

**Zakład Fizyki Budowli
i Komputerowych Metod Projektowania
Wydział Budownictwa
Lądowego i Wodnego
Politechnika Wrocławska**

Wrocław, 2016

Charakterystyka energetyczna domu jednorodzinnego

Wykonał: Piotr Kopka

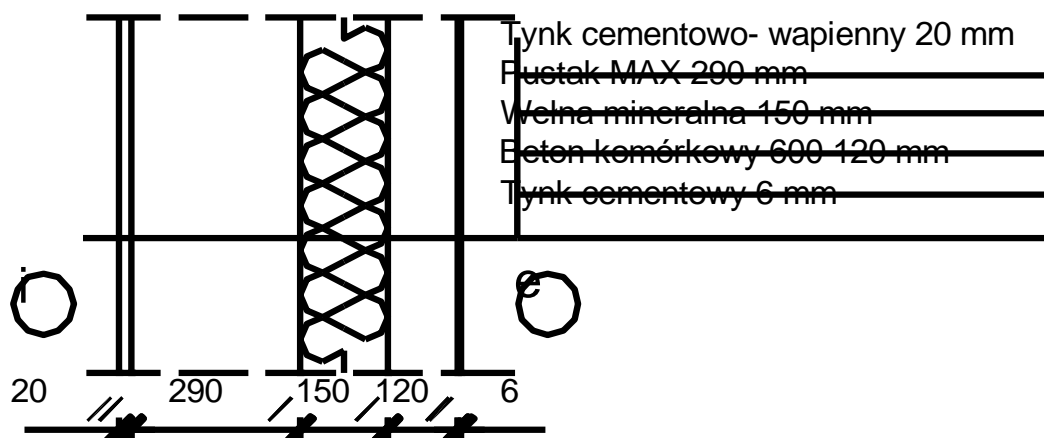
Sprawdzający: dr inż. Łukasz Nowak

1. Obliczenie podstawowych charakterystyk cieplno- wilgotnościowych dla zadanej ściany zewnętrznej

1.1. Obliczenie wartości współczynnika przenikania ciepła U_c oraz porównanie z wymogami wg Warunków Technicznych 2014 r.

Ściana zewnętrzna trójwarstwowa

1.1.1. Schemat ściany zewnętrznej



1.1.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla ściany zewnętrznej

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Ściana zewnętrzna trójwarstwowa				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m²K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,130
1	Tynk cementowo- wapienny	0,020	0,820	0,024
2	Pustak MAX	0,290	0,225	1,289
3	Wełna mineralna	0,150	0,039	3,846
4	Beton komórkowy 600	0,120	0,210	0,571
5	Tynk cementowy	0,006	1,000	0,006
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej R_{se}	-	-	0,040
Środowisko zewnętrzne				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_{se} [m^2K/W]$				5,906

1.1.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,906} = 0,169 \frac{W}{m^2 K}$$

1.1.4. Obliczenie poprawionego współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = U + \Delta U$$

1.1.5. Obliczenie członu korekcyjnego ΔU

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

$\Delta U_g = 0$ – poprawka ze względu na pustki powietrzne – założono brak pustek powietrznych ze względu na to, że warstwa izolacyjna jest wykonana w sposób ciągły złączeniem na zakład

$\Delta U_r = 0$ – poprawka ze względu na dach o odwróconym układzie warstw – nie dotyczy

1.1.6. Obliczenie wartości poprawki ΔU_f (ze względu na łączniki mechaniczne)

$$\Delta U = \Delta U_f$$

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

Przyjęto łącznik mechaniczny:

Średnica całkowita łącznika 10 mm

Średnica rdzenia ze stali ocynkowanej 8 mm

Długość 200 mm, w tym 50 mm zakotwienia

$$\alpha = 0,8$$

$$\lambda_f = 50 \frac{W}{mK}$$

$$A_f = 5,03 * 10^{-5} m^2$$

$$n_f = 4 \text{ szt}/m^2$$

$$d_0 = 0,15m$$

$$R_1 = 3,846 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_{T,h} = 5,906 \frac{m^2 K}{W}$$

$$\Delta U = \Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2 = 0,8 * \frac{50 * 5,03 * 10^{-5} * 4}{0,15} * \left(\frac{3,846}{5,906} \right)^2 = 0,023 \frac{W}{m^2 K}$$

1.1.7. Podstawienie wartości U i ΔU do wzoru na U_c

$$U = 0,169 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\Delta U = 0,023 \frac{W}{m^2 K}$$

$$U_c = U + \Delta U = 0,169 + 0,023 = 0,192 \frac{W}{m^2 K}$$

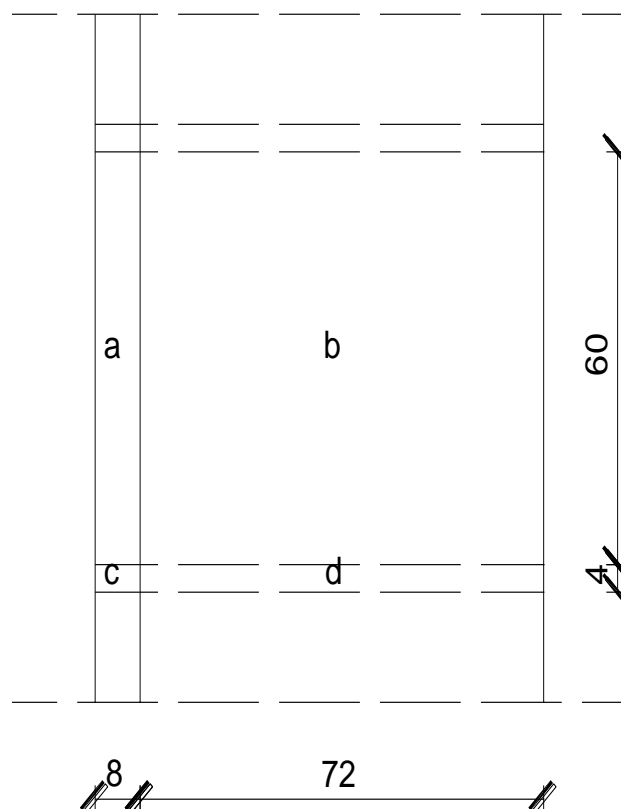
$$U_c = 0,19 \frac{W}{m^2 K} < U_{c,max} = 0,25 \frac{W}{m^2 K}$$

3. Charakterystyka energetyczna budynku – wymagania wg WT 2014 r.

3.1. U_c przegród

3.1.1. Połacie dachowe

3.1.1.1. Podział połaci dachowej z podbitką na sekcje



3.1.1.2. Obliczenie oporu

Połacie dachowe – przekrój przez krokiew i wełnę w podbitce

Połacie dachowe – sekcja a				
Nr	Warstwa	d_i [m]	λ_i [W/mK]	$R_i = d_i/\lambda_i$ [m ² K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,100
1	Płyta GK 12,5 mm	0,0125	0,23	0,054
2	Folia paroizolacyjna PE 0,2 mm Rockwool	-	-	0,000
3	Wełna mineralna ISOVER SUPER MATA EPS 0,33	0,060	0,033	1,818
4	Krokiew sosnowa 8x18 co 80 cm	0,180	0,160	1,125
5	Membrana dachowa paroprzepuszczalna ISOVER 115	-	-	0,000
6	Kontrłaty	-	-	0,000
7	Łaty	-	-	0,000
8	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej R_{se}	-	-	0,040
Środowisko zewnętrzne				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{se}$ [m ² K/W]				3,137

Połąć dachowa – przekrój przez wełnę między krokwiemi i wełnę w podbitce

Połączenie dachowe – sekcja b				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m²K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,100
1	Płyta GK 12,5 mm	0,0125	0,23	0,054
2	Folia paroizolacyjna PE 0,2 mm Rockwool	-	-	0,000
3	Wełna mineralna ISOVER SUPER MATA EPS 0,33	0,060	0,033	1,818
4	Wełna mineralna ISOVER SUPER MATA EPS 0,33	0,180	0,033	5,455
5	Membrana dachowa paroprzepuszczalna ISOVER 115	-	-	0,000
6	Kontrłaty	-	-	0,000
7	Łaty	-	-	0,000
8	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej R_{se}	-	-	0,040
Środowisko zewnętrzne				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$				7,467

Połąć dachowa – przekrój przez krokiew i kantówkę w podbitce

Połączenie dachowe – przekrój krokiew i kantówek w podbitce				
Połączenie dachowe – sekcja c				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m²K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,100
1	Płyta GK 12,5 mm	0,0125	0,23	0,054
2	Folia paroizolacyjna PE 0,2 mm Rockwool	-	-	0,000
3	Kantówki drewniane w podbitce 4x6 co 60 cm	0,060	0,160	0,375
4	Krokiew sosnowa 8x18 co 80 cm	0,180	0,160	1,125
5	Membrana dachowa paroprzepuszczalna ISOVER 115	-	-	0,000
6	Kontrłaty	-	-	0,000
7	Łaty	-	-	0,000
8	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej R_{se}	-	-	0,040
Środowisko zewnętrzne				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$				1,694

Połącze dachowe – przekrój przez wełnę między krokiewkami i kantówkę w podbitce

Połącze dachowe – sekcja d				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m²K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,100
1	Płyta GK 12,5 mm	0,0125	0,23	0,054
2	Folia paroizolacyjna PE 0,2 mm Rockwool	-	-	0,000
3	Kantówki drewniane w podbitce 4x6 co 60 cm	0,060	0,160	0,375
4	Wełna mineralna ISOVER SUPER MATA EPS 0,33	0,180	0,033	5,455
5	Membrana dachowa paroprzepuszczalna ISOVER 115	-	-	0,000
6	Kontrłaty	-	-	0,000
7	Łaty	-	-	0,000
8	Dachówka ceramiczna	-	-	0,000
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej R_{se}	-	-	0,040
Środowisko zewnętrzne				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$				6,024

3.1.1.3. Obliczenie kresu górnego całkowitego oporu cieplnego R_T' dla połączenia dachowego z podbitką (zgodnie z podziałem na sekcje a, b, c, d)

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \frac{f_c}{R_{Tc}} + \frac{f_d}{R_{Td}}$$

$$R_{Ta} = 0,100 + \frac{0,0125}{0,23} + \frac{0,060}{0,033} + \frac{0,180}{0,160} + 0,040 = 3,137 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{Tb} = 0,100 + \frac{0,0125}{0,23} + \frac{0,060}{0,033} + \frac{0,180}{0,033} + 0,040 = 7,467 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{Tc} = 0,100 + \frac{0,0125}{0,23} + \frac{0,060}{0,160} + \frac{0,180}{0,160} + 0,040 = 1,694 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{Td} = 0,100 + \frac{0,0125}{0,23} + \frac{0,060}{0,160} + \frac{0,180}{0,033} + 0,040 = 6,024 \frac{m^2K}{W}$$

$$A_{przekroju} = 0,80 * 0,64 = 0,512 m^2$$

$$f_a = \frac{0,08 * 0,60}{0,512} = 0,0938$$

$$f_b = \frac{0,72 * 0,60}{0,512} = 0,8438$$

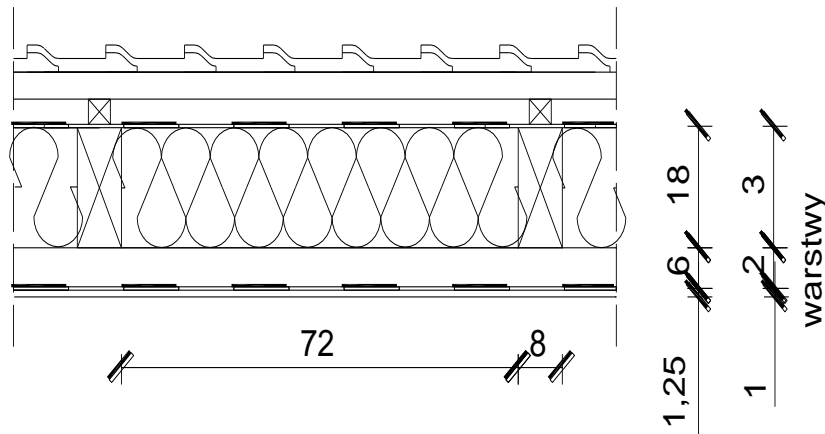
$$f_c = \frac{0,08 * 0,04}{0,512} = 0,0062$$

$$f_d = \frac{0,72 * 0,04}{0,512} = 0,0562$$

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \frac{f_c}{R_{Tc}} + \frac{f_d}{R_{Td}} = \frac{0,0938}{3,137} + \frac{0,8438}{7,467} + \frac{0,0062}{1,694} + \frac{0,0562}{6,024} = 0,156$$

$$R_T' = 6,410 \frac{m^2K}{W}$$

3.1.1.4. Podział połaci dachowej na warstwy



3.1.1.5. Obliczenie kresu dolnego całkowitego oporu cieplnego R_T'' dla połaci dachowej (zgodnie z podziałem na warstwy 1, 2, 3)

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{se}$$

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j''}$$

$$\lambda_j'' = \lambda_{aj}f_a + \lambda_{bj}f_b + \dots + \lambda_{qj}f_q$$

$$\lambda_1'' = 0,230 * (0,0938 + 0,8438 + 0,0062 + 0,0562) = 0,230 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda_2'' = 0,160 * (0,0062 + 0,0562) + 0,033 * (0,0938 + 0,8438) = 0,041 \frac{W}{mK}$$

$$\lambda_3'' = 0,160 * (0,0938 + 0,0062) + 0,033 * (0,8438 + 0,0562) = 0,046 \frac{W}{mK}$$

$$R_T'' = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{se} = 0,100 + \frac{0,0125}{0,230} + \frac{0,060}{0,041} + \frac{0,180}{0,046} + 0,040$$

$$= 5,571 \frac{m^2K}{W}$$

3.1.1.6. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla połaci dachowej

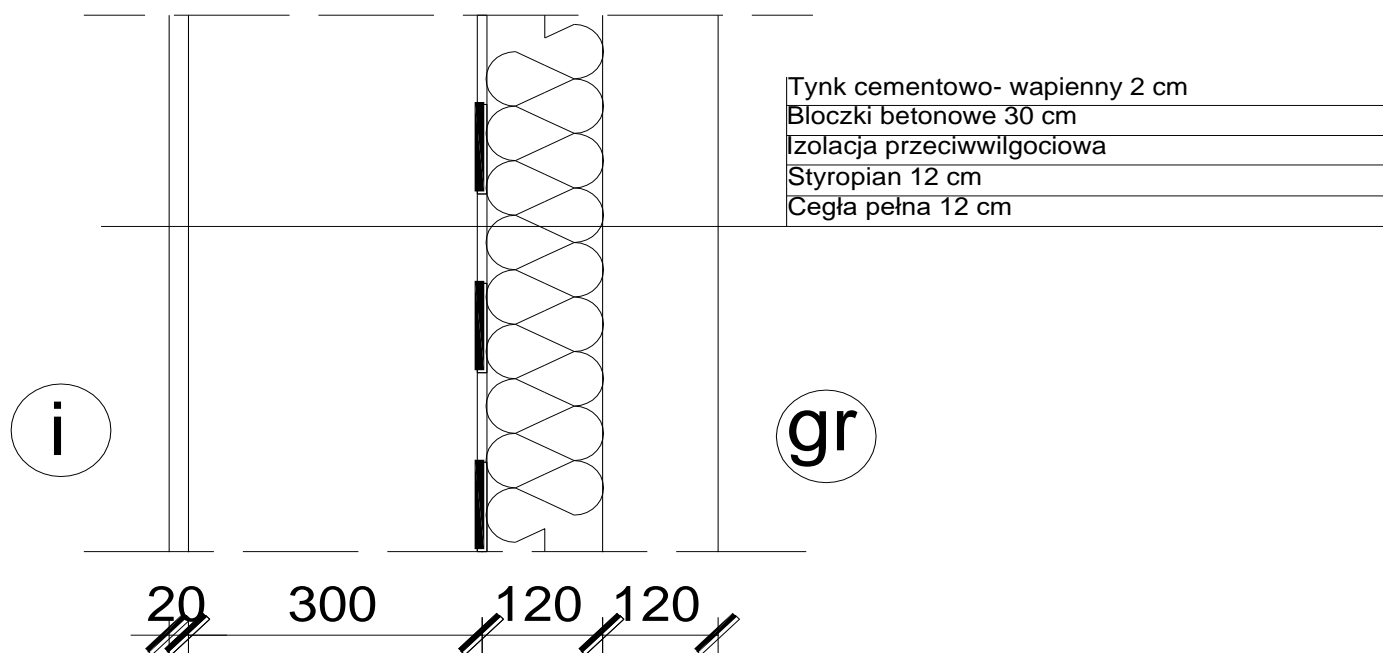
$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2} = \frac{6,410 + 5,571}{2} = 5,991 \frac{m^2K}{W}$$

