
Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

ANALIZA PARAMETRÓW MAJĄCYCH WPŁYW NA ZMIANĘ ZAPOTRZEBOWANIA NA CHŁÓD W OKRESIE LETNIM W BUDYNKU ZAMIESZKANIA ZBIOROWEGO

Anna STARCZYK

Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Streszczenie

Artykuł przedstawia analizę problemu zapotrzebowania na chłodzenie pomieszczeń w okresie letnim wynikającego z powiększenia okien na elewacjach południowych. Celem badania jest analiza parametrów mających wpływ na zmianę zapotrzebowania na chłód i wybór najkorzystniejszych z nich. Parametry poddane analizie to: temperatura wewnętrzna w pomieszczeniu (zakres 21–24°C), współczynnik przenikania ciepła przez przenikanie dla okien U (zakres: 0,7 – 1,3 $\frac{W}{m^2K}$), współczynnik zacienienia przez urządzenia przeciwsłoneczne f_c (zakres: 0,15 – 0,95) oraz współczynnik zacienienia okna przez zewnętrzne elementy zacieniające $F_{sh,ob,k}$ (zakres: 0,7 – 1,0).

Słowa kluczowe: przegrzewanie latem, chłodzenie, parametry obniżające zapotrzebowanie na chłód

Abstract

This article presents an analysis of the problem of demand for space cooling during the summer resulting from enlargement of windows on the south façade. The aim of the study is to analyze the parameters which impact the demand for cooling, and the selection of the most favorable of them. The parameters analyzed: the internal temperature of the room (range 21-24 ° C), heat transfer coefficient for windows U (range: 0,7 – 1,3 $\frac{W}{m^2K}$), and a shading devices rate f_c (range: 0.15 - 0.95) and shading coefficient of the window by external shading $F_{sh, ob,k}$ (range: 0.7 - 1.0).

Key words: overheating of the rooms in summer, cooling, lowering cooling demand.

1. WPROWADZENIE

W analizowanym budynku zastosowano pasywne wykorzystanie promieniowania słonecznego przez optymalizację oszklenia w celu ogrzewania pomieszczeń w okresie zimowym. Na elewacjach południowych SE i SW powiększono powierzchnię okien do 70%. Będzie to skutkowało zwiększeniem zapotrzebowania na chłód w okresie letnim. Celem pracy jest analiza parametrów mających wpływ na zmianę zapotrzebowania na chłód. Przedmiotowy budynek mieszkalny wielorodzinny posiada 8 kondygnacji nadziemnych i 1 podziemną. Powierzchnia zabudowy wynosi 798,17 m², wysokość budynku: 25,00 m, kubatura: 19954,28 m³, powierzchnia użytkowa: 6385,37 m²

2. WYBÓR PARAMETRÓW MAJĄCYCH WPŁYW NA ZAPOTRZEBOWANIE NA CHŁÓD

Parametry, które wpływają na zapotrzebowanie na chłodzenie to:

1. Temperatura wewnętrzna w pomieszczeniach
Temperatura będzie analizowana w zakresie 21 – 24 °C
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przenikanie dla okien U
Współczynnik U będzie analizowany w zakresie 0,7 – 1,3 $\frac{W}{m^2 K}$
3. Współczynnik zacienienia przez urządzenia przeciwsłoneczne f_c
Współczynnik f_c będzie analizowany w zakresie 0,15 – 0,95

TABELA 1

Wartość współczynnika redukcji promieniowania ze względu na zastosowane urządzenia przeciwsłoneczne f_c [6]

Lp.	Typ zasłon	Właściwości optyczne		Współczynnik redukcji promieniowania f_c	
		współczynnik absorpcji	współczynnik przepuszczalności	osłona wewnętrzna	osłona zewnętrzna
1	Białe żaluzje o lamelach nastawnych	0,1	0,05	0,25	0,10
			0,1	0,30	0,15
			0,3	0,45	0,35
2	Zasłony białe	0,1	0,5	0,65	0,55
			0,7	0,80	0,75
			0,9	0,95	
3	Zasłony kolorowe	0,3	0,1	0,42	0,17
			0,3	0,57	0,37
			0,5	0,77	0,57
4	Zasłony z powłoką aluminiową	0,2	0,05	0,20	0,08

