

Określanie maksymalnego i minimalnego kosztu ciepła dostarczonego w sezonie grzewczym do lokalu wyposażonego w podzielniki kosztów ogrzewania

Determining the maximum and minimum cost of heat delivered in the heating season to an apartment equipped with heating costs divisors

WŁADYSŁAW SZAFLIK, ALEKSANDER ANDRZEJ STACHEL

DOI 10.36119/15.2022.7-8.2

Opublikowane w grudniu 2021 roku Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie warunków ustanowienia technicznej możliwości i opłacalności zastosowania ciepłomierzy, podzielników kosztów ogrzewania oraz wodomierzy do pomiaru ciepłej wody użytkowej, warunków wyboru metody rozliczania kosztów zakupu ciepła oraz zakresu informacji zawartych w indywidualnych rozliczeniach [11] zawiera m.in. wymaganie wyznaczenia, dla każdego sezonu grzewczego, maksymalnego oraz minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła zależnego od jego zużycia w lokalach w przeliczeniu na 1 m² powierzchni użytkowanych w budynku wielolokalowym. Przepisy jedynie w sposób ogólny określają te pojęcia, nie podając szczegółowej metodyki wyznaczania wskazanych parametrów. W szczególności problemy może stwarzać wyznaczanie wartości maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła. W niniejszym artykule zaproponowano dwie metody wyznaczania maksymalnego i minimalnego kosztu ciepła dostarczonego w sezonie grzewczym do lokalu wyposażonego w podzielniki kosztów ogrzewania. Pierwsza z nich bazuje na obliczeniach symulacyjnych druga, na wynikach przeprowadzonych rozliczeń kosztów ogrzewania. Należy zwrócić uwagę na fakt, że nie jest znana rzeczywista charakterystyka sposobu ogrzewania poszczególnych lokali w czasie sezonu ogrzewczego zaś wyniki obliczeń są wrażliwe na założenia dotyczące tej kwestii. Określono i przeprowadzono analizę wartości maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła dla istniejącego budynku mieszkalnego.

Słowa kluczowe: budynki wielolokalowe, podział kosztów ogrzewania w budynkach wielolokalowych, podzielniki kosztów ogrzewania.

The regulation of the Minister of Climate and Environment published in December 2021 “on the conditions for determining the technical feasibility and profitability of using heat meters, heating cost allocators and water meters for measuring domestic hot water, the conditions for choosing the method of settling the costs of heat purchase and the scope of information contained in individual settlements” [11] specifies, inter alia, the scope of information on the settlement of heat purchase costs provided to users of flats in a multi-apartment building, supplied with heat, cooling or domestic hot water from a central heat source. Two critical requirements resulting from the above-mentioned Regulation are to determine and specify the value of the maximum and minimum variable cost of heat purchase depending on its consumption for a given flat during the heating season, with the legislator only specifying these concepts in a general way, without indicating and not providing the methodology for determining them. In particular, the determination of the value of the maximum variable cost of heat purchase may pose problems. The Regulation in question (§ 8 point 1) states only that “the maximum variable cost of heat purchase is calculated as the value of heat consumption for a given flat resulting from the technical possibility of heat supply to the flats”. The article proposes two methods for determining the maximum and minimum cost of heat taken during the heating season by a flat equipped with heat cost allocators. An analysis of the value of the maximum cost at the variables of heat purchase for an existing real building was determined and carried out.

Keywords: multi-unit buildings, division of heating costs in multi-unit buildings, heating costs divisors.

prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik, <https://orcid.org/0000-0003-3767-8766> – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Adres do korespondencji / Corresponding adress: Wladyslaw.Szaflik@zut.edu.pl
prof. dr hab. inż. Aleksander Andrzej Stachel, <https://orcid.org/0000-0002-2058-9305> – Akademia im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim, Wydział Techniczny, Adres do korespondencji / Corresponding adress: astachel@ajp.edu.pl

Wstęp

W budynkach wielolokalowych istnieje potrzeba racjonalnego gospodarowania ciepłem [15], [2]. Jednym ze sposobów mobilizujących do takiego działania jest właściwy sposób rozliczeń kosztów ciepła dostarczonego do lokali użytkowników w takich budynkach.

Obowiązujące od 2021 roku nowe przepisy ustawy Prawo energetyczne [12] implementując postanowienia Dyrektywy 2018/2002/UE [15], regulujące rozliczanie kosztów ciepła w budynkach wielolokalowych wprowadziły istotne i ważne zmiany dla właścicieli / zarządców budynków oraz dla użytkowników lokali w takich budynkach [3].

Wprowadzony został między innymi obowiązek montażu urządzeń do rozliczania kosztów ogrzewania oraz kosztów przygotowania ciepłej wody we wszystkich lokalach w budynkach mieszkalnych wielolokalowych. Ustawa wymienia, że do tego celu mają być stosowane ciepłomierze, podzielniki kosztów ogrzewania oraz wodomierze ciepłej wody. Wszystkie te urządzenia mają posiadać funkcję zdalnego odczytu. Instalacja tych urządzeń została uwarunkowana technicznymi możliwościami montażu oraz opłacalnością ich zastosowania. Kryteria te zostały określone szczegółowo w rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska [11].

To rozporządzenie wprowadza także szczególne wymagania dotyczące stosowania podzielników kosztów ogrzewania. Przy wyznaczaniu kosztów zmiennych zakupu ciepła w lokalach użytkowników – dla każdego sezonu grzewczego (okresu rozliczeniowego) – należy wyznaczyć maksymalny oraz minimalny koszt zmiennej zakupu ciepła zależny od jego zużycia w lokalach w przeliczeniu na 1 m² powierzchni użytkowanych w budynku wielolokalowym. Wymaganie to zostało zapisane w wykazie informacji o lokalu, jakie powinien otrzymać jego użytkownik wraz z informacją o rozliczaniu kosztów ogrzewania (§ 9 ust. 2 lit. b).

W założeniu przepisy *Rozporządzenia* mają wyeliminować nieprawidłowości związane z zawyżonymi w niektórych lokalach opłatami za ciepło, przekraczającymi możliwości techniczne zamontowanych w nich grzejników, a także przypadki, kiedy przez wyłączenie grzejnika, opłaty za ciepło dostarczone do lokalu są niskie, a lokal jest ogrzewany przez ciepło przenikającego do jego mieszkania z lokali sąsiednich.

Tym samym *Rozporządzenie* powinno mieć istotny wpływ na poprawę efektywno-

ści energetycznej budynków poprzez eliminację nieprawidłowości związanych z całkowitym brakiem pracy części grzejników w mieszkaniach budynku wielolokalowego oraz promowanie energooszczędnych zachowań mieszkańców przez ustalanie opłat za pobrane ciepło w sposób odpowiadający jego zużyciu na ogrzewanie i przygotowanie c.w., przy uwzględnieniu współczynników wyrównawczych.

W niniejszym artykule zostały zawarte propozycje sposobów wyznaczania wartości maksymalnego i minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła zależnego od jego zużycia dla danego lokalu w sezonie grzewczym. Zamieszczono także wyniki przykładowych obliczeń sporządzonych dla wybranego obiektu rzeczywistego (budynek mieszkalny) na podstawie przedstawionych metod.

