

Średnie miesięczne temperatury powietrza dla sezonu ogrzewczego wentylacji

Zasady określania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego podaje norma PNB-02025 [1]. Jednakże w normie tej podane są tylko średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego, odniesione do doby.

1. WSTĘP

Zasady określania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego podaje norma PNB-02025 [1]. Jednakże w normie tej podane są tylko średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego, odniesione do doby.

W przypadku wentylacji, średnie dobowe (miesięczne) temperatury powietrza można zastosować tylko do tych przypadków, w których wentylacja czynna jest w sposób ciągły w czasie doby i o stałej wartości strumienia objętościowego powietrza.

W większości obiektów zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej, wentylacja lub klimatyzacja stosowana jest w okresie krótszym od doby. Ustalenie dla tych okresów zapotrzebowania na ciepło do ogrzania powietrza wentylacyjnego jest obecnie niemożliwe, ponieważ w okresach tych średnie temperatury powietrza zewnętrznego są inne od wartości dobowych podanych w normie [1].

Rozpatrzmy, jakie są możliwości ustalenia średnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego dla czasookresu, w którym działają urządzenia wentylacyjne w budynku.

2. CZAS PRACY URZĄDZEŃ WENTYLACYJNYCH I KLIMATYZACYJNYCH

W obiektach zamieszkania zbiorowego i większości budynków użyteczności publicznej, urządzenia wentylacyjne obsługiwać będą pracę personelu zatrudnionego na jedną lub dwie zmiany.

Zgodnie z wymaganiami rozporządzenia [2], urządzenia wentylacyjne powinny zachować warunek normalnej pracy przez co najmniej jedną godzinę przed i po ich użytkowaniu. W zależności od pracy personelu, czas pracy urządzeń wentylacyjnych wyniesie zatem:

- dla jednozmiannowej pracy personelu $z_1 = 8 + 2 = 10$ godz.
- dla dwuzmiannowej pracy personelu $z_1 = 16 + 2 = 18$ godz.
- praca w zakładzie gastronomicznym $z = 16$ h [3] $z_1 = 16 + 2 = 18$ godz.

3. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PODGRZANIA POWIETRZA WENTYLACYJNEGO

W rozpatrywanych obiektach zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania powietrza wentylacyjnego należy przewidywać dla wentylacji:

- działającej w sposób ciągły przez całą dobę (np. wentylacja grawitacyjna),
- działającej w czasie użytkowania pomieszczeń (przez czas z_1) o obliczeniowym strumieniu powietrza wentylacyjnego,
- działającej poza czasem użytkowania pomieszczeń o zredukowanym strumieniu powietrza wentylacyjnego dla ($z_2 = 24 - z_1$).

Podany w normie [1] wzór:

$$Q_v(m) = 24 c_p \rho_p \sum V_{ij} [T_{ij} - T_e(m)] L_d(m) \quad (1)$$

w postaci

$$Q_a(m) = \sum Q_v(m) \quad (2)$$

Dla wyżej podanych okresów czasowych wzór ten będzie miał postać trójczłonową (przed nawiasem podano wartości stale):

$$Q_a(m) = c_p \rho_p L_d m [24V_1(T_i - T_e(m)) + z_1 V_2(T_i - C_1 T_e(m)) + z_2 V_3(T_i - C_2 T_e(m))] \quad (3)$$