4. Współczynnik zacienienia okna przez zewnętrzne elementy zacieniające $F_{sh,ob.,k}$
Współczynnik $F_{sh,ob.,k}$ będzie analizowany w zakresie 0,7 – 1,0

3. METODYKA POSTĘPOWANIA PRZY OBLICZANIU ZAPOTRZEBOWANIA NA CHŁODZENIE

TABELA 2

Zapotrzebowanie na chłodzenie - okres letni

Nazwa obiektu: **Budynek mieszkalny wielorodzinny**

Nazwa	Azymut	Pole powierzchni elewacji	Udział procentowy okien	Udział procentowy ścian
E-1	NE	1242,75	27,2%	72,8%
E-2	NW	469,50	24,7%	75,3%
E-3	SW	1242,75	70,0%	30,0%
E-4	SE	391,50	70,0%	30,0%

Kubatura budynku V [m³] : 19954,28
 Krotność wymiany powietrza n_{zew} [1/h] : 2
 Powierzchnia zabudowy A_z [m²] : 798,17
 Powierzchnia użytkowa A_u [m²] : 6385,37
 Wysokość budynku h [m] : 25,00

STRATY CIEPŁA

Współczynnik strat ciepła przez przenikanie

L.p.	Element budynku	Oznaczenie skrótowe	Pole powierzchni A _i [m ²]	Udział procentowy	Opór cieplny przegrody R _i [m ² K/W]	Współ. przenikania ciepła U _i [W/m ² K]	U _i x A _i [W/K]	Czynnik korekty temperatur owej b _i	U _i x A _i x b _i [W/K]
1	Ściana zewnętrzna (z pominięciem okien i drzwi)	SZ(E-1)	904,72	72,8%	4,495	0,22	201,27	1	201,27
		SZ(E-2)	353,53	75,3%	4,495	0,22	78,65	1	78,65
		SZ(E-3)	372,83	30,0%	4,495	0,22	82,94	1	82,94
		SZ(E-4)	117,45	30,0%	4,495	0,22	26,13	1	26,13
		Całkowita powierzchnia ścian	1748,53						
2	Okna	O(E-1)	338,03	27,2%		1,30	439,44	1	439,44
		O(E-2)	115,97	24,7%		1,30	150,76	1	150,76
		O(E-3)	869,93	70,0%		1,30	1130,90	1	1130,90
		O(E-4)	274,05	70,0%		1,30	356,27	1	356,27
		Całkowita powierzchnia okien	1597,97						
3	Drzwi wejściowe	D(E-1)	17,85	1,42%		2,00	35,70	1	35,70
4	Połąc dachowa stropodach	P	806,91		5,210	0,192	154,88	1	154,88
5	Strop nad nieogrzewaną piwnicą	G	798,17		4,330	0,231	184,335	0,6	110,60

Względny współczynnik strat ciepła przez przenikanie:	$H = \sum U_i \times A_i \times b_i$	2767,53
Powierzchnia zewnętrzna obudowy	$A_{\text{zewn}} = \sum A_i$	4969,44
Stosunek powierzchni zewnętrznej obudowy do kubatury budynku	A_{zewn} / V_c	0,25
Współczynnik strat ciepła przez przenikanie z uwzględnieniem mostków cieplnych	$H_r = H + 0,04 \times A_{\text{zewn}}$	2966,31
Strumień powietrza wentylacyjnego	$V_{\text{went}} = n_{\text{zew}} \times V_u$	39908,55
Sprawność odzysku ciepła z wentylacji η_{rek}	η_{rek}	0,00
Sprawność gruntowego wymiennika ciepła GWC η_{awc}	η_{awc}	0,00
Całkowita sprawność odzysku ciepła z wentylacji η_{od}	$\eta_{\text{od}} = [1 - (1 - \eta_{\text{rek}}) \times (1 - \eta_{\text{awc}})]$	0,00
Współczynnik strat ciepła przez wentylację	$H_v = 0,34 \times (1 - \eta_{\text{od}}) \times V_{\text{went}}$	13568,91