Podział kosztów ciepła

W opłacie za dostarczane ciepło można wyróżnić koszty stałe związane z utrzymaniem możliwości dostarczenia ciepła i koszty zmienne zależne od ilości pobranego ciepła [8].

Koszty stałe rozdziela się proporcjonalnie do powierzchni lokalu:

$$K_{si} = K_s \frac{F_i}{\sum_{i=1}^N F_i} \quad (1)$$

gdzie:

- K_{si} – koszty stałe dla lokalu „i” (np. mieszkania) niezależne od zużycia w nim ciepła, [zł],
- K_s – koszty stałe w jednostce rozliczeniowej (np. w budynku, względnie w grupie użytkowników), [zł],
- F_i – powierzchnia lokalu „i” (np. mieszkania), [m²],
- N – liczba jednostek mieszkaniowych / lokali w jednostce rozliczeniowej.

Koszty zmienne zależą od zużycia ciepła w danym lokalu. Zgodnie z ustawą *Prawo energetyczne* użytkownik lokalu nie jest odbiorcą ciepła (art. 45a, ustęp 2). W budynkach mieszkalnych w lokalach zasilanych wielopunktowo (instalacja c.o. w układzie pionowym) ilość ciepła dostarczonego do lokalu nie jest mierzona. W takich lokalach w celu określenia kosztów ciepła dostarczonego do ogrzewania montowane są podzielniki kosztów ogrzewania. Należy pamiętać, że przy rozliczaniu kosztów dla każdego lokalu „i” stosowane są tzw. współczynniki wyrównawcze R_{mi} uwzględniające jego położenie w bryle budynku, zdefiniowane zależnością [6]:

$$R_{mi} = \frac{q_{\min}}{q_i} \quad (2)$$

gdzie:

- q_{\min} – najmniejsza wartość wskaźnika q_i w budynku, [W/m²],
- q_i – wskaźnik obliczeniowy zapotrzebowania lokalu „i” na ciepło pokrywane przez zainstalowane w nim grzejniki, [W/m²].

Uwzględnianie przy podziale kosztów ogrzewania współczynników wyrównawczych R_{mi} powoduje w dalszych obliczeniach uśrednienie wartości zużycia ciepła na jednostkę ogrzewanej powierzchni (m²) w poszczególnych lokalach budynku, ze względu na wielkość obliczonych strat ciepła. W obliczeniach uwzględniany jest również całkowity współczynnik oceny K będący iloczynem współczynnika oceny mocy cieplnej grzejnika K_Q [1], współczynnika oceny K_C oraz współczynnika oceny K_T pomieszczeń o niskich wewnętrznych temperaturach obliczeniowych, odbiegających od podstawowej temperatury powietrza.

Dodatkowe koszty związane są ze stratami ciepła nieprzewidywanymi w obliczeniach zapotrzebowania na ciepło, wynikającymi, np. z podwyższonej temperatury w lokalu, zwiększonej wentylacji lub z większego przenikania skrośnego (straty ciepła przez przenikanie do sąsiednich lokali o niższej temperaturze) [5].

Koszty zmienne zużycia ciepła w lokalu określa się ze wzoru:

$$K_{mi} = K_m \frac{R_{mi} \cdot W_{zmi}}{\sum_{i=1}^n R_{mi} \cdot W_{zmi}} \quad (3)$$

gdzie:

- K_{mi} – koszty zmienne zależne od zużycia ciepła w lokalu „i” (np. w mieszkaniu),
- K_m – całkowite koszty zmienne zależne od zużycia ciepła w jednostce rozliczeniowej (np. w budynku względnie w grupie użytkowników),
- R_{mi} – współczynnik wyrównawczy dla jednostki użytkowej / lokalu „i” ze względu na położenie w budynku,
- W_{zmi} – suma wartości zużycia w jednostce użytkowej „i” wykazana przez grzejnikowe podzielniki kosztów ogrzewania, obliczona wg wzoru:

$$W_{zmi} = \sum_{j=1}^{j=n} W_{zgj} \quad (4)$$

lub wskazania ciepłomierza indywidualnego, gdzie:

- W_{zgj} – wartość zużycia wykazana przez grzejnikowy podzielnik kosztów,
- n – liczba grzejników w jednostce użytkowej / lokalu.

Wskaźnik jednostkowego obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło pokrywane przez grzejniki w jednostce użytkowej / lokalu określa się następująco:

$$q_i = \frac{\sum_{j=1}^{i=n} (Q_{pomi} - \Phi_{ppi} - \Phi_{pi})}{F_i} \quad (5)$$

gdzie:

- q_i – wskaźnik obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło pokrywającego przez grzejniki w jednostce użytkowej „i”, [W/m²],
- Q_{pomi} – obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło przypadające na grzejnik „i”, [W],
- Φ_{ppi} – moc cieplna niez izolowanych pionów zasilającego i powrotnego w rozpatrywanym pomieszczeniu przypadająca na grzejnik „i”, [W],
- Φ_{pi} – moc cieplna innych (oprócz pionów) niez izolowanych przewodów instalacji centralnego ogrzewania, biegnących w rozpatrywanym pomieszczeniu, przypadająca na grzejnik „i”, [W],
- F_i – powierzchnia użytkowa jednostki „i”, [m²],
- n – liczba grzejników w jednostce użytkowej.

Określanie maksymalnych i minimalnych kosztów ciepła

Punkt 2., § 8. analizowanego Rozporządzenia [11] dotyczy wyznaczania minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła, który wylicza się jako wartość zużycia ciepła do ogrzania lokalu koniecznego do utrzymania w nim wartości temperatury nie niższych niż wartości obliczeniowych temperatury ogrzewanych pomieszczeń określone w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane [13].

W § 134 Rozporządzenia [10] dotyczącym szczytowej mocy cieplnej, podano:

p. 5. W budynku zasilanym z sieci ciepłowniczej oraz w budynku z własnym (indywidualnym) źródłem ciepła na olej opałowy, paliwo gazowe lub energię elektryczną, regulatory dopływu ciepła do grzejników powinny działać automatycznie, w zależności od zmian temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach, w których są zainstalowane. Wymaganie to nie dotyczy budynków jednorodzinnych, mieszkalnych w zabudowie zagrodowej i rekreacji indywidualnej, a także poszczególnych mieszkań oraz lokali użytkowych wyposażonych we własne instalacje ogrzewcze.

p. 6. Urządzenia, o których mowa w ust. 5, powinny umożliwiać użytkownikom uzyskanie w pomieszczeniach temperatury niższej od obliczeniowej, przy

czym nie niższej niż 16°C w pomieszczeniach o temperaturze obliczeniowej 20°C i wyższej.

Oznacza to, że najniższa dopuszczalna temperatura w pomieszczeniach wynosi 16°C i dla tej temperatury należy określić minimalne koszty zmienne ogrzewania.