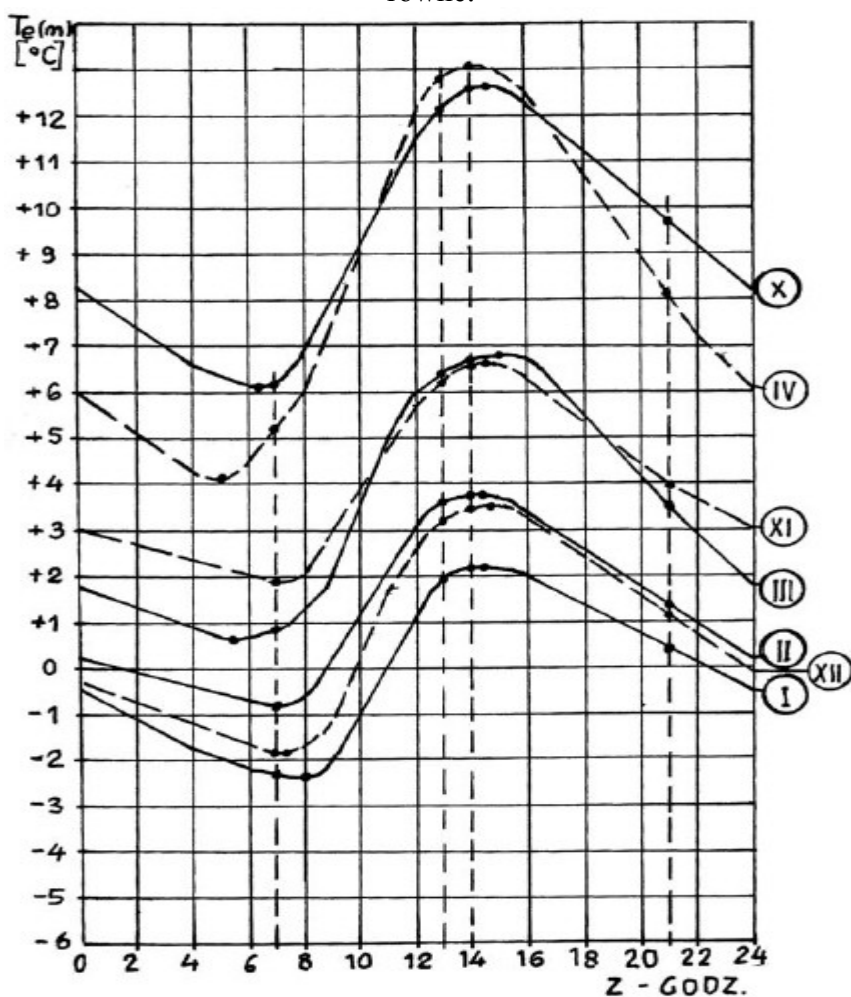
Podane we wzorze (3) strumienie objętości powietrza wentylacyjnego V_1 , V_2 i V_3 określać należy zgodnie z wymaganiami normy PN-83/B-03430/Az3; 2000 [4] oraz zaleceniami „Warunków technicznych...” [2]. Średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego, podane są w normie PN-B-02025:2001 [1]. Ustalono je zgodnie z obowiązującą w Polsce zasadą pomiaru temperatury powietrza zewnętrznego:

$$T_e(m) = 0,25(T_7 + T_{13} + 2T_{21}) \quad (4)$$

Ze względu na podawanie w literaturze niemieckiej innej postaci wzoru:

$$T_e(m) = 0,25(T_7 + T_{14} + 2T_{21}) \quad (5)$$

zwracam uwagę, że uzyskiwane z powyższych wzorów temperatury średnie dobowe, nie są sobie równe.



Rys.1. Rozkład średnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego w miesiącach zimowych (X – IV) w Berlinie, wg Recknagl'a-Sprenger'a [5]. Punktami oznaczono temperatury mierzone w godzinach T_7 ,

$$T_{13}, T_{14}, T_{21}$$

oraz temperatury minimalne i maksymalne

4. ŚREDNIE MIESIĘCZNE TEMPERATURY POWIETRZA ZEWNĘTRZNEGO

Średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego, odniesione do doby zostały określone na podstawie pomiarów punktowych temperatur odczytywanych w godzinach 7^{00} , 13^{00} i 21^{00} . Do wyznaczenia średnich temperatur dla części doby, niezbędna jest znajomość rozkładów dobowych temperatur. Rozkład dobowy średnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego jest zmienny i zbliżony do nieregularnego rozkładu sinusoidalnego, co jest widoczne na rysunku 1. Jeżeli urządzenie wentylacyjne lub klimatyzacyjne jest czynne w określonym zakresie godzin, dla zakresu tego można wyznaczyć temperaturę średnią (dobową, średnią miesięczną) i będzie to wartość różna od wartości podanej w normie [1]. Wyznaczenie wycinkowych średnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego dla warunków krajowych jest możliwe tylko przez zlecenie opracowania Instytutowi Meteorologii i Gospodarki Wodnej, gdyż instytut ten pomiarów godzinowych w publikacjach nie udostępnia. W obecnych warunkach, dobowe rozkłady temperatur powietrza zewnętrznego są podane tylko w literaturze niemieckiej i mają charakter orientacyjny. Posłużę się więc tymi materiałami, aby wykazać, że wycinkowe i dobowe temperatury średnie powietrza, różnią się między sobą.