ZYSKI CIEPŁA

Słoneczne zyski ciepła - zapotrzebowanie na chłodzenie

Zyski na azymuty obliczam oddzielnie według załącznika

Zyski ciepła słonecznego $Q_s = Q_{AS} + Q_{ASW} + Q_{AW} + Q_{ANW} + Q_N + Q_{NE} + Q_E + Q_{SE} = Q_{ASW} + Q_{ANW} + Q_{NE} + Q_{SE}$ **48637,69**

Wewnętrzne zyski ciepła

Współczynnik wewnętrznych zysków ciepła dla budynków wielorodzinnych

q_{wc} **20**

Wewnętrzne zyski ciepła

$Q_i = q_{wc} \times A_u$ **127707,36**

Roczne zapotrzebowanie na chłód

Roczne zapotrzebowanie $Q_{C,nd} = (Q_s + Q_i) - 0,9 \cdot 12,7 \cdot (H_T + H_V)$ [kWh/rok] **133485,76**

Temperatura wewnętrzna **21**

Współczynnik bilansowy c_{bil} **2,88**

4. ANALIZA WYBRANYCH PARAMETRÓW

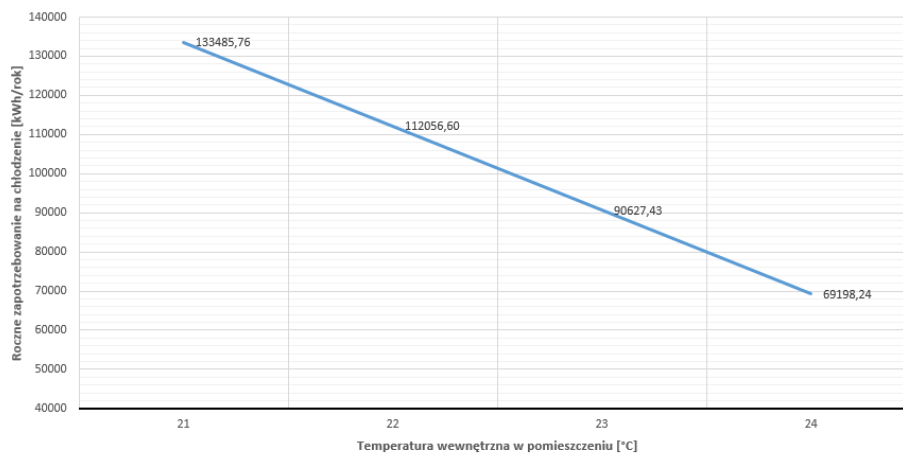
4.1. Temperatura wewnętrzna

TABELA 3

Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie w zależności od temperatury wewnętrznej

		Zyski ciepła słonecznego w sezonie chłodniczym dla poszczególnych azymutów (długość sezonu przyjęto 60 dni) [kWh/rok]				Zyski ciepła słonecznego Q_s	Wewnętrzne zyski ciepła Q_i	Współczynnik strat ciepła przez przenikanie z uwzględnieniem mostków cieplnych H_T	Współczynnik strat ciepła przez wentylację H_V	Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie [kWh/rok]
		Q_{NE}	Q_{NW}	Q_{SE}	Q_{SW}					
Temperatura wewnętrzna w pomieszczeniu [°C]	21	6069,65	2008,50	9981,80	30577,74	48637,69	127707,36	2966,31	13568,91	133485,76
	22	6069,75	2008,54	9981,88	30578,00	48638,17	127707,36	2966,31	13568,91	112056,60
	23	6069,85	2008,57	9981,96	30578,26	48638,64	127707,36	2966,31	13568,91	90627,43
	24	6069,95	2008,6	9982,04	30578,51	48639,10	127707,36	2966,31	13568,91	69198,24

Zmiana zapotrzebowania na chłód za pomocą temperatury wewnętrznej w pomieszczeniu



Rys. 1. Wykres przedstawiający zależność zapotrzebowania na chłód od temperatury wewnętrznej w pomieszczeniu

