

# **OBLICZENIA**

**do projektu klimatyzacji sali wystawienniczej  
w Pałacu Scheiblera Muzeum Kinematografii  
w Łodzi, Pl. Zwycięstwa 1**

## **Spis treści:**

- 1. Obliczenie ilości powietrza wentylacyjnego**
- 2. Zapotrzebowanie ciepła dla klimatyzacji**
- 3. Zapotrzebowanie chłodu dla klimatyzacji**
- 4. Dobór centrali klimatyzacyjnej**
- 5. Dobór agregatu skraplającego**
- 6. Dobór pompy obiegowej nagrzewnicy centrali klimatyzacyjnej**
- 7. Dobór kratki wentylacyjnych nawiewnych**
- 8. Zestawienie zapotrzebowania mocy urządzeń elektrycznych**
- 9. Zestawienie ilości powietrza wentylacyjnego oraz zapotrzebowania ciepła i chłodu**

## I. OBLICZENIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO

### 1. Ilość powietrza wentylacyjnego dla okresu letniego

#### 1.1. Dane wyjściowe

- przeciętna liczba osób przebywających w pomieszczeniu:  $p = 20$  osób
- kubatura pomieszczenia:  $V = 755,2 \text{ m}^3$
- powierzchnia użytkowa:  $F_u = 222,12 \text{ m}^2$
- oblicz. temp. zewnętrzna:  $t_{zlo} = +30^\circ\text{C}$
- normatywna temp. wewnętrzna w pomieszczeniu:  $t_w = +25^\circ\text{C}$
- oblicz. przyrost temp. wewnętrznej w pomieszczeniu:  $\Delta t = 7^\circ\text{C}$
- jednostkowe ciepło całkowite wydzielane przez osobę przy małej aktywności fizycznej:  $q_c = 144 \text{ W/os}$
- jednostkowa wilgoć wydzielana przez osobę przy małej aktywności fizycznej:  $w = 117 \text{ g/h}\times\text{os}$
- średnia intensywność oświetlenia:  $E = 300 \text{ lx}$
- rodzaj zainstalowanego oświetlenia: fluorescencyjne
- współczynnik mocy oświetlenia:  $N = 15 \text{ W/m}^2$
- współczynnik wyrażający stosunek ciepła konwekcyjnego do całkowitej mocy zainstalowanej:  $\beta = 0,15$
- współczynnik dla opraw wentylowanych:  $\alpha = 0$
- współczynnik akumulacji:  $k_o = 1$
- współczynnik jednoczesności wykorzystania mocy zainstalowanej:  $\varphi = 0,9$

#### 1.2. Obliczeniowa temperatura powietrza nawiewanego

$$t_n = t_w - \Delta t$$

$$t_n = 25 - 7 = 18^\circ\text{C}$$

#### 1.3. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego dla okresu letniego

Z obowiązującej normy odczytano parametry:

- $t_{oz} = t_1 = +30^\circ\text{C}$
- $i_1 = 60,7 \text{ kJ/kg}$
- $x_1 = 11,9 \text{ g/kg}$
- $\varphi_1 = 45 \%$

#### 1.4. Parametry powietrza nawiewanego

Dla  $t_n = +18,0^\circ\text{C}$  i temperatury ścianki chłodnicy  $t_{ch} = +10,0^\circ\text{C}$  odczytano z wykresu i-x parametry powietrza nawiewanego:

- $t_n = t_2 = +18,0^\circ\text{C}$
- $i_2 = 41,9 \text{ kJ/kg}$
- $x_2 = 9,4 \text{ g/kg}$
- $\varphi_2 = 71 \%$

#### 1.5. Zyski ciepła całkowitego od ludzi

$$Q_{cl} = p \times q_c \text{ [W]}$$

$$Q_{cl} = 20 \times 144 = 2880 \text{ W}$$

$$Q_{cl} = 2,9 \text{ kW}$$

**1.6. Całkowita moc oświetlenia zainstalowana w pomieszczeniu**

$$N = n \times F_u \text{ [W]}$$

$$N = 15 \times 222,12 = 3\,332 \text{ W}$$

$$N = 3,3 \text{ kW}$$

**1.7. Zyski ciepła od oświetlenia**

$$Q_o = N \times [\beta + (1 - \alpha - \beta) \times k_o] \times \varphi \text{ [kW]}$$

$$Q_o = 3,3 \times [0,15 + (1 - 0 - 0,15) \times 1] \times 0,9 = 3,0 \text{ kW}$$