3.1.1.7. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,991} = 0,17 \frac{W}{m^2K} < U_{c,max} = 0,20 \frac{W}{m^2K}$$

3.1.2. Ściana piwnicy (stykająca się z gruntem)

3.1.2.1. Schemat ściany piwnicy (zagłębienie ściany w gruncie $z = 2,38\text{ m}$)



3.1.2.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T dla ściany piwnicy

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right]$$

Ściana zewnętrzna trójwarstwowa				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m²K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,130
1	Tynk cementowo- wapienny	0,020	0,820	0,024
2	Bloczki betonowe	0,300	1,300	0,231
3	Izolacja przeciwwilgociowa	-	-	0,000
4	Styropian	0,120	0,040	3,000
5	Cegła pełna	0,120	0,770	0,156
Grunt				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 [m^2K/W]$				3,541

3.1.2.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,541} = 0,28 \frac{W}{m^2 K} < U_{c,max} = 0,30 \frac{W}{m^2 K}$$

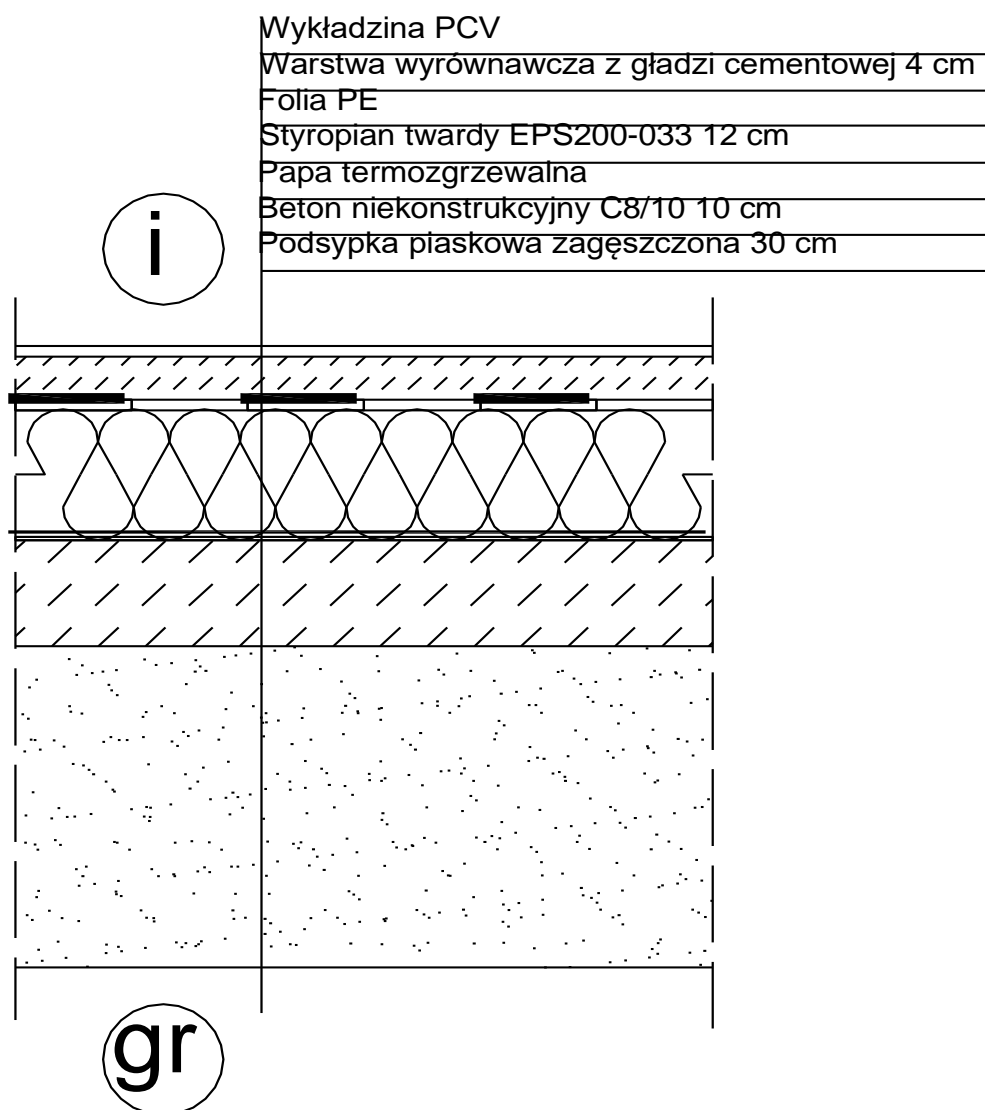
3.1.2.4. Odczytanie wartości $U_{equiv,bw}$ z tablicy 7 w PN EN 12831:2006 i interpolacja liniowa
 $z = 2,38 \text{ m}$

$$U = 0,28 \frac{W}{m^2 K}$$

$$U_{equiv,bw} = 0,18 \frac{W}{m^2 K}$$

3.1.3. Podłoga na gruncie na parterze (poziom posadzki $z = 0,0 \text{ m}$) oraz w piwnicy (poziom posadzki $z = 2,38 \text{ m}$)

3.1.3.1. Schemat podłogi na gruncie (taki sam na parterze i w piwnicy)



3.1.3.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Podłoga na gruncie				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m²K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,170
1	Wykładzina PCV	-	-	0,000
2	Warstwa wyrównawcza z gładzi cementowej	0,040	1,000	0,040
3	Folia PE	-	-	0,000
4	Styropian twardy EPS200-033	0,120	0,033	3,636
5	Papa termozgrzewalna	-	-	0,000
6	Beton niekonstrukcyjny C8/10	0,100	1,000	0,100
7	Podsypka piaskowa zagęszczona	0,300	0,400	0,750
Grunt				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7$ [m²K/W]				4,696

3.1.3.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,696} = 0,21 \frac{W}{m^2 K} < U_{c,max} = 0,30 \frac{W}{m^2 K}$$

3.1.3.4. Obliczenie charakterystycznego parametru B' dla podłogi na parterze i dla piwnicy



$$\text{dla parteru } B'_{\text{parter}} = \frac{A_g}{0,5P} = \frac{6,06 \cdot (10,86 - 5,76)}{0,5 \cdot (2 \cdot (10,86 - 5,76) + 6,06)} = \frac{30,91 \text{ m}^2}{8,13 \text{ m}} = 3,80 \text{ m}$$

$$\text{dla piwnicy } B'_{\text{piwnica}} = \frac{A_g}{0,5P} = \frac{6,06 \cdot 5,76}{0,5 \cdot (2 \cdot 5,76 + 6,06)} = \frac{34,91 \text{ m}^2}{8,79 \text{ m}} = 3,97 \text{ m}$$

3.1.3.5. Odczytanie wartości $U_{\text{equiv},bf}$ z tablicy 4÷6 w PN EN 12831:2006 i interpolacja liniowa

dla parteru

$$z = 0,0 \text{ m}$$

$$B' = 3,80 \text{ m}$$

$$U_c = 0,21 \frac{W}{m^2 K}$$

$$U_{\text{equiv},bf} = 0,17 \frac{W}{m^2 K}$$

dla piwnicy

$$z = 2,38 \text{ m}$$

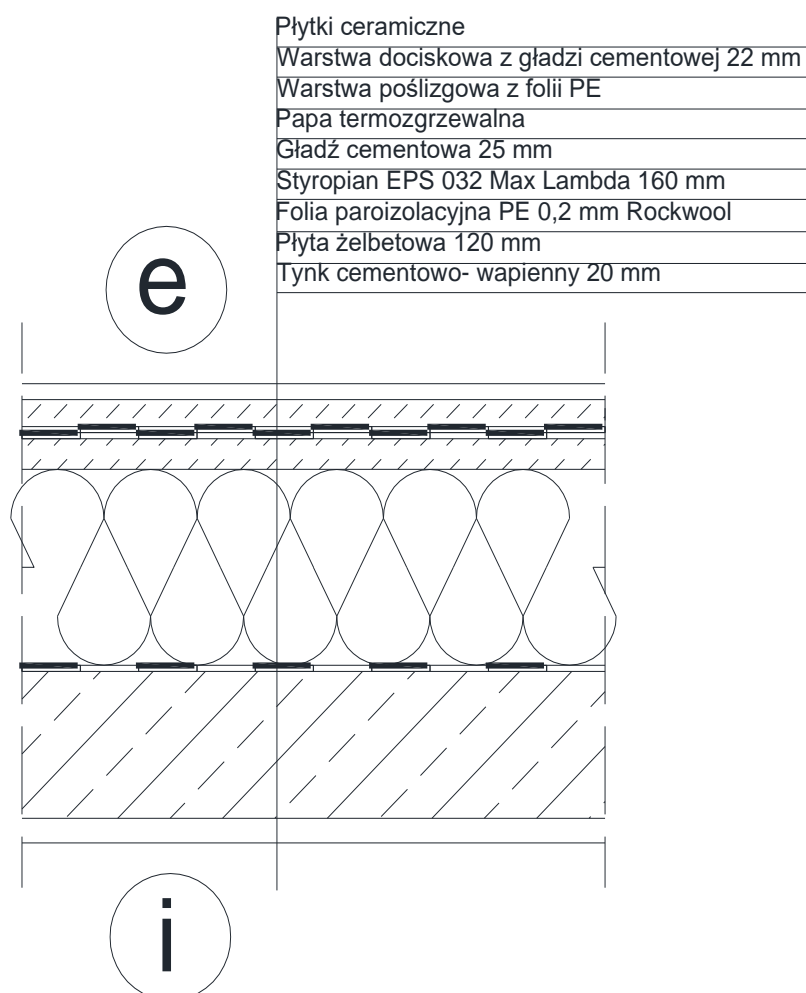
$$B' = 3,97 \text{ m}$$

$$U_c = 0,21 \frac{W}{m^2 K}$$

$$U_{\text{equiv},bf} = 0,15 \frac{W}{m^2 K}$$

3.1.4. Strop tarasu

3.1.4.1. Schemat warstw tarasu



3.1.4.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

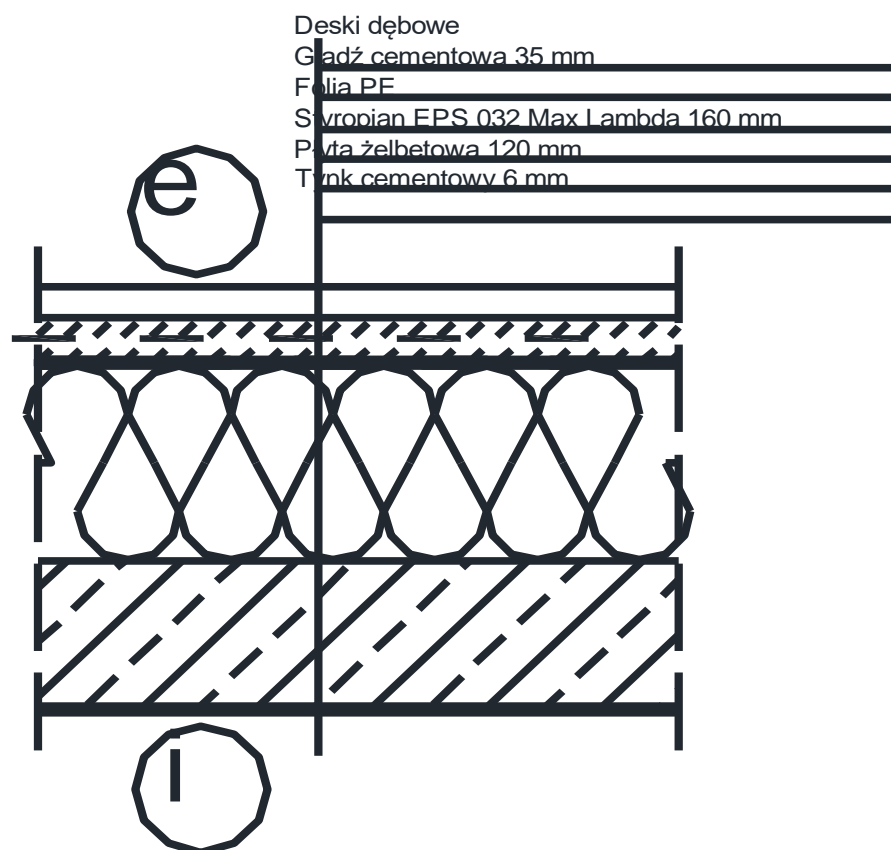
Strop tarasu				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m²K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,100
1	Tynk cementowo- wapienny	0,020	0,820	0,024
2	Płyta żelbetowa	0,120	1,700	0,071
3	Folia paroizolacyjna PE 0,2 mm Rockwool	-	-	0,000
4	Styropian EPS 032 Max Lambda	0,160	0,032	5,000
5	Gładź cementowa	0,025	1,000	0,025
6	Papa termozgrzewalna	-	-	0,000
7	Warstwa poślizgowa z folii PE	-	-	0,000
8	Warstwa dociskowa z gładzi cementowej	0,022	1,000	0,022
9	Płytki ceramiczne	0,013	1,050	0,012
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej R_{se}	-	-	0,040
Środowisko zewnętrzne				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$				5,294

3.1.4.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,294} = 0,19 \frac{W}{m^2 K} < U_{c,max} = 0,20 \frac{W}{m^2 K}$$

3.1.5. Strop przewieszony

3.1.5.1. Schemat warstw stropu przewieszonego



3.1.5.2. Obliczenie całkowitego oporu cieplnego R_T

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

Strop przewieszony				
Nr	Warstwa	d_i	λ_i	$R_i = d_i/\lambda_i$
		[m]	[W/mK]	[m²K/w]
Środowisko wewnętrzne, ogrzewane				
-	Opór przejmowania od strony wewnętrznej R_{si}	-	-	0,170
1	Deski dębowe	0,025	0,260	0,096
2	Gładź cementowa	0,035	1,000	0,035
3	Folia PE	-	-	0,000
4	Styropian EPS 032 Max Lambda	0,160	0,032	5,000
5	Płyta żelbetowa	0,120	1,700	0,071
6	Tynk cementowy	0,006	1,000	0,006
-	Opór przejmowania od strony zewnętrznej R_{se}	-	-	0,040
Środowisko zewnętrzne				
$\Sigma R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} \text{ [m}^2\text{K/W]}$				5,418

3.1.5.3. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U_c

$$U_c = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,418} = 0,18 \frac{W}{m^2 K} < U_{c,max} = 0,20 \frac{W}{m^2 K}$$

1.2. Rozkład temperatury

1.2.1. Rozkład temperatury- układ warstw zadany w temacie

1.2.1.1. Obliczenie temperatury na styku warstw w przegrodzie

temperatura w płaszczyźnie x przegrody

$$v_x = \theta_i - \frac{R_x(\theta_i - \theta_e)}{R_T} [^{\circ}C]$$

różnica temperatur między poprzednią płaszczyzną, a płaszczyzną x przegrody

$$\Delta v_x = \frac{R_x(\theta_i - \theta_e)}{R_T} [^{\circ}C]$$

θ_i - temperatura powietrza po wewnętrznej stronie przegrody [$^{\circ}C$]

θ_e - temperatura powietrza po zewnętrznej stronie przegrody [$^{\circ}C$]

R_x - opór cieplny policzony do płaszczyzny x poczynając od wewnętrznej strony przegrody [m^2K/W]

R_T - całkowity opór cieplny przegrody [m^2K/W]