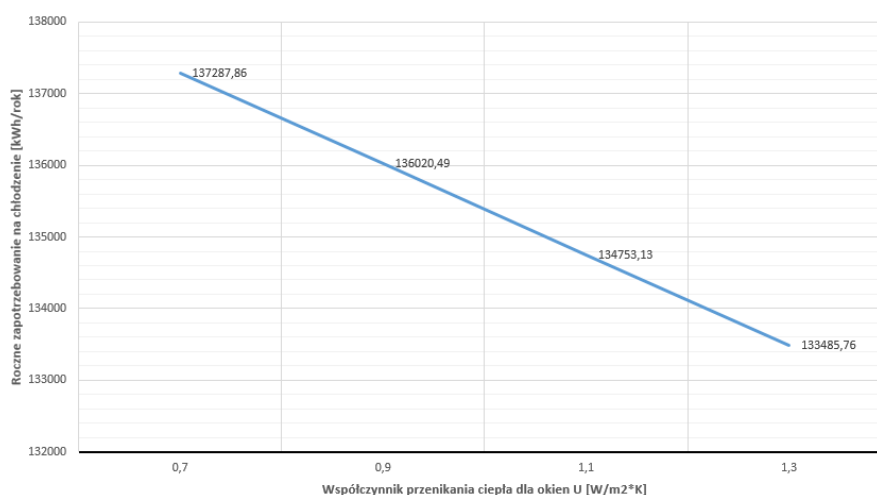
4.2. Współczynnik przenikania ciepła dla okna

TABELA 4

Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie w zależności od współczynnika przenikania ciepła dla okien

		Zyski ciepła słonecznego w sezonie chłodniczym dla poszczególnych azymutów (długość sezonu przyjęto 60 dni) [kWh/rok]				Zyski ciepła słonecznego Q_s	Wewnętrzne zyski ciepła Q_i	Współczynnik strat ciepła przez przenikanie z uwzględnieniem mostków cieplnych H_T	Współczynnik strat ciepła przez wentylację H_V	Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie [kWh/rok]
		Q_{NE}	Q_{NW}	Q_{SE}	Q_{SW}					
Współczynnik przenikania ciepła przez przenikanie dla okien U [W/m ² *K]	0,7	6348,23	2104,07	10207,65	31294,67	49954,62	127707,36	2007,53	13568,91	137287,86
	0,9	6255,37	2072,22	10132,36	31055,69	49515,64	127707,36	2327,12	13568,91	136020,49
	1,1	6162,51	2040,36	10057,08	30816,72	49076,67	127707,36	2646,72	13568,91	134753,13
	1,3	6069,65	2008,50	9981,80	30577,74	48637,69	127707,36	2966,31	13568,91	133485,76

Zmiana zapotrzebowania na chłód za pomocą współczynnika przenikania ciepła dla okna U



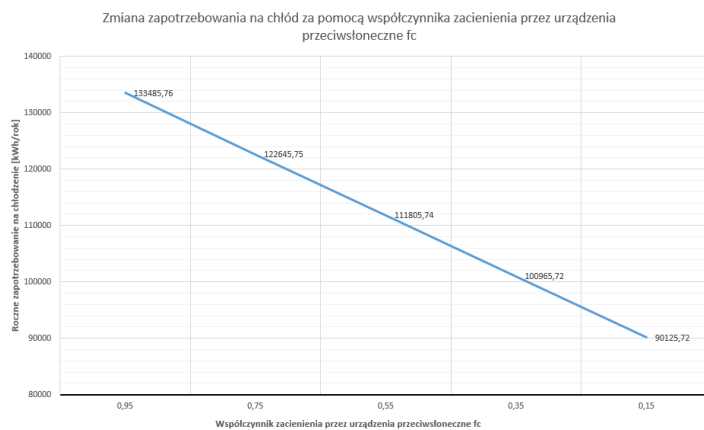
Rys. 2. Wykres przedstawiający zależność zapotrzebowania na chłód od współczynnika przenikania ciepła dla okien

4.3. Współczynnik zacielenia przez urządzenia przeciwsłoneczne f_c

TABELA 5

Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie w zależności od współczynnika zacielenia przez urządzenia przeciwsłoneczne f_c