**1.8. Zyski ciepła całkowitego w pomieszczeniu**

$$Q_c = Q_{cl} + Q_o \text{ [W]}$$

$$Q_c = 2,9 + 3,0 = 5,9 \text{ kW}$$

**1.9. Zyski wilgoci od ludzi**

$$W_1 = p \times w \text{ [g/h]}$$

$$W_1 = 20 \times 117 = 2\,340 \text{ g/h}$$

$$W_1 = 2,3 \text{ kg/h}$$

**1.10. Określenie współczynnika kąтового przemiany**

$$\varepsilon = \frac{Q}{W_1} \text{ [kJ/kg]}$$

$$\varepsilon = \frac{5,9 \times 860 \times 4,19}{2,3} = 9\,244 \text{ kJ/kg}$$

**1.11. Parametry powietrza w pomieszczeniu po przemianie**

Dla współczynnika kąтового przemiany  $\varepsilon = 9244$  i temperatury wewnętrznej  $t_w = +25^\circ\text{C}$  odczytano z wykresu i-x parametry powietrza w pomieszczeniu:

- $t_w = t_3 = +25^\circ\text{C}$
- $i_3 = 52,0 \text{ kJ/kg}$
- $x_3 = 10,7 \text{ g/kg}$
- $\varphi_3 = 53 \%$

**1.12. Ilość powietrza wentylacyjnego**

$$L_w = \frac{Q_c}{1,2 \times \Delta i} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$L_w = \frac{5,9 \times 860 \times 4,19}{1,2 \times (52,0 - 41,9)} = 1\,754 \text{ m}^3\text{/h}$$

**1.13. Sprawdzenie krotności wymian powietrza**

$$n = \frac{L_w}{V} \text{ [wym/h]}$$

$$n = \frac{1754}{755,2} \approx 2,3 \text{ wym/h}$$

**Uwaga:** W bilansie zysków ciepła dla sali pominięto zyski przez powierzchnię dachową przy założeniu, że zostanie ona ocieplona warstwą wełny mineralnej grub. ok. 15 cm.

## 2. Ilość powietrza wentylacyjnego dla okresu zimowego

### 2.1. Dane wyjściowe

- przeciętna liczba osób przebywających w pomieszczeniu:  $p = 20$  osób
- kubatura pomieszczenia:  $V = 755,2 \text{ m}^3$
- powierzchnia użytkowa:  $F_u = 222,12 \text{ m}^2$
- oblicz. temp. wewnętrzna:  $t_{wzo} = +20^\circ\text{C}$
- oblicz. przyrost temperatury w pomieszczeniu  $\Delta t = 7^\circ\text{C}$
- oblicz. temp. zewnętrzna:  $t_{zso} = -20^\circ\text{C}$
- jednostkowe ciepło całkowite wydzielane przez osobę przy małej aktywności fizycznej:  
 $q_c = 144 \text{ W/os}$
- jednostkowa wilgoć wydzielana przez osobę przy małej aktywności fizycznej:  
 $w = 72 \text{ g/h}\times\text{os}$
- jednostkowa ilość powietrza zewn. dla kryterium higienicznego:  $l_h = 30 \text{ m}^3/\text{h}\times\text{os}$
- zyski ciepła od oświetlenia:  $Q_o = 3,0 \text{ kW}$

### 2.2. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego dla okresu zimowego

Z obowiązującej normy odczytano parametry:

- $t_{oz} = t_1 = -20^\circ\text{C}$
- $i_1 = -18,4 \text{ kJ/kg}$
- $x_1 = 0,8 \text{ g/kg}$
- $\phi_1 = 100 \%$