1.2.1.2. Przyjęcie temperatury projektowej zewnętrznej- θ_e

Lubin → II strefa klimatyczna → $\theta_e = -18^{\circ}C$

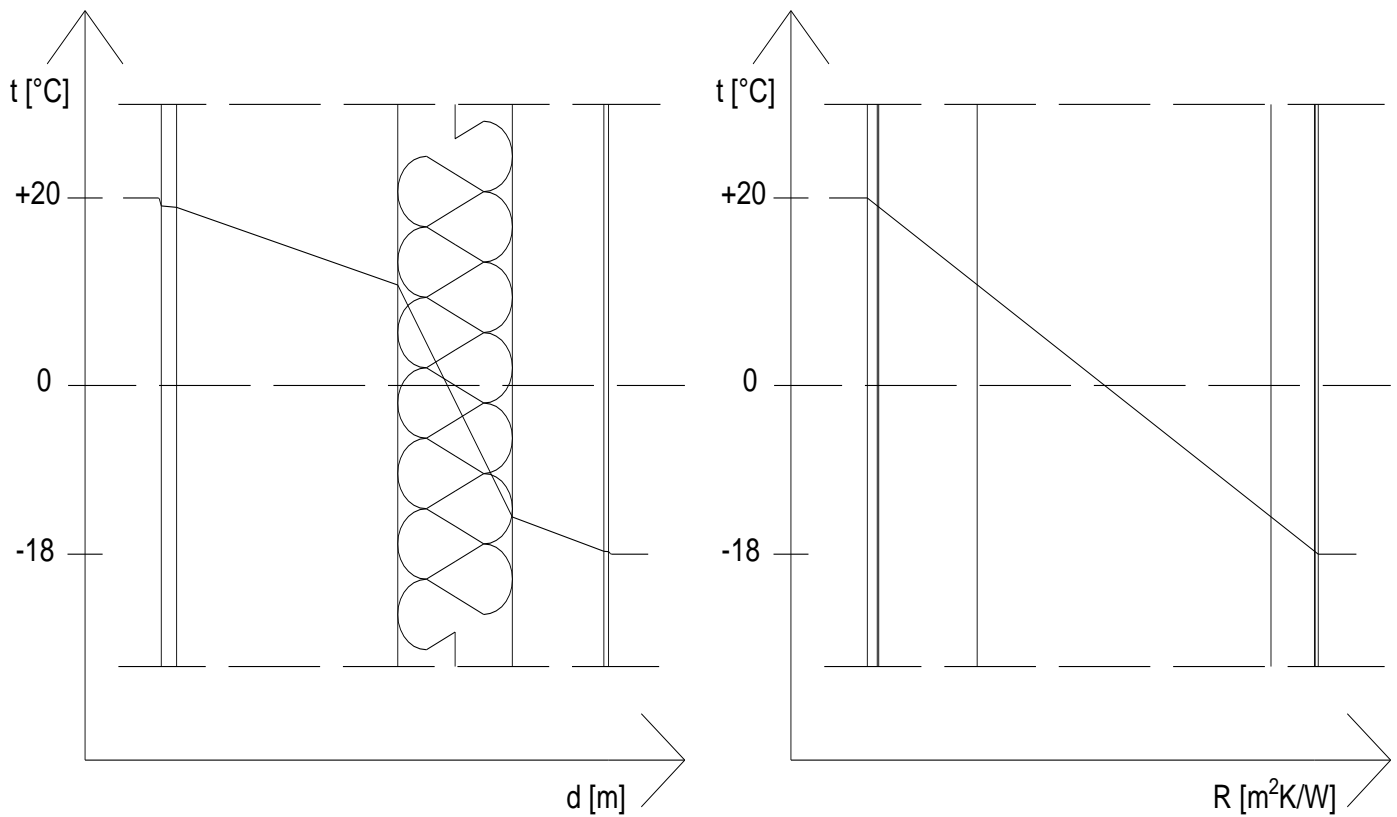
1.2.1.3. Przyjęcie temperatury projektowej wewnętrznej- θ_i

Przeznaczenie: przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, niewykonywujących w sposób ciągły pracy fizycznej → $\theta_i = 20^{\circ}C$

1.2.1.4. Obliczenie wartości temperatury na stykach warstw

Nr warstwy	Materiał warstwy	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła	Opór cieplny	Różnica temperatur na powierzchni	Temperatura na styku warstw
		$d_x[m]$	$\lambda_x[W/mK]$	$R_x = d_x/\lambda_x$	$\Delta v_x = [(\theta_i - \theta_e)R_x] / R_T$	[°C]
						20
1	Powietrze wewnątrz budynku θ_i	-	-	0,130	0,84	19,16
2	Tynk cementowo-wapienny	0,020	0,820	0,024	0,16	19,01
3	Pustak MAX	0,100	0,225	0,444	2,86	16,15
4	Pustak MAX	0,100	0,225	0,444	2,86	13,29
5	Pustak MAX	0,090	0,225	0,400	2,57	10,72
6	Wełna mineralna	0,050	0,039	1,282	8,25	2,47
7	Wełna mineralna	0,050	0,039	1,282	8,25	-5,78
8	Wełna mineralna	0,050	0,039	1,282	8,25	-14,03
9	Beton komórkowy 600	0,100	0,210	0,476	3,06	-17,09
10	Beton komórkowy 600	0,020	0,210	0,095	0,61	-17,70
11	Tynk cementowy na siatce z włókna szklanego	0,006	1,000	0,006	0,04	-17,74
12	Powietrze zewnętrzne θ_e	-	-	0,040	0,26	-18
			R_T	5,907		

1.2.1.5. Sporządzenie wykresu rozkładu temperatury



1.2.2. Rozkład temperatury- układ odwrócony

1.2.2.1. Obliczenie temperatury na styku warstw w przegrodzie

temperatura w płaszczyźnie x przegrody

$$v_x = \theta_i - \frac{R_x(\theta_i - \theta_e)}{R_T} [^{\circ}\text{C}]$$

różnica temperatur między poprzednią płaszczyzną, a płaszczyzną x przegrody

$$\Delta v_x = \frac{R_x(\theta_i - \theta_e)}{R_T} [^{\circ}\text{C}]$$

θ_i - temperatura powietrza po wewnętrznej stronie przegrody [$^{\circ}\text{C}$]

θ_e - temperatura powietrza po zewnętrznej stronie przegrody [$^{\circ}\text{C}$]

R_x - opór cieplny policzony do płaszczyzny x poczynając od wewnętrznej strony przegrody [$\text{m}^2\text{K/W}$]

R_T - całkowity opór cieplny przegrody [$\text{m}^2\text{K/W}$]

1.2.2.2. Przyjęcie temperatury projektowej zewnętrznej- θ_e

Lubin \rightarrow II strefa klimatyczna $\rightarrow \theta_e = -18^{\circ}\text{C}$

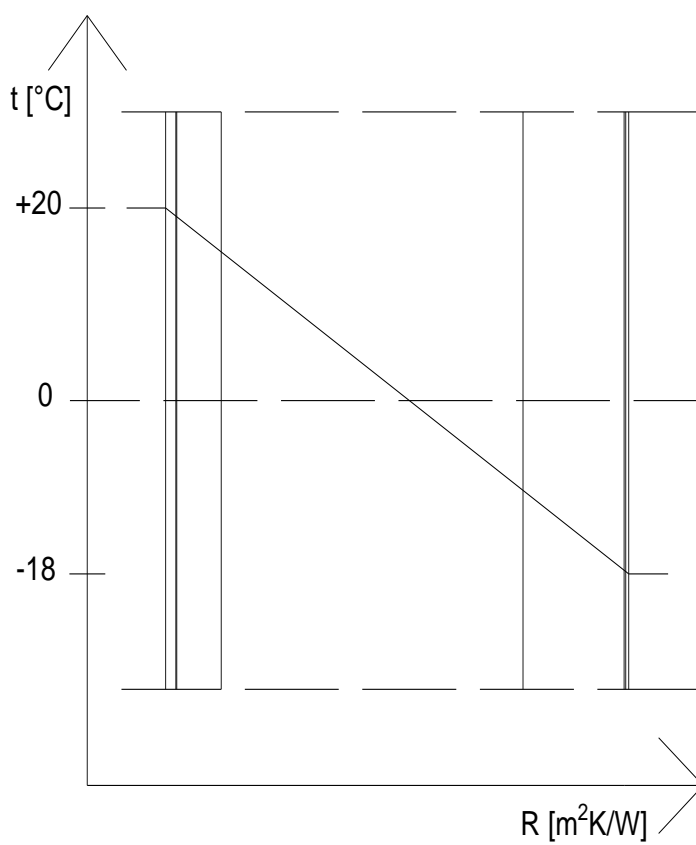
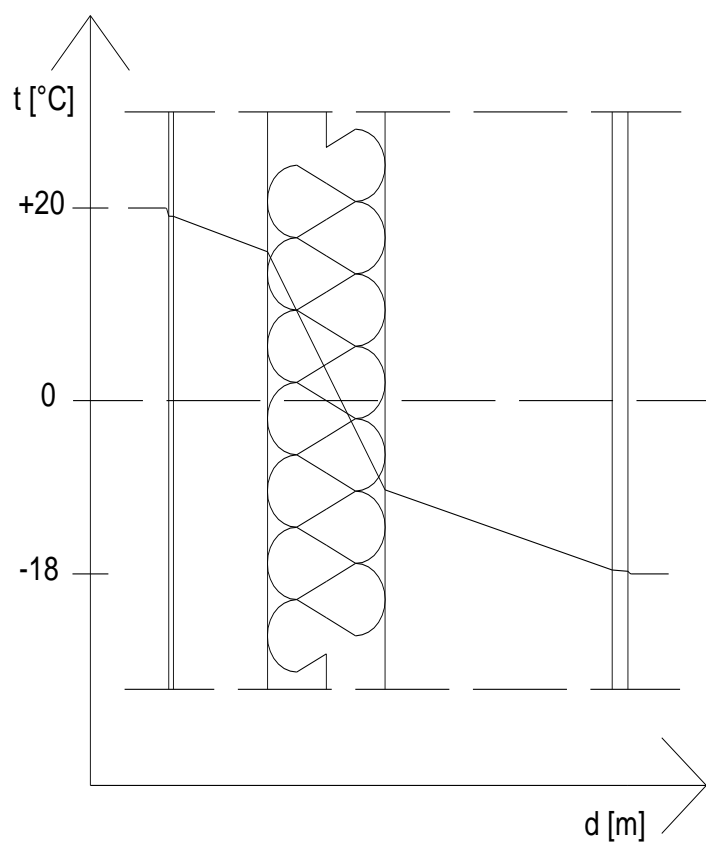
1.2.2.3. Przyjęcie temperatury projektowej wewnętrznej- θ_i

Przeznaczenie: przeznaczone na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, niewykonywujących w sposób ciągły pracy fizycznej $\rightarrow \theta_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

1.2.2.4. Obliczenie wartości temperatury na stykach warstw

Nr warstwy	Materiał warstwy	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła	Opór cieplny	Różnica temperatur na powierzchni	Temperatura na styku warstw
		$d_x[m]$	$\lambda_x[W/mK]$	$R_x = d_x/\lambda_x$	$\Delta v_x = [(\theta_i - \theta_e)R_x] / R_T$	$[^{\circ}\text{C}]$
1	Powietrze wewnątrz budynku θ_i	-	-	0,130	0,84	20
2	Tynk cementowy na siatce z włókna szklanego	0,006	1,000	0,006	0,04	19,16
3	Beton komórkowy 600	0,020	0,210	0,095	0,61	19,13
4	Beton komórkowy 600	0,100	0,210	0,476	3,06	18,51
5	Wełna mineralna	0,050	0,039	1,282	8,25	15,45
6	Wełna mineralna	0,050	0,039	1,282	8,25	7,20
7	Wełna mineralna	0,050	0,039	1,282	8,25	-1,05
8	Pustak MAX	0,090	0,225	0,400	2,57	-9,29
9	Pustak MAX	0,100	0,225	0,444	2,86	-11,87
10	Pustak MAX	0,100	0,225	0,444	2,86	-14,73
11	Tynk cementowo-wapienny	0,020	0,820	0,024	0,16	-17,59
12	Powietrze zewnętrzne θ_e	-	-	0,040	0,26	-17,74
			R_T	5,907		-18

1.2.2.5. Sporządzenie wykresu rozkładu temperatury



1.3. Sprawdzenie możliwości wystąpienia kondensacji pary wodnej i pleśni na powierzchni ściany zewnętrznej od strony pomieszczenia

1.3.1. Kondensacja powierzchniowa (t_s)

1.3.1.1. Przyjęcie temperatury powietrza zewnętrznego i wewnętrznego (θ_e, θ_i) oraz wilgotność względną powietrza wewnętrznego (φ_i)

Lubin → II strefa klimatyczna → $\theta_e = -18^\circ\text{C}$

$\theta_i = 20^\circ\text{C}$

$\varphi_i = 55\%$

1.3.1.2. Obliczenie temperatury v_i na wewnętrznej powierzchni przegrody

$$v_i = \theta_i - \frac{R_{si}(\theta_i - \theta_e)}{R_T}$$

$$R_{si} = 0,25 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_t = 5,906 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$v_i = \theta_i - \frac{R_{si}(\theta_i - \theta_e)}{R_T} = 20 - \frac{0,25(20 + 18)}{5,906} = 18,39^\circ\text{C}$$

1.3.1.3. Obliczenie ciśnienia nasyconej pary wodnej p_{si} w powietrzu w pobliżu wewnętrznej powierzchni przegrody

$$p_{si} = \begin{cases} 610,5 e^{\frac{17,269 \cdot \theta_i}{237,3 + \theta_i}} & \text{dla } \theta_i \geq 0^\circ \\ 610,5 e^{\frac{21,875 \cdot \theta_i}{265,5 + \theta_i}} & \text{dla } \theta_i < 0^\circ \end{cases}$$

$$p_{si} = 610,5 e^{\frac{17,269 \cdot \theta_i}{237,3 + \theta_i}} = 610,5 e^{\frac{17,269 \cdot 20}{237,3 + 20}} = 2336,95 \text{ Pa}$$

1.3.1.4. Obliczenie ciśnienia cząstkowego pary wodnej p_i na wewnętrznej powierzchni przegrody

$$p_i = \varphi_i \cdot p_{si} = 0,55 \cdot 2336,95 = 1285,32 \text{ Pa}$$

1.3.1.5. Obliczenie Temperatury punktu rosy t_s dla powierzchni przegrody na podstawie ciśnienia p_i

$$t_s = \begin{cases} \frac{237,3 \cdot \log_e\left(\frac{p_i}{610,5}\right)}{17,269 - \log_e\left(\frac{p_i}{610,5}\right)} & \text{dla } p_i \geq 610,5 \text{ Pa} \\ \frac{265,5 \cdot \log_e\left(\frac{p_i}{610,5}\right)}{21,875 - \log_e\left(\frac{p_i}{610,5}\right)} & \text{dla } p_i < 610,5 \text{ Pa} \end{cases}$$

$$t_s = \frac{237,3 \cdot \log_e\left(\frac{p_i}{610,5}\right)}{17,269 - \log_e\left(\frac{p_i}{610,5}\right)} = \frac{237,3 \cdot \log_e\left(\frac{1285,32}{610,5}\right)}{17,269 - \log_e\left(\frac{1285,32}{610,5}\right)} = 10,69^\circ\text{C}$$

1.3.1.6. Porównanie wartości temperatury wewnętrznej powierzchni przegrody v_i i temperatury punktu rosy t_s

$$v_i = 18,39^\circ\text{C} > t_s = 10,69^\circ$$

Nie ma ryzyka kondensacji powierzchniowej.