Aby zorientować się w wielkości tego zróżnicowania, wykorzystałem do analizy wykresy przebiegu temperatur powietrza zewnętrznego w podstawowych miesiącach sezonu grzewczego (X - IV) podane dla Berlina przez Recknagelá-Sprengerá [5] oraz dla Poczdamu k/Berlina, podane przez Rietschela [6]. Na rysunkach 1 i 2 oznaczyłem temperatury dla godzin, w których dokonuje się pomiaru temperatur (patrz wzory (4) i (5)) oraz wartości temperatur skrajnych, maksymalnych i minimalnych. W pierwszej kolejności, w tabeli 1 obliczono średnie dobowe temperatury powietrza zewnętrznego określone wzorami (4) i (5). Z uzyskanych wartości wynika, że średnie miesięczne temperatury powietrza określone różnymi wzorami, nie wykazują dużego zróżnicowania. Znając rzeczywisty rozkład średnich miesięcznych temperatur powietrza dla doby, z rozkładu tego wyznaczyć można średnie temperatury dla wybranego odcinka czasowego tej doby. Do dalszej analizy wybrano więc następujące odcinki czasowe w czasie doby:

a) dla pracy jednozmianowej personelu w budynku (7^{00} - 15^{00}):

- czas pracy urządzeń wentylacyjnych o obliczeniowym strumieniu powietrza $z_1 = 10$ godz. [$z = (6 - 16)$ h],

- czas pracy wentylacji „dyżurnej” poza godzinami pracy personelu $z_2 = 24 - z_1$ [$z = (16 - 6)$ h];

b) dla pracy dwuzmianowej personelu w budynku (6^{00} - 22^{00}):

- czas pracy urządzeń wentylacyjnych o obliczeniowym strumieniu powietrza $z_1 = 18$ godz. [$z = (5 - 23)$ h],

- czas pracy wentylacji „dyżurnej” poza godzinami pracy personelu $z_2 = 24 - z_1$ [$z = (23 - 5)$ h].

Obliczone z rysunków 1 i 2 dla powyższych odcinków czasowych średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego zestawiono w tabeli 2. Uzyskane z rysunków wartości T_e (m) porównano z wartościami średnimi określonymi wzorem (4). Jest to porównanie orientacyjne, gdyż nieznan jest czasokres, dla którego określone były porównywane średnie. Z porównania tego wynika, że wartości T_e (m) uzyskane z wykresu są do 5% niższe od wartości określanych wzorem (4).

Uzyskane w tabeli 2 wyniki opracowane na podstawie rozkładu temperatur podanych na rys. 1 i 2 różnią się między sobą. Wynika to między innymi stąd, że w Rietschelú [6] podane zostały przebiegi temperatur jednodobowych, dnia najzimniejszego i najcieplejszego dla mroźnej zimy oraz rozkład średniomiesięczny dla tejże zimy. Z powyższego względu, do dalszej analizy przyjęto tylko wartości obliczone z rysunku 1.

Z obliczeń podanych w tabeli 2 (dla rys.1) wyciągnąć można następujące ważniejsze wnioski:

- średnie dobowe temperatury powietrza, określone na podstawie rozkładów średnich miesięcznych, podanych na rys.1, są o ok. 5% mniejsze od wartości średnich dobowych określonych wzorem (4), którym to wzorem wyznaczone zostały temperatury T_e (m) podane w normie [1];
- dla czasokresów krótszych od doby, średnie temperatury T_e (m) różnią się od wartości średnich T_e

(m) określonych (dla $z = 24h$) zarówno z rysunku 1, jak i ze wzoru (4);
 - do czasu wyznaczenia przez IMiGW danych, umożliwiających określenie średnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego dla czasookresu mniejszego od doby, średnie te proponuję określać za pomocą współczynników C , które stanowią stosunek średnich odcinkowych temperatur do średnich temperatur dobowych rozpatrywanego miesiąca. Współczynniki (mnożniki) te oznaczono ze wzorów:

