

dr inż. Anna Lis¹⁾
 ORCID: 0000-0001-9497-5754
 dr hab. inż. Piotr Lis^{2)*}
 ORCID: 0000-0002-5310-0895

Settlement of apartment heating costs in multi-family residential buildings

Rozliczanie kosztów ogrzewania mieszkań w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych

DOI: 10.15199/33.2025.10.21

Abstract. The aim of the study was to identify and determine the differences between the actual and theoretical values characterizing the heating of apartments, considering their location in the building. A detailed analysis was carried out on one of the three buildings examined over the 14-year of operation. The results indicate that the actual differences in heat consumption for heating apartments with different locations are greater than the differences resulting from the calculated and assumed values of correction coefficients for apartments.

Keywords: multi-family building; apartment; heating cost; heat demand for heating; heat consumption for heating.

Streszczenie. Celem badań była identyfikacja i określenie różnic pomiędzy rzeczywistymi i teoretycznymi wielkościami charakteryzującymi ogrzewanie mieszkań z uwzględnieniem ich usytuowania w budynku. Szczegółową analizą objęto jeden z trzech badanych budynków w okresie czternastoletniej eksploatacji. Wyniki wskazują, że rzeczywiste różnice w zużyciu ciepła do ogrzewania mieszkań o różnym usytuowaniu są większe od różnic wynikających z obliczonych i przyjętych wartości współczynników korygujących dotyczących mieszkań.

Słowa kluczowe: budynek wielorodzinny; mieszkanie; koszt ogrzewania; zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania; zużycie ciepła do ogrzewania.

Heat consumption and heating costs of apartments are influenced by factors such as:

- poor thermal insulation of walls between apartments [1];
- the quality of thermal insulation, thermal bridges, and the varying impact of the U-value on the energy performance of different parts of the building [2, 3, 4];
- the architectural shape of individual parts of the building [2];
- the period of building operation and its technical condition [5, 6];
- the technical solutions of the heating and ventilation systems [7, 8, 9];
- operating habits of residents [10, 11];
- location of apartments in the building [11, 12, 13];
- discrepancies in the design and real heating conditions [14, 15].

Heat losses from a heated apartment to adjacent rooms [10, 11] do not depend only on the habits of the occupants. It is recommended to introduce appropriate systems for calculating heat purchase costs in multi-family residential buildings [16, 17] using equalization factors R_w resulting from the location of the apartment in the building. They are intended to eliminate or limit the influence of factors beyond the control of residents on heat consumption and its cost.

The heat charge amount consists of a fixed part paid monthly, depending on, among others, the ordered power, and a variable part paid only in the heating season, which is the product of

Na zużycie ciepła i koszty ogrzewania mieszkań mają wpływ takie czynniki, jak:

- zła termoizolacyjność ścian między mieszkaniami [1];
- jakość wykonania termoizolacji, mostki cieplne oraz różny wpływ współczynnika U na charakterystykę energetyczną różnych części budynku [2, 3, 4];
- ukształtowanie architektoniczne poszczególnych części budynku [2];
- okres eksploatacji, stan techniczny budynku [5, 6];
- rozwiązania techniczne systemów c.o. i wentylacji [7, 8, 9];
- nawyki eksploatacyjne mieszkańców [10, 11];
- usytuowanie mieszkań w budynku [11, 12, 13];
- rozbieżności w projektowych i rzeczywistych warunkach ogrzewania [14, 15].

Straty ciepła z ogrzewanego mieszkania do przylegających pomieszczeń [10, 11] nie zależą tylko od nawyków lokatorów. Zalecane jest wprowadzenie odpowiednich systemów rozliczania kosztów zakupu ciepła w budynkach wielorodzinnych [16, 17] z zastosowaniem współczynników wyrównawczych R_w , wynikających z położenia lokalu w budynku. Mają one na celu wyeliminowanie lub ograniczenie wpływu czynników niezależnych od mieszkańców na zużycie ciepła do ogrzewania i jego koszt.

Wysokość opłaty za ciepło składa się z części stałej, uiszczanej miesięcznie, zależnej m.in. od mocy zamówionej oraz części zmiennej płaconej tylko w sezonie grzewczym, będącej iloczynem zużytego ciepła wg wskazań podzielników kosztów lub ciepłomierzy z uwzględnieniem współczynników wyrównawczych i jego ceny jednostkowej [18]. Współ-

¹⁾ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa

²⁾ Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska

^{*}) Correspondence address: piotr.lis@pcz.pl

the heat consumed according to the readings of cost allocators or heat meters, taking into account the equalization coefficients, and its unit price [18]. The equalization factors R_w takes into account the location of the apartment in the building [18] and is calculated using the design heat load [19] or heat demand [20].