1.3.2. Ryzyko wystąpienia pleśni

Przykładowe obliczenia dla stycznia

1.3.2.1. Obliczenie średniej miesięcznej temperatury powietrza zewnętrznego θ_e i średniej miesięcznej wilgotności względnej powietrza φ_e

Wykorzystano dane dla Legnicy

$$\theta_e = 1,81^\circ\text{C}$$

$$\varphi_e = 80,77\% = 0,81$$

1.3.2.2. Obliczenie ciśnienia nasyconej pary wodnej powietrza zewnętrznego p_{sat,θ_e} i ciśnienia pary wodnej powietrza zewnętrznego p_e

$$p_{sat,\theta_e} = \begin{cases} 610,5 e^{\frac{17,269 \cdot \theta_e}{237,3 + \theta_e}} & \text{dla } \theta_e \geq 0^\circ \\ 610,5 e^{\frac{21,875 \cdot \theta_e}{265,5 + \theta_e}} & \text{dla } \theta_e < 0^\circ \end{cases}$$

$$p_{sat,\theta_e} = 610,5 e^{\frac{17,269 \cdot \theta_e}{237,3 + \theta_e}} = 610,5 e^{\frac{17,269 \cdot 1,81}{237,3 + 1,81}} = 695,76 \text{ Pa}$$

$$p_e = \varphi_e \cdot p_{sat,\theta_e} = 0,81 \cdot 695,76 = 563,56 \text{ Pa}$$

1.3.2.3. Przyjęcie temperatury powietrza w pomieszczeniu θ_i

$$\theta_i = 20^\circ\text{C}$$

1.3.2.4. Przyjęcie klasy obciążenia wilgotnością wewnętrzną (według PN-EN ISO 13788:2013)

Przyjęto Klasę 3- mieszkania mało zagęszczone

1.3.2.5. Obliczenie klasy wilgotności wewnętrznej Δp i ciśnienia pary wodnej powietrza wewnętrznego p_i

$$\Delta p = \begin{cases} 810 \text{ Pa} & \text{dla } \theta_e \leq 0^\circ\text{C} \\ 40,5 \cdot (20 - \theta_e) & \text{dla } 0^\circ\text{C} < \theta_e < 20^\circ\text{C} \\ 0 & \text{dla } \theta_e \geq 20^\circ\text{C} \end{cases}$$

$$\Delta p = 40,5 \cdot (20 - \theta_e) = 40,5 \cdot (20 - 1,81) = 736,70 \text{ Pa}$$

$$p_i = p_e + 1,1 \cdot \Delta p = 563,56 + 1,1 \cdot 736,70 = 1373,93 \text{ Pa}$$

1.3.2.6. Obliczenie minimalnego dopuszczalnego ciśnienia nasyconej pary wodnej na wewnętrznej powierzchni przegrody $p_{sat,\theta_{si}}$

$$p_{sat,\theta_{si}} = \frac{p_i}{0,8} = \frac{1373,93}{0,8} = 1717,41 \text{ Pa}$$

1.3.2.7. Obliczenie minimalnej dopuszczalnej temperatury wewnętrznej powierzchni przegrody $\theta_{si,min}$

$$\theta_{si,min} = \begin{cases} \frac{237,3 \cdot \log_e\left(\frac{p_{sat,\theta_{si}}}{610,5}\right)}{17,269 - \log_e\left(\frac{p_{sat,\theta_{si}}}{610,5}\right)} & \text{dla } p_{sat,\theta_{si}} \geq 610,5 \text{ Pa} \\ \frac{265,5 \cdot \log_e\left(\frac{p_{sat,\theta_{si}}}{610,5}\right)}{21,875 - \log_e\left(\frac{p_{sat,\theta_{si}}}{610,5}\right)} & \text{dla } p_{sat,\theta_{si}} < 610,5 \text{ Pa} \end{cases}$$

$$\theta_{si,min} = \frac{237,3 * \log_e\left(\frac{p_{sat,\theta_{si}}}{610,5}\right)}{17,269 - \log_e\left(\frac{p_{sat,\theta_{si}}}{610,5}\right)} = \frac{237,3 * \log_e\left(\frac{1717,41}{610,5}\right)}{17,269 - \log_e\left(\frac{1717,41}{610,5}\right)} = 15,12^{\circ}\text{C}$$

1.3.2.8. Obliczenie minimalnego czynnika temperaturowego $f_{R_{si},min}$

$$f_{R_{si},min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{15,12 - 1,81}{20 - 1,81} = 0,732$$

1.3.2.9. Obliczenie $f_{R_{si}}$ dla konstrukcji przegrody

$$f_{R_{si}} = \frac{\frac{1}{U} - R_{si}}{\frac{1}{U}} = \frac{\frac{1}{0,192} - 0,25}{\frac{1}{0,192}} = 0,952$$

1.3.2.10. Sporządzenie tabeli dla całego roku i sprawdzenie warunku

$$f_{R_{si}} > f_{R_{si},max} = \max(f_{R_{si},min})$$

U	0,192										
R_{si}	0,250										
Miesiąc	θ_e	φ_e	p_{sat,θ_e}	p_e	θ_i	Δp	Mnożnik	p_i	$p_{sat,\theta_{si}}$	$\theta_{si,min}$	$f_{R_{si},min}$
Styczeń	1,81	0,81	695,76	563,56	20	736,70	1,1	1373,93	1717,41	15,12	0,732
Luty	-0,93	0,80	565,32	452,25	20	810,00	1,1	1343,25	1679,07	14,77	0,750
Marzec	4,38	0,81	834,85	676,22	20	632,61	1,1	1372,10	1715,12	15,10	0,686
Kwiecień	8,12	0,74	1081,00	799,94	20	481,14	1,1	1329,19	1661,49	14,60	0,546
Maj	13,20	0,74	1516,65	1122,32	20	275,40	1,1	1425,26	1781,58	15,69	0,366
Czerwiec	16,55	0,74	1882,11	1392,76	20	139,73	1,1	1546,46	1933,07	16,97	0,122
Lipiec	18,44	0,73	2120,59	1548,03	20	63,18	1,1	1617,53	2021,91	17,68	-0,486
Sierpień	17,87	0,71	2046,03	1452,68	20	86,27	1,1	1547,57	1934,47	16,98	-0,417
Wrzesień	13,31	0,79	1527,58	1206,79	20	270,95	1,1	1504,83	1881,04	16,54	0,483
Październik	9,43	0,81	1181,21	956,78	20	428,09	1,1	1427,68	1784,60	15,72	0,595
Listopad	3,95	0,84	809,99	680,39	20	650,03	1,1	1395,42	1744,28	15,36	0,711
Grudzień	1,69	0,84	689,80	579,43	20	741,56	1,1	1395,14	1743,92	15,36	0,746
										$f_{R_{si}}$	$f_{R_{si},max}$
										0,952	0,750

$$f_{R_{si}} = 0,952 > f_{R_{si},max} = 0,750$$

Przegroda jest poprawnie zaprojektowana pod względem ryzyka pleśni.

1.4. Sprawdzenie możliwości wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla ściany zewnętrznej dla zadanego w temacie układu warstw oraz dla układu odwróconego

1.4.1. Kondensacja międzywarstwowa- układ warstw zadany w temacie

Przykładowe obliczenia dla warstwy 2- tynk cementowo- wapienny

1.4.1.1. Przyjęcie temperatury powietrza zewnętrznego i wewnętrznego (θ_e, θ_i) oraz wilgotności względnych powietrza zewnętrznego i wewnętrznego (φ_e, φ_i)

Przyjęto:

$$\theta_e = -5^\circ C$$

$$\theta_i = 20^\circ C$$

$$\varphi_e = 85\%$$

$$\varphi_i = 55\%$$

1.4.1.2. Odczytanie współczynników materiałowych dla warstwy

Współczynnik przewodzenie ciepła $\lambda = 0,820 \text{ W/mK}$

Współczynnik przepuszczalności pary wodnej $\delta = 45 * 10^{-6} \frac{g}{m \cdot h \cdot Pa}$

1.4.1.3. Obliczenie oporu cieplnego R_i i dyfuzyjnego r_{wi} dla warstwy

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} = \frac{0,020}{0,820} = 0,024 \frac{m^2 K}{W}$$

$$r_{wi} = \frac{d_i}{\delta_i} = \frac{0,020}{45 * 10^{-6}} = 444 \frac{m^2 * h * Pa}{g}$$

1.4.1.4. Obliczenie różnicy temperatur $\Delta\theta_x$ na powierzchni styku warstw

$$\Delta\theta_x = \frac{R_x * (\theta_i - \theta_e)}{R_T} = \frac{0,024 * (20 - (-5))}{5,907} = 0,10^\circ C$$

1.4.1.5. Obliczenie temperatury θ_x na powierzchni warstwy

$$\theta_{x,i} = \theta_{x,i-1} - \Delta\theta_x = 20 - 0,55 = 19,45^\circ C$$

1.4.1.6. Obliczenie ciśnienia nasyconej pary wodnej p_s na powierzchni warstwy dla jej temperatury θ_x

$$p_{s,\theta_x} = \begin{cases} 610,5 e^{\frac{17,269 * \theta_x}{237,3 + \theta_x}} & \text{dla } \theta_x \geq 0^\circ \\ 610,5 e^{\frac{21,875 * \theta_x}{265,5 + \theta_x}} & \text{dla } \theta_x < 0^\circ \end{cases}$$

$$p_{s,\theta_x} = 610,5 e^{\frac{17,269 * \theta_x}{237,3 + \theta_x}} = 610,5 e^{\frac{17,269 * 19,45}{237,3 + 19,45}} = 2259 \text{ Pa}$$

1.4.1.7. Obliczenie ciśnienia pary wodnej p_i i p_e na powierzchniach warstw dla ciśnień nasyconej pary wodnej p_{si} i p_{se}

$$p_i = \varphi_i * p_{si} = 0,55 * 2337 = 1285 \text{ Pa}$$

$$p_e = \varphi_e * p_{se} = 0,85 * 401 = 341 \text{ Pa}$$

1.4.1.8. Obliczenie różnicy ciśnień cząstkowych pary wodnej Δp na powierzchniach warstw

$$\Delta p = \frac{r_{wi} * (p_i - p_e)}{r_w} = \frac{444 * (1285 - 341)}{5491} = 76 \text{ Pa}$$

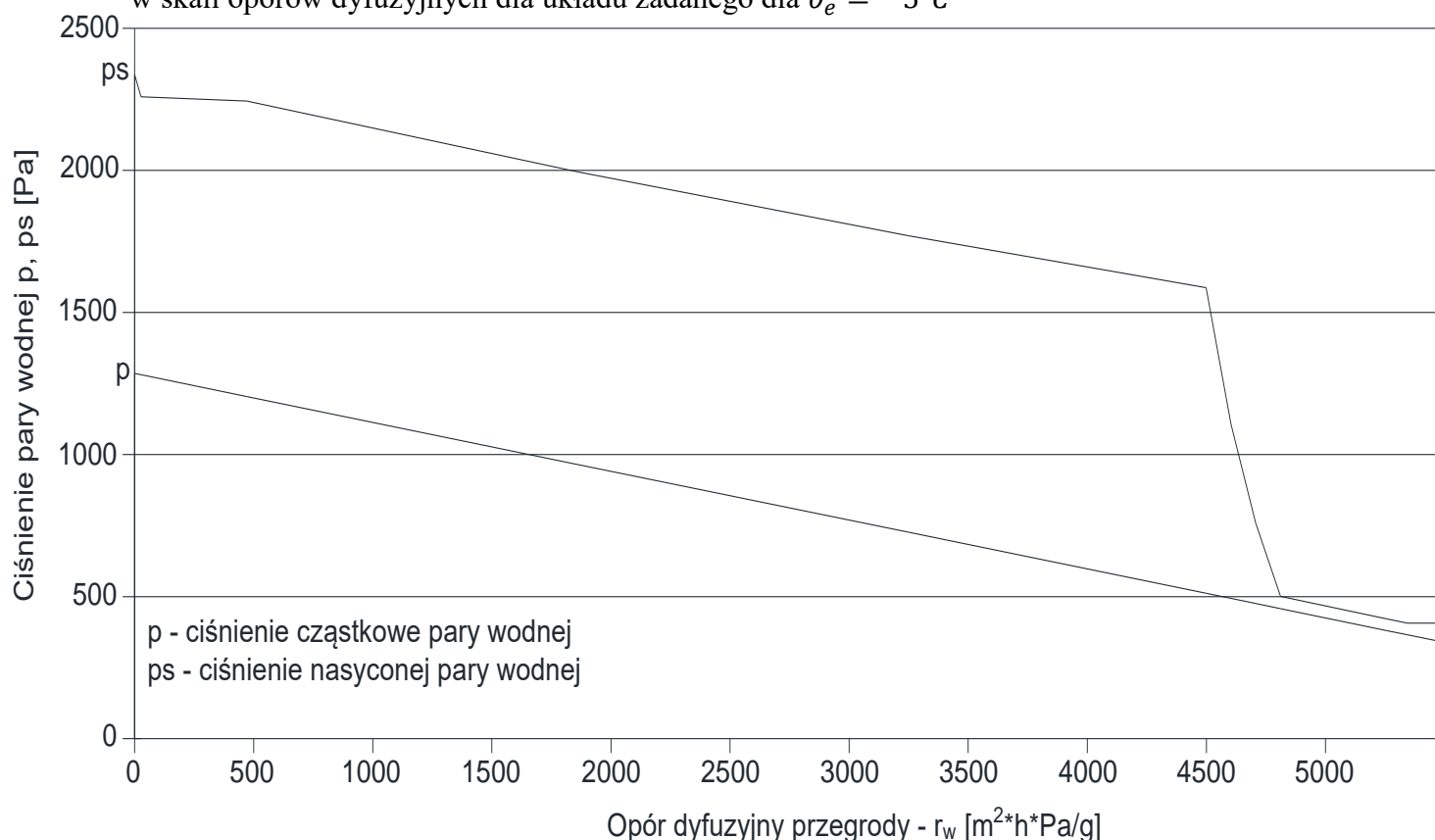
1.4.1.9. Obliczenie pozostałego ciśnienia cząstkowego pary wodnej p na powierzchniach warstw

$$p_{x,i} = p_{x,i-1} - \Delta p_x = 1285 - 5 = 1281 \text{ Pa}$$

1.4.1.10. Zestawienie obliczonych wartości w tabeli dla zadanego układu warstw i temperatury powietrza zewnętrznego $\theta_e = -5^\circ\text{C}$

Temperatura powietrza wewnętrznego θ_i					20	°C					
Wilgotność powietrza wewnętrznego ϕ_i					55	%					
Temperatura powietrza zewnętrznego θ_e					-5	°C					
Wilgotność powietrza zewnętrznego ϕ_e					85	%					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nr warstwy	Materiał warstwy	Grubość	Współczynniki materiałowe		Opór cieplny warstwy	Opór dyfuzyjny warstwy	Różnica temperatur na powierzchni i warstw $\Delta\theta_x$	Temperatura na powierzchni warstwy θ_x	Ciśnienie nasyconej pary wodnej p_s	Różnica ciśnień cząstkowych pary na powierzchniach warstwy Δp	Ciśnienie cząstkowe pary wodnej p
			przewodzenia ciepła	przepuszczalności pary wodnej							
		d	λ	δ	$R_i = d_i/\lambda_i$	$r_{wi} = d_i/\delta_i$	$\Delta\theta_x = (\theta_i - \theta_e) \times R_k/R_t$	$\theta_{x,i} = \theta_{x,i-1} - \Delta\theta_x$	Według wzoru z pkt 1.3	$\Delta p = r_{wi} \times (p_i - p_e) / \sum r_w$	$p_{xi} = p_{x,i-1} - \Delta p_x$
		[m]	[W/mK]	[10 ⁻⁶ g/m ³ h*Pa]	[m ² K/W]	[m ² *h*Pa/g]	[°C]	[°C]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	Powietrze wewnątrz budynku θ_i	-	-	-	0,130	27	0,55	20,00	2337	5	1285
2	Tynk cementowy	0,020	0,820	45	0,024	444	0,10	19,45	2259	76	1281
3	Pustak MAX	0,100	0,225	72	0,444	1389	1,88	19,35	2244	239	1204
4	Pustak MAX	0,100	0,225	72	0,444	1389	1,88	17,47	1995	239	965
5	Pustak MAX	0,090	0,225	72	0,400	1250	1,69	15,58	1770	239	727
6	Wełna mineralna	0,050	0,039	480	1,282	104	5,43	13,89	1587	215	512
7	Wełna mineralna	0,050	0,039	480	1,282	104	5,43	8,47	1107	18	494
8	Wełna mineralna	0,050	0,039	480	1,282	104	5,43	3,04	759	18	476
9	Beton komórkowy 600	0,100	0,210	225	0,476	444	2,02	-2,39	501	18	458
10	Beton komórkowy 600	0,020	0,210	225	0,095	89	0,40	-4,40	422	76	381
11	Tynk cementowy	0,006	1,000	45	0,006	133	0,03	-4,81	408	15	366
12	Powietrze zewnętrzne θ_e	-	-	-	0,040	13	0,17	-4,83	407	23	343
								-5,00	401	2	341
				$R_t = \sum R_i$	5,907	5491	$r_w = \sum r_{wi}$				

1.4.1.11. Wykres rozkładu ciśnień nasyconej pary wodnej i ciśnień cząstkowych pary wodnej w skali oporów dyfuzyjnych dla układu zadanego dla $\theta_e = -5^\circ\text{C}$



W każdej rozpatrywanej płaszczyźnie w przegrodzie ciśnienie nasyconej pary wodnej p_s jest większe, niż ciśnienie cząstkowe pary wodnej p

$$p_s > p$$

Kondensacja międzywarstwowa nie zachodzi. Przegroda jest poprawnie zaprojektowana i można ją eksploatować.