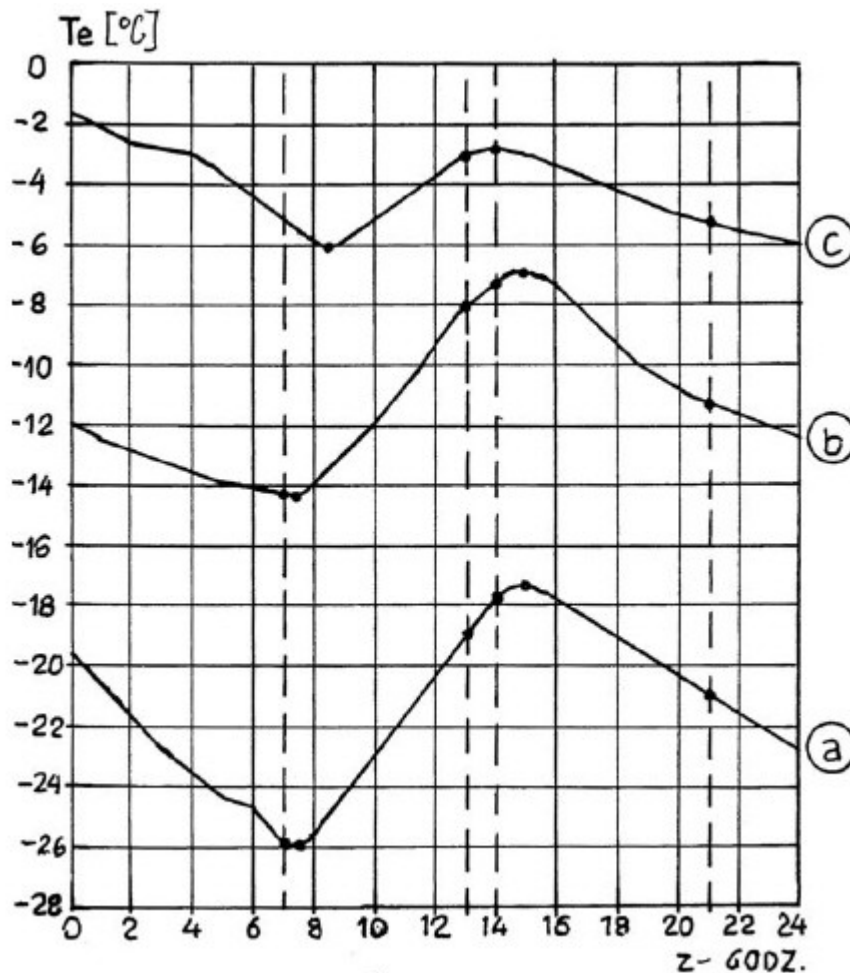
$$C_1 = Te(m)_{0z_1} : Te(m)$$

oraz

$$C_2 = Te(m)_{0z_2} : Te(m) \quad (6)$$

Średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego dla rozpatrywanych odcinków czasowych z_1 i z_2 zostały we wzorze (3) zapisane w postaci: $C_1 Te(m)$ oraz $C_2 Te(m)$.

Proponowane wartości współczynników C_1 i C_2 , określone w tabeli 2, zestawiono w tabeli 3.



Rys.2. Rozkład średnich temperatur powietrza zewnętrznego w okresie mroźnej zimy w Poczdamie, wg Rietschel'a-Raiss'a [6]:
 (a) dla bardzo mroźnego dnia zimowego,
 b) średnie miesięczne dla rozpatrywanej zimy,
 c) dla łagodnego dnia zimowego

1. WNIOSKI

- Podane w normie [1] wartości średnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego $T_e(m)$ mogą być stosowane do określania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania powietrza wentylacyjnego tylko wówczas, gdy urządzenia wentylacyjne pracują całą dobę o obliczeniowym strumieniu powietrza.
- Jeżeli urządzenia wentylacyjne o obliczeniowym strumieniu powietrza wentylacyjnego działają w krótszym od doby odcinku czasu, średnie temperatury miesięczne tych odcinków czasu, można wstępnie określać wzorami (6), przyjmując do nich wartości współczynników C_1 i C_2 podane w tabeli 3.