The article focuses on the value of the calculated equalization factors R_w for apartments, indirectly indicating the theoretical energy consumption of heating individual apartments depending on their location in the building, from the least ($R_w = 1.0$) to the most energy-intensive ($R_w < 1.0$), and on the heat consumption for heating Q_L according to heat meter readings. Key, in the case for the considerations being made, will be the answer to the following questions: Whether and to what extent the adopted R_w factors for individual apartments correlate with the heat consumption Q_L for their heating? How big are any eventual discrepancies, and what are their causes? How may these discrepancies be reduced?

Subject, scope and method of research

Statistical observations were conducted on three multi-family residential buildings constructed in Częstochowa between 1996 and 2000. Due to similarities and the conditions related to the creation of the database, a detailed analysis was conducted on one of them over a fourteen-year period. The building has a basement, five staircases and 33 apartments with a total usable area of $P_u = 1946 \text{ m}^2$. The exterior walls were constructed as double-layer structure (29 cm MAX and 10 cm styrofoam), and the flat roof as a ventilated, duple structure (bottom slab Teriva or hollow core and 15 cm mineral wool).

The building's central heating system, supplied with heat from the municipal network, was designed as, located in the staircase, the manifold system, with supply risers and individual heat meters of each apartment. PEX pipes run under the floor from the manifold to steel panel radiators with valves and thermostatic heads. Table 1 presents additional information about the apartments. The shape of Table 1 and its division is a schematic representation of the building under study with the layout of staircases, floors and apartments.

The statistical unit in the study is the apartment. The statistical material was collected using technical documentation and readings from heat meters of individual apartments, and then transformed into a set of output data by grouping them and creating detailed statistical series,

czynnik wyrównawczy R_w uwzględnia usytuowanie lokalu w budynku [18] i jest liczony z wykorzystaniem projektowego obciążenia cieplnego [19] lub zapotrzebowania na ciepło [20].

W artykule skoncentrowano się na wartości obliczonego współczynnika wyrównawczego R_w mieszkań, pośrednio wskazującego teoretyczną energochłonność ogrzewania poszczególnych lokali w zależności od ich położenia w budynku, od najmniej ($R_w = 1,0$) do najbardziej energochłonnego ($R_w < 1,0$) oraz na zużyciu ciepła do ogrzewania Q_L wg wskazań ciepłomierzy. Kluczowa, w przypadku prowadzonych rozważań, będzie odpowiedź na pytania: czy i w jakim stopniu przyjęte współczynniki R_w dotyczące ogrzewanych lokali korelują ze zużyciem ciepła Q_L do ich ogrzewania? Jak duże są ewentualne rozbieżności i jakie są ich przyczyny? W jaki sposób można je ograniczyć?

Przedmiot, zakres i metoda badań

Obserwacją statystyczną objęto trzy wielorodzinne budynki mieszkalne wzniesione w Częstochowie w latach 1996 – 2000. Ze względu na podobieństwo i uwarunkowania związane z tworzeniem bazy danych, szczegółową analizą objęto jeden z nich w okresie czternastu lat eksploatacji. Budynek jest podpiwniczony, pięcioklatkowy z 33 mieszkaniami o łącznej powierzchni użytkowej $P_u = 1946 \text{ m}^2$. Ściany zewnętrzne wykonano jako dwuwarstwowe: pustak MAX 29 cm i styropian 10 cm, a stropodach jest wentylowany dwudzielny (płyta dolna Teriva lub kanałowa oraz wełna mineralna 15 cm).

System c.o. budynku, zasilany w ciepło z sieci miejskiej, został wykonany w układzie rozdzielaczowym, z pionami zasilającymi i indywidualnymi licznikami ciepła dotyczącymi mieszkań znajdujących się na klatce schodowej. Przewody z PEX prowadzone są pod posadzką od rozdzielacza do stalowych grzejników płytowych z zaworami i głowicami termostatycznymi. W tabeli 1 przedstawiono dodatkowe informacje o mieszkaniach. Kształt tabeli 1 i jej podział jest schematycznym odwzorowaniem badanego budynku z układem klatek schodowych i mieszkań.