1.4.2. Kondensacja międzywarstwowa – zadany i odwrócony układ warstw wg metody PN-EN ISO 13788

1.4.2.1. Zadany układ warstw

Z obliczeń przeprowadzonych przy pomocy programu firmy Rockwool wynika, że kondensacja międzywarstwowa dla zadanego układu warstw nie zachodzi, przegroda jest poprawnie zaprojektowana i nadaje się do eksploatacji. Wynik ten zgadza się z wnioskiem uzyskanym przy pomocy obliczeń przedstawionych w punkcie 1.4.1. Raport z obliczeń załączono poniżej.

1.4.2.2. Odwrócony układ warstw

Z obliczeń przeprowadzonych przy pomocy programu firmy Rockwool wynika, że dla odwróconego układu warstw w przegrodzie występuje kondensacja międzywarstwowa pary wodnej, ale przewiduje się wyparowanie całego kondensatu podczas miesięcy letnich, zatem taką przegrodę można dopuścić do eksploatacji. Kondensacja występuje pomiędzy wełną mineralną i pustakiem MAX. Kondensacja ma miejsce od listopada do marca, przegroda jest zawilgocona od listopada do czerwca i wolna od zawilgocenia od lipca do października. Raport z obliczeń załączono poniżej.

3.2.a. Energia użytkowa na potrzeby c.o. i wentylacji – $Q_{H,nd}$

3.2.a.1. Dane meteorologiczne miesięczne (dla Legnicy)

Dane meteorologiczne - miesięczne										
Lp	Miesiąc	Średnia temperatura powietrza zewnętrznego	Sumy miesięczne promieniowania całkowitego na płaszczyznę pionową							
		[°C]	[kWh/(m ² *m-c)]							
			N__90	NE_90	E__90	SE_90	S__90	SW_90	W__90	NW_90
1	Styczeń	1,81	19,55	19,55	21,55	31,62	36,78	31,84	21,71	19,55
2	Luty	-0,93	23,10	23,25	29,08	38,86	41,58	33,62	25,27	23,10
3	Marzec	4,38	46,44	47,91	57,35	70,17	74,55	64,36	52,51	46,87
4	Kwiecień	8,12	65,89	70,84	80,84	88,21	89,79	86,29	78,78	69,86
5	Maj	13,2	88,79	99,85	110,22	111,35	106,58	111,19	108,47	97,53
6	Czerwiec	16,55	92,48	102,23	112,53	113,21	107,09	111,34	110,79	101,65
7	Lipiec	18,44	100,54	111,08	121,42	121,23	113,24	115,91	115,57	108,11
8	Sierpień	17,87	84,94	92,87	105,44	112,43	110,18	105,56	98,16	89,43
9	Wrzesień	13,31	57,11	57,91	61,20	65,67	68,76	66,83	62,18	58,12
10	Październik	9,43	35,75	36,04	42,60	57,21	67,86	60,42	44,95	36,17
11	Listopad	3,95	18,18	18,18	19,99	27,45	32,10	28,59	20,79	18,18
12	Grudzień	1,69	17,09	17,09	18,18	27,10	31,66	27,68	18,58	17,09

3.2.a.2. Dane ogólne budynku

Dane ogólne budynku			
Dane geometryczne budynku			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)
A _e	488,78	[m ²]	powierzchnia przegród zewnętrznych (otaczających strefę ogrzewaną)
V _w	449,98	[m ³]	kubatura wentylowana (objętość powietrza w strefie ogrzewanej)
V _e	716,40	[m ³]	kubatura ogrzewana (objętość strefy ogrzewanej po obrysie przegród zewnętrznych)
A _e /V _e	0,68	[1/m]	współczynnik kształtu budynku

3.2.a.3. Straty ciepła przez przenikanie

Przenoszenie ciepła przez przenikanie (straty ciepła)						
Współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie H_{tr} [W/K] $H_{tr,i} = \sum [b_{tr,i} * (A_i * U_i + \sum L_i * \Psi_i)]$						
Przegroda	Powierzchnia otworów	Całkowita powierzchnia przegrody (wraz z otworami)	Współczynnik redukcji temperatury	Powierzchnia przegrody (bez otworów)	Współczynnik przenikania ciepła	Współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie
	$A_{0,i}$	$A_{total,i}$	$b_{tr,i}$	$A_i = A_{total,i} - A_{0,i}$	U_i	$H_{tr,i}$
	[m ²]	[m ²]	-	[m ²]	[W/m ² *K]	[W/K]
Dach	-	113,33	1,0	113,33	0,17	19,27
Ściana N	4,41	57,62	1,0	53,21	0,19	10,11
Ściana S	6,75	61,87	1,0	55,12	0,19	10,47
Ściana W	10,10	47,71	1,0	37,61	0,19	7,15
Ściana E	14,22	44,15	1,0	29,93	0,19	5,69
Ściany piwnicy (stykające się z gruntem)	2,16	66,54	0,6	64,38	0,18	6,95
Podłoga na gruncie (z= 0,0m)	-	37,18	0,6	37,18	0,17	3,79
Podłoga na gruncie (z= 2,38m)	-	48,84	0,6	48,84	0,15	4,40
Okna N	-	4,41	1,0	4,41	0,8	3,53
Okna S	-	6,75	1,0	6,75	0,8	5,40
Okna W	-	8,10	1,0	8,10	0,8	6,48
Okna E	-	14,22	1,0	14,22	0,8	11,38
Drzwi zewnętrzne	-	2,00	1,0	2,00	1,3	2,60
Strop przewieszony	-	11,49	1,0	11,49	0,18	2,07
Taras	-	2,21	1,0	2,21	0,19	0,42

Liniowe mostki cieplne	$b_{tr,i}$	l_i	$\Psi_{e,i}$	$H_{tr,i}$
	-	[m]	[W/mK]	[W/K]
Dach - ściana zewnętrzna	1,0	42,32	-0,05	-2,12
Naroża zewnętrzne ponad gruntem	1,0	19,24	-0,08	-1,54
Naroża zewnętrzne pod gruntem	0,6	9,52	-0,07	-0,40
Okno (drzwi) - ściana zewnętrzna	1,0	112,8	0,025	2,82
Balkon	1,0	7,72	0,4	3,09
Ściana zewnętrzna - podłoga na gruncie	0,6	45,42	0,01	0,27
Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie [W/K]			$H_{tr} =$	101,82

Ciepło przenoszone przez przenikanie Q_{tr} [kWh/m-c] $Q_{tr}=H_{tr}*(\theta_i-\theta_e)*t_M/1000$				
Miesiąc	Projektowa temperatura wewnętrzna	Średnia temperatura powietrza zewnętrznego	Liczba godzin w miesiącu	Ciepło przenoszone przez przenikanie
	θ_i	θ_e	t_M	$Q_{tr,n}$
	[°C]	[°C]	[h]	[kWh/m-c]
Styczeń	20,32	1,81	744	1402,21
Luty	20,32	-0,93	696	1505,92
Marzec	20,32	4,38	744	1207,52
Kwiecień	20,32	8,12	720	894,39
Maj	20,32	13,2	744	539,37
Czerwiec	20,32	16,55	720	276,38
Lipiec	20,32	18,44	744	142,42
Sierpień	20,32	17,87	744	185,60
Wrzesień	20,32	13,31	720	513,91
Październik	20,32	9,43	744	824,96
Listopad	20,32	3,95	720	1200,09
Grudzień	20,32	1,69	744	1411,30
Całkowite ciepło przenoszone przez przenikanie [kWh/rok]			$Q_{tr}=$	10104,05

3.2.a.4. Straty ciepła przez wentylację

Przenoszenie ciepła przez wentylację (straty ciepła)			
Współczynnik przenoszenia ciepła przez wentylację H_{ve} [W/K] $H_{ve}=\rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k (b_{ve,k} \cdot V_{ve,k,n})$			
Dla wentylacji grawitacyjnej			
$\rho_a \cdot c_a$	1200	[J/(m ³ *K)]	pojemność cieplna powietrza
Podstawowy strumień powietrza			
A_f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)
$V_{ve,1,s}$	0,00031	[m ³ /(m ² *s)]	uśredniony w czasie strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do powierzchni ogrzewanej
$b_{ve,1}$	1	[-]	czynnik korekty temperatury dla strumienia powietrza zewnętrznego
$V_{ve,1}=V_0=A_f \cdot V_{ve,1,s}$	0,04916	[m ³ /s]	uśredniony w czasie strumień powietrza zewnętrznego
Dodatkowy strumień powietrza (budynek bez próby szczelności)			
n	0,2	[1/h]	krotność wymiany powietrza w budynku spowodowana infiltracją powietrza
V_w	449,98	[m ³]	kubatura wentylowana (objętość powietrza w strefie ogrzewanej)
$b_{ve,2}$	1	[-]	czynnik korekty temperatury dla strumienia powietrza infiltrującego
$V_{ve,2}=V_{inf}=n \cdot V_w/3600$	0,02500	[m ³ /s]	uśredniony w czasie strumień powietrza infiltrującego
$H_{ve}=$	88,99	[W/K]	Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez wentylację

Ciepło przenoszone przez wentylację Q_{ve} [kWh/m-c] $Q_{ve}=H_{ve}*(\theta_i-\theta_e)*t_M/1000$				
Miesiąc	Projektowana temperatura wewnętrzna	Średnia temperatura powietrza zewnętrznego	Liczba godzin w miesiącu	Ciepło przenoszone przez wentylację
	θ_i	θ_e	t_M	$Q_{tr,n}$
	[°C]	[°C]	[h]	[kWh/m-c]
Styczeń	20,32	1,81	744	1225,53
Luty	20,32	-0,93	696	1316,17
Marzec	20,32	4,38	744	1055,37
Kwiecień	20,32	8,12	720	781,69
Maj	20,32	13,2	744	471,41
Czerwiec	20,32	16,55	720	241,56
Lipiec	20,32	18,44	744	124,47
Sierpień	20,32	17,87	744	162,21
Wrzesień	20,32	13,31	720	449,15
Październik	20,32	9,43	744	721,01
Listopad	20,32	3,95	720	1048,88
Grudzień	20,32	1,69	744	1233,47
Całkowite ciepło przenoszone przez wentylację [kWh/rok]			$Q_{ve}=$	8830,92

3.2.a.5. Zyski ciepła od promieniowania słonecznego

Zyski ciepła od promieniowania słonecznego			
Parametry przeszkleń			
C	0,70	[-]	udział pola oszklenia do całkowitego pola powierzchni okna
$F_{sh,gl}$	1,00	[-]	czynnik redukcyjny ze względu na zacienienie od ruchomych urządzeń zacięniających
F_{hor}	1,00	[-]	częściowy czynnik redukcyjny dla horyzontu
F_{ov}	0,90	[-]	częściowy czynnik redukcyjny dla zadaszenia
F_{fin}	1,00	[-]	częściowy czynnik redukcyjny dla pilastrów
$F_{sh}=F_{hor}*F_{ov}*F_{fin}$	0,90	[-]	czynnik redukcyjny ze względu na zacienienie przegród zewnętrznych
F_w	0,90	[-]	czynnik korekcyjny dla nierozpraszyającego oszklenia
$g_{gl,n}$	0,55	[-]	współczynnik przepuszczalności energii słonecznej dla promieniowania prostopadłego do oszklenia
$g_{gl}=F_w*g_{gl,n}$	0,50	[-]	współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego

Zyski ciepła od promieniowania słonecznego $Q_{sol,n}$ [kWh/m-c] $Q_{sol,n}=\sum_i[C_i \cdot A_i \cdot I_i \cdot F_{sh,gl} \cdot F_{sh} \cdot g_{gl}]$												
Miesiąc	Powierzchnia okien (w świetle otworu)				Sumy miesięczne promieniowania całkowitego na płaszczyznę pionową				Czynniki redukcyjne ze względu na zacienienie		Współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania	Miesięczne zyski ciepła od promieniowania słonecznego
	A_i [m²]				I_i [kWh/(m²*m-c)]							
	N	S	W	E	N	S	W	E	$F_{sh,gl}$ [-]	F_{sh} [-]	g_{gl} [-]	$Q_{sol,n}$ [kWh/m-c]
Okna odsłonięte												
Styczeń	4,41	6,75	4,50	0,00	19,55	36,78	21,71	21,55	1,00	1,00	0,50	149,74
Luty	4,41	6,75	4,50	0,00	23,10	41,58	25,27	29,08	1,00	1,00	0,50	171,95
Marzec	4,41	6,75	4,50	0,00	46,44	74,55	52,51	57,35	1,00	1,00	0,50	327,19
Kwiecień	4,41	6,75	4,50	0,00	65,89	89,79	78,78	80,84	1,00	1,00	0,50	433,52
Maj	4,41	6,75	4,50	0,00	88,79	106,58	108,47	110,22	1,00	1,00	0,50	554,11
Czerwiec	4,41	6,75	4,50	0,00	92,48	107,09	110,79	112,53	1,00	1,00	0,50	564,54
Lipiec	4,41	6,75	4,50	0,00	100,54	113,24	115,57	121,42	1,00	1,00	0,50	598,67
Sierpień	4,41	6,75	4,50	0,00	84,94	110,18	98,16	105,44	1,00	1,00	0,50	540,54
Wrzesień	4,41	6,75	4,50	0,00	57,11	68,76	62,18	61,20	1,00	1,00	0,50	345,04
Październik	4,41	6,75	4,50	0,00	35,75	67,86	44,95	42,60	1,00	1,00	0,50	283,43
Listopad	4,41	6,75	4,50	0,00	18,18	32,10	20,79	19,99	1,00	1,00	0,50	135,28
Grudzień	4,41	6,75	4,50	0,00	17,09	31,66	18,58	18,18	1,00	1,00	0,50	129,14
Okna zacięnione												
Styczeń	0,00	0,00	3,60	14,22	19,55	36,78	21,71	21,55	1,00	0,90	0,50	119,93
Luty	0,00	0,00	3,60	14,22	23,10	41,58	25,27	29,08	1,00	0,90	0,50	157,31
Marzec	0,00	0,00	3,60	14,22	46,44	74,55	52,51	57,35	1,00	0,90	0,50	313,26
Kwiecień	0,00	0,00	3,60	14,22	65,89	89,79	78,78	80,84	1,00	0,90	0,50	446,92
Maj	0,00	0,00	3,60	14,22	88,79	106,58	108,47	110,22	1,00	0,90	0,50	610,54
Czerwiec	0,00	0,00	3,60	14,22	92,48	107,09	110,79	112,53	1,00	0,90	0,50	623,40
Lipiec	0,00	0,00	3,60	14,22	100,54	113,24	115,57	121,42	1,00	0,90	0,50	668,18
Sierpień	0,00	0,00	3,60	14,22	84,94	110,18	98,16	105,44	1,00	0,90	0,50	577,78
Wrzesień	0,00	0,00	3,60	14,22	57,11	68,76	62,18	61,20	1,00	0,90	0,50	341,21
Październik	0,00	0,00	3,60	14,22	35,75	67,86	44,95	42,60	1,00	0,90	0,50	239,35
Listopad	0,00	0,00	3,60	14,22	18,18	32,10	20,79	19,99	1,00	0,90	0,50	111,97
Grudzień	0,00	0,00	3,60	14,22	17,09	31,66	18,58	18,18	1,00	0,90	0,50	101,47
Całkowite zyski ciepła od promieniowania słonecznego [kWh/rok]											$Q_{sol}=$	8544,47

