

Bożena BABIARZ
Agnieszka KOCIELSKA
Politechnika Rzeszowska

OBLICZENIOWE I RZECZYWISTE ZUŻYCIE CIEPŁA NA POTRZEBY OGRZEWANIA

W pracy przedstawiono analizę projektowego obciążenia cieplnego i rzeczywistego zużycia ciepła na potrzeby ogrzewania. Dla istniejącego budynku mieszkalnego określono rzeczywiste zużycie ciepła oraz wyznaczono straty ciepła, sezonowe zapotrzebowanie na ciepło i wartość zapotrzebowania na energię pierwotną do ogrzewania. Wyniki porównano.

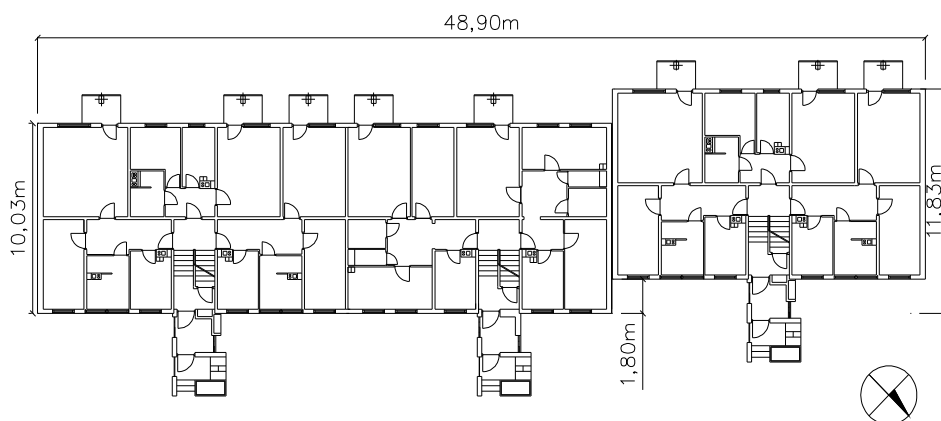
1. Wprowadzenie

Każdy obiekt ulega ochłodzeniu w wyniku przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne oraz doprowadzenia powietrza do wentylacji. By zapewnić człowiekowi ochronę przed niekorzystnymi warunkami klimatu zewnętrznego, należy stworzyć w pomieszczeniu odpowiedni, wymagany przeznaczeniem pomieszczeń komfort cieplny. W tym celu straty ciepła budynku powinny być pokryte przez pracę centralnego ogrzewania zainstalowanego w budynku, z uwzględnieniem ewentualnych zysków ciepła przez przezroczyste otwory w ścianach zewnętrznych. Gdy znane są wszystkie źródła ciepła występujące w budynku i znana jest wielkość strat przez przenikanie na zewnątrz obiektu, można określić bilans cieplny całego budynku. Udział zysków i strat ciepła w ogólnym bilansie cieplnym zależy od wielu czynników. Duży wpływ ma lokalizacja i usytuowanie budynku względem kierunków geograficznych, ponieważ określa ona ilość promieniowania słonecznego docierającego do obiektu. Rodzaj sąsiedniej zabudowy może być przyczyną ograniczenia ilości promieniowania, co można zrekompensować odpowiednią ilością i rozmieszczeniem okien i wewnętrznych przegród przezroczystych. Wielkość, kształt, słaba izolacyjność cieplna bryły budynku oraz ilość, rodzaj i przepuszczalność okien mogą powodować znaczne zwiększenie strat ciepła przez przenikanie. Udział zysków i strat ciepła zależy również w dużym stopniu od intensywności i sposobu wentylowania pomieszczeń oraz od częstotliwości i sposobu ich eksploatacji.

2. Charakterystyka obiektu

Wartości obliczeniowego i rzeczywistego zużycia ciepła zostaną porównane na przykładzie danych z istniejącego budynku mieszkalnego wielorodzinnego. Rozpatrywany budynek jest zlokalizowany przy ulicy Solarza 19, na osiedlu Krakowska-Południe w Rzeszowie. Jest to obiekt wielkopłytowy, wykonany w systemie Oszczędnościowo-Wielkopłytowym – Typowym (OW-T 75), którego głównymi założeniami jest rozplanowanie budynku na siatce modularnej o wymiarach 120×120 cm i budowa z gotowych elementów prefabrykowanych [1].

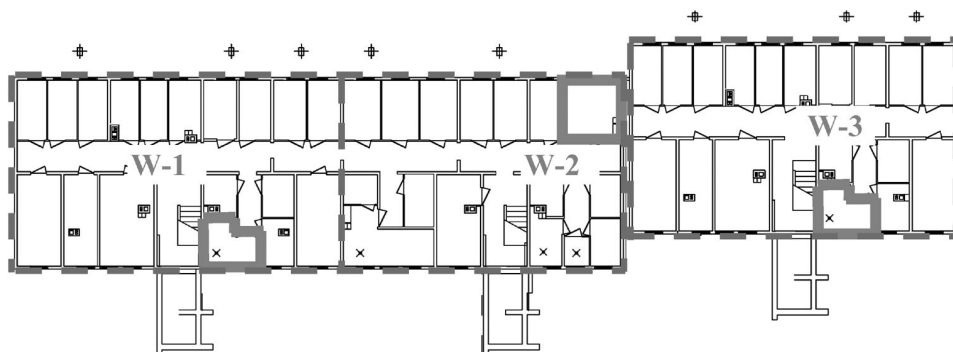
Analizowany budynek jest pięciokondygnacyjny, całkowicie podpiwniczony, złożony z trzech segmentów 3-2-3, 4-4 i 3-2-3. Na rysunku 1. przedstawiono rzut parteru rozpatrywanego budynku, z zaznaczeniem jego wymiarów zewnętrznych i kierunków stron świata.



