

## 6. Obliczenia dotyczące kotłowni

### 6.1. Dobór pompy kotła nr 1 (cz. nr 5)

$$\Delta p_C = 16,00 \text{ [kPa]}$$

$$\Delta p_C = 1,2 * \Delta p_C$$

$$\Delta p_C = 19,20 \text{ [kPa]}$$

$$\Delta p_C = 1,92 \text{ [m H}_2\text{O]}$$

$$Q_{C.O.1} = 8,79 \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{dla } 85/65 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{C.O.1} = 1,2 * Q_{C.O.}$$

$$Q_{C.O.1} = 10,55 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Pompa o parametrach pracy:

$$\text{spręż dysp.: } D_p = 1,92 \text{ [m H}_2\text{O]}$$

$$\text{wydajność: } Q_{C.O.1} = 10,55 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$\text{śred. króćcy: } DN = 40 \text{ [mm]}$$

$$U = 230 \text{ [V]}$$

### 6.2. Dobór pompy kotła nr 2 (cz. nr 7)

$$\Delta p_C = 17,00 \text{ [kPa]}$$

$$\Delta p_C = 1,2 * \Delta p_C$$

$$\Delta p_C = 20,40 \text{ [kPa]}$$

$$\Delta p_C = 2,04 \text{ [m H}_2\text{O]}$$

$$Q_{C.O.1} = 10,99 \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{dla } 85/65 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{C.O.1} = 1,2 * Q_{C.O.}$$

$$Q_{C.O.1} = 13,19 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Pompa o parametrach pracy:

$$\text{spręż dysp.: } D_p = 2,04 \text{ [m H}_2\text{O]}$$

$$\text{wydajność: } Q_{C.O.1} = 13,19 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$\text{śred. króćcy: } DN = 40 \text{ [mm]}$$

$$U = 230 \text{ [V]}$$

### 6.3. Dobór pompy obiegowej instalacji c.o. (cz. nr 30)

Opór hydrauliczny sieci oraz instalacji wewnętrznej c.o. wg projektu modernizacji kotłowni z 2005 roku - 41,31 kPa

$$\begin{aligned}\Delta p_C &= 75,31 \text{ [kPa]} \\ \Delta p_C &= 1,2 * \Delta p_C \\ \Delta p_C &= 90,37 \text{ [kPa]} \\ \Delta p_C &= 9,04 \text{ [m H}_2\text{O]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{C.O.1} &= 26,38 \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{dla } 75/60 \text{ } ^\circ\text{C} \\ Q_{C.O.1} &= 1,2 * Q_{C.O.} \\ Q_{C.O.1} &= 31,66 \text{ [m}^3\text{/h]}\end{aligned}$$

Pompa o parametrach pracy:

$$\begin{aligned}\text{spręż dysp.:} \quad D_p &= 9,04 \text{ [m H}_2\text{O]} \\ \text{wydajność:} \quad Q_{C.O.1} &= 31,66 \text{ [m}^3\text{/h]} \\ \text{śred. króćcy:} \quad DN &= 65 \text{ [mm]} \\ U &= 380-420 \text{ [V]}\end{aligned}$$

**UWAGA: Pompa z możliwością montażu na rurociągu pionowym**

#### 6.4. Dobór pompy obiegowej ładującej zasobnik c.w.u. (cz. nr 27)

$$\begin{aligned}\Delta p_C &= 26,00 \text{ [kPa]} \\ \Delta p_C &= 1,2 * \Delta p_C \\ \Delta p_C &= 31,20 \text{ [kPa]} \\ \Delta p_C &= 3,12 \text{ [m H}_2\text{O]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{C.O.1} &= 5,86 \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{dla } 75/60 \text{ } ^\circ\text{C} \\ Q_{C.O.1} &= 1,2 * Q_{C.O.} \\ Q_{C.O.1} &= 7,03 \text{ [m}^3\text{/h]}\end{aligned}$$