		Zyski ciepła słonecznego w sezonie chłodniczym dla poszczególnych azymutów (długość sezonu przyjęto 60 dni) [kWh/rok]				Zyski ciepła słonecznego Q_s	Wewnętrzne zyski ciepła Q_i	Współczynnik strat ciepła przez przenikanie z uwzględnieniem mostków cieplnych H_T	Współczynnik strat ciepła przez wentylację H_V	Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie [kWh/rok]
		Q_{NE}	Q_{NW}	Q_{SE}	Q_{SW}					
Współczynnik zacielenia przez urządzenia przeciwsłoneczne f_c	0,95	6069,65	2008,50	9981,80	30577,74	48637,69	127707,36	2966,31	13568,91	133485,76
	0,75	4664,80	1542,08	7777,38	23813,42	37797,68	127707,36	2966,31	13568,91	122645,75
	0,55	3259,95	1075,66	5572,97	17049,09	26957,67	127707,36	2966,31	13568,91	111805,74
	0,35	1855,11	609,23	3368,55	10284,76	16117,65	127707,36	2966,31	13568,91	100965,72
	0,15	450,26	142,81	1164,14	3520,44	5277,65	127707,36	2966,31	13568,91	90125,72



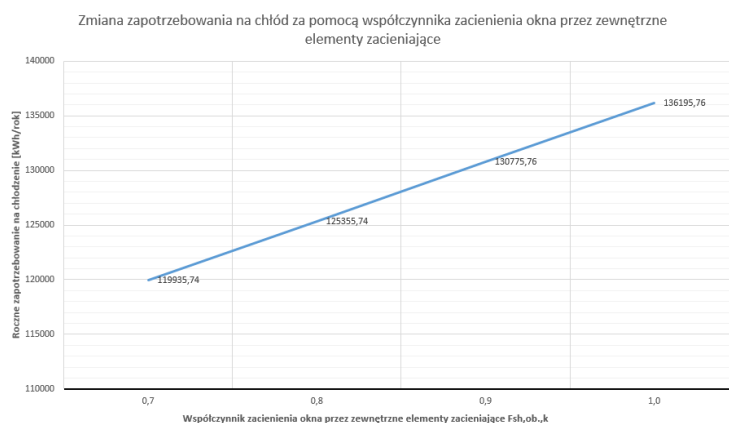
Rys. 3. Wykres przedstawiający zależność zapotrzebowania na chłód od współczynnika zacielenia przez urządzenia przeciwsłoneczne

4.4. Współczynnik zacielenia okna przez zewnętrzne elementy zacieleniające $F_{sh,ob.,k}$

TABELA 6

Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie w zależności od współczynnika zacielenia okna przez zewnętrzne elementy zacieleniające

		Zyski ciepła słonecznego w sezonie chłodniczym dla poszczególnych azymutów (długość sezonu przyjęto 60 dni) [kWh/rok]				Zyski ciepła słonecznego Q_s	Wewnętrzne zyski ciepła Q_i	Współczynnik strat ciepła przez przenikanie z uwzględnieniem mostków cieplnych H_T	Współczynnik strat ciepła przez wentylację H_V	Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie [kWh/rok]
		Q_{SE}	Q_{NW}	Q_{SE}	Q_{SW}					
Współczynnik zacielenia okna przez zewnętrzne elementy zacieleniające $F_{sh,ob.,k}$	0,7	4313,59	1425,47	7226,28	22122,33	35087,67	127707,36	2966,31	13568,91	119935,74
	0,8	5016,01	1658,68	8328,48	25504,50	40507,67	127707,36	2966,31	13568,91	125355,74
	0,9	5718,44	1891,90	9430,69	28886,66	45927,69	127707,36	2966,31	13568,91	130775,76
	1,0	6420,86	2125,11	10532,90	32268,82	51347,69	127707,36	2966,31	13568,91	136195,76