Rys. 1. Wymiary i usytuowanie budynku przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie względem stron świata

Ciepło do budynku mieszkalnego przy ulicy Solarza 19 jest dostarczane z miejskiego systemu ciepłowniczego, nad którego eksploatacją czuwa Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Rzeszowie Sp. z o. o. Zamówiona moc stała 139,73 kW jest dostarczana ciepłociągiem do wymiennikowi grupowej „W-109 Os. Krakowska – Południe” zlokalizowanej za budynkiem, przy ulicy Solarza 15. Czynnikiem grzejnym w instalacji centralnego ogrzewania jest woda o parametrach $95/70^{\circ}\text{C}$. W rozpatrywanym bloku znajdują się trzy indywidualne węzły pomiarowe, zasilane z wymiennikowi „W-109”, z których ciepło jest rozprowadzane do wewnętrznych instalacji centralnego ogrzewania [2]. Rozplanowanie pomieszczeń węzłów w budynku zaznaczono na rysunku 2. linią ciągłą, a segmenty, które obsługują, linią przerywaną.

Wewnętrzną instalację centralnego ogrzewania zaprojektowano i wykonano jako wodną, dwururową, z wymuszonym obiegiem wody. Piony i przyłącza do grzejników wykonano z rur stalowych o średnicach: $\varnothing 15$, $\varnothing 20$, $\varnothing 25$, $\varnothing 32$. Przewody poziome rozprowadzające czynnik grzewczy z wymiennikowni do węzłów pomiarowych mają średnice: $\varnothing 50$, $\varnothing 65$, i zostały zaizolowane termicznie matami z waty szklanej.



Rys. 2. Rzut piwnic budynku wielorodzinnego przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie z wyszczególnieniem pomieszczeń węzłów [2]

Na wewnętrzną instalację centralnego ogrzewania w budynku przy ul. Solarza 19, dla węzła W-1 i W-3 w segmentach 3-2-3, składa się 10 pionów, do których są przyłączone grzejniki członowe żeliwne, typu TA1, obecnie nie stosowane. Na każdej kondygnacji znajduje się 12 takich grzejników – łącznie w segmencie 60 sztuk grzejników mieszkaniowych i 3 grzejniki znajdujące się na klatce schodowej. W segmencie 4-4 jest 9 pionów c.o. oraz 10 grzejników mieszkaniowych na każdym piętrze i 3 na klatce schodowej.

W 1999 roku w rozpatrywanym budynku została przeprowadzona regulacja instalacji centralnego ogrzewania zaworami termostatycznymi oraz modernizacja węzłów pomiarowych. W mieszkaniach, na gałęzkach zasilających grzejnik zamontowano zawory termostatyczne z wbudowanymi czujnikami temperatury wewnętrznej. Dodatkowo zlikwidowano centralne odpowietrzenie instalacji c.o., a na pionach centralnego ogrzewania zamontowano zawory kulowe motylkowe, automatyczne odpowietrzniki pływakowe firmy Flamco typu Flexvent wraz z zaworami stopowymi. W węzłach pomiarowych zastosowano stabilizację ciśnienia za pomocą regulatorów różnicy ciśnień typu „Hydromat DP” wraz z zaworami „Hydrocontrol” bez nastwy wstępnej firmy Oventrop, utrzymujących stałą zadaną różnicę ciśnień pomiędzy gałęziami instalacji centralnego ogrzewania [2].

3. Analiza danych eksploatacyjnych

W celu przeprowadzenia analizy danych eksploatacyjnych wykorzystano dane udostępnione przez Administrację Osiedla Krakowska-Południe. Ilości zużywanego ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania budynku przy ulicy Solarza 19 w Rzeszowie w ostatnich sześciu sezonach grzewczych zestawiono w tabeli 1. W każdym z sezonów uwzględniono zużycie ciepła z podziałem na miesiące.

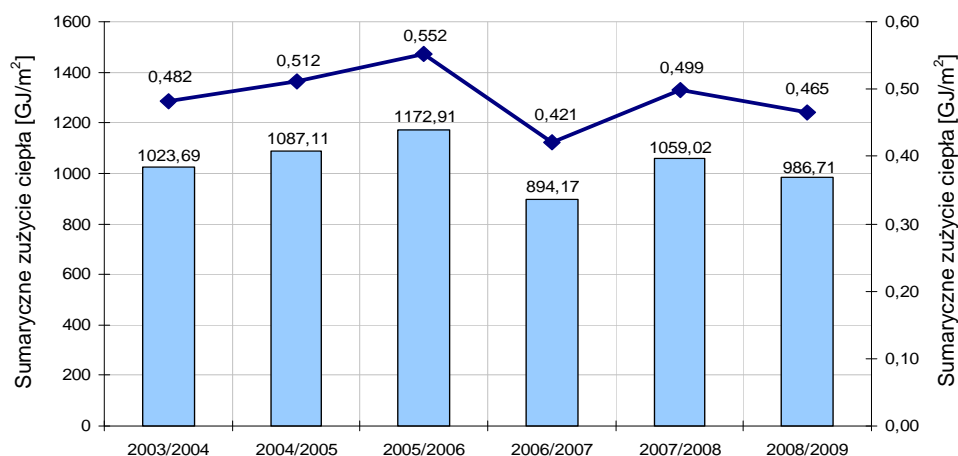
Tabela 1. Zestawienie ilości zużycia ciepła dla mieszkalnego budynku wielorodzinnego zlokalizowanego przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie, w kolejnych sezonach grzewczych

	Wartość zużycia ciepła w danym sezonie grzewczym [GJ]					
Miesiąc	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Wrzesień	0,00	4,62	0,00	0,00	24,80	36,96
Październik	92,97	65,69	54,44	43,47	97,36	60,53
Listopad	120,21	129,20	163,40	124,24	162,31	135,51
Grudzień	176,00	162,76	232,11	181,22	206,92	157,01
Styczeń	219,51	193,88	241,25	149,16	173,72	181,68
Luty	172,44	209,39	203,56	165,14	151,17	197,48
Marzec	155,94	180,45	188,06	118,11	140,41	148,01
Kwiecień	86,62	98,56	78,79	85,19	77,08	58,43
Maj	0,00	42,56	11,30	27,64	25,25	11,10
Σ	1023,69	1087,11	1172,91	894,17	1059,02	986,71

Całkowite zużycie ciepła w kolejnych sezonach grzewczych przeliczono na 1 m² powierzchni ogrzewanej. Otrzymane wyniki przedstawiono w tab. 2. oraz na rys. 3.