Wśród informacji dotyczących rozliczeń kosztów ogrzewania, w tym poszczególnych lokali, jakie należy przekazać ich użytkownikom, określenia wymagają także:

- wartość maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła zależnego od jego zużycia dla danego lokalu w sezonie grzewczym,
- wartość minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła zależnego od jego zużycia dla danego lokalu w sezonie grzewczym.

Wartości te powinny być wyznaczone dla każdego lokalu. Oblicza się je na podstawie maksymalnego i minimalnego zużycia ciepła. W analizowanym rozporządzeniu (§ 8. pkt. 1) podano, że „maksymalny koszt zmienny zakupu ciepła wylicza się jako wartość zużycia ciepła na dany lokal wynikająca z technicznej możliwości dostawy ciepła do lokalu”.

Tym samym do określenia ich na drodze obliczeniowej potrzebne jest szereg szczegółowych danych dotyczących zarówno lokalu, jak i budynku, w którym dany lokal znajduje się.

Metodyka analitycznego określania wartości maksymalnego i minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła

Rozporządzenie [11] nie podaje metody określania maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła. Jedynie w § 8.1. stwierdzono, że maksymalny koszt zmienny zakupu ciepła, o którym mowa w ww. Rozporządzeniu, wylicza się jako wartość zużycia ciepła na dany lokal wynikająca z technicznej możliwości dostawy ciepła do lokalu.

Samo wyznaczenie ilości ciepła potrzebnego do ogrzewania lokali obarczone jest znaczną niepewnością. Związane jest to z określeniem temperatury w pomieszczeniach, ustawianej indywidualnie przez użytkowników lokalu oraz zysków ciepła, które zależą od wielu czynników. Dane te są zmiennie w czasie i praktycznie niemożliwe do dokładnego ustalenia, co powoduje, że ilość ciepła do ogrzewania lokalu, jak stwierdzono na wstępie, jest obciążona bardzo dużą niepewnością. Ze względu na to, maksymalną ilość ciepła wynikającą z technicznej możliwości dostawy określono dla

lokalu przyjmując, że nie zachodzi przepływ ciepła do otaczających lokal sąsiednich pomieszczeń.

W celu określenia kosztów dostarczonego do ogrzewania lokali ciepła montowane są podzielniki kosztów ogrzewania. Obliczenie ilości zużywanego ciepła (energii użytkowej), można dokonać na przykład tak, jak to podano w rozporządzeniu [14] Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji, wraz z przyjęciem odpowiednich założeń oraz jednostkowego kosztu ciepła. Dla każdego lokalu wychodzi inna jednostkowa (w przeliczeniu na jednostkę powierzchni – 1 m²) ilość zużywanego rocznie ciepła.

Określenie wartości maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła

Obliczenia prowadzi się dla średniej ilości ciepła zużytego w sezonie grzewczym. Przyjęto, że nie ma wymiany ciepła pomiędzy lokalami. Założono, że temperatura w ogrzewanych pomieszczeniach wynosi 20°C. W celu określenia maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła założono, że nominalny przepływ czynnika grzejnego przez grzejnik odpowiada wartości nominalnej wynikającej z obliczeń projektowych instalacji. Określono wydajność grzejnika dla 1 m² powierzchni grzejnej budynku. Następnie obliczono wydajność cieplną grzejnika metodą kolejnych przybliżeń. Wydajność cieplną grzejnika wyznaczono następująco:

1. Określa się zużycie ciepła przez budynek w sezonie grzewczym (z danych).;
2. Oblicza się udział w zapotrzebowaniu ciepła strumienia ciepła oddawanego przez grzejniki dla warunków projektowych η_g :

$$\eta_g = \frac{\dot{Q}_{Lg}^{proj}}{\dot{Q}_{Lg}^{proj} + \dot{Q}_{Lp}^{proj}} \quad (6)$$

gdzie:

\dot{Q}_{Lg}^{proj} – ciepło oddawane dla warunków projektowych przez grzejniki w lokalu, [W],

\dot{Q}_{Lp}^{proj} – ciepło oddawane dla warunków projektowych przez piony w lokalu, [W].

3. Określa się średnie zużycie ciepła przez grzejniki na 1 m² powierzchni ogrzewanej lokalu q_{Lg}^{pom} :

$$q_{Lg}^{pom} = \eta_g \frac{Q_{iL}^{pom}}{F_{Li}} \quad (7)$$

gdzie:

Q_{iL}^{pom} – zużycie ciepła w lokalu „i”, [kJ],
 F_{Li} – powierzchnia ogrzewana lokalu „i”, [m²].

4. Oblicza się strumień strat ciepła na 1 m² powierzchni, średni w sezonie:

$$\dot{q}_{ig}^{sr} = \frac{q_{ig}^{pom}}{\Delta\tau \cdot 86400} \quad (8)$$

5. Określa się jednostkowy (na 1 m² powierzchni podłogi ogrzewanej przez grzejniki) współczynnik strat ciepła przegród:

$$H_j = \frac{\dot{q}_{ig}^{sr}}{t_w^{proj} - \bar{t}_o^{sr}} \quad (9)$$

gdzie:

- t_w^{proj} – projektowa temperatura wewnętrzna, [°C],
 \bar{t}_o^{sr} – średnia ważona temperatura zewnętrzna w sezonie grzewczym, [°C].

6. Oblicza się wielkość średniego grzejnika w lokalu (liczba członów k , powierzchnia grzejnika \bar{F}_g , długość grzejnika płytowego):

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{gi}}{n} \quad \bar{F}_g = \frac{\sum_{i=1}^n F_{gi}}{n} \quad (10)$$

gdzie:

- n – liczba grzejników w lokalu,
 k_{gi} – liczba członów w grzejniku „i”,
 F_{gi} – powierzchnia grzejnika „i”.

7. Określa się średnią wielkość grzejnika ogrzewającego 1 m² powierzchni lokalu „i” (liczba członów k_{ji} , powierzchnia grzejnika F_{ji}):

$$k_{ji} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{gi}}{\sum_{i=1}^n F_{Li}}; \quad F_{ji} = \frac{\sum_{m=1}^n F_{gi}}{\sum_{i=1}^n F_{Li}} \quad (11)$$

gdzie:

- F_{Li} – powierzchnia ogrzewana lokalu „i”.

8. Dla grzejnika o zbliżonej wielkości do wielkości średniego grzejnika w budynku dla parametrów projektowych odczytuje się z tablic doboru wydajność cieplną i liczbę członów lub powierzchnię.

9. Oblicza się współczynnik obciążenia cieplnego φ

$$\varphi = \frac{t_w^{proj} - \bar{t}_o^{sr}(\Delta\tau)}{t_w^{proj} - t_o^{proj}} \quad (12)$$

gdzie:

- t_o^{proj} – projektowa temperatura zewnętrzna, [°C].