Pompa o parametrach pracy:

$$\begin{aligned}\text{spręż dysp.:} \quad D_p &= 3,12 \text{ [m H}_2\text{O]} \\ \text{wydajność:} \quad Q_{C.O.1} &= 7,03 \text{ [m}^3\text{/h]} \\ \text{śred. króćcy:} \quad DN &= 32 \text{ [mm]} \\ U &= 230 \text{ [V]}\end{aligned}$$

#### 6.5. Dobór przeponowego naczynia wzbiórczego układu KOCIOŁ-WYMIENNIK (cz. nr 11)

Pojemność instalacji ogrzewania wodnego

$$\begin{aligned}V &= 140 \text{ [dm}^3\text{]} \\ V &= 0,14 \text{ [m}^3\text{]}\end{aligned}$$

Pojemność użytkowa naczynia

$$V_u = V \cdot \rho_1 \cdot \Delta v = 3,1 \quad [\text{dm}^3]$$

$$\Delta v = 0,0224 \quad [\text{dm}^3/\text{kg}]$$

Ciśnienie hydrostatyczne

$$p_{st} = \rho_1 \cdot g \cdot h = 0,10 \quad [\text{bar}]$$

$$h = 1 \quad [\text{m}]$$

Ciśnienie wstępne w naczyniu

$$p = p_{st} + 0,2 = 0,30 \quad [\text{bar}]$$

Pojemność całkowita naczynia

$$V_n = V_u \cdot (p_{\max} + 1) / (p_{\max} - p) = 4,6 \quad [\text{dm}^3]$$

$$p_{\max} = 3 \quad [\text{bar}]$$

Dobrano naczynie wzbiornicze o całkowitej pojemności 8 litrów

Ciśnienie wstępne gazu w naczyniu 1,5 bar

Ciśnienie maksymalne gazu w naczyniu 6,0 bar

Ciśnienie otwarcia zaworu - 3 bar

#### Obliczenia rury wzbiorniczej

Wewnętrzna średnica rury wzbiorniczej

$$d = 0,7 \cdot (V_u)^{0,5} = 1,2 \quad [\text{mm}]$$

przyjęto 20 [mm]

#### **Dobór zaworu bezpieczeństwa kotła nr 1 i kotła nr 2 (cz. nr 3a)**

Sprawdzenie dobrego zaworu tj.: króciec wlotowy 1 1/4", króciec

$A_w =$	12,17	[mm <sup>2</sup> ]	-obliczeniowa pow. Przekroju kanału dopływowego zaworu bezpieczeństwa niezbędna do odprowadzenia wody
$A_p =$	30,35	[mm <sup>2</sup> ]	-obliczeniowa pow. Przekroju kanału dopływowego zaworu bezpieczeństwa niezbędna do odprowadzenia pary
$X_2 =$	0,09		-udział pary w mieszanke parowo- wodnej odprowadzanej przez zawór bezpieczeństwa
$K_1 =$	0,532		-wsp. poprawkowy uwzględniający właściwości czynnika roboczego i jego parametry przed zaworem bezpieczeństwa
$K_2 =$	1		-wsp. poprawkowy uwzględniający wpływ stosunku ciśnień przed i za zaworem bezpieczeństwa
$\alpha =$	0,57		-dopuszczalny współczynnik wypływu zaworu bezpieczeństwa dla par i gazów
$\alpha_c =$	0,36		-dopuszczalny współczynnik wypływu zaworu bezpieczeństwa dla cieczy
$p =$	0,3	[MPa]	-dopuszczalne ciśnienie robocze w instalacji
$p_1 =$	0,33	[MPa]	-ciśnienie zrzutowe (1,1 x p)
$p_2 =$	0	[MPa]	-ciśnienie odpływowe
$m =$	423,6	[kg/h]	-przepustowość kotła
$\rho_1 =$	920,33	[kg/m <sup>3</sup> ]	-gęstość cieczy przed zaworem bezpieczeństwa przy nadziśnieniu p1 i temperaturze T1
$N =$	250	[kW]	-największa, trwała moc cieplna kotła