Tabela 2. Zestawienie wartości łącznego zużycia ciepła do ogrzewania wielorodzinnego budynku mieszkalnego zlokalizowanego przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie, w przeliczeniu na 1 m² powierzchni ogrzewanej w poszczególnych sezonach grzewczych

Sezon grzewczy		2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Łączne zużycie ciepła w sezonie grzewczym	[GJ]	1023,69	1087,11	1172,91	894,17	1059,02	986,71
	[GJ/m ²]	0,482	0,512	0,552	0,421	0,499	0,465
	[kWh]	284358,33	301975,00	325808,33	248380,56	294172,22	274086,11
	[kWh/m ²]	133,88	142,17	153,39	116,94	138,50	129,04



Rys. 3. Łączne zużycie ciepła na potrzeby ogrzewania w mieszkalnym budynku wielorodzinnym zlokalizowanym przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie, w poszczególnych sezonach grzewczych w przeliczeniu na 1 m² powierzchni ogrzewanej

4. Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną do ogrzewania analizowanego obiektu

Obliczenie zapotrzebowania na ciepło dla istniejącego budynku wielorodzinnego zlokalizowanego przy ulicy Solarza 19 w Rzeszowie przeprowadzono w programie Instal-OZC 4.6.4 – wersja edukacyjna, firmy InstalSoft według [3, 4, 5, 6]. Do obliczeń w programie przyjęto następujące parametry:

- konstrukcja budynku – wielorodzinny,
- liczba mieszkańców – 110,
- masa budynku – średnia,
- klasa osłonięcia – brak osłonięcia,
- szczelność budynku – średnia,
- temperatura zewnętrzna – $\theta_e = -20^{\circ}\text{C}$,
- roczna średnia temp. zewn. – $\theta_{m,e} = 7,6^{\circ}\text{C}$,
- lokalizacja – Rzeszów – III strefa klimat.,
- wymiary zewn. bud. – 10,03 m x 48,9 m,
- wys. kondygnacji w osiach – 2,75 m,
- wys. kondygnacji w świetle – 2,58 m,
- powierzchnia ogrzewana – 2124 m²,
- pow. podłóg na gruncie – $A_{\text{bud}} = 472 \text{ m}^2$,
- kubatura – 5311 m³,
- liczba kondygnacji – $n = 5$ + piwnica nieogrzewana,
- współczynniki przenikania ciepła przegród (wartości obliczone w programie Instal-OZC) zgodnie z tabelą 3.

Szczegółowe wyniki obliczeń strat ciepła rozpatrywanego budynku zebrano w tabeli 4.

Tabela 3. Zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła dla poszczególnych przegród w budynku przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie

Lp.	Nazwa przegrody	Oznaczenie	Współczynnik U [W/m ² K]
1	ściana zewnętrzna szczytowa	SZs	0,26
2	ściana zewnętrzna podłużna	SZp	0,47
3	ściana wewnętrzna gr. 15 cm	SW15	2,68
4	ściana wewnętrzna gr. 8 cm	SW8	2,13
5	ściana wewnętrzna gr. 6 cm	SW6	2,36
6	podłoga parteru	StWpar	0,79
7	stropodach	SD	0,14
8	okna zewnętrzne	OZ	2,60
9	drzwi zewnętrzne	DZ	2,50
10	drzwi wewnętrzne	DW	2,00

Tabela 4. Zestawienie wyników obliczeń dla mieszkalnego budynku wielorodzinnego przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
Współczynniki strat ciepła			
Współczynnik strat ciepła przez przenikanie	$\Sigma H_{T,e}$	2153,0	[W/K]
Współczynnik strat ciepła na wentylację	$\Sigma H_{V,bud}$	903,0	[W/K]
Sumaryczny współczynnik strat ciepła	ΣH_{bud}	3056,0	[W/K]
Straty ciepła budynku			
Sumaryczna strata ciepła przez przenikanie	Φ_T	84662,0	[W]
Strata ciepła na wentylację minimalną	$\Phi_{V,min}$	35058,0	[W]
Strata ciepła przez infiltrację	$0,5 \cdot \Phi_{V,inf}$	10234,0	[W]
Strata ciepła przez wentylację mechaniczną, nawiewną	$(1 - \eta_V) \cdot \Sigma \Phi_{V,su}$	0	[W]
Strata ciepła w wyniku działania instalacji wywiewnej	$\Phi_{mech,inf}$	0	[W]
Sumaryczna strata ciepła przez wentylację	Φ_V	35058,0	[W]
Zapotrzebowanie na ciepło budynku			
Sumaryczna strata ciepła netto	Φ_{netto}	119720,0	[W]
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło (przez czasowe obniżenie temperatury)	Φ_{RH}	0	[W]
Sumaryczna strata ciepła budynku	Φ_{bud}	119720,0	[W]
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową	$Q_{K,H}$	510051,0	[kWh/rok]
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową	$E_{K,H}$	240,1	[kWh/m ² rok]
Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą	$E_{el,pom,W}$	6977,3	[kWh/rok]
Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną	$Q_{P,H}$	683998,0	[kWh/rok]
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną	EP_H	322,0	[kWh/m²rok]
Maksymalna wartość EP obliczona wg [5]	EP_{H+W}	144,2	[kWh/m ² rok]