10. Określa się (z równania 13) temperaturę czynnika grzeijnego zasilającego grzejniki dla średniej zewnętrznej temperatury w sezonie grzewczym. Temperaturę zasilania można określić z wykresu regulacyjnego:

$$t_z(\varphi) = t_w^{proj} + \left(\frac{t_z^{proj} + t_p^{proj}}{2} - t_w^{proj} \right) \varphi^{\frac{1}{1+m}} + \left(\frac{t_z^{proj} - t_p^{proj}}{2} - t_w^{proj} \right) \varphi \quad (13)$$

gdzie:

- t_w^{proj} – projektowa temperatura wewnętrzna, [°C],
 t_z^{proj} – projektowa temperatura zasilania instalacji, [°C],
 t_p^{proj} – projektowa temperatura powrotu instalacji, [°C],
 m – stała zależna od typu grzejnika [-].

11. Zakłada się temperaturę wewnętrzną w lokalu t_w

12. Oblicza się strumień strat ciepła (na 1 m² powierzchni podłogi ogrzewanej przez grzejniki) przy założonej temperaturze wewnętrznej:

$$\dot{q}'_{ig} = H_j (t'_w - \bar{t}_o^{pom}) \quad (14)$$

13. Określa się temperaturę powrotu czynnika grzeijnego zasilającego grzejnik dla średniej zewnętrznej temperatury w sezonie grzewczym:

$$t'_p(\varphi) = t'_z(\varphi) - \frac{\dot{Q}_{Bg}^{pom}}{m_g c_p} \quad (15)$$

14. Oblicza się ilość ciepła oddanego przez grzejnik dla nowej temperatury w pomieszczeniu i nowej temperatury powrotu. W tym celu wykorzystujemy równanie określające strumień ciepła oddawany przez grzejnik płytowy i członowy [7]:

$$\dot{q}'_g = b (\Delta t'_{ar})^{1+m} \varepsilon_{\Delta t} F_g^a \quad (16)$$

gdzie:

- b – stała zależna od rodzaju grzejnika,
 F_g – powierzchnia ogrzewalna grzejnika, m²,
 $\Delta t'_{ar}$ – średnia arytmetyczna różnica temperatury między czynnikiem grzeijnym a otoczeniem [°C], obliczana ze wzoru:

$$\Delta t'_{ar} = \frac{t'_z + t'_p}{2} - t'_w \quad (17)$$

- $\varepsilon_{\Delta t}$ – współczynnik poprawkowy dla średniej potęgowej różnicy temperatury.

Dla wartości temperatury projektowych i średnich w sezonie przyjęto, że współczynniki występujące w równaniu (16) mają taką samą wartość. Po podzieleniu równania (16) dla średnich wartości temperatury przez to równanie dla warunków obliczeniowych otrzymano zależność:

$$\dot{q}'_{ig} = \frac{\dot{q}'_{gi}^{proj}}{(\Delta t'_{ar}^{proj})^{1+m}} (\Delta t'_{ar})^{1+m} \quad (18)$$

gdzie:

$$\Delta t'_{ar}^{proj} = \frac{t'_z^{proj} + t'_p^{proj}}{2} - t'_w^{proj} \quad (19)$$

15. Porównuje się strumień strat ciepła do otoczenia i strumień ciepła oddawany przez grzejnik, jeżeli ich różnica jest ujemna zwiększamy temperaturę wewnętrzną, jeżeli jest dodatnia to zmniejszamy.

16. Obliczenia (od p. 11 do p. 14) powtarza się dopóki oba strumienie ciepła nie będą sobie równe (z przyjętą dokładnością). Otrzymujemy wtedy wielkość maksymalnego strumienia ciepła na 1 m² powierzchni ogrzewanej budynku \dot{q}'_{ig}^{max} .

16. Określa się dla sezonu maksymalną stratę ciepła na 1 m² powierzchni ogrzewanej budynku:

$$q'_{ig}^{max} = \dot{q}'_{ig}^{max} \Delta\tau \cdot 86400 \quad (20)$$

17. Oblicza się maksymalne zużycie ciepła w ciągu sezonu grzewczego dla lokalu:

$$q_L^{max} = q'_{ig}^{max} F_L \quad (21)$$

18. Określa się maksymalne koszty zmienne ciepła w ciągu sezonu grzewczego dla lokalu:

$$K_{Lz}^{max} = q_L^{max} K_{iz} \quad (22)$$

gdzie:

- K_{iz} – koszt jednostki zużytego ciepła, [zł/MJ].

Określenie wartości minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła

Wg Rozporządzenia [11] minimalny koszt zmienny zakupu ciepła, o którym mowa w § 7 ust. 2 pkt 2, wylicza się jako wartość zużycia ciepła do ogrzania lokalu konieczną do utrzymania w nim wartości temperatury nie niższych niż wartości temperatury obliczeniowe ogrzewanych pomieszczeń określone w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy [13]. Zgodnie z cytowanym rozporządzeniem [10], najniższa dopuszczalna temperatura w pomieszczeniach wynosi 16°C i dla tej temperatury należy określić koszty zmienne ogrzewania.

W tym celu należy skorzystać z przepisów [14] w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw

charakterystyki energetycznej. Można je też obliczyć na podstawie projektowego zapotrzebowania ciepła lub na podstawie faktycznie zużytej ilości energii do ogrzewania lokalu. W tym przypadku można skorzystać ze wzoru:

$$Q_{mi}^{min} = Q_{mi} \cdot \varphi_{zred} = Q_{mi} \frac{t_w^{min} - t_o^{sr}}{t_w^{proj} - t_o^{sr}} \quad (23)$$

gdzie:

Q_{mi}^{min} – minimalne zużycie energii określone dla minimalnej temperatury w jednostce mieszkaniowej „i” (np. w mieszkaniu), [zł],

Q_{mi} – całkowite zużycie energii zależne od zużycia ciepła w lokalu mieszkalnym,

t_w^{proj} – projektowa temperatura wewnętrzna w jednostce rozliczeniowej, [°C],

φ_{zred} – zredukowany współczynnik obciążenia cieplnego [–],

t_w^{min} – minimalna projektowa temperatura wewnętrzna w jednostce mieszkaniowej (mieszkaniu), wynosi 16 [°C],

t_o^{sr} – średnia ważona temperatura zewnętrzna w sezonie grzewczym [°C],

Wówczas jednostkowe koszty zmienne dla minimalnego zużycia energii:

$$K_{mi}^{min} = K_{zi} \frac{Q_{mi}^{min}}{Q_{mi}} \quad (24)$$

gdzie:

K_{mi}^{min} – minimalne koszty zmienne w jednostce mieszkaniowej „i” (np. w mieszkaniu) przy minimalnej temperaturze wewnętrznej, [zł],

K_{zi} – całkowite koszty zmienne jednostkowe w jednostce mieszkaniowej „i”.

Podsumowanie

Powyżej przedstawiono metodykę określenia wartości maksymalnego i minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła na podstawie danych technicznych charakteryzujących budynek, danych pogodowych, odczytów zużycia ciepła i wskaźników podziałników kosztów ogrzewania. Ze względu na przyjęte założenia odnośnie do wartości temperatury w pomieszczeniach, braku informacji o wewnętrznych i zewnętrznych zyskach ciepła oraz o wymianie ciepła pomiędzy lokalami mieszkalnymi, uzyskane wartości kosztów będą obciążone dużą niepewnością i mogą być niekoherentne z wartościami uzyskanymi z rozliczeń ilości ciepła.