Jednostką statystyczną w badaniu jest mieszkanie. Materiał statystyczny zebrano, korzystając z dokumentacji technicznej i odczytów z liczników ciepła poszczególnych mieszkań, a następnie przekształcono w zbiór danych

Table 1. Apartment numbers and their location, usable area, values of equalization factors with a diagram of division into staircases, verticals and floors

Tabela 1. Numery mieszkań i ich lokalizacja, powierzchnia użytkowa, wartości współczynników wyrównawczych ze schematem podziału na klatki schodowe, piony i kondygnacje

Staircase V/ Klatka V		Staircase IV/ Klatka IV		Staircase III/ Klatka III		Staircase II/ Klatka II			Staircase I/ Klatka I	
V-2	V-1	IV-2	IV-1	III-2	III-1	II-3	II-2	II-1	I-2	I-1
Apartment numbers and their location/Numery mieszkań i lokalizacja										
	33	28	27	22	21	14	15	16		
32	31	26	25	20	19	11	12	13	6	5
30	29	24	23	18	17	8	9	10	4	3
								7	2	1
the basement/piwnica										
Usable area P_u [m ²]/Powierzchnia użytkowa P_u [m ²]										
	35,3	62,5	55,5	63,7	77,4	35,4	103,6	66,1		
35,2	62,6	55,5	55,5	63,7	77,4	35,4	65,5	66,1	55,3	55,3
35,2	77,4	55,5	55,5	63,7	77,4			66,1	55,3	55,3
the basement/piwnica										
Values of equalization factors R_w /Współczynnik wyrównawczy R_w										
	0,50	0,71	0,75	0,78	0,76	0,60	0,79	0,70		
0,54	0,78	0,86	0,90	0,94	1,00	0,65	0,82	0,88	0,90	0,84
0,58	0,85	0,80	0,73	0,76	0,83			0,70	0,74	0,75
the basement/piwnica										

and subjected to formal and substantive control. They were the basis for analysis using descriptive statistics measures and examining relationships using graphical presentation and the coefficient of determination defined for the trend line.

The aim of the study was to identify and determine the difference between actual and theoretical quantitative characteristics related to apartment heating, taking into account their location within the building. In addition, it was necessary to determine to what extent the adopted R_w equalisation factors, used when allocating the heating costs of the entire building to individual apartments, limit the impact of their location on the actual heat consumption.

Basic non-measurable (qualitative) and measurable (quantitative) statistical features and the indicators calculated on their basis were subjected to a detailed analysis.

The basic analyzed characteristics are:

- location of the apartment in the building;
- apartment usable floor area P_u [m^2];
- calculated and adopted equalization factor for the apartment depending on its location in the building R_w ;
- heat consumption for apartment heating Q_L [kWh/year];
- corrected heat consumption for apartment heating $Q_w = R_w Q_L$ [kWh/year].

The analyzed indicators are:

- unit heat consumption for apartment heating Q_L/P_u [kWh/(m^2 /year)];
- unit corrected heat consumption for apartment heating $Q_w/P_u = R_w Q_L/P_u$ [kWh/(m^2 /year)].

The collected data came from the heating seasons from September 2001 to May 2013 and from September 2015 to May 2017. For the corresponding to each other months of subsequent heating seasons, average values for selected parameters were calculated, obtaining data for an average season. After adding up the values of the corresponding to each other basic parameters or calculating the averages for the indicators from the above-mentioned months, the values relating to the heating of individual apartments in an average year of operation were obtained.

Results and their analysis

Table 2 summarizes selected measures of statistical description regarding the analyzed parameters and indicators. Based on the analysis of the obtained results, it was concluded that:

- the building contains one apartment with a $P_u = 103.6 m^2$, while the remaining apartments have a P_u ranging from 35.2 to $77.4 m^2$, which should be kept in mind when interpreting the statistical description measures. The lowest R_w values are found in apartments with the lowest P_u (Table 1);
- apartments with the same P_u are usually located vertically on subsequent floors (Table 1);
- a low coefficient of determination R^2 indicates that Q_L values are only 31.5% dependent on the P_u of the apartments (Table 2, Figure 1);
- apartments with identical or similar P_u often use different amounts of heat Q_L for heating throughout the year. These

wyjściowych przez ich grupowanie i tworzenie szczegółowych szeregów statystycznych oraz poddano kontroli formalnej i merytorycznej. Były one podstawą do analizy z wykorzystaniem miar statystyki opisowej i badania zależności w wykorzystaniem prezentacji graficznej oraz współczynnika determinacji dotyczącego linii trendu.