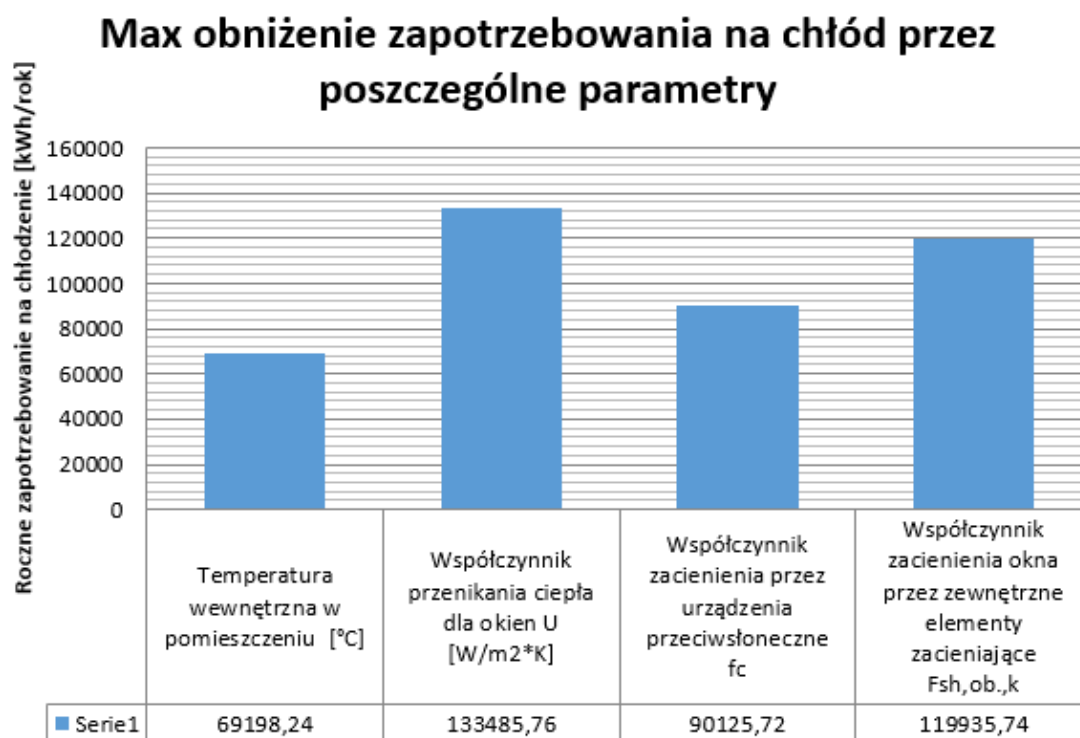
Rys. 4. Wykres przedstawiający zależność zapotrzebowania na chłód od współczynnika zacielenia okna przez zewnętrzne elementy zacieleniające

4.5. Tabela zbiorcza – wybór parametru powodującego największe obniżenie zapotrzebowania na chłodzenie

TABELA 7

Zestawienie wszystkich analizowanych parametrów

L.p	Wybrane parametry	x	Roczne zapotrzebowanie na chłodzenie [kWh/rok] [f min(x)]
1	Temperatura wewnętrzna w pomieszczeniu [°C]	21-24	69198,24
2	Współczynnik przenikania ciepła dla okien U [W/m ² *K]	0,7-1,3	133485,76
3	Współczynnik zacielenia przez urządzenia przeciwsłoneczne f _c	0,15-0,95	90125,72
4	Współczynnik zacielenia okna przez zewnętrzne elementy zacieleniające F _{sh,ob.,k}	0,7-1	119935,74



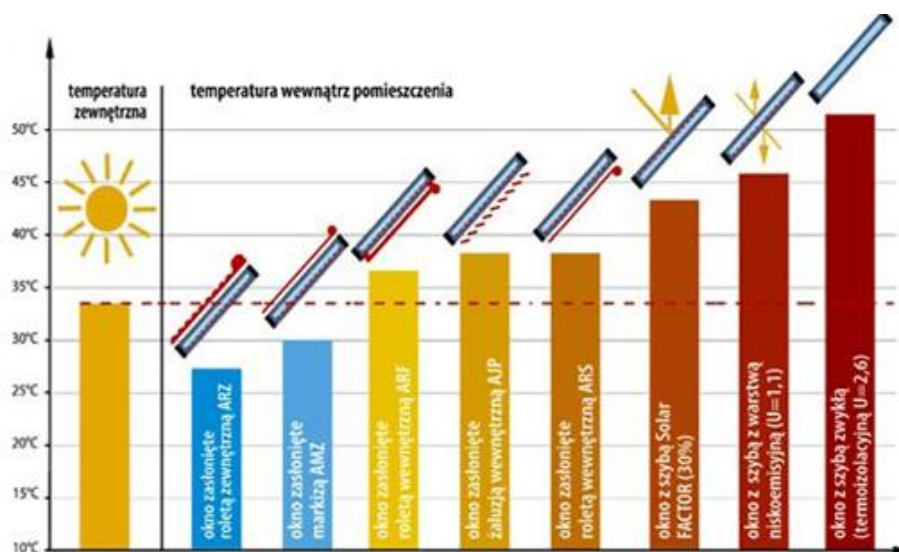
Rys. 5. Wykres przedstawiający zestawienie wszystkich parametrów mających wpływ na obniżenie zapotrzebowania na chłód