LITERATURA:

- [1] PN-B-02025; 2001. Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 75 poz. 690.
- [3] Normatyw techniczny projektowania zakładów gastronomicznych. Zarządzenie Nr 140 – 148 Ministra Budownictwa i PMB z dnia 27.03.1965. Dz. Bud. Nr 13.
- [4] PN/83/B-03430/Az3; 2000. Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.
- [5] Recknagel-Sprenger: *Ogrzewanie i klimatyzacja. Poradnik*. Arkady, Warszawa 1976.
- [6] Rietschel-Raiss: *Poradnik ogrzewania i wietrzenia*. Wyd. 14, Arkady, Warszawa 1963.

Tabela 1 Średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego w miesiącach sezonu grzewczego określone wzorami (4) i (5)

M-ce	$T_e(m) = 0,25(T_7 + T_{12} + 2T_{21})$				$T_e(m) = 0,25(T_7 + T_{14} + 2T_{21})$			
	T_7	T_{12}	T_{21}	$T_e(m)$	T_7	T_{14}	T_{21}	$T_e(m)$
1. Odczyty z rys. 1:								
X	+6,5	+12,2	+9,7	+9,53	+6,5	+12,6	+9,7	+9,63
XI	+1,9	+6,3	+3,9	+4,0	+1,9	+6,6	+3,9	+4,08
XII	-1,8	+3,3	+9,925	+1,19	-1,8	+3,4	+1,1	+0,95
I	-2,2	+2	+0,4	+0,1	-2,3	+2,2	+0,4	+0,15
II	-0,8	+3,6	+1,3	+1,35	-0,8	+3,7	+1,3	+1,38
III	+0,8	+6,4	+3,5	+3,43	+0,8	+6,7	+3,5	+3,63
IV	+5,2	+12,8	+8,1	+8,55	+5,2	+13	+8,1	+8,6
Średn.	+1,34	+6,66	+4	+3,98	+1,34	+6,89	+4	+4,06
%				100				102
2. Odczyty z rys. 2:								
a)	-26	-19	-21	-21,75	-26	-17,8	-21	-21,45
b)	-14,3	-8,2	-11,3	-11,28	-14,3	-7,3	-11,3	-11,05
c)	-5,2	-3	-5,3	-4,7	-5,2	-2,8	-5,3	-4,65
Średn.				-12,58				-12,38
%				100				98

Uwagi: Rozkład domowy temperatur powietrza zewnętrznego na rysunku 2:

- dla bardzo mroźnego dnia zimowego,
- średnia miesięczna mroźnej zimy,
- dla łagodnego dnia mroźnej zimy.

Oznaczenia:

- C_p - ciepło właściwe w [kJ/kg K],
- C_1 - współczynnik oznaczający stosunek średniej miesięcznej temperatury powietrza zewnętrznego dla zakresu czasowego z_1 odniesiony do średniej miesięcznej temperatury powietrza zewnętrznego dla doby, podanej w normie PN-B-02025,
- C_2 - współczynnik oznaczający stosunek średniej miesięcznej temperatury powietrza zewnętrznego dla zakresu

czasowego z_2 odniesiony do średniej miesięcznej temperatury powietrza zewnętrznego dla doby, podanej w normie PN-B-02025,

L_d (m) - liczba dni ogrzewania w miesiącu m-tym,

T_i - obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego w $^{\circ}\text{C}$,

T_{ij} - obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego w j-tej strefie budynku w $^{\circ}\text{C}$,

T_e (m) - średnia temperatura powietrza zewnętrznego w miesiącu m-tym w $^{\circ}\text{C}$,

T_e (s) - średnia temperatura powietrza zewnętrznego w sezonie ogrzewczym w $^{\circ}\text{C}$,

$\Delta T = T_i - T_e$ (m) - różnica temperatur powietrza wewnętrznego i zewnętrznego w $[\text{K}]$,

V - kubatura ogrzewanej części budynku w $[\text{m}^3]$,

V_1 - strumień powietrza wentylacyjnego dla części budynku o stałej, całodobowej wentylacji pomieszczeń w $[\text{m}^3/\text{h}]$,