Celem badań była identyfikacja i określenie różnicy pomiędzy rzeczywistą i teoretyczną ilością ciepła do ogrzewania mieszkań z uwzględnieniem ich usytuowania w budynku. Ponadto należało ustalić, w jakim stopniu przyjęte współczynniki wyrównawcze R_w , stosowane przy rozdziale kosztów ogrzewania całego obiektu na poszczególne lokale, ograniczają wpływ ich usytuowania na rzeczywiste zużycie ciepła.

Szczegółowej analizie poddano podstawowe cechy statystyczne niemierzalne (jakościowe) i mierzalne (ilościowe) oraz wskaźniki obliczone na ich podstawie.

Cechy podstawowe to:

- usytuowanie mieszkania w budynku;
- powierzchnia użytkowa mieszkania P_u [m^2];
- obliczony współczynnik wyrównawczy dotyczący mieszkania w zależności od jego usytuowania w budynku R_w ;
- zużycie ciepła do ogrzewania mieszkania Q_L [kWh/rok];
- skorygowane zużycie ciepła do ogrzewania mieszkania $Q_w = R_w Q_L$ [kWh/rok].

Analizowane wskaźniki były następujące:

- jednostkowe zużycie ciepła do ogrzewania mieszkania Q_L/P_u [kWh/(m^2 /rok)];
- jednostkowe skorygowane zużycie ciepła do ogrzewania mieszkania $Q_w/P_u = R_w Q_L/P_u$ [kWh/(m^2 /rok)].

Zebrałe dane pochodziły z sezonów grzewczych od 09.2001 do 05.2013 i od 09.2015 do 05.2017. Dla odpowiadających sobie miesięcy kolejnych sezonów grzewczych wyliczono wartości średnie dla wybranych wielkości, otrzymując dane dla przeciętnego sezonu. Po zsumowaniu wartości odpowiadających sobie wielkości podstawowych lub obliczeniu średnich dla wskaźników z ww. miesięcy otrzymano wartości odnoszące się do ogrzewania poszczególnych mieszkań w przeciętnym roku eksploatacji.

Wyniki i ich analiza

W tabeli 2 zestawiono wybrane miary opisu statystycznego dotyczące analizowanych wielkości i wskaźników. Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- w budynku znajduje się jedno mieszkanie o $P_u = 103,6 m^2$, a pozostałe lokale mają P_u z przedziału $35,2 - 77,4 m^2$, o czym trzeba pamiętać, interpretując miary opisu statystycznego. Najmniejsze wartości R_w mają mieszkania o najmniejszej P_u (tabela 1);
- w pionie na kolejnych kondygnacjach są zazwyczaj mieszkania o jednakowej P_u (tabela 1);
- mały współczynnik determinacji R^2 wskazuje, że wartości Q_L tylko w 31,5% zależą od P_u mieszkań (tabela 2, rysunek 1);
- mieszkania o jednakowej i podobnej P_u często zużywają do ogrzewania różną ilość ciepła Q_L w ciągu roku. Różnice te są zbyt duże (obszar zmienności – tabela 2, duże rozproszenie

Table 2. Selected measures of statistical description [21] for quantities characterizing the heating of apartments

Tabela 2. Wybrane miary opisu statystycznego [21] dotyczące wielkości charakteryzujących ogrzewanie mieszkań

Values, coefficients, indicators, x	Number, n	Maximum value, $x_{\max}$	Median, Me	Minimum value, $x_{\min}$	Mean-value, x_{sr}	Standard deviation, s	Limits of typicality ($x_{\text{sr}}-s$) < x_{typ} < ($x_{\text{sr}}+s$)	Classic coefficient of variation, $V_k = (s/x_{\text{sr}})100\%$	Skewness, S	Kurtosis, K
Usable area of the apartment P_u [m^2]	33	103,60	55,50	35,20	58,97	15,03	43,94 – 74,00	25,49	0,36	1,37
Equalization factor R_w	33	1,00	0,76	0,50	0,77	0,11	0,65 – 0,88	14,95	-0,37	0,08
Heat consumption by meter Q_L [GJ]	33	43,40	19,79	4,96	19,14	8,45	10,70 – 27,59	44,12	0,68	1,07
Corrected heat cons. by meter $Q_w = Q_L R_w$ [GJ]	33	44,73	19,48	4,33	19,14	8,67	10,47 – 27,81	45,28	0,63	1,09
Ratio Q_L/P_u [kWh/(m^2 year)]	33	177,93	86,30	27,97	92,05	39,37	52,68 – 131,43	42,77	0,70	0,22
Ratio Q_w/P_u [kWh/(m^2 year)]	33	174,10	93,08	30,65	89,34	31,60	57,74 – 120,39	35,37	0,21	0,86
Q_L/P_u for the top floors [kWh/(m^2 year)]	11	177,93	116,35	76,05	126,39	39,11	87,27 – 165,50	30,95	0,26	-1,76
Q_w/P_u for the top floors [kWh/(m^2 year)]	11	174,10	96,87	30,65	100,94	35,93	65,01 – 136,87	35,60	-0,02	1,40
Q_L/P_u for the middle floors [kWh/(m^2 year)]	11	92,85	65,96	27,97	64,52	20,48	44,04 – 85,00	31,74	-0,38	-0,68
Q_w/P_u for the middle floors [kWh/(m^2 year)]	11	104,18	77,44	30,65	74,16	26,41	47,75 – 100,57	35,61	-0,54	-0,98
Q_L/P_u for the lowest floors [kWh/(m^2 year)]	11	132,38	85,95	36,63	85,25	28,81	56,44 – 114,06	33,80	-0,45	0,22
Q_w/P_u for the lowest floors [kWh/(m^2 year)]	11	111,90	84,94	34,40	81,96	25,18	56,77 – 107,14	30,73	-1,09	0,39

