %
1	49,00	0	52,14
2	61,00	0	30,48
3	23,16	0	27,90
4	24,56	0	25,17

Tabela 7. Wartości maksymalnych współczynników przenikania ciepła dla ścian wewnętrznych klatek schodowych
Table 7. Values of maximum heat transfer coefficients for internal walls of staircases

przypadek	Maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła dla ściany W/m ² K
1	3
2	3 (dla IV i V strefy - 2,0)
3	1
4	1

W praktyce dodatkowe straty ciepła z mieszkania, przez ścianę z pomieszczenia mieszkalnego na klatkę schodową dochodzą do 12 W/m² (obliczeniowa T_w klatki od +8 °C), co jest wartością porównywalną do strat pomiędzy mieszkaniami w wyniku obniżenia ogrzewania w jednym z nich.

Podsumowanie

Występują zauważalne różnice w obliczeniach zużycia ciepła przez lokale mieszkalne w zależności od ich lokalizacji w bryle budynku. Przy porównaniu mieszkań zlokalizowanych na różnych kondygnacjach różnice mogą przekraczać 20% dla budynków nowych i 50% dla budynków budowanych przed laty. Jak można się było spodziewać różnice te są proporcjonalnie mniejsze dla mieszkań czołowych. Mieszkania te mają większy udział strat ciepła przez ściany zewnętrzne. Ze względu na poprawiającą się w ostatnich latach izolacyjność przegród budowlanych, im nowszy obiekt tym zróżnicowanie jest mniejsze.

Przeprowadzone obliczenia potwierdzają, że rozliczanie kosztów wspólnych ciepła zużywanego przez budynki oparte o powszechnie wykorzystywane metody współczynników zmniejszających (np. tablice COBRTI INSTAL) są prawidłowe. Jednak dla budynków starszych nie objętych termomodernizacją współczynniki zmniejszające zamieszczone w tablicach są zbyt małe.

Obliczenia dla historycznych już wymagań izolacyjności budynków pozwalają ocenić jak znacznie zmniejszyła się ilość ciepła zapewniająca właściwe warunki mikroklimatu pomieszczeń. Nadal jednak istnieją budynki oddane do użytkowania przed wielu laty i nie poddane dociepleniu. Brak takich działań spowodowany może być ograniczeniami technicznymi lub formalnymi (np. zabytkowe lub ozdobne elewacje). Potwierdzone w analizie relacje zużycia ciepła dla różnych przypadków i lokalizacji mieszkań w budynku mają również znaczenie w obiektach nie wyposażonych w indywidualne liczniki ciepła.

Planowane rozporządzenie [3] przewiduje występowanie nadal takich sytuacji.

Z zawartych w pracy obliczeń wynika, że w większości analizowanych przypadków w porównaniu do lokali znajdujących się nad nieogrzewanymi piwnicami mniejsze ilości ciepła zużywają mieszkania na poddaszach. Jednak w niektórych obiektach stan faktyczny może być inny. W sytuacji, gdy w piwnicach pod mieszkaniem znajdować się będą przewody instalacji ciepłych straty ciepła przez podłogę pomieszczeń będą znacznie ograniczone.

Stosowane zgodnie z aktualnymi wymaganiami grubości izolacji pozwalają na większe oszczędności energii i lepsze uniezależnienie kosztów eksploatacyjnych od warunków klimatycznych. Wydaje się jednak, że dalsze ich zwiększanie będzie mało efektywne, gdy oceni się wzrost oszczędności i koszty inwestycyjne zakupu

materiałów do montażu warstw izolacyjnych przegród o większej grubości.

LITERATURA

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/WE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE.
- [3] <https://legislacja.rcl.gov.pl>
- [4] Ustawa Prawo energetyczne. Dz.U. 1997 Nr 54 poz. 348. z dnia 10 kwietnia 1997 r.
- [5] PN-EN 12828:2006 – Instalacje ogrzewcze w budynkach. Projektowanie wodnych instalacji centralnego ogrzewania.
- [6] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przemysłowej i Budownictwa z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690)
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2008 nr 201 poz. 1240).
- [8] Izolacyjność cieplna przegród – zmiany na przestrzeni lat. www.locja.pl
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [10] Józef Dopke. Obliczanie miesięcznej liczby stopniodni grzania. Instal 3/2010
- [11] Degree-days: theory and application TM41:2006. The Chartered Institution of Building Services Engineers 222 Balham High Road, London SW129BS.
- [12] Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków. <https://dane.gov.pl>