Po podzieleniu powierzchni ogrzewanej budynku na strefy temperaturowe, obliczono wartość sezonowego zapotrzebowania na ciepło [4]. Szczegółowe wartości poszczególnych składowych sezonowego zapotrzebowania na ciepło przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie wartości strat i zysków ciepła dla mieszkalnego budynku wielorodzinnego przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie

Miesiąc	Q_z [MJ]	$Q_{prz.n}$ [MJ]	Q_g [MJ]	Q_w [MJ]	Q_a [MJ]	Q_i [MJ]	Q_{sw} [MJ]	GLR [-]	Q_h [MJ]
I	112986,7	17665,5	0,0	0,0	53417,0	-62272,8	-22836,9	0,462	108748,0
II	96645,0	15160,6	0,0	0,0	45678,1	-56246,4	-36600,8	0,590	81663,5
III	87043,6	13849,9	0,0	0,0	41089,7	-62272,8	-57484,8	0,843	58819,5
IV	54784,1	9074,9	0,0	0,0	25769,9	-60264,0	-57753,3	1,317	26834,3
V	5026,8	910,0	0,0	0,0	2344,9	-10044,0	-11055,5	2,548	1432,0
VI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0
VII	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0
VIII	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0
IX	4624,4	851,0	0,0	0,0	2153,8	-10044,0	-8557,5	2,438	1370,9
X	53616,8	8937,9	0,0	0,0	25206,5	-62272,8	-40491,7	1,171	28744,3
XI	74579,4	11982,9	0,0	0,0	35175,9	-60264,0	-21297,3	0,670	58511,0
XII	98518,4	15537,6	0,0	0,0	46542,1	-62272,8	-15928,8	0,487	92427,2
Podsum.	587525,2	93970,3	0,0	0,0	277378,0	-445953,6	-272006,7	0,749	458550,6

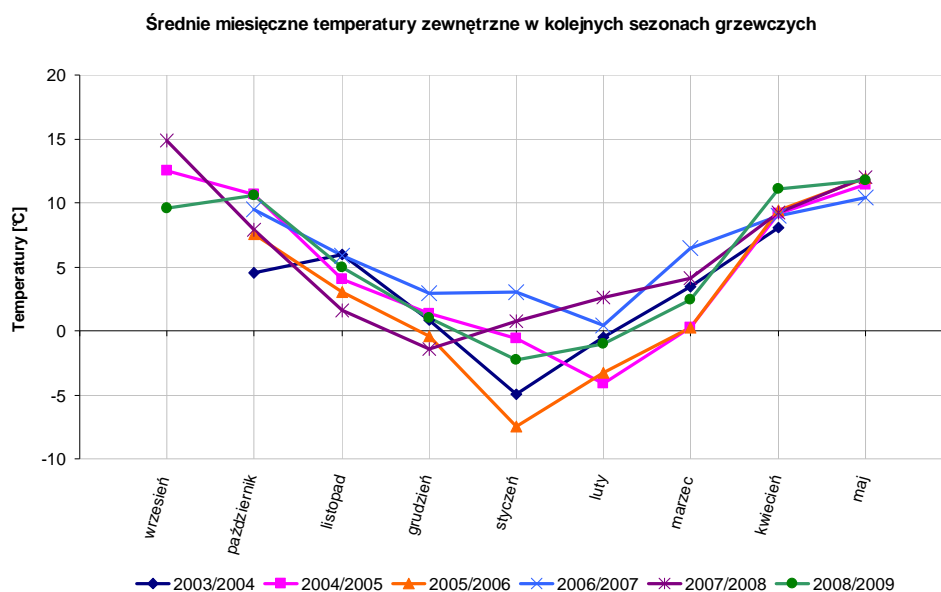
W tabeli 5. przyjęto następujące oznaczenia: Q_z – straty ciepła przez przegrody zewnętrzne, $Q_{prz.n}$ – straty ciepła przez przestrzeń nieogrzewaną, Q_g – straty ciepła przez podłogi do gruntu, Q_w – straty ciepła przez przegrody wewnętrzne, Q_a – straty ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego, Q_i – wewnętrzne zyski ciepła, Q_{sw} – zyski ciepła słonecznego przez okna, GLR – stosunek zysków do strat, Q_h – zapotrzebowanie na ciepło.

5. Analiza porównawcza otrzymanych wyników

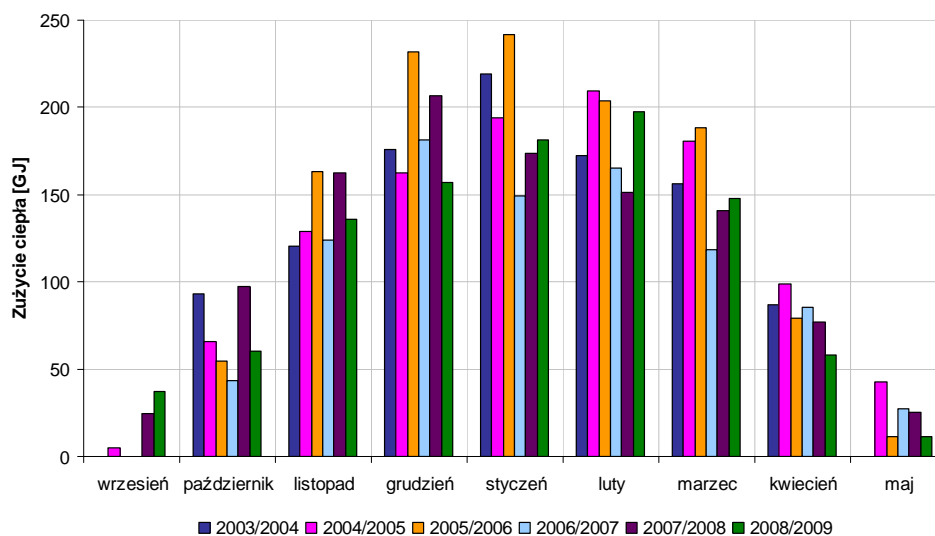
W celu porównania otrzymanych wartości obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło oraz rzeczywistego zużycia ciepła, należy zwrócić uwagę na parametry i warunki, dla jakich zostały one wyznaczone. Pomiar rzeczywistego zużycia ciepła w budynku przy ulicy Solarza 19 w Rzeszowie został dokonany na wejściu przewodu sieciowego do obiektu – w węźle pomiarowym W-2, za pomocą licznika LQM firmy Apator. Wartość zużycia ciepła dla każdego z rozpatrywanych sezonów grzewczych, zgodnie z tabelą 1., była różna. Każdy z rozpatrywanych sezonów grzewczych, dzięki danym udostępnionym przez MPEC Rzeszów, został przeanalizowany pod względem ilości zużycia ciepła, zmian średnich miesięcznych temperatur zewnętrznych oraz wpływu długości trwania sezonu na wartość zużycia ciepła.