differences are too big (area of variability – Table 2, big data dispersion – Figure 1) to result only from the temperature difference in the heated apartments;

■ the distribution of the R_w equalization factor values is much closer to the normal distribution, unlike the distribution of Q_L and Q_w values and the indicators calculated on their basis (Table 2), which indicates the difference between the theoretical and actual amount of heat for heating;

■ the R_w factor assigned to apartments, which practically does not affect the correction of the Q_L value to $Q_w = Q_L R_w$, is approximately 0.78 and close to the average value (Tables 1, 2, Figure 2). Below this value, apartments "gain" in billing from corrected heat consumption ($Q_L > Q_w$) by up to 35%, and above this value, they "lose" ($Q_L > Q_w$) by up to 30%;

■ the R_w values used in billing contribute to reducing the discrepancies in the individual heat consumption indicators of apartments (comparing Q_L/P_u and Q_w/P_u). In the building under study, there are several apartments with underestimated heat consumption levels and several with overestimated heat consumption, but to a lesser extent. These cases show no correlation with the R_w values (Tables 1, 2, Figures 3, 4);

■ the biggest unit heat consumption indicators for heating are characterized apartments on the top floor and located in parts of the building with a fragmented architectural form with a large surface of building envelope, while the smallest apartments on the middle floors (Tables 1, 2).

danych – rysunek 1), aby wynikały tylko z różnicy temperatury w ogrzewanych lokalach;

■ rozkład wartości współczynnika wyrównawczego R_w jest znacznie bardziej zbliżony do rozkładu normalnego w odróżnieniu od rozkładów wartości Q_L i Q_w oraz obliczonych na ich podstawie wskaźników (tabela 2), co wskazuje na różnicę pomiędzy teoretyczną i rzeczywistą ilością ciepła do ogrzewania;

■ wartość współczynnika R_w przyporządkowanego mieszkaniom, która praktycznie nie wpływa na skorygowanie wartości Q_L do $Q_w = Q_L R_w$ wynosi ok. 0,78 i jest bliska wartości średniej (tabela 1, 2, rysunek 2). Poniżej tej wartości mieszkania „zyskują” przy rozliczeniu na zmniejszeniu zużycia ciepła ($Q_L > Q_w$) max. do 35%, a powyżej wymienionej wartości „tracą” na zwiększeniu tego zużycia ($Q_L > Q_w$) max. do 30%;

■ zastosowane przy rozliczeniach wartości R_w przyczyniają się do ograniczenia rozbieżności w jednostkowych wskaźnikach zużycia ciepła mieszkań (porównanie Q_L/P_u i Q_w/P_u). W badanym budynku jest kilka mieszkań o zaniżonym poziomie zużycia ciepła i również kilka o zawyżonym zużyciu ciepła, ale w mniejszym zakresie. Przypadki te nie wykazują powiązania z wartościami R_w (tabela 1, 2, rysunki 3, 4);

■ największymi jednostkowymi wskaźnikami zużycia ciepła do ogrzewania charakteryzują się lokale na ostatniej kondygnacji i usytuowane w częściach budynku o rozczłonkowanej formie architektonicznej z dużą powierzchnią przegród zewnętrznych, a najmniejszymi lokale na kondygnacjach środkowych (tabela 1, 2).