### 2.3. Zyski ciepła całkowitego od ludzi

$$Q_{cl} = p \times q_c \text{ [W]}$$

$$Q_{cl} = 20 \times 144 = 2\,880 \text{ W}$$

$$Q_{cl} = 2,9 \text{ kW}$$

### 2.4. Zyski ciepła całkowitego w pomieszczeniu

$$Q_c = Q_{cl} + Q_o \text{ [W]}$$

$$Q_c = 2,9 + 3,0 = 5,9 \text{ kW}$$

### 2.5. Zyski wilgoci od ludzi

$$W_1 = p \times w \text{ [g/h]}$$

$$W_1 = 20 \times 72 = 1\,440 \text{ g/h}$$

$$W_1 = 1,4 \text{ kg/h}$$

### 2.6. Określenie współczynnika katowego przemiany

$$\varepsilon = \frac{Q_c}{W_1} \text{ [kJ/kg]}$$

$$\varepsilon = \frac{5,9 \times 860 \times 4,19}{1,4} = 15\,186 \text{ kJ/kg}$$

### 2.7. Obliczeniowa ilość powietrza wentylacyjnego dla kryterium higienicznego

$$L_w = p \times l_h \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$L_w = 20 \times 30 = 600 \text{ m}^3/\text{h}$$

## **2.8. Określenie temperatury powietrza nawiewanego**

$$t_n = t_w - \Delta t$$

$$t_n = 20 - 7 = 13^\circ \text{C}$$

## **2.9. Parametry powietrza nawiewanego**

Dla  $t_n = +13^\circ\text{C}$  i  $x_1 = x_2 = 0,8 \text{ g/kg}$  odczytano z wykresu i-x parametry powietrza nawiewanego:

- $t_n = t_2 = +13^\circ\text{C}$
- $i_2 = 15,0 \text{ kJ/kg}$
- $x_2 = 0,8 \text{ g/kg}$
- $\phi_2 = 11 \%$

## **2.10. Parametry powietrza w pomieszczeniu po przemianie**

Dla współczynnika kąтового przemiany  $\varepsilon = 15186$  i temperatury wewnętrznej  $t_3 = +20^\circ\text{C}$  odczytano z wykresu i-x parametry powietrza w pomieszczeniu:

- $t_w = t_3 = +20,0^\circ\text{C}$
- $i_3 = 24,0 \text{ kJ/kg}$
- $x_3 = 1,3 \text{ g/kg}$
- $\phi_3 = 11 \%$

## **2.11. Ilość powietrza wentylacyjnego wg zysków ciepła**

$$L_w = \frac{Q_c}{1,2 \times \Delta i} [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$L_w = \frac{5,9 \times 860 \times 4,19}{1,2 \times (24,0 - 15,0)} = 1969 \text{ m}^3/\text{h}$$

## **2.12. Sprawdzenie krotności wymian powietrza**

$$n = \frac{L_w}{V} [\text{wym/h}]$$

$$n = \frac{1969}{755,2} \approx 2,6 \text{ wym/h}$$

# **II. ZAPOTRZEBOWANIE CIEPŁA DLA KLIMATYZACJI**

## **1. Dane wyjściowe**

- ilość powietrza wentylacyjnego dla okresu zimowego:  $L_{wz} = 1969 \text{ m}^3/\text{h}$
- oblicz. temp. zewn. okresu zimowego:  $t_{zZO} = -20^\circ\text{C}$
- oblicz. temp. wewn. okresu zimowego:  $t_{wZO} = +20^\circ\text{C}$
- sprawność wymiennika krzyżowego: przyjęto  $\eta = 0,5$

## **2. Zapotrzebowanie ciepła**

$$Q = L_{wz} \times C_p \times \Delta t [\text{W}]$$

$$Q = 1969 \times 0,3 \times (20 + 20) \times 1,163 = 27\,479 \text{ W}$$

$$Q = 27,5 \text{ kW}$$

### **3. Obliczeniowa moc cieplna rekuperatora**

$$Q_{\text{rek}} = \eta \times Q \text{ [kW]}$$

$$Q_{\text{rek}} = 0,5 \times 27,5 = 13,75 \text{ kW}$$

### **4. Obliczeniowa moc cieplna dla nagrzewnicy**

$$Q_{\text{N}} = Q - Q_{\text{rek}} \text{ [kW]}$$

$$Q_{\text{N}} = 27,5 - 13,75 = 13,75 \text{ kW}$$

**Uwaga:** Straty ciepła przez przegrody budowlane pokrywane będą instalacją co przy uwzględnieniu docieplenia powierzchni dachowej warstwą wełny mineralnej grub. ok. 15 cm.