$i_1 =$	615,99	[kJ/kg]	-entalpia wody przed zaworem bezpieczeństwa przy nadciśnieniu $p_1$
$i_2 =$	417,5	[kJ/kg]	-entalpia wody na wylocie z zaworu bezpieczeństwa przy nadciśnieniu $p_2$
$r =$	2124,62	[kJ/kg]	-ciepło parowania wody przy ciśnieniu przed zaworem

$p_1 =$	0,33	[MPa]	-ciśnienie zrzutowe ( $1,1 \times p$ )
$p_2 =$	0	[MPa]	-ciśnienie odpływowe
$K =$	1,31		-wykładnik adiabatyczny dla pary wodnej nasyconej
$\beta_{kr} =$	0,54		-współczynnik określający krytyczny stosunek ciśnień przed i za zaworem
$\beta =$	0,23		-współczynnik stosunku ciśnień przed i za zaworem

Wymagana powierzchnia przekroju kanału dolotowego zaworu bezpieczeństwa

$$A = A_p + A_w = 42,52 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Powierzchnia przekroju kanału dolotowego zaworu bezpieczeństwa niezbędna do odprowadzenia pary:

$$A_p = \frac{X_2 \times m}{10 \times K_1 \times K_2 \times \alpha \times (p_1 + 0,1)} = 30,35 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Powierzchnia przekroju kanału dolotowego zaworu bezpieczeństwa

$$A_w = \frac{(1 - X_2) \times m}{5,03 \times \alpha_c \times \sqrt{(p_1 - p_2) \times \rho_1}} = 12,17 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$X_2 = \frac{i_1 - i_2}{r} = 0,09$$

$$m \geq \frac{3600 \times N}{r} = 423,61 \text{ [kg/h]}$$

$$\beta \leq \beta_{kr} \rightarrow K_2 = 1$$

$$\beta = \frac{p_2 + 0,1}{p_1 + 0,1} = 0,23$$

$$\beta_{kr} = \left( \frac{2}{K + 1} \right)^{\frac{K}{K-1}} = 0,54$$

Wymagana średnica kanału dolotowego zaworu bezpieczeństwa D:

$$D = 7,4 \text{ [mm]}$$

Dobrano membranowy zawór bezpieczeństwa o poniższej wielkości. Wielkość zaworu dobrano na

Średnica króćca wlotowego 1 1/4 "

Średnica króćca wylotowego 1 1/2 "

Ciśnienie otwarcia 3 [bar]

Dobraną zawór (dla jednego kotła o mocy 250 kW) o średnicy króćca wlotowego 1 1/4" i króćca wyrzutowego 1 1/2" jest prawidłowo dobrany i ma wystarczającą powierzchnię kanału dolotowego