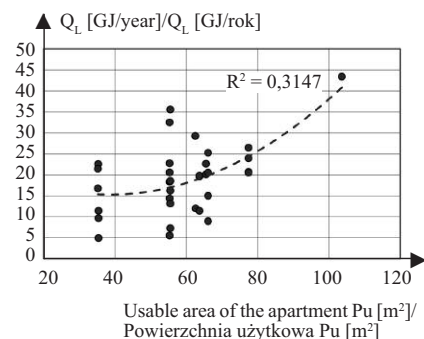


Fig. 1. Heat consumption according to the Q_L meter, GJ/year depending on P_u [m²]
 Rys. 1. Zużycie ciepła do ogrzewania wg licznika Q_L , GJ/rok w zależności od P_u [m²]

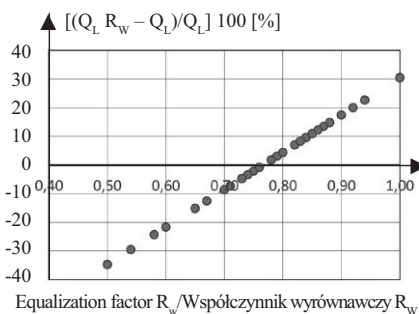


Fig. 2. Reduction (- sign) or increase (+ sign) of corrected heat consumption $Q_w = Q_L R_w$ in relation to heat consumption according to the heat meter Q_L depending on the R_w [%]
 Rys. 2. Zmniejszenie (znak -) lub zwiększenie (znak +) skorygowanego zużycia ciepła $Q_w = Q_L R_w$ w odniesieniu do zużycia ciepła wg licznika Q_L w zależności od wartości R_w [%]

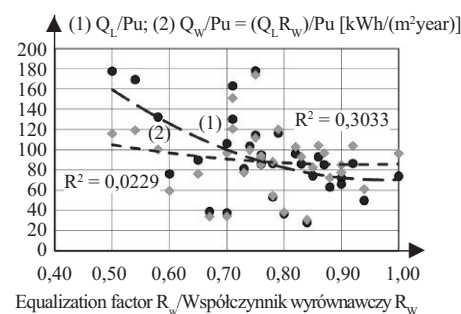


Fig. 3. Annual heat consumption to heat m² of usable floor area of the apartment Q_L/P_u (1), Q_w/P_u (2) [kWh/(m² year)] depending on the R_w value
 Rys. 3. Roczne zużycie ciepła do ogrzewania m² powierzchni użytkowej mieszkania Q_L/P_u (1), Q_w/P_u (2) [kWh/(m² rok)] w zależności od wartości R_w

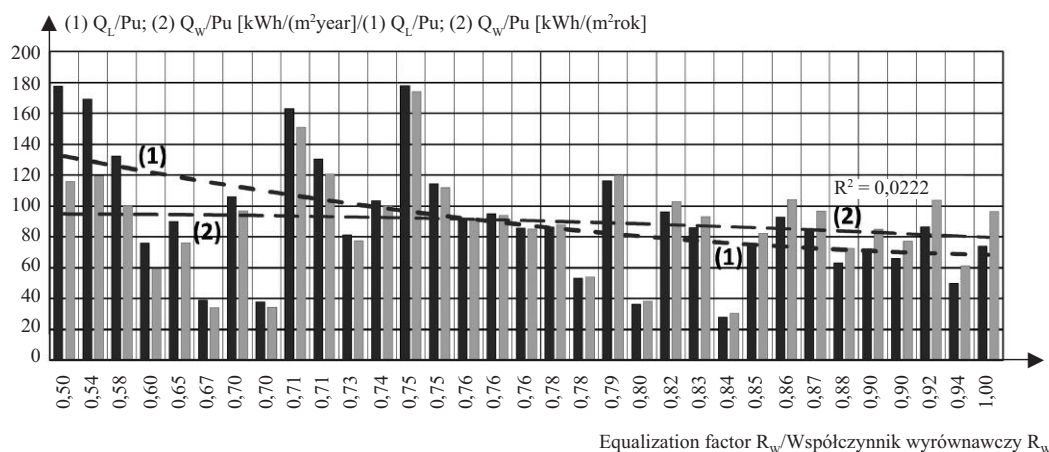


Fig. 4. Annual heat consumption to heat m² of usable floor area of the apartment Q_L/P_u (1), Q_w/P_u (2) in the order of the sorted R_w values
 Rys. 4. Roczne zużycie ciepła do ogrzewania m² powierzchni użytkowej mieszkania Q_L/P_u (1), Q_w/P_u (2) w kolejności uporządkowanych wartości R_w

Summary

To limit the influence of factors beyond the control of apartment occupants on heat consumption and its cost, an analysis was conducted to answer the previously posed questions:

1. Whether and to what extent the adopted R_w factors for individual apartments correlate with the heat consumption Q_L for their heating? The most important are the unit indicators relating heat consumption to the unit of usable floor area of the apartment: Q_L/P_u and Q_w/P_u [kWh/(m² year)]. There is a correlation between measured heat consumption under actual conditions and the theoretical conditions included in the calculation method and in the values of the R_w equalization factors. However, it is far from a situation where the actual factors influencing heat consumption, which are independent of the users of the premises, are taken into account satisfactorily.