## **III. ZAPOTRZEBOWANIE CHŁODU DLA KLIMATYZACJI**

### **1. Dane wyjściowe**

- ilość powietrza wentylacyjnego dla okresu letniego:  $L_{\text{wl}} = 1754 \text{ m}^3$
- oblicz. temp. zewn. okresu letniego:  $t_{\text{zso}} = +30^\circ\text{C}$
- normatywna temp. wewn. okresu letniego:  $t_{\text{wzo}} = +25^\circ\text{C}$
- temp. powietrza nawiewanego: przyjęto  $t_{\text{n}} = +18^\circ\text{C}$
- sprawność wymiennika krzyżowego: przyjęto  $\eta = 0,3$

### **2. Zapotrzebowanie chłodu**

$$Q = L_{\text{wl}} \times C_{\text{p}} \times \Delta t \text{ [W]}$$

$$Q = 1754 \times 0,3 \times (30 - 18) \times 1,163 = 7\,344 \text{ W}$$

$$Q = 7,3 \text{ kW}$$

### **3. Obliczeniowa moc chłodnicza rekuperatora**

$$Q_{\text{rek}} = \eta \times Q \text{ [kW]}$$

$$Q_{\text{rek}} = 0,3 \times 7,3 = 2,2 \text{ W}$$

### **4. Obliczeniowa moc dla chłodnicy**

$$Q_{\text{CH}} = Q - Q_{\text{rek}} \text{ [kW]}$$

$$Q_{\text{CH}} = 7,3 - 2,2 = 5,1 \text{ kW}$$

## **IV. DOBÓR CENTRALI KLIMATYZACYJNEJ**

### **1. Dane wyjściowe**

- ilość powietrza wentylacyjnego:  $L_{\text{w}} = 1969 \text{ m}^3/\text{h}$
- obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła przed i po rekuperacji:  
 $Q = 27,5$ ,  $Q_{\text{N}} = 13,75 \text{ kW}$
- obliczeniowe zapotrzebowanie chłodu przed i po rekuperacji:  
 $Q = 7,3 \text{ kW}$ ,  $Q_{\text{CH}} = 5,1 \text{ kW}$
- odzysk ciepła: 50%
- odzysk chłodu: 30%
- oblicz. temp. czynnika grzejnego  $t_z/t_p = 80/60^\circ\text{C}$

## **2. Dobór centrali**

- w oparciu o program doboru komputerowego przyjęto centralę klimatyzacyjną nawiewno-wywiewną firmy VBW Engineering typu BS-1 (50) o parametrach:

$$L_{wn} = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_{ww} = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p = 400 \text{ Pa}$$

$$n_n = 2840 \text{ obr/min}$$

$$n_w = 2676 \text{ obr/min}$$

$$Q_n = 27,5 \text{ kW}$$

$$Q_{ch} = 14,5 \text{ kW}$$

$$N_{sn} = 0,75 \text{ kW} / 230 \text{ V}$$

$$N_{sw} = 0,75 \text{ kW} / 230 \text{ V}$$

z regulacją automatyczną wydajności powietrznej, cieplnej i chłodniczej oraz regulacją przeciwzamrozeniową centrali.

W załączeniu karta doboru centrali.

## **V. DOBÓR AGREGATU SKRAPLAJĄCEGO**

### **1. Dane wyjściowe**

- zapotrzebowanie chłodu na cele klimatyzacji:  $Q_{CH} = 7,3 \text{ kW}$
- moc chłodnicy freonowej centrali klimatyzacyjnej:  $Q_{CHF} = 14,5 \text{ kW}$
- czynnik chłodniczy: R410A

### **2. Dobór agregatu**

- przyjęto agregat skraplający firmy HITACHI typu RAS-5HNC1E o parametrach:

$$Q_{ch} = 5,7 \div 14,0 \text{ kW}$$

$$N_s = 3,83 \text{ kW} / 3 \times 400 \text{ V}$$

W załączeniu karta doboru agregatu.