3.2.a.6. Wewnętrzne zyski ciepła

Wewnętrzne zyski ciepła Q_{int} $Q_{int}=q_{int} \cdot A_f \cdot t_M / 1000$			
q_{int}	6,8	[W/m ²]	obciążenie cieplne pomieszczeń zyskami cieplnymi
A_f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)
Miesiąc	Liczba godzin w miesiącu	Miesięczne wewnętrzne zyski ciepła	Efektywne miesięczne wewnętrzne zyski ciepła
	t_M [h]	$Q_{int,n}$ [kWh/m-c]	$Q_{int,eff,n}=\eta_{H,g,n} \cdot Q_{int,n}$ [kWh/m-c]
Styczeń	744	802,29	782,06
Luty	696	750,53	734,87
Marzec	744	802,29	734,37
Kwiecień	720	776,41	608,85
Maj	744	802,29	392,32
Czerwiec	720	776,41	203,36
Lipiec	744	802,29	103,42
Sierpień	744	802,29	145,01
Wrzesień	720	776,41	464,41
Październik	744	802,29	670,33
Listopad	720	776,41	749,56
Grudzień	744	802,29	784,50
Całkowite wewnętrzne zyski ciepła [kWh/rok]	$Q_{int} =$	9472,17	6373,06

3.2.a.7. Współczynnik efektywności wykorzystania zysków ciepła

Współczynnik wykorzystania zysków ciepła w budynku			
Masa termiczna budynku - metoda uproszczona wg PN-EN ISO 13790, tablica 12			
A_f	158,58	[m ²]	powierzchnia użytkowa
$C_m=165000 \cdot A_f$	26165700	[J/K]	pojemność cieplna obudowy budynku (klasa średnia)
$H_{tr,adj}=H_{tr}$	101,82	[W/K]	całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie
$H_{ve,adj}=H_{ve}$	88,99	[W/K]	całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez wentylację
$\tau=(C_m/3600)/(H_{tr,adj}+H_{ve,adj})$	38,09	[h]	stała czasowa budynku
$\tau_{H,0}$	15	[h]	stała czasowa odniesienia dla metody miesięcznej
$a_{H,0}$	1	[-]	parametr liczbowy dla metody miesięcznej
$a_H=a_{H,0}+(\tau/\tau_{H,0})$	3,54	[-]	bezwymiarowy parametr liczbowy

dla każdego miesiąca, jeżeli	$\gamma_H=1$	to	$\eta_{H,gn}=a_H/(a_H+1)$
dla każdego miesiąca, jeżeli	$\gamma_H \neq 1$	to	$\eta_{H,gn}=(1-\gamma_H^{a_H})/(1-\gamma_H^{a_H+1})$

Współczynnik wykorzystania zysków ciepła w trybie ogrzewania $\eta_{H,gn}$ [-]				
Miesiąc	$Q_{H,ht,n}=Q_{tr,n}+Q_{ve,n}$	$Q_{H,gn,n}=Q_{sol,n}+Q_{int,n}$	$\gamma_{H,n}=Q_{H,gn,n}/Q_{H,ht,n}$	$\eta_{H,gn,n}$
	[kWh/m-c]	[kWh/m-c]	[-]	[-]
Styczeń	2627,73	1071,96	0,41	0,97
Luty	2822,09	1079,78	0,38	0,98
Marzec	2262,89	1442,74	0,64	0,92
Kwiecień	1676,08	1656,85	0,99	0,78
Maj	1010,78	1966,94	1,95	0,49
Czerwiec	517,94	1964,35	3,79	0,26
Lipiec	266,89	2069,14	7,75	0,13
Sierpień	347,81	1920,60	5,52	0,18
Wrzesień	963,06	1462,65	1,52	0,60
Październik	1545,98	1325,07	0,86	0,84
Listopad	2248,97	1023,65	0,46	0,97
Grudzień	2644,77	1032,90	0,39	0,98

3.2.a.8. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji

Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji				
Energia użytkowa do ogrzewania i wentylacji $Q_{H,nd}$ [kWh/m-c] $Q_{H,nd}=Q_{H,ht}-\eta_{H,gn}*Q_{H,gn}$				
Miesiąc	$Q_{H,ht,n}=Q_{tr,n}+Q_{ve,n}$	$\eta_{H,gn,n}$	$Q_{H,gn,n}=Q_{sol,n}+Q_{int,n}$	$Q_{H,nd,n}$
	[kWh/m-c]	[-]	[kWh/m-c]	[kWh/m-c]
Styczeń	2627,73	0,97	1071,96	1582,80
Luty	2822,09	0,98	1079,78	1764,83
Marzec	2262,89	0,92	1442,74	942,28
Kwiecień	1676,08	0,78	1656,85	376,80
Maj	1010,78	0,49	1966,94	48,94
Czerwiec	517,94	0,26	1964,35	3,41
Lipiec	266,89	0,13	2069,14	0,17
Sierpień	347,81	0,18	1920,60	0,67
Wrzesień	963,06	0,60	1462,65	88,18
Październik	1545,98	0,84	1325,07	438,84
Listopad	2248,97	0,97	1023,65	1260,71
Grudzień	2644,77	0,98	1032,90	1634,77
Energia użytkowa do ogrzewania i wentylacji [kWh/rok]			$Q_{H,nd}=$	8142,41

3.2.b. Energia użytkowa na potrzeby przygotowania c.w.u. – $Q_{W,nd}$

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u. (cieplej wody użytkowej)			
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u. $Q_{W,nd}$ [kWh/rok]			
$Q_{W,nd}=V_{wi}*A_f*C_w*\rho_w*(\Phi_w-\Phi_0)*k_R*t_R/3600$			
V_{wi}	1,4	[dm ³ /(m ² *dzień)]	jednostkowe zapotrzebowanie na c.w.u.
A_f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
C_w	4,19	[kJ/(kg*K)]	ciepło właściwe wody
ρ_w	1	[kg/dm ³]	gęstość wody
Φ_{CW}	55	[°C]	obliczeniowa temperatura c.w.u. w zaworze czerpalnym
Φ_0	10	[°C]	obliczeniowa temperatura wody przed podgrzaniem
k_R	0,9	[-]	współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu
t_R	365	[dzień]	liczba dni w roku
$Q_{W,nd}$	3819,76	[kWh/rok]	Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u.

3.3. Energia końcowa dla systemu ogrzewczego – $Q_{k,H}$, dla systemu przygotowania c.w.u. – $Q_{k,W}$ oraz energie pomocnicze – $E_{el,pom,H}$ i $E_{el,pom,W}$

Zapotrzebowanie na energię pomocniczą dla systemów technicznych (ogrzewczego i przygotowania c.w.u.)				
Zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową $E_{el,pom}$				
dla systemu ogrzewczego - $E_{el,pom,H}$				
Rodzaj urządzenia pomocniczego	Zapotrzebowanie na moc elektryczną do napędu urządzenia pomocniczego	Czas działania urządzenia pomocniczego w ciągu roku	Powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)	Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną dla budynku do systemu ogrzewczego
	$q_{el,H,i}$ [W/m ²]	$t_{el,i}$ [h/rok]	A_f [m ²]	$E_{el,pom,H} = \sum q_{el,H,i} * t_{el,i} * A_f * 10^{-3}$ [kWh/rok]
Pompa obiegowa	0,45	5500	158,58	392,49
Napęd pomocniczy i regulacja kotła	0,45	2200	158,58	156,99
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu ogrzewczego [kWh/rok]			$E_{el,pom,H}$	549,48
dla systemu przygotowania c.w.u. - $E_{el,pom,W}$				
Rodzaj urządzenia pomocniczego	Zapotrzebowanie na moc elektryczną do napędu urządzenia pomocniczego	Czas działania urządzenia pomocniczego w ciągu roku	Powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)	Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną dla budynku do systemu ogrzewczego
	$q_{el,H,i}$ [W/m ²]	$t_{el,i}$ [h/rok]	A_f [m ²]	$E_{el,pom,H} = \sum q_{el,H,i} * t_{el,i} * A_f * 10^{-3}$ [kWh/rok]
pompa cyrkulacyjna	0,2	8760	158,58	277,83
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania c.w.u. [kWh/rok]			$E_{el,pom,W}$	277,83
Całkowite zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczoną do systemów technicznych - $E_{el,pom}$				
Roczna zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych [kWh/rok]			$E_{el,pom} = E_{el,pom,H} + E_{el,pom,W}$	827,31

Zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku			
Zapotrzebowanie na energię końcową			
dla systemu ogrzewczego - $Q_{k,H}$			
$Q_{H,nd}$	8142,41	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji
$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} * \eta_{H,s} * \eta_{H,d} * \eta_{H,e}$	0,79	[-]	średnia sezonowa sprawność systemu ogrzewania
$Q_{k,H} = Q_{H,nd} / \eta_{H,tot}$	10306,85	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu ogrzewczego
dla systemu przygotowania c.w.u. - $Q_{k,W}$			
$Q_{W,nd}$	3819,76	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u.
$X_{kotła}$	0,60	[-]	udział w rocznym zapotrzebowaniu na energię użytkową do przygotowania c.w.u.
$X_{kolektora}$	0,40	[-]	udział w rocznym zapotrzebowaniu na energię użytkową do przygotowania c.w.u.
$\eta_{W,tot,kolektora} = \eta_{W,tot,kotła} * (0,4/0,8)$	0,29	[-]	średnia sezonowa sprawność kolektora w systemie przygotowania c.w.u.
$\eta_{W,tot,kotła}$	0,58	[-]	średnia sezonowa sprawność kotła w systemie przygotowania c.w.u.
$Q_{k,W,kotła} = X_{kotła} * Q_{W,nd} / \eta_{W,tot,kotła}$	3951,47	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową kotła
$Q_{k,W,kolektora} = X_{kolektora} * Q_{W,nd} / \eta_{W,tot,kolektora}$	5268,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową kolektora
$Q_{k,W} = Q_{k,W,kotła} + Q_{k,W,kolektora}$	9220,11	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania c.w.u.
Całkowite zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do systemów technicznych - Q_K			
$Q_K = Q_{k,H} + E_{el,pom,H} + Q_{k,W} + E_{el,pom,W}$	20354,27	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych

3.4. Energia pierwotna dla systemu ogrzewczego – $Q_{p,H}$ i dla systemu przygotowania c.w.u. – $Q_{p,W}$

Zapotrzebowanie na energię pierwotną dostarczaną do budynku			
Zapotrzebowanie na energię pierwotną			
dla systemu ogrzewczego - $Q_{p,H}$			
W_H	1,1	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla systemu ogrzewczego
$Q_{k,H}$	10306,85	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu ogrzewczego
W_{el}	3,0	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla elektrycznych urządzeń pomocniczych w systemie ogrzewczym
$E_{el,pom,H}$	549,48	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą dostarczoną do budynku dla systemu ogrzewczego
$Q_{p,H}=W_H*Q_{k,H}+W_{el}*E_{el,pom,H}$	12985,97	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla systemu ogrzewczego
dla systemu przygotowania c.w.u. - $Q_{p,W}$			
$W_{w,kotła}$	1,1	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla kotła
$Q_{k,w,kotła}$	3951,47	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla kotła
$W_{w,kolektora}$	0	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla kolektora
$Q_{k,w,kolektora}$	5268,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla kolektora
W_{el}	3,0	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla urządzeń elektrycznych w systemie przygotowania c.w.u.
$E_{el,pom,w}$	277,83	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą dostarczoną do budynku dla systemu przygotowania c.w.u.
$Q_{p,w}=W_{w,kotła}*Q_{k,w,kotła}+W_{w,kolektora}*Q_{k,w,kolektora}+W_{el}*E_{el,pom,w}$	5180,12	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla systemu przygotowania c.w.u.
Całkowite zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych - Q_p			
$Q_p=Q_{p,H}+Q_{p,W}$	18166,09	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dostarczoną do budynku

3.5. Wskaźniki EU_H, EK i EP oraz porównanie wyników z WT 2014 r.

3.5.1. Energia użytkowa

Energia użytkowa - efektywność energetyczna obudowy budynku			
Wskaźnik EU _H			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
Q _{H,nd}	8142,41	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji
EU _H =Q _{H,nd} /A _f	51,35	[kWh/(m ² *rok)]	wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania i wentylacji

$$EU_H = 51,35 \frac{kWh}{m^2 * rok} < EU_{H,max} = 60 \frac{kWh}{m^2 * rok}$$

3.5.2. Energia końcowa

Energia końcowa - sprawność systemów technicznych budynku, koszty eksploatacji budynku			
Wskaźnik EK			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
Q _k =Q _{K,H} +Q _{k,W} +E _{el,pom}	20354,27	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych
EK=Q _k /A _f	128,35	[kWh/(m ² *rok)]	wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową

3.5.3. Energia pierwotna

Energia pierwotna - wpływ budynku na środowisko, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii			
Wskaźnik EP			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
Q _p =Q _{p,H} +Q _{p,W}	18166,09	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dostarczoną do systemów technicznych
EP=Q _p /A _f	114,55	[kWh/(m ² *rok)]	wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną
EP _{H+W}	120	[kWh/(m ² *rok)]	maksymalna wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną wg WT2014

$$EP_{H+W} = 114,55 \frac{kWh}{m^2 * rok} < EP_{H+W,max} = 120 \frac{kWh}{m^2 * rok}$$

3.6. Emisja CO₂ oraz udział OZE

3.6.1. Emisja CO₂

Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ w budynku			
Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ przez system grzewczy E _{CO2,H}			
Q _{k,H}	10306,85	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu grzewczego
W _{e,H}	55,82	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla gazu ziemnego
$E_{CO2,H}=36*10^{-7}*Q_{k,H}*W_{e,H}$	2,07	[t CO ₂ /rok]	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez system grzewczy
Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ przez system przygotowania c.w.u. E _{CO2,W}			
Q _{k,W,kotła}	3951,47	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla kotła
W _{e,W,kotła}	55,82	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla gazu ziemnego
Q _{k,W,kolektora}	5268,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla kolektora
W _{e,W,kolektora}	0	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla kolektora
$E_{CO2,W}=36*10^{-7}*(Q_{k,W,kotła}*W_{e,W,kotła}+Q_{k,W,kolektora}*W_{e,W,kolektora})$	0,79	[t CO ₂ /rok]	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez system przygotowania c.w.u.
Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ przez urządzenie pomocnicze w systemach technicznych E _{CO2,pom}			
E _{el,pom,H}	549,48	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dla systemu grzewczego
W _{e,pom,H}	236,4	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej systemowej
E _{el,pom,W}	277,83	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dla systemu przygotowania c.w.u.
W _{e,pom,W}	236,4	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej systemowej
$E_{CO2,pom}=36*10^{-7}*(E_{el,pom,H}*W_{e,pom,H}+E_{el,pom,W}*W_{e,pom,W})$	0,70	[t CO ₂ /rok]	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez urządzenie pomocnicze w systemach technicznych
Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ w budynku E _{CO2}			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
$E_{CO2}=(E_{CO2,H}+E_{CO2,W}+E_{CO2,pom})/A_f$	0,023	[t CO ₂ /(m ² *rok)]	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw w budynku

3.6.2. Udział OZE

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE)			
Udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową U_{OZE}			
$Q_{k,H,OZE}$	0	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu ogrzewczego zapewniane przez odnawialne źródło energii
$Q_{k,W,OZE}$	5268,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla przygotowania c.w.u. zapewniane przez odnawialne źródło energii
$E_{el,pom,OZE}$	0	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową zapewniane przez odnawialne źródło energii
Q_k	20354,27	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych
$U_{OZE}=100\%* (Q_{k,H,OZE}+Q_{k,W,OZE}+E_{el,pom,OZE})/Q_k$	25,88	[%]	Udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową

3.7. Sporządzenie świadectwa charakterystyki energetycznej budynku

Wartość obliczeniowa rocznej ilości zużywanego nośnika energii

System ogrzewania

1) Gaz ziemny

$$C_H = \frac{Q_{k,H} * 3,6}{A_f * W_0} = \frac{10306,85 * 3,6}{158,58 * 36,12} = 6,48 \frac{m^3}{rok * m^2}$$

2) Energia elektryczna

$$C_{el,H} = \frac{E_{el,pom,H}}{A_f} = \frac{549,48}{158,58} = 3,47 \frac{kWh}{rok * m^2}$$

System przygotowania c.w.u.