2. How big are any eventual discrepancies, and what are their causes? In the building under study, with exceptionally small Q_L/P_u and Q_w/P_u values, the discrepancies are caused by maintaining a lower temperature in the apartments than the

Podsumowanie

Mając na uwadze ograniczenie wpływu czynników niezależnych od użytkowników mieszkań na zużycie ciepła do ich ogrzewania i jego koszt, dokonano analizy mającej na celu uzyskanie odpowiedzi na postawione wcześniej pytania:

1) czy i w jakim stopniu przyjęty współczynnik R_w ogrzewanych lokali koreluje ze zużyciem ciepła Q_L do ich ogrzewania? Najistotniejsze są wskaźniki jednostkowe odnoszące zużycie ciepła do jednostki powierzchni użytkowej mieszkania Q_L/P_u i Q_w/P_u [kWh/(m² rok)]. Istnieje korelacja pomiędzy zmierzonym zużyciem ciepła w warunkach rzeczywistych a warunkami teoretycznymi, uwzględnionymi w metodzie obliczania i w wartościach współczynników wyrównawczych R_w . Jest ona jednak daleka od sytuacji zadowalającego uwzględnienia rzeczywistych czynników wpływających na zużycie ciepła, a niezależnych od użytkowników lokali;

2) jak duże są rozbieżności i jakie są ich przyczyny? W badanym budynku, przy wyjątkowo małych wartościach Q_L/P_u i Q_w/P_u , przyczyną rozbieżności jest utrzymywanie w mieszkaniach niższej temperatury niż wymagana temperatura minimalna. W przypadku instalacji c.o. z rozprzodzeniem

required minimum. In the case of central heating systems with horizontal distribution of the heating medium, this may significantly impact heat losses in the apartment below.

3. How may the impact of factors beyond residents' control be limited, resulting in increased heating costs? The following recommendations may be indicated here: R_w coefficients should be determined on the basis of updated technical documentation, after performing on-site inspections and studies related to unintended heat losses and gains; the calculated values should be confronted and modified using measurement data and after clarifying any controversial issues; in apartments in multi-family buildings, especially with poor thermal insulation of the internal partitions, the temperature must not be lower than 16°C [8, 22]; billing systems should include temperature monitoring in the apartments.

Correctly billing heating costs for apartments in multi-family buildings is difficult. The motivation for action should be at least due to the increase in the variable fee for heat in the period 2001 – 2025 in the analyzed case from PLN 27 to PLN 153 for GJ. The presented material constitutes the basis for planned analyses concerning the issues raised, taking into account the proper use of apartments, including primarily thermal comfort and ventilation of rooms.

Received: 23.06.2025

Revised: 18.07.2025

Published: 23.10.2025

poziomym czynnika grzewczego może to w dużym stopniu wpływać na straty ciepła w mieszkaniu pod danym lokalem;

3) w jaki sposób ograniczyć wpływ czynników, na które mieszkańcy nie mają wpływu, a ponoszą z tego tytułu zwiększone koszty ogrzewania? Można wskazać następujące zalecenia: współczynniki R_w powinny być ustalane na podstawie zaktualizowanej dokumentacji technicznej, po wykonaniu wizji lokalnych i badań związanych z niezamierzonymi stratami i zyskami ciepła; obliczone wartości należy konfrontować i modyfikować, posługując się danymi pomiarowymi i po wyjaśnieniu kwestii spornych; w mieszkaniach budynków wielorodzinnych, szczególnie przy złej termoizolacyjności przegród wewnętrznych, utrzymywana temperatura nie może być niższa niż 16°C [8, 22]; w systemach rozliczeń powinno być uwzględnione monitorowanie temperatury w lokalach.