Określanie maksymalnego i minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła zależnego od jego zużycia dla danego lokalu w sezonie grzewczym na podstawie wartości uzyskanych w rozliczeniu

Poniżej opisano metodykę określenia maksymalnych i minimalnych kosztów ciepła w oparciu o dane uzyskane z rozliczeń rzeczywistych. Wyznaczone na jej podstawie wartości będą formalnie spełniały warunek maksymalnych i minimalnych dla budynku.

1. Należy określić koszt zmienny ogrzewania 1 m² lokalu opomiarowanymi grzejnikami – dla każdego lokalu „i”:

$$K_{zi} = \frac{K_{zi}}{F_i} \quad (25)$$

gdzie:

K_{zi} – jednostkowe koszty zmienne ogrzewania zależne od zużycia ciepła w jednostce mieszkaniowej „i”, [zł/m²],

K_{zi} – koszty zmienne ogrzewania zależne od zużycia ciepła w jednostce mieszkaniowej „i”, [zł],

F_i – powierzchnia użytkowa lokalu mieszkalnego „i”, [m²].

2. Obliczone wartości kosztów zmiennych K_{zi} należy uporządkować od wartości najmniejszej do największej, wartość najmniejsza odpowiada jednostkowej wartości minimalnej kosztów K_{iz}^{min} a największa – jednostkowej wartości maksymalnej K_{iz}^{max} .

3. Następnie należy obliczyć minimalne i maksymalne koszty zmienne zakupu ciepła zależnego od jego zużycia dla danego lokalu w sezonie grzewczym, dla poszczególnych lokali mieszkalnych:

$$K_{zi}^{min} = K_{iz}^{min} F_i \quad (26)$$

$$K_{zi}^{max} = K_{iz}^{max} F_i \quad (27)$$

4. Koszt stały ogrzewania K_s należy przyjąć jak w rozliczeniach.

5. Należy określić jednostkowy koszt stały ogrzewania

$$K_{js} = \frac{K_s}{\sum_{i=1}^{i=N} F_i} \quad (28)$$

gdzie:

K_{js} – koszty jednostkowe stałe w jednostce rozliczeniowej (np. w budynku względnie w grupie użytkowników), [zł/m²],

K_s – koszty stałe w jednostce rozliczeniowej (np. w budynku względnie w grupie użytkowników), [zł].

F_i – powierzchnia użytkowa jednostki mieszkaniowej (lokalu) „i”, [m²],

N – liczba jednostek mieszkaniowych w jednostce rozliczeniowej.

Określanie maksymalnego i minimalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła w zależności od średniej temperatury w lokalu w sezonie grzewczym

Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania danego budynku przy innych niż projektowa temperatura wewnętrzna t_w^{proj} i projektowa temperatura otoczenia t_o^{proj} można określić z zależności:

$$\dot{Q}_s = \dot{Q}_B^{proj} \cdot \varphi \quad (29)$$

gdzie:

\dot{Q}_B^{proj} – projektowe zapotrzebowanie ciepła budynku, [kW],

φ – współczynnik obciążenia cieplnego budynku [–]

$$\varphi = \frac{Q_s}{Q_B^{proj}} = \frac{t_w - t_o}{t_w^{proj} - t_o^{proj}} \quad (30)$$

gdzie:

t_w – dana temperatura wewnątrz budynku, [°C],

t_o – dana temperatura zewnątrz budynku, [°C],

t_w^{proj} – projektowa temperatura wewnętrzna, [°C],

t_o^{proj} – projektowa temperatura otoczenia (zewnątrzna), [°C],

Zużycie ciepła określa się z zależności:

$$dQ = \dot{Q}_s \cdot dt \quad [kJ] \quad (31)$$

$$Q = \int_0^{\tau_s} \dot{Q}_s \cdot d\tau = \dot{Q}_s^{sr} \tau_s \quad [kJ] \quad (32)$$

gdzie:

\dot{Q}_s – chwilowe zapotrzebowanie mocy grzewczej do ogrzewania budynku, [kW],

\dot{Q}_s^{sr} – średnie zapotrzebowanie mocy grzewczej w sezonie grzewczym, [kW],

τ_s – długość sezonu grzewczego, [doby],

dt – elementarny czas ogrzewania budynku, [°C].

Średnia wartość współczynnika obciążenia cieplnego dla sezonu grzewczego, przy założeniu, że znana jest średnia temperatura zewnętrzna w czasie grzewania t_o^{sr} , a temperatura wewnętrzna odpowiada projektowej t_w^{proj} , wynosi:

$$\varphi_{sr} = \frac{\dot{Q}_B^{sr}}{\dot{Q}_B^{proj}} = \frac{t_w^{proj} - t_o^{sr}}{t_w^{proj} - t_o^{proj}} \quad (33)$$

Przyjęto, że współczynnik obciążenia cieplnego w sezonie grzewczym przy

minimalnej temperaturze wewnętrznej w pomieszczeniach przyjmuje wartość φ_{\min} , a przy maksymalnej temperaturze w pomieszczeniu wartość φ_{\max} . Zgodnie z „Warunkami technicznymi jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” minimalna temperatura w lokalach mieszkalnych wynosi $+16^{\circ}\text{C}$ [10]. Przyjęto, że maksymalna temperatura w pomieszczeniach może wynosić $+25^{\circ}\text{C}$ (na podstawie [4]). Stąd:

$$\varphi_{\min} = \frac{\dot{Q}_B^{\text{sr}}}{\dot{Q}_B^{\text{proj}}} = \frac{t_w^{\min} - t_o^{\text{sr}}}{t_w^{\text{proj}} - t_o^{\text{proj}}} \quad (34)$$

$$\varphi_{\max} = \frac{\dot{Q}_B^{\text{sr}}}{\dot{Q}_B^{\text{proj}}} = \frac{t_w^{\max} - t_o^{\text{sr}}}{t_w^{\text{proj}} - t_o^{\text{proj}}} \quad (35)$$

Zaś stosunek zużycia ciepła średniego minimalnego do średniego i średniego maksymalnego do średniego można określić z zależności:

$$\frac{\dot{Q}_B^{\min}}{\dot{Q}_B^{\text{sr}}} = \frac{t_w^{\min} - t_o^{\text{sr}}}{t_w^{\text{proj}} - t_o^{\text{sr}}} \quad (36)$$

$$\frac{\dot{Q}_B^{\max}}{\dot{Q}_B^{\text{proj}}} = \frac{t_w^{\max} - t_o^{\text{sr}}}{t_w^{\text{proj}} - t_o^{\text{sr}}} \quad (37)$$

Ocena analityczna wyznaczenia kosztów zmiennych ogrzewania na wybranym przykładzie budynku mieszkalnego

Poniżej zamieszczono i omówiono wyniki obliczeń maksymalnych i minimalnych kosztów zmiennych zakupu ciepła dla obiektu rzeczywistego, prowadzonych w oparciu o wyżej przedstawione metodyki – analityczną i na podstawie wartości uzyskanych z rozliczenia.