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Po przeanalizowaniu parametrów, które odgrywają najistotniejszą rolę w zmniejszaniu zapotrzebowania na chłodzenie w okresie letnim najlepszy wynik uzyskano dla wskaźnika, jakim jest temperatura wewnętrzna w pomieszczeniu, tj. 24 °C. Przy podwyższeniu temperatury wewnętrznej latem z 21 do 24 °C, zapotrzebowanie na chłód zmniejszyło się do 69 198,24 kWh/rok.

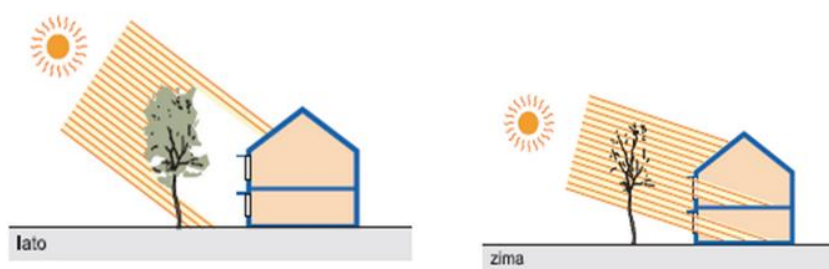
Dobry wynik uzyskał również współczynnik zacielenia przez urządzenia przeciwsłoneczne f_c. Stosując różnego rodzaju przesłony, zwłaszcza zewnętrzne: rolety

i markizy, chronimy pomieszczenia przed upałem. Przesłony zewnętrzne zatrzymują promienie słoneczne już przed szybą i w ten sposób znacząco ograniczają przepływ ciepła, niedopuszczając jednocześnie do nagrzewania się wnętrza [7].



Rys. 6. Maksymalna temperatura w pomieszczeniu na poddaszu w upalny dzień w zależności od rodzaju zastosowanych akcesoriów ochronnych [2]

Trzecim w kolejności jest współczynnik zacielenia okna przez zewnętrzne elementy zacieleniające $F_{sh,ob.,k}$, są to przede wszystkim drzewa liściaste. Zasadzenie od strony południowej drzew liściastych jest korzystne latem, dając zacielenie i ograniczając zyski ciepła od słońca oraz przegrzewanie pomieszczeń. Zimą, po zgubieniu liści, promienie słoneczne będą bez trudu docierać do budynku. Skuteczne zastosowanie ma również wykorzystanie pnączy na południowej fasadzie budynku. Dają one zacielenie latem, schładzając jednocześnie otaczające powietrze (odbieranie ciepła w wyniku transpiracji). [3]



Rys. 7. Schemat wykorzystania zieleni liściastej do zacielenia budynku w okresie letnim [1]

Polepszanie jakości okien także zmniejsza zapotrzebowanie na chłodzenie, ale w sposób mniej znaczny.

Literatura

1. budynkipasywne.pl
2. fakro.pl

3. Idczak Marcin „*Ogólna koncepcja budynku pasywnego*”, Instytut Budynków Pasywnych przy Narodowej Agencji Poszanowania Energii S.A. ul. Filtrowa 1, 00-611 Warszawa www.ibp.com.pl
4. Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Piotra Klemma, „*Budownictwo Ogólne, Fizyka Budowli, Tom 2*”, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2009, rozdział 13
5. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690)
6. SNB - Stowarzyszenie Nowoczesne Budynki, *Aktualne Warunki Techniczne*
7. termodom.pl/news/przetrwac_upaly_w_domu