Na rysunku 4. przedstawiono zestawienie średnich miesięcznych temperatur zewnętrznych w kolejnych sześciu sezonach grzewczych, natomiast na rysunku 5. zestawiono wartości zużycia ciepła w poszczególnych miesiącach ko-

lejších sezonów grzewczych. Na wykresach widać, że zużycie ciepła w rozpatrywanym budynku rośnie bądź maleje, odpowiednio do spadków lub wzrostów

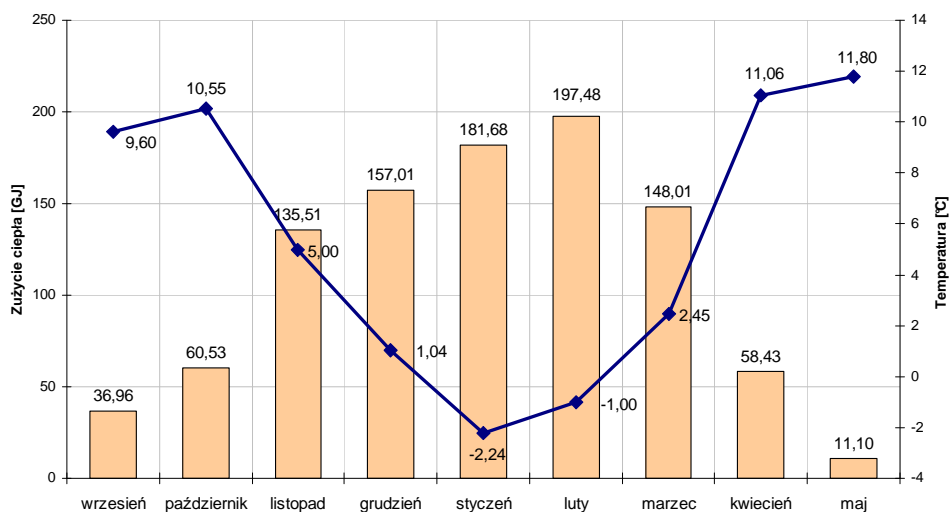


Rys. 4. Wykres zmienności średnich miesięcznych temperatur zewnętrznych w analizowanych sezonach grzewczych dla stacji meteorologicznej Rzeszów-Jasionka

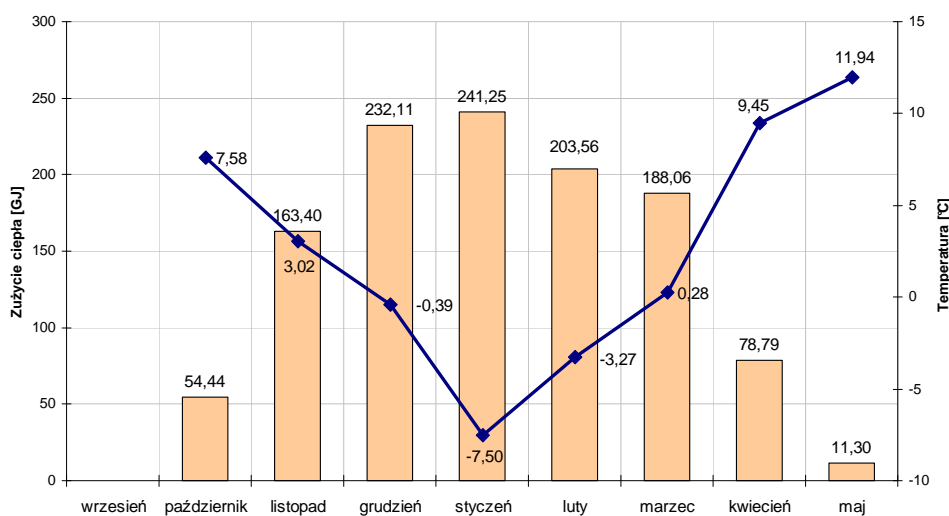


Rys. 5. Zestawienie zmian zużycia ciepła w budynku przy ul. Solarza 19 w kolejnych sezonach grzewczych, w rozbięciu na poszczególne miesiące

temperatury zewnętrznej. By lepiej zobrazować tę zależność, wykonano dwa wykresy porównawcze dla sezonu grzewczego 2004/2005 (rys. 6.) i 2005/2006, gdy nastąpiła zmiana mocy zamówionej (rys. 7.).