1) Gaz ziemny

$$C_W = \frac{Q_{k,W,kotła} * 3,6}{A_f * W_0} = \frac{3951,47 * 3,6}{158,58 * 36,12} = 2,48 \frac{m^3}{rok * m^2}$$

2) Kolektory słoneczne

$$C_{W,kolektora} = \frac{Q_{k,W,kolektora}}{A_f} = \frac{5268,63}{158,58} = 33,22 \frac{kWh}{rok * m^2}$$

3) Energia elektryczna

$$C_{el,W} = \frac{E_{el,pom,W}}{A_f} = \frac{277,83}{158,58} = 1,75 \frac{kWh}{rok * m^2}$$

4. Charakterystyka energetyczna budynku – wariant niskoenergetyczny

4.1. Proponowane zmiany projektowe

Zaproponowano zastosowanie wentylacji mechanicznej nawiewno – wywiewnej z odzyskiem ciepła w celu uzyskania standardu budynku niskoenergetycznego ($EU_H \leq 40 \frac{kWh}{m^2 \cdot rok}$)

4.2.a. Energia użytkowa na potrzeby c.o. i wentylacji – $Q_{H,nd}$

4.2.a.1. Dane meteorologiczne miesięczne (dla Legnicy)

Dane meteorologiczne - miesięczne										
Lp	Miesiąc	Średnia temperatura powietrza zewnętrznego	Sumy miesięczne promieniowania całkowitego na płaszczyznę pionową							
		[°C]	[kWh/(m ² *m-c)]							
			N__90	NE_90	E__90	SE_90	S__90	SW_90	W__90	NW_90
1	Styczeń	1,81	19,55	19,55	21,55	31,62	36,78	31,84	21,71	19,55
2	Luty	-0,93	23,10	23,25	29,08	38,86	41,58	33,62	25,27	23,10
3	Marzec	4,38	46,44	47,91	57,35	70,17	74,55	64,36	52,51	46,87
4	Kwiecień	8,12	65,89	70,84	80,84	88,21	89,79	86,29	78,78	69,86
5	Maj	13,2	88,79	99,85	110,22	111,35	106,58	111,19	108,47	97,53
6	Czerwiec	16,55	92,48	102,23	112,53	113,21	107,09	111,34	110,79	101,65
7	Lipiec	18,44	100,54	111,08	121,42	121,23	113,24	115,91	115,57	108,11
8	Sierpień	17,87	84,94	92,87	105,44	112,43	110,18	105,56	98,16	89,43
9	Wrzesień	13,31	57,11	57,91	61,20	65,67	68,76	66,83	62,18	58,12
10	Październik	9,43	35,75	36,04	42,60	57,21	67,86	60,42	44,95	36,17
11	Listopad	3,95	18,18	18,18	19,99	27,45	32,10	28,59	20,79	18,18
12	Grudzień	1,69	17,09	17,09	18,18	27,10	31,66	27,68	18,58	17,09

4.2.a.2. Dane ogólne budynku

Dane ogólne budynku			
Dane geometryczne budynku			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)
A _e	488,78	[m ²]	powierzchnia przegród zewnętrznych (otaczających strefę ogrzewaną)
V _w	449,98	[m ³]	kubatura wentylowana (objętość powietrza w strefie ogrzewanej)
V _e	716,40	[m ³]	kubatura ogrzewana (objętość strefy ogrzewanej po obrysie przegród zewnętrznych)
A _e /V _e	0,68	[1/m]	współczynnik kształtu budynku

4.2.a.3. Straty ciepła przez przenikanie

Przenoszenie ciepła przez przenikanie (straty ciepła)						
Współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie H_{tr} [W/K] $H_{tr,i} = \sum_i [b_{tr,i} * (A_i * U_i + \sum_j L_j * \psi_j)]$						
Przegroda	Powierzchnia otworów	Całkowita powierzchnia przegrody (wraz z otworami)	Współczynnik redukcji temperatury	Powierzchnia przegrody (bez otworów)	Współczynnik przenikania ciepła	Współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie
	$A_{0,i}$	$A_{total,i}$	$b_{tr,i}$	$A_i = A_{total,i} - A_{0,i}$	U_i	$H_{tr,i}$
	[m ²]	[m ²]	-	[m ²]	[W/m ² *K]	[W/K]
Dach	-	113,33	1,0	113,33	0,17	19,27
Ściana N	4,41	57,62	1,0	53,21	0,19	10,11
Ściana S	6,75	61,87	1,0	55,12	0,19	10,47
Ściana W	10,10	47,71	1,0	37,61	0,19	7,15
Ściana E	14,22	44,15	1,0	29,93	0,19	5,69
Ściany piwnicy (stykające się z gruntem)	2,16	66,54	0,6	64,38	0,18	6,95
Podłoga na gruncie (z= 0,0m)	-	37,18	0,6	37,18	0,17	3,79
Podłoga na gruncie (z= 2,38m)	-	48,84	0,6	48,84	0,15	4,40
Okna N	-	4,41	1,0	4,41	0,8	3,53
Okna S	-	6,75	1,0	6,75	0,8	5,40
Okna W	-	8,10	1,0	8,10	0,8	6,48
Okna E	-	14,22	1,0	14,22	0,8	11,38
Drzwi zewnętrzne	-	2,00	1,0	2,00	1,3	2,60
Strop przewieszony	-	11,49	1,0	11,49	0,18	2,07
Taras	-	2,21	1,0	2,21	0,19	0,42

Liniowe mostki cieplne	$b_{tr,i}$	l_i	$\psi_{e,i}$	$H_{tr,i}$
	-	[m]	[W/mK]	[W/K]
Dach - ściana zewnętrzna	1,0	42,32	-0,05	-2,12
Naroża zewnętrzne ponad gruntem	1,0	19,24	-0,08	-1,54
Naroża zewnętrzne pod gruntem	0,6	9,52	-0,07	-0,40
Okno (drzwi) - ściana zewnętrzna	1,0	112,8	0,025	2,82
Balkon	1,0	7,72	0,4	3,09
Ściana zewnętrzna - podłoga na gruncie	0,6	45,42	0,01	0,27
Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie [W/K]			$H_{tr} =$	101,82

Ciepło przenoszone przez przenikanie Q_{tr} [kWh/m-c] $Q_{tr}=H_{tr}*(\theta_i-\theta_e)*t_M/1000$				
Miesiąc	Projektowa temperatura wewnętrzna	Średnia temperatura powietrza zewnętrznego	Liczba godzin w miesiącu	Ciepło przenoszone przez przenikanie
	θ_i	θ_e	t_M	$Q_{tr,n}$
	[°C]	[°C]	[h]	[kWh/m-c]
Styczeń	20,32	1,81	744	1402,21
Luty	20,32	-0,93	696	1505,92
Marzec	20,32	4,38	744	1207,52
Kwiecień	20,32	8,12	720	894,39
Maj	20,32	13,2	744	539,37
Czerwiec	20,32	16,55	720	276,38
Lipiec	20,32	18,44	744	142,42
Sierpień	20,32	17,87	744	185,60
Wrzesień	20,32	13,31	720	513,91
Październik	20,32	9,43	744	824,96
Listopad	20,32	3,95	720	1200,09
Grudzień	20,32	1,69	744	1411,30
Całkowite ciepło przenoszone przez przenikanie [kWh/rok]			$Q_{tr}=$	10104,05

4.2.a.4. Straty ciepła przez wentylację

Przenoszenie ciepła przez wentylację (straty ciepła)			
Współczynnik przenoszenia ciepła przez wentylację H_{ve} [W/K] $H_{ve}=\rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k (b_{ve,k} \cdot V_{ve,k,n})$			
Dla wentylacji mechanicznej nawiewno - wywiewnej			
$\rho_a \cdot c_a$	1200	[J/(m ³ *K)]	pojemność cieplna powietrza
Podstawowy strumień powietrza			
A_f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)
$\eta_{oc,1}$	0,8	[-]	skuteczność odzysku ciepła z powietrza wywiewanego
η_{GWC}	0	[-]	skuteczność gruntowego wymiennika ciepła
η_{oc}	0,8	[-]	łączna miesięczna skuteczność zastosowania urządzeń do odzysku ciepła
$b_{ve,1}$	0,2	[-]	czynnik korekty temperatury dla strumienia powietrza zewnętrznego
$V_{ve,1}=V_{su}$	0,111	[m ³ /s]	uśredniony w czasie strumień powietrza zewnętrznego
Dodatkowy strumień powietrza			
V_w	449,98	[m ³]	kubatura wentylowana (objętość powietrza w strefie ogrzewanej)
n_{50}	1,5	[1/h]	krotność wymiany powietrza w budynku wywołana różnicą ciśnień 50 Pa
e	0,02	[-]	współczynnik osłonięcia budynku
f	20	[-]	współczynnik osłonięcia budynku
V_{su}	400	[m ³ /h]	strumień powietrza nawiewanego mechanicznie
V_{ex}	400	[m ³ /h]	strumień powietrza wywiewanego mechanicznie
$b_{ve,2}$	1	[-]	czynnik korekty temperatury dla strumienia powietrza infiltrującego
$V_{ve,2}=V_{x,su}$	0,00375	[m ³ /s]	uśredniony w czasie strumień powietrza infiltrującego
H_{ve}	31,14	[W/K]	Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez wentylację mechaniczną

Ciepło przenoszone przez wentylację Q_{ve} [kWh/m-c] $Q_{ve}=H_{ve}*(\theta_i-\theta_e)*t_M/1000$				
Miesiąc	Projektowana temperatura wewnętrzna	Średnia temperatura powietrza zewnętrznego	Liczba godzin w miesiącu	Ciepło przenoszone przez wentylację
	θ_i	θ_e	t_M	$Q_{ve,n}$
	[°C]	[°C]	[h]	[kWh/m-c]
Styczeń	20,32	1,81	744	428,84
Luty	20,32	-0,93	696	460,56
Marzec	20,32	4,38	744	369,30
Kwiecień	20,32	8,12	720	273,53
Maj	20,32	13,2	744	164,96
Czerwiec	20,32	16,55	720	84,53
Lipiec	20,32	18,44	744	43,56
Sierpień	20,32	17,87	744	56,76
Wrzesień	20,32	13,31	720	157,17
Październik	20,32	9,43	744	252,30
Listopad	20,32	3,95	720	367,03
Grudzień	20,32	1,69	744	431,62
Całkowite ciepło przenoszone przez wentylację [kWh/rok]			$Q_{ve}=$	3090,14

4.2.a.5. Zyski ciepła od promieniowania słonecznego

Zyski ciepła od promieniowania słonecznego			
Parametry przeszkleń			
C	0,70	[-]	udział pola oszklenia do całkowitego pola powierzchni okna
$F_{sh,gl}$	1,00	[-]	czynnik redukcyjny ze względu na zacienienie od ruchomych urządzeń zacieniających
F_{hor}	1,00	[-]	częściowy czynnik redukcyjny dla horyzontu
F_{ov}	0,90	[-]	częściowy czynnik redukcyjny dla zadaszenia
F_{fin}	1,00	[-]	częściowy czynnik redukcyjny dla pilastrów
$F_{sh}=F_{hor}*F_{ov}*F_{fin}$	0,90	[-]	czynnik redukcyjny ze względu na zacienienie przegród zewnętrznych
F_w	0,90	[-]	czynnik korekcyjny dla nierozpraszkającego oszklenia
$g_{gl,n}$	0,55	[-]	współczynnik przepuszczalności energii słonecznej dla promieniowania prostopadłego do oszklenia
$g_{gl}=F_w*g_{gl,n}$	0,50	[-]	współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego

Zyski ciepła od promieniowania słonecznego $Q_{sol,n}$ [kWh/m-c] $Q_{sol,n}=\sum_i[C_i \cdot A_i \cdot I_i \cdot F_{sh,gl} \cdot F_{sh} \cdot g_{gl}]$												
Miesiąc	Powierzchnia okien (w świetle otworu)				Sumy miesięczne promieniowania całkowitego na płaszczyznę pionową				Czynniki redukcyjne ze względu na zacienienie		Współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania	Miesięczne zyski ciepła od promieniowania słonecznego
	A_i [m²]				I_i [kWh/(m²*m-c)]							
	N	S	W	E	N	S	W	E	$F_{sh,gl}$ [-]	F_{sh} [-]	g_{gl} [-]	$Q_{sol,n}$ [kWh/m-c]
Okna odsłonięte												
Styczeń	4,41	6,75	4,50	0,00	19,55	36,78	21,71	21,55	1,00	1,00	0,50	149,74
Luty	4,41	6,75	4,50	0,00	23,10	41,58	25,27	29,08	1,00	1,00	0,50	171,95
Marzec	4,41	6,75	4,50	0,00	46,44	74,55	52,51	57,35	1,00	1,00	0,50	327,19
Kwiecień	4,41	6,75	4,50	0,00	65,89	89,79	78,78	80,84	1,00	1,00	0,50	433,52
Maj	4,41	6,75	4,50	0,00	88,79	106,58	108,47	110,22	1,00	1,00	0,50	554,11
Czerwiec	4,41	6,75	4,50	0,00	92,48	107,09	110,79	112,53	1,00	1,00	0,50	564,54
Lipiec	4,41	6,75	4,50	0,00	100,54	113,24	115,57	121,42	1,00	1,00	0,50	598,67
Sierpień	4,41	6,75	4,50	0,00	84,94	110,18	98,16	105,44	1,00	1,00	0,50	540,54
Wrzesień	4,41	6,75	4,50	0,00	57,11	68,76	62,18	61,20	1,00	1,00	0,50	345,04
Październik	4,41	6,75	4,50	0,00	35,75	67,86	44,95	42,60	1,00	1,00	0,50	283,43
Listopad	4,41	6,75	4,50	0,00	18,18	32,10	20,79	19,99	1,00	1,00	0,50	135,28
Grudzień	4,41	6,75	4,50	0,00	17,09	31,66	18,58	18,18	1,00	1,00	0,50	129,14
Okna zacięnione												
Styczeń	0,00	0,00	3,60	14,22	19,55	36,78	21,71	21,55	1,00	0,90	0,50	119,93
Luty	0,00	0,00	3,60	14,22	23,10	41,58	25,27	29,08	1,00	0,90	0,50	157,31
Marzec	0,00	0,00	3,60	14,22	46,44	74,55	52,51	57,35	1,00	0,90	0,50	313,26
Kwiecień	0,00	0,00	3,60	14,22	65,89	89,79	78,78	80,84	1,00	0,90	0,50	446,92
Maj	0,00	0,00	3,60	14,22	88,79	106,58	108,47	110,22	1,00	0,90	0,50	610,54
Czerwiec	0,00	0,00	3,60	14,22	92,48	107,09	110,79	112,53	1,00	0,90	0,50	623,40
Lipiec	0,00	0,00	3,60	14,22	100,54	113,24	115,57	121,42	1,00	0,90	0,50	668,18
Sierpień	0,00	0,00	3,60	14,22	84,94	110,18	98,16	105,44	1,00	0,90	0,50	577,78
Wrzesień	0,00	0,00	3,60	14,22	57,11	68,76	62,18	61,20	1,00	0,90	0,50	341,21
Październik	0,00	0,00	3,60	14,22	35,75	67,86	44,95	42,60	1,00	0,90	0,50	239,35
Listopad	0,00	0,00	3,60	14,22	18,18	32,10	20,79	19,99	1,00	0,90	0,50	111,97
Grudzień	0,00	0,00	3,60	14,22	17,09	31,66	18,58	18,18	1,00	0,90	0,50	101,47
Całkowite zyski ciepła od promieniowania słonecznego [kWh/rok]											$Q_{sol}=$	8544,47

4.2.a.6. Wewnętrzne zyski ciepła

Wewnętrzne zyski ciepła Q_{int} $Q_{int}=q_{int} \cdot A_f \cdot t_M/1000$			
q_{int}	6,8	[W/m ²]	obciążenie cieplne pomieszczeń zyskami cieplnymi
A_f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)
Miesiąc	Liczba godzin w miesiącu	Miesięczne wewnętrzne zyski ciepła	Efektywne miesięczne wewnętrzne zyski ciepła
	t_M [h]	$Q_{int,n}$ [kWh/m-c]	$Q_{int,eff,n}=\eta_{H,g,n} \cdot Q_{int,n}$ [kWh/m-c]
Styczeń	744	802,29	773,20
Luty	696	750,53	728,89
Marzec	744	802,29	687,82
Kwiecień	720	776,41	510,33
Maj	744	802,29	285,72
Czerwiec	720	776,41	142,60
Lipiec	744	802,29	72,11
Sierpień	744	802,29	101,23
Wrzesień	720	776,41	350,99
Październik	744	802,29	584,59
Listopad	720	776,41	735,45
Grudzień	744	802,29	777,38
Całkowite wewnętrzne zyski ciepła [kWh/rok]	$Q_{int} =$	9472,17	5750,29