V_2 - strumień powietrza wentylacyjnego dla wentylacji mechanicznej lub klimatyzacji, działającej w czasie z_1 w $[\text{m}^3/\text{h}]$,

V_3 - strumień powietrza wentylacyjnego dla wentylacji „dyżurnej”, działającej w czasie z_2 w $[\text{m}^3/\text{h}]$,

z - czas jednej doby (24 h), dla której określone są średnie temperatury powietrza zewnętrznego T_e (m), podane w normie PN-B-02025,

z_1 - liczba godzin w czasie doby, w których działa wentylacja mechaniczna lub klimatyzacja o obliczeniowym strumieniu powietrza wentylacyjnego,

$z_2 = 24 - z_1$ - liczba godzin w czasie doby, w których działa wentylacja o zmniejszonym strumieniu powietrza wentylacyjnego,

ρ_p - gęstość powietrza w $[\text{kg}/\text{m}^3]$,

Q_v (m) - straty ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego w j-tej strefie budynku w $[\text{kW}]$,

Q_a (m) = $\sum Q_v$ (m)

- straty ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego w budynku w miesiącu m-tym w $[\text{kW}]$.

Tabela 2 Średnie miesięczne temperatury T_e (m) oraz współczynniki C określone z rysunków 1 i 2

M-c	T_e (m) z wzoru [4]	Wartości T_e (m) dla czasookresów z :									
		$z = (0-24) \text{ h}$		$z = (6-16) \text{ h}$		$z = (16-6) \text{ h}$		$z = (5-23) \text{ h}$		$z = (23-5) \text{ h}$	
		$T_e(m)$	% ¹⁾	$T_e(m)$	C_1	$T_e(m)$	C_2	$T_e(m)$	C_1	$T_e(m)$	C_2
1. Obliczone z rys. 1											
X	+9,53	+9,28	97,4	+9,8	1,03	+8,9	0,93	9,8	1,03	7,7	0,81
XI	+4	+3,96	99	+4,5	1,13	+3,6	0,9	+4,4	1,1	2,7	0,68
XII	+0,925	+0,68	73,5	+1,1	1,19	+0,5	0,54	+1,1	1,19	-0,8	-
I	+0,1	-0,13	-	-0,05	-	-0,2	-	+0,22	2,2	-1,2	-
II	+1,35	+1,23	90,4	+1,7	1,26	+0,9	0,67	+1,6	1,19	+0,1	0,07
III	+3,43	+3,42	99,7	+4,1	1,2	+2,9	0,85	+4	1,17	+1,7	0,5
IV	+8,55	+8	93,6	+9	1,05	+7,3	0,85	+8,9	1,04	+4,8	0,56
Średn.	+3,98	+3,77	94,7	+4,31	1,14	+3,4	0,79	+4,29	1,27	+2,13	0,52
Średn. 2)	-	-	95,1	-	1,14	-	0,82	-	1,14	-	0,58
Przyjęto:	-	-	-	0,15	-	0,8	-	1,15	-	0,6	-
2. Obliczone z rys. 2											
a)	-21,75	-21,5	98,9	-21,7	1	-21,3	0,98	-21,3	0,98	-21,8	1
b)	-11,28	-11,1	98,4	-10,9	0,95	-11,4	1,01	-10,5	0,93	-12,9	1,14
c)	-4,7	-4	85,1	-4	0,85	-3,9	0,83	-4,3	0,92	-3	0,64

Uwagi: 1) Udziały procentowe odniesiono do $T_e(m)$ określonych wzorem [4].

2) Wartości średnie nie uwzględniają wyników skrajnych (min. max.).

3) Punkty a, b i c opisano w tabeli 1.

Tabela 3 Współczynniki zależności średnich miesięcznych temperatur powietrza wewnętrznego w miesiącach zimowych (X – IV) dla wybranych odcinków czasowych – od temperatur średnich miesięcznych podanych w normie [1]

Odcinki czasowe:	Współczynniki C	
	C_1	C_2
$z_1 = 6 - 16$ h	1,15	-
$z_2 = 16 - 6$ h	-	0,8
$z_1 = 5 - 23$ h	1,15	-
$z_2 = 23 - 5$ h	-	0,6

Autor: dr inż. Edmund Nowakowski

Źródło: [Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna](#)

oraz www.wentylacja.com.pl