Rys. 6. Zestawienie wartości zużycia ciepła w budynku przy ul. Solarza 19 i średnich miesięcznych temperatur zewnętrznych w sezonie grzewczym 2008/2009



Rys. 7. Zestawienie wartości zużycia ciepła w budynku przy ul. Solarza 19 i średnich miesięcznych temperatur zewnętrznych w sezonie grzewczym 2005/2006

Rysunek 7. przedstawia zależność temperatur zewnętrznych od zużycia ciepła w rozpatrywanym budynku w sezonie grzewczym 2005/2006. Wykres ten nie jest tak proporcjonalny jak dla poprzedniego sezonu. Można zauważyć, że zużycie przy średniej temperaturze $-0,39^{\circ}\text{C}$ w grudniu 2005 roku było prawie równe wartości zużycia ciepła w styczniu 2006 roku, gdy średnia temperatura była dużo niższa i wynosiła $-7,5^{\circ}\text{C}$. Również przy porównaniu zużycia z grudnia 2005 roku i lutego 2006 roku obserwuje się, że dla dużo niższej temperatury zewnętrznej wartość zużycia jest mniejsza niż dla wyższej temperatury w grudniu 2005. Fakt ten jest spowodowany korektą mocy zamówionej. Do 30 grudnia 2005 roku moc zamówiona dla budynku przy ul. Solarza 19 była równa 143,18 kW, a od 31 grudnia 2005 roku – 139,73 kW.

Sezon grzewczy 2004/2005 rozpoczął się końcem września 2004 roku, gdy średnie temperatury zewnętrzne były równe $12,5^{\circ}\text{C}$ (rys. 6.). Sezon ten trwał 232 dni, a sumaryczne zużycie ciepła było równe 1087,11 GJ. Był to sezon znacznie dłuższy od pozostałych, ponieważ niskie temperatury utrzymywały się dość długo, co opóźniło jego zakończenie. Okres najniższych temperatur przypadał na luty 2005 roku. Zużycie ciepła było wtedy najwyższe, równe 209,39 GJ. Na podstawie wykresu można stwierdzić, że wzrost zużycia ciepła jest wprost proporcjonalny do spadku temperatury, i odwrotnie – wraz ze wzrostem temperatur zewnętrznych spada wartość zużycia ciepła.

Dla lepszego zobrazowania ilości ciepła dostarczanego i zużywanego, wartości mocy zamówionej można przeliczyć na wielkość rocznego orientacyjnego zużycia ciepła według wzoru [7]:

$$\Phi_T = \Phi \cdot 0,0036 \cdot \varphi \cdot s_g \cdot h \text{ [GJ/rok]} \quad (1)$$

gdzie: Φ_T – roczne orientacyjne zużycie ciepła przez obiekt na cele centralnego ogrzewania i wentylacji [GJ/rok],

Φ – obliczeniowa moc cieplna obiektu (równa mocy zamówionej), [kW],

φ – współczynnik temperaturowy – przyjęto 0,45 dla średniej temperatury sezonu grzewczego z ostatnich lat $+2^{\circ}\text{C}$,

s_g – długość sezonu grzewczego [dni],

h – liczba godzin poboru ciepła w dobie – 24 h.

Zgodnie ze wzorem (1) przeliczono moc cieplną zamówioną dla rozpatrywanego budynku na orientacyjne zużycie ciepła. Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

Wartości orientacyjnego zużycia ciepła przy rzeczywistej zamówionej mocy cieplnej Φ są wyższe niż wielkość rzeczywistego zużycia ciepła. Jest to spowodowane faktem, że nie da się dokładnie przewidzieć, jak długi będzie dany sezon grzewczy i jakie będą wartości temperatur zewnętrznych, co powoduje konieczność zamawiania większej ilości ciepła, niż potrzeba.

Na podstawie tabeli 6. można zaobserwować, że w większości sezonów grzewczych dostarczona ilość ciepła była większa od rzeczywistego zużycia o około 200 GJ. Jedynie w sezonie 2005/2006 wartość zamówiona była zbyt mała w stosunku do potrzeb, ponieważ na grudzień 2005 roku zaplanowano korektę mocy zamówionej, a następnie w styczniu 2006 roku niespodziewanie wystąpiły bardzo niskie, ujemne temperatury zewnętrzne. Te dwa następujące po sobie czynniki spowodowały, że do rozpatrywanego budynku konieczne było dostarczenie większej ilości ciepła, niż przewidziano w umowie.

Tabela 6. Wartości rzeczywistego zużycia ciepła i mocy zamówionej przeliczonej na orientacyjne zużycie ciepła dla budynku przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie

Sezon grzewczy	2003/2004	2004/2005	2005/2006		2006/2007	2007/2008	2008/2009
			2005	2006			
Rzeczywiste zużycie ciepła [GJ]	1023,69	1087,11	449,95	722,96	894,17	1059,02	986,71
Długość sezonu grzewczego s_g [dni]	206	232	80	126	209	230	233
Moc zamówiona cieplna Φ [kW]	143,18	143,18	143,18	139,73	139,73	139,73	139,73
Orientacyjne zużycie ciepła Φ_T [GJ]	1146,77	1291,51	445,35	684,52	1135,43	1249,52	1265,82
Różnica orientacyjnego i rzeczywistego zużycia [GJ]	123,08	204,40	-4,60	-38,44	241,26	190,50	279,11

W celu lepszego zobrazowania wielkości różnic między przeciętnym, podawanym w literaturze a rzeczywistym zużyciem ciepła, dokonano analizy wskaźników zużycia ciepła na 1 m² powierzchni ogrzewanej. Porównano orientacyjne wartości rocznego zużycia na ogrzanie 1 m² ze wskaźnikami faktycznego zużycia ciepła w rozpatrywanym budynku (tab. 2.). Analizowane wartości z wymienionych tabel zestawiono w tabeli 7.