Prawidłowe rozliczanie kosztów ogrzewania na lokale w budynku wielorodzinnych jest trudne. Motywacja do działania powinna być choćby ze względu na zwiększenie opłaty zmiennej za ciepło w okresie 2001 – 2025 w analizowanym przypadku z 27 do 153 zł/GJ. Przedstawiony materiał stanowi podstawę do planowanych analiz dotyczących poruszanej problematyki z uwzględnieniem prawidłowego użytkowania mieszkań, w tym przede wszystkim komfortu cieplnego i wentylacji pomieszczeń.

Artykuł wpłynął do redakcji: 23.06.2025 r.

Otrzymano poprawiony po recenzjach: 18.07.2025 r.

Opublikowano: 23.10.2025 r.

Literature

- [1] Rzeszutko M. Budynki wielorodzinne – wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej i cieplnej ścian wewnętrznych. *Materiały Budowlane*. 2016; 8: 15 – 16.
- [2] Życzynska A. Wpływ współczynnika przenikania ciepła przegród budowlanych na wartość wskaźnika EP budynku. *Materiały Budowlane*. 2016; <https://doi.org/10.15199/33.2016.01.10>.
- [3] Mostki cieplne w budynku – rozwiązania minimalizujące straty ciepła. *Materiały Budowlane*. 2021; 5: 28 – 29.
- [4] Kaliszuk-Wietecha A, Miszczuk A. Rozkład zapotrzebowania na energię pierwotną i końcową w budynku wielorodzinnym. *Materiały Budowlane*. 2013; 12: 68 – 70.
- [5] Ptaszyński R. Badania porównawcze oceny zużycia wielorodzinnych budynków mieszkalnych. *Materiały Budowlane*. 2021; 1: 53 – 56.
- [6] Zima K, Małara J, Biel S. Porównanie i analiza usterek budowlanych na przykładzie dwóch wielorodzinnych budynków mieszkalnych. *Materiały Budowlane*. 2022; <https://doi.org/10.15199/33.2022.05.09>.
- [7] Kysiak A, Ujma A. Ocena prawidłowości rozliczania kosztów ogrzewania w budynkach wielorodzinnych na podstawie wskazań podzielników ciepła. *BoZPE*. 2018; <https://doi.org/10.17512/bozpe.2018.2.13>.
- [8] Ciuman H, Specjał A. Propozycja modyfikacji rozliczeń indywidualnych kosztów ogrzewania w budynkach wielorodzinnych. *Instal* 2018; 1: 6 – 13.
- [9] Skotnicka-Siepiak A. An Evaluation of the Performance of a Ground-to-Air Heat Exchanger in Different Ventilation Scenarios in a Single-Family Home in a Climate Characterized by Cold Winters and Hot Summers. *Energies*. 2022; <https://doi.org/10.3390/en15010105>.
- [10] Andersen S, Andersen RK, Olesen B. W. Influence of heat cost allocation on occupants' control of indoor environment in 56 apartments: Studied with measurements, interviews and questionnaires. *Building and Environment*. 2016; <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.02.024>.

- [11] Dzierżgowski M. Prawodawstwo i prawa fizyki w aspekcie rozliczania indywidualnych kosztów ogrzewania w budynkach wielorodzinnych. *COW*. 2022; 10: 20 – 35.
- [12] Sarosiek W, Sadowska B. Wpływ usytuowania mieszkań w budynku wielorodzinnym na ich charakterystyki energetyczne. *Materiały Budowlane*. 2011; 1: 44 – 45.
- [13] Besler M. Wpływ lokalizacji lokalu mieszkalnego w budynku na roczne zużycie energii do ogrzewania. *Instal*. 2021; <https://doi.org/10.36119/15.2021.12.2>.
- [14] Bogacz P. Analiza rzeczywistego i normowego zużycia energii cieplnej w budynkach. *Przegląd Budowlany*. 2022; 3-4: 70 – 73.
- [15] Cholewa T, Siggelsten S, Balen I, Ficco G. Heat cost allocation in buildings: Possibilities, problems and solutions. *Journal of Building Engineering*. 2020; <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101349>.
- [16] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków z późn. zm.
- [17] Ustawa z 4 marca 2005 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz ustawy – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2005 nr 62 poz. 552).
- [18] Dudziński K, Mroczkowski A, Pluciennik M. Rozliczanie kosztów zużycia ciepła i wody w budynkach wielolokalowych. *Poradnik zarządcy budynku*. Stan prawny na dzień 1.01.2023. Warszawa: Ośrodek Informacji Technika instalacyjna w budownictwie; 2023.
- [19] PN-EN 12831:2006PL, Instalacje grzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [20] PN-EN ISO 13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
- [21] Sobczyk M. *Statystyka*. Warszawa: PWN; 2012.
- [22] Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z 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).