Charakterystyka obiektu

Przedmiotem analizy jest 6 klatkowy, 5 kondygnacyjny, podpiwniczony, budynek mieszkalny wykonany w technologii wielkoplitywowej, usytuowany w Szczecinie. W 2002 roku budynek został docieplony – strop nad ostatnią kondygnacją 15 centymetrową warstwą materiału sypanego, zaś ściany osłonowe styropianem o grubości 14 cm. Ściany szczytowe docieplono warstwą wełny mineralnej o grubości 5 cm. Zmniejszono również przeszklenie na klatkach schodowych.

Budynek jest wyposażony w dwururową wodną instalację centralnego ogrzewania z rozdzielaczem dolnym. Parametry obliczeniowe instalacji – temperatura wody 90/70°C. Elementami grzejnymi instalacji centralnego ogrzewania są żeliwne grzejniki członowe typu S - 130 wielkość „1” i pionowe grzejniki rurowe. Podzielniki

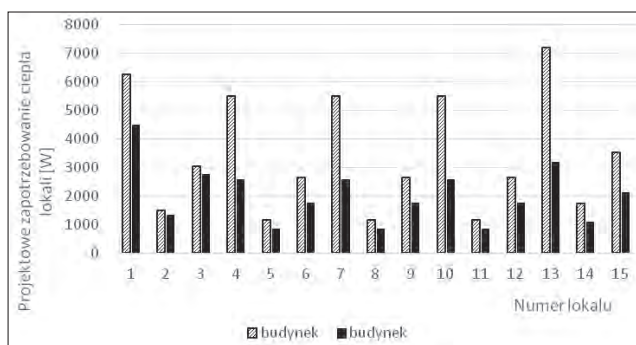
kosztów ogrzewania zamontowane są wyłącznie na grzejnikach żeliwnych.

- Powierzchnia pomieszczeń ogrzewanych całego budynku 4647 [m²], kubatura 12623 [m³]. Powierzchnia analizowanych lokali 661,45 m²
- Zapotrzebowanie mocy cieplnej budynku po termomodernizacji 221,997 kW (przed termomodernizacją 316,330 kW). Całkowite zapotrzebowanie ciepła analizowanych lokali przed moder-

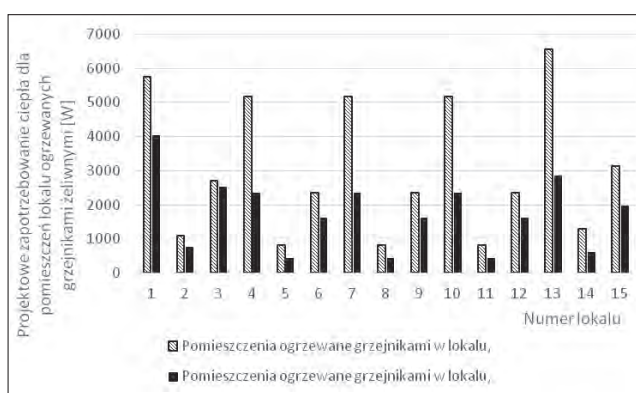
- pokój, łazienka i przedpokój; typ III – 2 pokoje, kuchnia, łazienka i przedpokój.

Po przeprowadzonej termomodernizacji w budynku nie zmieniano grzejników ani przewodów. W celu przedstawienia zmian zapotrzebowania ciepła w poszczególnych analizowanych lokalach poniżej pokazano projektowe zapotrzebowanie ciepła lokali przed i po termomodernizacji, na rysunku 1 dla całego lokalu, na rysunku 2 zapotrzebowanie ciepła dostarczane

Rys. 1. Projektowe zapotrzebowanie ciepła lokali przed i po termomodernizacji
Fig. 1. Design heat demand for flats before and after thermal modernization



Rys. 2. Projektowe zapotrzebowanie ciepła dostarczanego do pomieszczeń poszczególnych lokali ogrzewanych przez grzejniki żeliwne, przed i po termomodernizacji budynku.
Fig. 2. Design heat demand supplied to the rooms of individual flat heated by radiators, before and after the thermal modernization of the building



nizacją wynosiło 51,249 [kW], a po termomodernizacji 30,834 [kW]

- W obliczeniach zapotrzebowania mocy przyjęto wartości temperatury:
 - zewnętrzną obliczeniową – 16 [°C]
 - średnia temperatura w sezonie grzewczym 6,16 [°C]
 - w pomieszczeniach mieszkalnych 20 [°C]
 - w łazienkach 24 [°C]
 - na klatkach schodowych 16 [°C]
 - w suszarni 32 [°C]
 - w pralni 16 [°C]
 - w piwnicach nieogrzewanych 4 [°C]
 - oraz długość sezonu grzewczego 262 [doby].

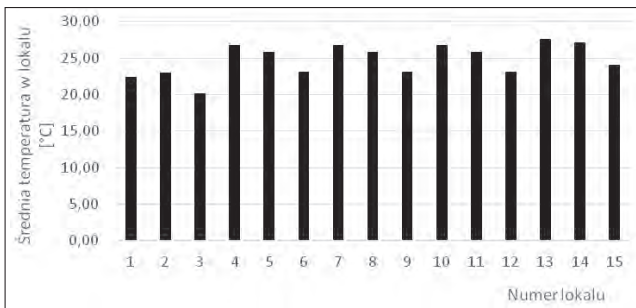
Analizie poddano zużycie ciepła i związane z tym koszty zmienne dla 15 lokali mieszkalnych klatki schodowej nr 1 budynku. Lokale usytuowane są na pięciu kondygnacjach (wraz z parterem), po trzy mieszkania na jednej kondygnacji, różniące się strukturą (liczbą izb): typ I – 4 pokoje, kuchnia, łazienka i przedpokój; typ II

go do pomieszczeń poszczególnych lokali ogrzewanych przez grzejniki żeliwne, w celu pokazania zmian zapotrzebowania ciepła w poszczególnych analizowanych lokalach.

Analiza wyników

Wariant 1. Określenie maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła na podstawie charakterystyki budynku

Początkowo przeanalizowano wartość zużycia ciepła przez dany lokal wynikającą z technicznej możliwości dostawy ciepła do lokalu wykorzystując metodykę podaną wcześniej. Na rysunku 3 przedstawiono maksymalne wartości temperatury w analizowanych lokalach dla średniej w sezonie grzewczym temperatury zewnętrznej. Można na nim zauważyć, że przy przyjętych założeniach najwyższa temperatura występuje w tych lokalach, w których najbardziej zredukowano straty ciepła, co jest zgodne z oczekiwaniami i potwierdza prawidłowość obliczeń.



Rys. 3. Średnia temperatura w poszczególnych lokalach wynikająca z technicznej możliwości dostawy ciepła do lokalu
Fig. 3. Average temperature in individual flats resulting from the technical possibility of supplying heat to the flat

Minimalnego kosztu ciepła nie analizowano, ponieważ stanowi on iloczyn średniego zmiennego kosztu ciepła i zredukowanego współczynnika obciążenia cieplnego, czyli stałą część zmiennego kosztu średniego.