## **VI. DOBÓR POMPY OBIEGOWEJ NAGRZEWNICY CENTRALI KLIMATYZACYJNEJ**

### **1. Dane wyjściowe**

- obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła dla centrali:  $Q_c = 27,5 \text{ kW}$
- obliczeniowe temp. czynnika grzejnego:  $t_z/t_p = 80/60^\circ\text{C}$
- opór obiegu grzejnego centrali: przyjęto  $h_o = 2,0 \text{ msw}$

### **2. Obliczeniowa wydajność pompy**

$$V_p = \frac{1,15 \times Q_c \times 860}{1000 \times C \times \Delta t}$$

$$V_p = \frac{1,15 \times 27,5 \times 860}{1000 \times 1 \times 20} = 1,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

### **3. Obliczeniowa wysokość podnoszenia pompy**

$$H_p \geq h_o$$

$$H_p = 2,0 \text{ msw}$$

#### **4. Dobór pompy**

- przyjęto pompę firmy GRUNDFOS typu ALPHA2 25-60 130 o parametrach:  
 $V_p = 1,34 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $H_p = 1,99 \text{ msw}$   
 $N_s = 15,5 \text{ W} / 1 \times 230 \text{ V}$   
 $d_n = 25 \text{ mm}$

### **VII. DOBÓR KRATEK WENTYLACYJNYCH NAWIEWNYCH**

#### **1. Dane wyjściowe**

- ilość powietrza wentylacyjnego:  $L_w = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$
- ilość kratek:  $n = 10$
- wymagany zasięg strumienia powietrza:  $S = 4,5 \text{ m}$
- założona prędkość w strefie przebywania ludzi:  $v_s = 0,3 \text{ m/s}$
- stała zależna od burzliwości strumienia:  $C = 5,7$
- współczynnik kontrakcji:  $\alpha = 0,95$

#### **2. Wymagana powierzchnia przekroju pojedynczej kratki wentylacyjnej**

$$F = \frac{\left( \frac{1}{v_s \times S} \times \frac{L_w}{n} \times \frac{C}{3600} \right)^2}{\alpha} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F = \frac{\left( \frac{1}{0,3 \times 4,5} \times \frac{2000}{10} \times \frac{5,7}{3600} \right)^2}{0,95} = 0,0579 \text{ m}^2$$

#### **3. Dobór kratek nawiewnych**

- przyjęto kratki wentylacyjne nawiewne typu A/IV z dwoma rzędami kierownic oraz przepustnicą wielopłaszczyznową firmy RDJ KLIMA typu KSH-VP o wielkości:  
 $A \times B = 225 \times 225 \text{ mm}$   
 $F = 0,0506 \text{ m}^2$

#### **4. Rzeczywisty zasięg strumienia powietrza**

$$S_{rz} = \frac{C}{3600} \times \frac{\frac{L_w}{n}}{v_s \times \sqrt{F \times \alpha}} \text{ [m]}$$

$$S_{rz} = \frac{5,7}{3600} \times \frac{\frac{2000}{10}}{0,3 \times \sqrt{0,0506 \times 0,95}} = 4,81 \text{ m}$$

#### **5. Prędkość przepływu powietrza w kratce wentylacyjnej**

$$v_k = \frac{\frac{L_w}{n}}{F} \text{ [m/s]}$$

$$v_k = \frac{\frac{2000}{10}}{0,0506 \times 3600} = 1,10 \text{ m/s}$$



**VIII.ZESTAWIENIE MOCY URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH**

Poz.	Nazwa urządzenia	Moc
—	—	kW
1	2	3
1.	Centrala klimatyzacyjna	1,50
2.	Agregat skraplający	3,83
3.	Pompa obiegowa nagrzewnicy centrali	0,04
4.	Oświetlenie wentylatorowni	0,04
	<b>SUMA</b>	<b>5,41</b>

**IX. ZESTAWIENIE ILOŚCI POWIETRZA WENTYLACYJNEGO ORAZ ZAPOTRZEBOWANIA  
CIEPŁA I CHŁODU**

Nr. pom.	Nazwa pomieszczenia	Pow. użytk.	Kub.	Liczba osób	Higieniczny przydział powietrza	Ilość powietrza wentylacyjnego		Obliczeniowa ilość powietrza		Krotność wymian powietrza	Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła		Obliczeniowe zapotrzebowanie chłodu	
						z kryt. higien.	z zysków ciepła	nawiew	wywiew		bez odzysku	z odzyskiem	bez odzysku	z odzyskiem
—	—	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	os.	m <sup>3</sup> /h×p	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	h <sup>-1</sup>	kW	kW	kW	kW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Sala wystawiennicza	222,12	755,2	20	30	600	1969	1969	1969	2,6	27,5	13,75	7,3	5,1