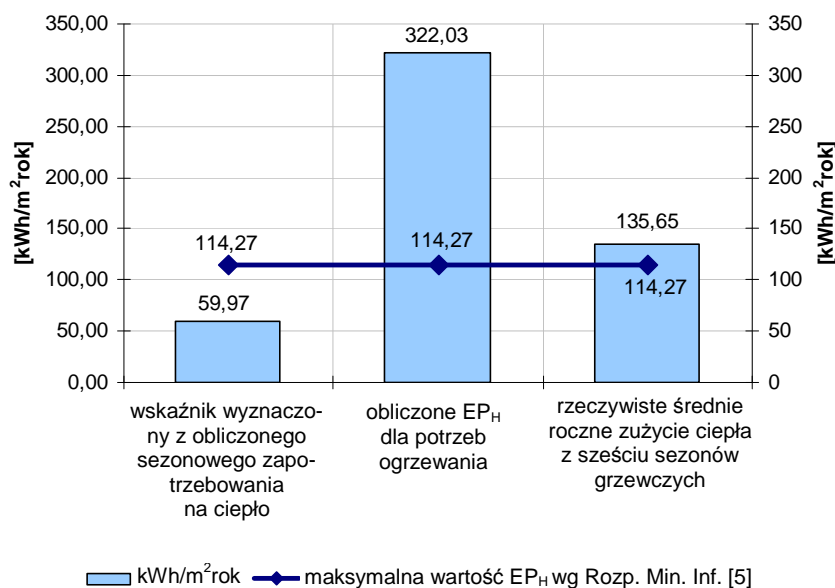
Tabela 7. Porównanie wartości przeciętnego rocznego zużycia ciepła ze wskaźnikami zużycia ciepła na 1 m² powierzchni ogrzewanej w budynku przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie

Rzeczywiste zużycie ciepła w budynku przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie						
Sezon grzewczy	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
[GJ/m ²]	0,482	0,512	0,552	0,421	0,499	0,465
[kWh/m ²]	133,88	142,17	153,39	116,94	138,50	129,04
Przeciętne roczne zużycie ciepła						
[GJ/m ²]	0,29-0,44					
[kWh/m ²]	50-80					

Wartości przeciętnego rocznego zużycia energii bezpośredniej na ogrzanie 1 m^2 są dużo niższe od wartości zużycia faktycznego. Orientacyjnie powinny one być mniejsze niż 80 kWh/m^2 , a w rzeczywistości, w każdym z rozpatrywanych sezonów grzewczych przekraczają 100 kWh/m^2 . W sezonie 2005/2006 wartość rzeczywista była blisko dwa razy większa niż przeciętna maksymalna wartość i wynosiła $153,39 \text{ kWh/m}^2$. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku przeciętnego rocznego zużycia energii pierwotnej na ogrzanie 1 m^2 powierzchni. Podany orientacyjny przedział wartości to $0,29\text{--}0,44 \text{ GJ/m}^2$ powierzchni. Faktyczne zużycie energii pierwotnej w rozpatrywanym budynku było większe od przeciętnej wartości maksymalnej dla większości sezonów grzewczych. Jedynie wielkość $0,421 \text{ GJ/m}^2$ dla sezonu 2006/2007 mieściła się w podanym przedziale.

Dla analizowanych sześciu sezonów grzewczych obliczono średnią wartość rocznego zużycia energii bezpośredniej i energii pierwotnej na ogrzanie 1 m^2 powierzchni. Otrzymane wyniki to odpowiednio $0,488 \text{ GJ/m}^2$ i $135,65 \text{ kWh/m}^2$. Również wartości średnie zużycia energii bezpośredniej i pierwotnej dla rozpatrywanego budynku przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie przekraczają przytoczone w tabeli 7. wartości przeciętne.

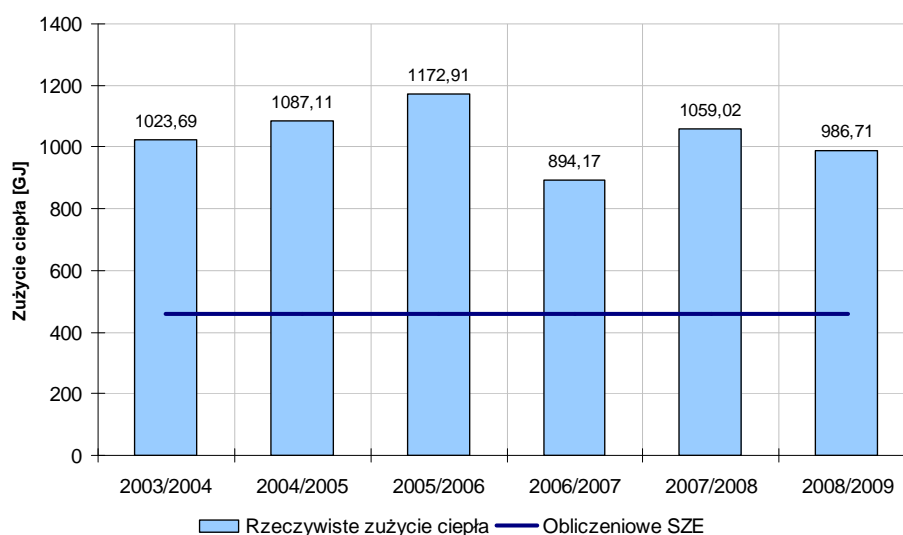
Rozbieżność między obliczoną wartością wskaźnika EP_H a rzeczywistym zużyciem ciepła jest duża (rys. 8.). Przyczyną takiej sytuacji może być fakt, że obliczeń charakterystyki energetycznej budynku dokonano na podstawie projektu obiektu. Nie uwzględniono w nich drobnych modernizacji i remontów, które



Rys. 8. Wartość wskaźnika EP_H i średniego rocznego zużycie ciepła z sześciu kolejnych sezonów grzewczych dla budynku zlokalizowanego przy ul. Solarza 19 w Rzeszowie

w swoich mieszkaniach wykonali niektórzy lokatorzy. Chodzi tu głównie o wymianę okien i drzwi balkonowych, drzwi wewnątrzlokatorskich oraz zmianę rodzaju podłóg. Tak duże różnice mogą również wynikać ze sposobu obliczania wskaźnika EP_H podanego w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury [8]. Metodologia przedstawiona w wymienionej ustawie nie jest dokładna i nie pozwala na odpowiednie określenie zapotrzebowania na energię pierwotną budynku.