4.2.a.7. Współczynnik efektywności wykorzystania zysków ciepła

Współczynnik wykorzystania zysków ciepła w budynku			
Masa termiczna budynku - metoda uproszczona wg PN-EN ISO 13790, tablica 12			
A_f	158,58	[m ²]	powierzchnia użytkowa
$C_m=165000 \cdot A_f$	26165700	[J/K]	pojemność cieplna obudowy budynku (klasa średnia)
$H_{tr,adj}=H_{tr}$	101,82	[W/K]	całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie
$H_{ve,adj}=H_{ve}$	31,14	[W/K]	całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez wentylację
$\tau=(C_m/3600)/(H_{tr,adj}+H_{ve,adj})$	54,67	[h]	stała czasowa budynku
$\tau_{H,0}$	15	[h]	stała czasowa odniesienia dla metody miesięcznej
$a_{H,0}$	1	[-]	parametr liczbowy dla metody miesięcznej
$a_H=a_{H,0}+(\tau/\tau_{H,0})$	4,64	[-]	bezwymiarowy parametr liczbowy

dla każdego miesiąca, jeżeli	$\gamma_H=1$	to	$\eta_{H,gn}=a_H/(a_H+1)$
dla każdego miesiąca, jeżeli	$\gamma_H \neq 1$	to	$\eta_{H,gn}=(1-\gamma_H^{a_H})/(1-\gamma_H^{a_H+1})$

Współczynnik wykorzystania zysków ciepła w trybie ogrzewania $\eta_{H,gn}$ [-]				
Miesiąc	$Q_{H,ht,n}=Q_{tr,n}+Q_{ve,n}$	$Q_{H,gn,n}=Q_{sol,n}+Q_{int,n}$	$\gamma_{H,n}=Q_{H,gn,n}/Q_{H,ht,n}$	$\eta_{H,gn,n}$
	[kWh/m-c]	[kWh/m-c]	[-]	[-]
Styczeń	1831,05	1071,96	0,59	0,96
Luty	1966,48	1079,78	0,55	0,97
Marzec	1576,82	1442,74	0,91	0,86
Kwiecień	1167,92	1656,85	1,42	0,66
Maj	704,33	1966,94	2,79	0,36
Czerwiec	360,91	1964,35	5,44	0,18
Lipiec	185,97	2069,14	11,13	0,09
Sierpień	242,36	1920,60	7,92	0,13
Wrzesień	671,07	1462,65	2,18	0,45
Październik	1077,26	1325,07	1,23	0,73
Listopad	1567,12	1023,65	0,65	0,95
Grudzień	1842,92	1032,90	0,56	0,97

4.2.a.8. Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji

Zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji				
Energia użytkowa do ogrzewania i wentylacji $Q_{H,nd}$ [kWh/m-c] $Q_{H,nd}=Q_{H,ht}-\eta_{H,gn}*Q_{H,gn}$				
Miesiąc	$Q_{H,ht,n}=Q_{tr,n}+Q_{ve,n}$	$\eta_{H,gn,n}$	$Q_{H,gn,n}=Q_{sol,n}+Q_{int,n}$	$Q_{H,nd,n}$
	[kWh/m-c]	[-]	[kWh/m-c]	[kWh/m-c]
Styczeń	1831,05	0,96	1071,96	797,95
Luty	1966,48	0,97	1079,78	917,83
Marzec	1576,82	0,86	1442,74	339,93
Kwiecień	1167,92	0,66	1656,85	78,89
Maj	704,33	0,36	1966,94	3,85
Czerwiec	360,91	0,18	1964,35	0,11
Lipiec	185,97	0,09	2069,14	0,00
Sierpień	242,36	0,13	1920,60	0,01
Wrzesień	671,07	0,45	1462,65	9,86
Październik	1077,26	0,73	1325,07	111,75
Listopad	1567,12	0,95	1023,65	597,47
Grudzień	1842,92	0,97	1032,90	842,09
Energia użytkowa do ogrzewania i wentylacji [kWh/rok]			$Q_{H,nd}=$	3699,74

4.2.b. Energia użytkowa na potrzeby przygotowania c.w.u. – $Q_{W,nd}$

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u. (cieplej wody użytkowej)			
Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u. $Q_{W,nd}$ [kWh/rok]			
$Q_{W,nd}=V_{wi}*A_f*C_w*\rho_w*(\Phi_w-\Phi_0)*k_R*t_R/3600$			
V_{wi}	1,4	[dm ³ /(m ² *dzień)]	jednostkowe zapotrzebowanie na c.w.u.
A_f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
C_w	4,19	[kJ/(kg*K)]	ciepło właściwe wody
ρ_w	1	[kg/dm ³]	gęstość wody
Φ_{CW}	55	[°C]	obliczeniowa temperatura c.w.u. w zaworze czerpalnym
Φ_0	10	[°C]	obliczeniowa temperatura wody przed podgrzaniem
k_R	0,9	[-]	współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu
t_R	365	[dzień]	liczba dni w roku
$Q_{W,nd}$	3819,76	[kWh/rok]	Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u.

4.3. Energia końcowa dla systemu grzewczego – $Q_{k,H}$, dla systemu przygotowania c.w.u. – $Q_{k,W}$ oraz energie pomocnicze – $E_{el,pom,H}$ i $E_{el,pom,W}$

Zapotrzebowanie na energię pomocniczą dla systemów technicznych (grzewczego i przygotowania c.w.u.)				
Zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową $E_{el,pom}$				
dla systemu grzewczego - $E_{el,pom,H}$				
Rodzaj urządzenia pomocniczego	Zapotrzebowanie na moc elektryczną do napędu urządzenia pomocniczego	Czas działania urządzenia pomocniczego w ciągu roku	Powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)	Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną dla budynku do systemu grzewczego
	$q_{el,H,i}$ [W/m ²]	$t_{el,i}$ [h/rok]	A_f [m ²]	$E_{el,pom,H} = \sum q_{el,H,i} \cdot t_{el,i} \cdot A_f \cdot 10^{-3}$ [kWh/rok]
Pompa obiegowa	0,45	5500	158,58	392,49
Napęd pomocniczy i regulacja kotła	0,45	2200	158,58	156,99
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu grzewczego [kWh/rok]			$E_{el,pom,H}$	549,48
dla systemu przygotowania c.w.u. - $E_{el,pom,W}$				
Rodzaj urządzenia pomocniczego	Zapotrzebowanie na moc elektryczną do napędu urządzenia pomocniczego	Czas działania urządzenia pomocniczego w ciągu roku	Powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchowa)	Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną dla budynku do systemu grzewczego
	$q_{el,H,i}$ [W/m ²]	$t_{el,i}$ [h/rok]	A_f [m ²]	$E_{el,pom,H} = \sum q_{el,H,i} \cdot t_{el,i} \cdot A_f \cdot 10^{-3}$ [kWh/rok]
pompa cyrkulacyjna	0,2	8760	158,58	277,83
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania c.w.u. [kWh/rok]			$E_{el,pom,W}$	277,83
Całkowite zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczoną do systemów technicznych - $E_{el,pom}$				
Roczna zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych [kWh/rok]			$E_{el,pom} = E_{el,pom,H} + E_{el,pom,W}$	827,31

Zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku			
Zapotrzebowanie na energię końcową			
dla systemu ogrzewczego - $Q_{k,H}$			
$Q_{H,nd}$	3699,74	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji
$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} * \eta_{H,s} * \eta_{H,d} * \eta_{H,e}$	0,79	[-]	średnia sezonowa sprawność systemu ogrzewania
$Q_{k,H} = Q_{H,nd} / \eta_{H,tot}$	4683,21	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu ogrzewczego
dla systemu przygotowania c.w.u. - $Q_{k,W}$			
$Q_{W,nd}$	3819,76	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u.
$X_{kotła}$	0,60	[-]	udział w rocznym zapotrzebowaniu na energię użytkową do przygotowania c.w.u.
$X_{kolektora}$	0,40	[-]	udział w rocznym zapotrzebowaniu na energię użytkową do przygotowania c.w.u.
$\eta_{W,tot,kolektora} = \eta_{W,tot,kotła} * (0,4/0,8)$	0,29	[-]	średnia sezonowa sprawność kolektora w systemie przygotowania c.w.u.
$\eta_{W,tot,kotła}$	0,58	[-]	średnia sezonowa sprawność kotła w systemie przygotowania c.w.u.
$Q_{k,W,kotła} = X_{kotła} * Q_{W,nd} / \eta_{W,tot,kotła}$	3951,47	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową kotła
$Q_{k,W,kolektora} = X_{kolektora} * Q_{W,nd} / \eta_{W,tot,kolektora}$	5268,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową kolektora
$Q_{k,W} = Q_{k,W,kotła} + Q_{k,W,kolektora}$	9220,11	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania c.w.u.
Całkowite zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do systemów technicznych - Q_K			
$Q_K = Q_{k,H} + E_{el,pom,H} + Q_{k,W} + E_{el,pom,W}$	14730,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do sytemów technicznych

4.4. Energia pierwotna dla systemu ogrzewczego – $Q_{p,H}$ i dla systemu przygotowania c.w.u. – $Q_{p,W}$

Zapotrzebowanie na energię pierwotną dostarczaną do budynku			
Zapotrzebowanie na energię pierwotną			
dla systemu ogrzewczego - $Q_{p,H}$			
w_H	1,1	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla systemu ogrzewczego
$Q_{k,H}$	4683,21	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu ogrzewczego
w_{el}	3,0	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla elektrycznych urządzeń pomocniczych w systemie ogrzewczym
$E_{el,pom,H}$	549,48	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą dostarczoną do budynku dla systemu ogrzewczego
$Q_{p,H}=w_H*Q_{k,H}+w_{el}*E_{el,pom,H}$	6799,97	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla systemu ogrzewczego
dla systemu przygotowania c.w.u. - $Q_{p,W}$			
$w_{w,kotła}$	1,1	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla kotła
$Q_{k,w,kotła}$	3951,47	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla kotła
$w_{w,kolektora}$	0	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla kolektora
$Q_{k,w,kolektora}$	5268,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla kolektora
w_{el}	3,0	[-]	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla urządzeń elektrycznych w systemie przygotowania c.w.u.
$E_{el,pom,w}$	277,83	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą dostarczoną do budynku dla systemu przygotowania c.w.u.
$Q_{p,w}=w_{w,kotła}*Q_{k,w,kotła}+w_{w,kolektora}*Q_{k,w,kolektora}+w_{el}*E_{el,pom,w}$	5180,12	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla systemu przygotowania c.w.u.
Całkowite zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych - Q_p			
$Q_p=Q_{p,H}+Q_{p,W}$	11980,09	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dostarczoną do budynku

4.5. Wskaźniki EU_H, EK i EP oraz porównanie wyników z WT 2014 r.

4.5.1. Energia użytkowa

Energia użytkowa - efektywność energetyczna obudowy budynku			
Wskaźnik EU _H			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
Q _{H,nd}	3699,74	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji
EU _H =Q _{H,nd} /A _f	23,33	[kWh/(m ² *rok)]	wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania i wentylacji

$$EU_H = 23,33 \frac{kWh}{m^2 * rok} < EU_{H,max} = 40 \frac{kWh}{m^2 * rok}$$

4.5.2. Energia końcowa

Energia końcowa - sprawność systemów technicznych budynku, koszty eksploatacji budynku			
Wskaźnik EK			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
Q _k =Q _{K,H} +Q _{k,W} +E _{el,pom}	14730,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych
EK=Q _k /A _f	92,89	[kWh/(m ² *rok)]	wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową

4.5.3. Energia pierwotna

Energia pierwotna - wpływ budynku na środowisko, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii			
Wskaźnik EP			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
Q _p =Q _{p,H} +Q _{p,W}	11980,09	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dostarczoną do systemów technicznych
EP=Q _p /A _f	75,55	[kWh/(m ² *rok)]	wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną
EP _{H+W}	120	[kWh/(m ² *rok)]	maksymalna wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną wg WT2014

$$EP_{H+W} = 75,55 \frac{kWh}{m^2 * rok} < EP_{H+W,max} = 120 \frac{kWh}{m^2 * rok}$$

4.6. Emisja CO₂ oraz udział OZE

4.6.1. Emisja CO₂

Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ w budynku			
Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ przez system grzewczy E _{CO2,H}			
Q _{k,H}	4683,21	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu grzewczego
W _{e,H}	55,82	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla gazu ziemnego
$E_{CO2,H}=36*10^{-7}*Q_{k,H}*W_{e,H}$	0,94	[t CO ₂ /rok]	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez system grzewczy
Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ przez system przygotowania c.w.u. E _{CO2,W}			
Q _{k,W,kotła}	3951,47	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla kotła
W _{e,W,kotła}	55,82	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla gazu ziemnego
Q _{k,W,kolektora}	5268,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla kolektora
W _{e,W,kolektora}	0	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla kolektora
$E_{CO2,W}=36*10^{-7}*(Q_{k,W,kotła}*W_{e,W,kotła}+Q_{k,W,kolektora}*W_{e,W,kolektora})$	0,79	[t CO ₂ /rok]	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez system przygotowania c.w.u.
Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ przez urządzenie pomocnicze w systemach technicznych E _{CO2,pom}			
E _{el,pom,H}	549,48	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dla systemu grzewczego
W _{e,pom,H}	236,4	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej systemowej
E _{el,pom,W}	277,83	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dla systemu przygotowania c.w.u.
W _{e,pom,W}	236,4	[t CO ₂ /TJ]	wskaźnik emisji CO ₂ dla energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej systemowej
$E_{CO2,pom}=36*10^{-7}*(E_{el,pom,H}*W_{e,pom,H}+E_{el,pom,W}*W_{e,pom,W})$	0,70	[t CO ₂ /rok]	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez urządzenie pomocnicze w systemach technicznych
Jednostkowa wielkość emisji CO ₂ w budynku E _{CO2}			
A _f	158,58	[m ²]	powierzchnia netto budynku (użytkowa i ruchu)
$E_{CO2}=(E_{CO2,H}+E_{CO2,W}+E_{CO2,pom})/A_f$	0,015	[t CO ₂ /(m ² *rok)]	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw w budynku

4.6.2. Udział OZE

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE)			
Udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową U_{OZE}			
$Q_{k,H,OZE}$	0	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu ogrzewczego zapewniane przez odnawialne źródło energii
$Q_{k,W,OZE}$	5268,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla przygotowania c.w.u. zapewniane przez odnawialne źródło energii
$E_{el,pom,OZE}$	0	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową zapewniane przez odnawialne źródło energii
Q_k	14730,63	[kWh/rok]	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczoną do systemów technicznych
$U_{OZE}=100\%*$ $(Q_{k,H,OZE}+Q_{k,W,OZE}+E_{el,pom,OZE})/Q_k$	35,77	[%]	Udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową

5. Tabelaryczne zestawienie wyników obliczeń charakterystyki energetycznej oraz ilości materiałów izolacyjnych wg pkt 3 i 4

Budynek	$U_{śc}$	U_{dach}	$U_{śc.grunt.}$	$U_{podł1}$	$U_{podł2}$	$U_{strop.przew.}$	U_{taras}	Q_{tr}	Q_{ve}	$Q_{sol}*\eta_{H,gn}$	$Q_{int}*\eta_{H,gn}$	$Q_{H,nd}$	$Q_{W,nd}$
	[W/(m ² *K)]							[kWh/rok]					
pkt 3	0,19	0,17	0,18	0,17	0,15	0,18	0,19	10104,05	8830,92	4419,50	6373,06	8142,41	3819,76
pkt 4	0,19	0,17	0,18	0,17	0,15	0,18	0,19	10104,05	3090,14	3744,16	5750,29	3699,74	3819,76

Budynek	$\eta_{H,tot}$	$\eta_{W,tot}$	$Q_{k,H}$	$Q_{k,W}$	$Q_{p,H}$	$Q_{p,W}$	EU_H	EK	EP	Ilość mat. Izol.
	[-]		[kWh/rok]				[kWh/(m ² *K)]			[m ³]
pkt 3	0,79	0,58	10306,85	9220,11	12985,97	5180,12	51,35	128,35	114,55	69,92
pkt 4	0,79	0,58	4683,21	9220,11	6799,97	5180,12	23,33	92,89	75,55	69,92