Należy zwrócić uwagę, że stosunek ilości ciepła do ogrzania dla danej temperatury do ilości ciepła do ogrzania lokalu do temperatury projektowej odpowiada stosunkowi kosztów ogrzania dla danej temperatury do kosztów ogrzania lokalu do temperatury projektowej.

Na rysunku 4 przedstawiono stosunek zmiennych kosztów rocznych przy maksymalnym przepływie czynnika grzejnego

przez grzejniki w lokalu do kosztów przy średniej temperaturze w lokalu wynoszącej +20 [°C]. Przy określaniu maksymalnego przepływu, przyjęto, że w źródle ciepła pracuje pompa obiegowa o wydatku wynikającym z pierwotnych obliczeń zapotrzebowania ciepła i przyjętych parametrów instalacji. Maksymalna wartość tego stosunku wynosi 1,55, zaś minimalna 1,01. Można zauważyć, że maksymalna wartość tego stosunku występuje dla lokali o najwyższej temperaturze. Należy podkreślić, że w obliczeniach nie uwzględniono przepływu ciepła pomiędzy lokalami.

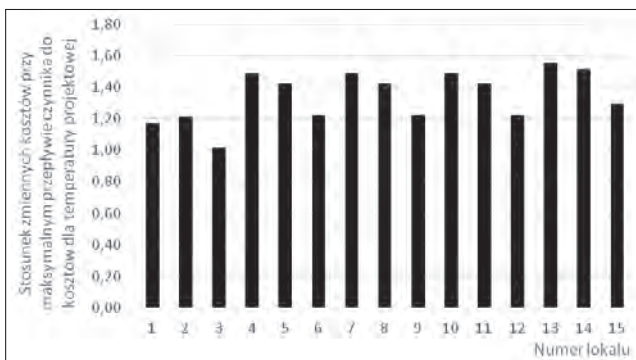
Ponieważ minimalna temperatura ustalona jest w sposób „sztywny” to stosunek

minimalnych kosztów ogrzewania do kosztów ogrzewania lokalu do temperatury projektowej (+20 [°C]) jest stały i wynosi 0,71.

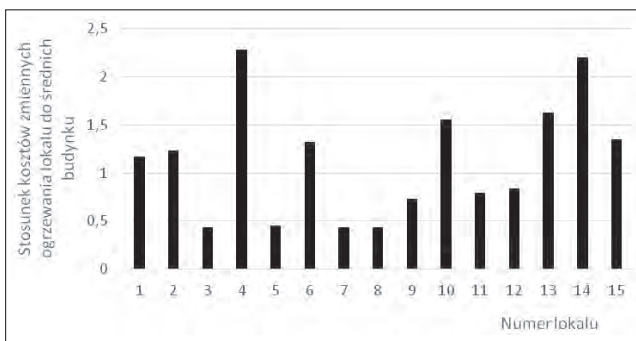
Wariant 2. Określenie maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła na podstawie wartości uzyskanych w rozliczeniu

Zgodnie z podaną wcześniej metodą, wykorzystując dane pozyskane z firmy rozliczającej, otrzymane na podstawie wskazań podzielników kosztów ogrzewania, obliczono zmienne koszty maksymalne i minimalne w przeliczeniu na m² powierzchni lokalu oraz średnie dla budynku. Znając te wartości określono stosunek jednostkowych kosztów zmiennych lokalu do wartości średniej dla budynku. Ilorazy tych wartości przedstawiono na rysunku 5.

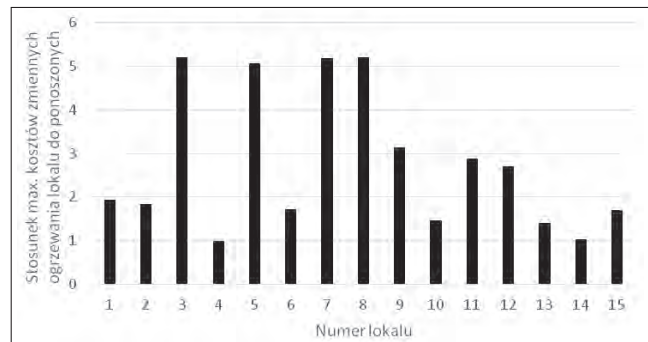
Na tej podstawie przyjęto, że jednostkowe maksymalne koszty zmienne dla lokalu 4 są maksymalnymi dla wszystkich lokali. Obliczono stosunek maksymalnych rocznych kosztów zmiennych ogrzewania lokalu do kosztów ponoszonych przez użytkowników lokalu. Przedstawiono je na rysunku 6.



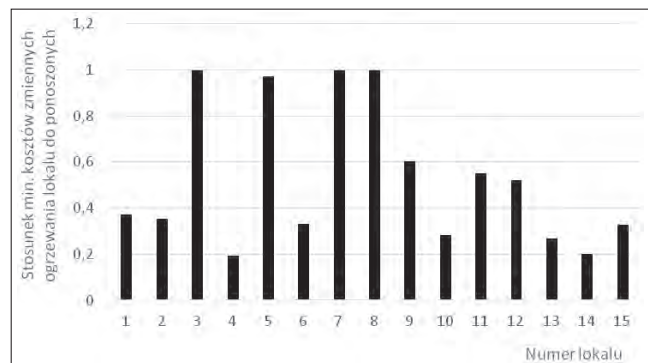
Rys. 4. Stosunek zmiennych kosztów rocznych przy maksymalnym przepływie czynnika grzejnego przez grzejniki w mieszkaniach do kosztów przy temperaturze w lokalu wynoszącej +20 [°C]
Fig. 4. The ratio of variable annual costs at the maximum flow of the heating medium through radiators in the apartments to the costs at the temperature in the flat of +20 [°C]



Rys. 5. Stosunek zmiennych kosztów rocznych ogrzewania danego lokalu do średnich dla budynku na podstawie danych uzyskanych z firmy rozliczającej ciepło, w oparciu o wskazania podzielników kosztów ogrzewania
Fig. 5. The ratio of variable annual heating costs of a given flat to the average for a building based on data obtained from a heat billing company, based on indications of heating costs divisors



Rys. 6. Stosunek maksymalnych rocznych kosztów zmiennych ogrzewania lokalu do kosztów ponoszonych, na podstawie danych uzyskanych z firmy rozliczającej ciepło na podstawie wskazań podzielników kosztów ogrzewania
Fig. 6. Ratio of the maximum annual variable costs of heating the flat to the costs incurred, based on data obtained from a company that settles heat on the basis of indications of heating costs divisors



Rys. 7. Stosunek minimalnych rocznych kosztów zmiennych ogrzewania lokalu do kosztów ponoszonych, na podstawie danych uzyskanych z firmy rozliczającej ciepło na podstawie wskazań podzielników kosztów ogrzewania
Fig. 7. Ratio of the minimum annual variable costs of heating the flats to the costs incurred on the basis of data obtained from a company accounting heat based on the indications of heating costs divisors

Przyjęto, że jednostkowe minimalne koszty zmienne dla lokalu 3 są minimalnymi dla wszystkich lokali. Obliczono stosunek minimalnych rocznych kosztów zmiennych ogrzewania lokalu do kosztów ponoszonych przez użytkowników lokalu. Przedstawiono je na rysunku 7.