Kolejnym etapem analizy otrzymanych wyników było porównanie obliczonego sezonowego zapotrzebowania na ciepło w obliczeniowym sezonie grzewczym trwającym 212 dni dla Rzeszowa z wartościami łącznego rzeczywistego zużycia ciepła dla rozpatrywanego budynku, w kolejnych sezonach grzewczych. W celu lepszego zobrazowania wyników sporządzono wykres. Z rysunku 9. wynika, że wartość obliczeniowa jest o około połowę mniejsza od wielkości rzeczywistego zużycia ciepła, w każdym z rozpatrywanych sezonów grzewczych. Fakt ten może być uzasadniony na kilka sposobów. Po pierwsze, przyczyną takiej niezgodności może być przyjęcie do obliczeń średniej długości trwania sezonu grzewczego. W obliczeniach założono również średnie wartości temperatur zewnętrznych podane przez Ministerstwo Infrastruktury [8], które odbiegają od wartości temperatur w rozpatrywanych sezonach grzewczych.



Rys 9. Zestawienie wartości łącznego zużycia ciepła w kolejnych sezonach grzewczych i obliczonej wartości sezonowego zapotrzebowania na ciepło

Po drugie, jakość wykonania obiektu nie jest tak idealna, jak założono w obliczeniach. Obliczenia wykonano według założeń projektowych, których w trakcie budowy nie do końca przestrzegano. W czasach budowy rozpatrywa-

nego obiektu dostępne na rynku materiały nie zawsze spełniały stawiane im wymagania, miały gorszą niż założona jakość, a w przypadku braku któregoś z nich stosowano substytuty materiałów przewidzianych w projekcie. Charakterystyczną cechą budownictwa lat osiemdziesiątych było stawianie ilości nad jakością wykonania. Powodowało to złą jakość wykonania nowo powstałych budynków. Przyczyny złego wykonawstwa spowodowane były błędami w indywidualnych rozwiązaniach technologicznych, złą jakością produkcji elementów prefabrykowanych, uszkodzeniami prefabrykatów w transporcie i przy składowaniu oraz wadami montażu budynków. Uszkodzone elementy, przez wzgląd na ogólny brak materiałów na rynku, wbudowywane były w powstające budynki. Kolejne wady budownictwa wielkopłytkowego, będące przyczyną zwiększenia zużycia ciepła, to m.in. niedokładne i niestaranne osadzenie stolarki okiennej, nieprawidłowe oparcie stropów, niedokładne wykonanie złączy konstrukcyjnych, głównie przez brak należytego wypełnienia betonem, oraz niestaranne wykonanie złączy izolacji ścian zewnętrznych. Wszystkie te czynniki spowodowały powstanie dodatkowych strat ciepła, a co za tym idzie – zwiększenie zużycia ciepła w trakcie eksploatacji obiektu. Czynnikiem sprzyjającym powstawaniu takich zaniedbań był brak konieczności sprawowania kontroli inwestorskiej nad powstającymi obiektami. Rozpatrywany budynek jest jednym z takich przykładów budownictwa wielkopłytkowego, dlatego też tak ogromna różnica między obliczeniowym a rzeczywistym zużyciem ciepła wydaje się być uzasadniona.

6. Podsumowanie

Jednym z podstawowych wyzwań współczesnego świata jest ograniczanie zużycia energii. Wynika to z przyczyn ekonomicznych i ekologicznych. Im wyższe jest zużycie, tym wyższa emisja zanieczyszczeń do atmosfery. Zmniejszenie zużycia ma także wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego świata oraz jest jednym z elementów wprowadzania w budownictwie założeń zrównoważonego rozwoju, polegających na oszczędnym wykorzystaniu surowców energetycznych w celu zachowania ich dla przyszłych pokoleń. Dlatego odpowiednie obliczenie i analiza zapotrzebowania na ciepło budynków jest bardzo ważnym elementem w prognozowaniu przyszłego zużycia ciepła oraz poszukiwaniu rozwiązań zmierzających do jego zmniejszenia.

Podana analiza pozwala stwierdzić, że rozpatrywany budynek nie spełnia wymagań Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [5], dlatego wymagany jest gruntowny jego przegląd pod względem izolacyjności i podjęcie działań termomodernizacyjnych.

Literatura

- [1] Biliński T., Gaczek W.: Budownictwo systemowe. Kierunki przeobrażeń techniczno-technologicznych. PWN, Warszawa 1988.
- [2] Jedliczka M.: Projekt regulacji instalacji c.o. zaworami termostatycznymi. P.U.P.H. „Warem” s.c., Rzeszów 1999.
- [3] PN-EN 12831:2006. Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [4] PN-B-02025:2008. Obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690 z późniejszą zmianą z dnia 6 listopada 2008 r. – Dz. U. z 2008 r. Nr 201, poz. 1238).
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej. (Dz. U. Nr 201, poz. 1240).
- [7] Strona internetowa Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej – Rzeszów Sp. z o.o. <http://mpec.rze.com.pl/>
- [8] Strona internetowa Ministerstwa Infrastruktury. <http://www.mi.gov.pl>

ANALYTICAL AND REAL HEAT CONSUMPTION FOR HEATING DEMANDS

S u m m a r y

In thesis presented analysis of design heat load and real heat consumption for heating demands. Defined a real heat consumption and calculated value of heat losses, season heat demands and primary energy demands for existing apartment building. Results compared.

Złożono w redakcji w listopadzie 2009 r.