Stosunek maksymalnych kosztów ogrzewania 1 m² lokalu do średniej budynku wynosi 2,287; wartości minimalnej do wartości średniej 0,440; zaś wartości maksymalnej do wartości minimalnej wynosi 5.20.

Stosunek kosztów ogrzewania 1 m² lokalu wartości maksymalnej do średniej budynku określony za pomocą zredukowanego współczynnika obciążenia cieplnego zależnego od średniej temperatury w lokalu wynoszącej 25 [°C] i średniej temperatury zewnętrznej w sezonie grzewczym wynosi 1,36, stosunek wartości minimalnej dla średniej temperatury w lokalu wynoszącej 16 [°C] do średniej zewnętrznej wynosi 0,71, a stosunek wartości maksymalnej do wartości minimalnej wynosi 1,91.

Wnioski końcowe

Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń można stwierdzić, że obie metody wykazują między sobą dość znaczne różnice wielkości oszacowanych / obliczonych kosztów zmiennych zakupu ciepła przypadających na poszczególne lokale. Jednocześnie wielkości kosztów określonych – wyliczonych tą samą metodą dla poszczególnych lokali, różnią się znacznie między sobą, przy czym nie można stwierdzić prawidłowości w występowaniu tych różnic (kondygnacja, wielkość mieszkania, położenie). Wniosek ten dotyczy obu metod – sposobów wyznaczenia kosztów zmiennych.

Jednocześnie należy stwierdzić, że zaproponowana w opracowaniu metoda analitycznego określania wartości maksymalnej i minimalnej kosztu zmiennego zakupu ciepła jest dość skomplikowana i kłopotliwa w użyciu, m.in. ze względu na wymagania znaczną liczbę danych wyjściowych do obliczeń (technicznych, eksploatacyjnych), w tym znajomość bilansu cieplnego wszystkich pomieszczeń. Ponadto, ze względu na liczne uproszczenia i założenia jest obciążona znaczną niepewnością wyniku, co związane jest np.

z określaniem temperatury w pomieszczeniach ustawianej indywidualnie przez użytkowników lokalu, wymianą ciepła z sąsiadującymi lokalami oraz przyjęciem zysków ciepła zależnych od wielu czynników. Dane te zmieniają się stochastycznie i praktycznie są niemożliwe do dokładnego ustalenia, powodując, że ilość ciepła do ogrzania lokalu, jak stwierdzono na wstępie, jest obciążona dużą niepewnością. Zastosowanie tej metody wymagałoby opracowania specjalizowanego, rozbudowanego programu obliczeniowego, umożliwiającego comiesięczną analizę zużycia ciepła (kosztów zmiennych ciepła), itd.

Zdaniem autorów, łatwiejsza do wdrożenia jest metoda wynikająca z określenia dla sezonu grzewczego jednostkowej wartości maksymalnej i minimalnej zmiennego kosztu zużytego ciepła przez lokale w danym budynku, na podstawie wartości podanych w rozliczeniu.

Reasumując, w założeniu nowe przepisy, przez zdefiniowanie maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła dla lokalu, powinny eliminować nieprawidłowości związane z obciążeniem właścicieli części lokali nadmiernymi kosztami ciepła, przekraczającymi możliwości techniczne zamontowanych w nich grzejników, a także – poprzez zastosowanie minimalnego kosztu zmiennego – wykluczać sytuacje, w których lokale są ogrzewane jedynie ciepłem przenikającym przez przegrody budowlane. Powinno to także wpływać na poprawę efektywności energetycznej budynków poprzez eliminację nieprawidłowości związanych z całkowitym brakiem pracy grzejników w niektórych lokalach, a także promować energooszczędne zachowania użytkowników lokalu.

Szkoda tylko, że ustawodawca nie opracował do Rozporządzenia szczegółowej metodyki obliczeń minimalnego i maksymalnego kosztu zmiennego zakupu ciepła, przerzucając problem na właścicieli i zarządców nieruchomości, tworząc tym samym kolejną ścieżkę do dalszych dyskusji na temat rozliczeń kosztów ogrzewania w budynkach wielolokalowych.

SPIS LITERATURY

[1] Adamski M.: Podział należności za centralne ogrzewanie – współczynniki oceny grzejników. Rynek Instalacyjny, 12/2014, s. 46-48,

[2] Dudziński K.: Przesłanki prawne i techniczne racjonalnego gospodarowania ciepłem w budynkach wielolokalowych. Instal, 4A/2009, s. 13-18,

[3] Dudziński K.: Ważne zmiany w ustawie Prawo energetyczne w zakresie rozliczania kosztów ciepła w budynkach wielolokalowych. Instal 4/2022, str. 27-29,

[4] Dudziński K., Kozak M., Mroczkowski A.: Jak efektywnie korzystać z nowych przepisów dotyczących rozliczania kosztów ciepła w budynkach wielolokalowych? – prezentacja, Szkolenie dla zarządców budynków. Stowarzyszenie ds. Rozliczania Energii. Warszawa. 25.02.2022.

[5] Dzierżgowski M.: Rozliczanie indywidualnych kosztów ogrzewania z uwzględnieniem międzymieszkaniowych przepływów ciepła. Instal, 1/2003, s. 12-17,

[6] Kołodziejczyk W., Płachta J.: Przykład obliczeń wartości współczynników redukcyjnych dla potrzeb systemu indywidualnego rozliczania kosztów ogrzewania w budynku mieszkalnym. Instal, 3/2003, s. 4-6,

[7] Kwiatkowski J., Cholewa L.: Centralne ogrzewanie pomoce projektanta. Arkady, Warszawa, 1980

[8] Marcinkowski S.: System rozliczeń kosztów ogrzewania według indywidualnego zużycia na bazie dziesięciu lat doświadczeń firmy Viterra Energy Services w Polsce. Instal, 2/2003, s. 27-31,

[9] Romanowski O.: ... – a jednak podzielniki. Instal, 3/2003, s. 2-3,

[10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, (Dz.U. z 2019 poz.1065 z późn. zm.),

[11] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 7 grudnia 2021 r. w sprawie warunków ustalania technicznej możliwości i opłacalności zastosowania ciepłomierzy, podzielników kosztów ogrzewania oraz wodomierzy do pomiaru ciepłej wody użytkowej, warunków wyboru metody rozliczania kosztów zakupu ciepła oraz zakresu informacji zawartych w indywidualnych rozliczeniach (Dz. U. za dnia 9 grudnia 2021, poz. 2273),

[12] Ustawa Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. (tj. Dz. U. z 2021 r. poz. 716 z późn. zm.),

[13] Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (tj. Dz. U. z 2021 r. poz. 2351 z późn. zm.),

[14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie metodyki wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015, poz. 376 z późn. zm.)

[15] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej. Dziennik Urzędowy UE Nr L 328/210 z dnia 21.12.2018 r.