#### 6.6. Dobór przeponowego naczynia wzbiorniczego instalacji i sieci c.o. (cz. nr 24)

Pojemność instalacji ogrzewania wodnego

$$V = 7000 \text{ [dm}^3\text{]}$$

$$V = 7,00 \text{ [m}^3\text{]}$$

Pojemność użytkowa naczynia

$$V_u = V \cdot \rho_1 \cdot \Delta v = 156,8 \text{ [dm}^3\text{]}$$

$$\Delta v = 0,0224 \text{ [dm}^3\text{/kg]}$$

Ciśnienie hydrostatyczne

$$p_{st} = \rho_1 \cdot g \cdot h = 1,62 \text{ [bar]}$$

$$h = 16,5 \text{ [m]}$$

Ciśnienie wstępne w naczyniu

$$p = p_{st} + 0,2 = 1,82 \text{ [bar]}$$

Pojemność całkowita naczynia

$$V_n = V_u \cdot (p_{max} + 1) / (p_{max} - p) = 530,5 \text{ [dm}^3\text{]}$$

$$p_{max} = 3 \text{ [bar]}$$

Dobrano naczynie wzbiornicze o całkowitej pojemności 600 litrów

Ciśnienie wstępne gazu w naczyniu 1,5 bar

Ciśnienie maksymalne gazu w naczyniu 6,0 bar

Ciśnienie otwarcia zaworu - 3 bar

#### Obliczenia rury wzbiorniczej

Wewnętrzna średnica rury wzbiorniczej

$$d = 0,7 \cdot (V_u)^{0,5} = 8,8 \text{ [mm]}$$

$$\text{przyjęto } 25 \text{ [mm]}$$

#### **Dobór zaworu bezpieczeństwa instalacji c.o. (cz. nr 16 )**

Sprawdzenie dobrego zaworu tj.: króciec wlotowy 1 1/4", króciec

$A_w =$	21,90	[mm <sup>2</sup> ]	-obliczeniowa pow. Przekroju kanału dopływowego zaworu bezpieczeństwa niezbędna do odprowadzenia wody
$A_p =$	54,63	[mm <sup>2</sup> ]	-obliczeniowa pow. Przekroju kanału dopływowego zaworu bezpieczeństwa niezbędna do odprowadzenia pary
$X_2 =$	0,09		-udział pary w mieszance parowo- wodnej odprowadzanej przez zawór bezpieczeństwa
$K_1 =$	0,532		-wsp. poprawkowy uwzględniający właściwości czynnika roboczego i jego parametry przed zaworem bezpieczeństwa
$K_2 =$	1		-wsp. poprawkowy uwzględniający wpływ stosunku ciśnień przed i za zaworem bezpieczeństwa
$\alpha =$	0,57		-dopuszczalny współczynnik wypływu zaworu bezpieczeństwa dla par i gazów
$\alpha_c =$	0,36		-dopuszczalny współczynnik wypływu zaworu bezpieczeństwa dla cieczy
$p =$	0,3	[MPa]	-dopuszczalne ciśnienie robocze w instalacji
$p_1 =$	0,33	[MPa]	-ciśnienie zrzutowe (1,1 x p)
$p_2 =$	0	[MPa]	-ciśnienie odpływowe
$m =$	762,5	[kg/h]	-przepustowość kotła
$\rho_1 =$	920,33	[kg/m <sup>3</sup> ]	-gęstość cieczy przed zaworem bezpieczeństwa przy nadciśnieniu $p_1$ i temperaturze $T_1$
$N =$	450	[kW]	-największa, trwała moc cieplna kotła
$i_1 =$	615,99	[kJ/kg]	-entalpia wody przed zaworem bezpieczeństwa przy nadciśnieniu $p_1$
$i_2 =$	417,5	[kJ/kg]	-entalpia wody na wylocie z zaworu bezpieczeństwa przy nadciśnieniu $p_2$
$r =$	2124,62	[kJ/kg]	-ciepło parowania wody przy ciśnieniu przed zaworem
$p_1 =$	0,33	[MPa]	-ciśnienie zrzutowe (1,1 x p)
$p_2 =$	0	[MPa]	-ciśnienie odpływowe
$K =$	1,31		-wykładnik adiabatyczny dla pary wodnej nasyconej
$\beta_{kr} =$	0,54		-współczynnik określający krytyczny stosunek ciśnień przed i za zaworem
$\beta =$	0,23		-współczynnik stosunku ciśnień przed i za zaworem

Wymagana powierzchnia przekroju kanału dolotowego zaworu bezpieczeństwa

$$A = A_p + A_w = 76,54 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Powierzchnia przekroju kanału dolotowego zaworu bezpieczeństwa niezbędna do odprowadzenia

$$A_p = \frac{X_2 \times m}{10 \times K_1 \times K_2 \times \alpha \times (p_1 + 0,1)} = 54,63 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Powierzchnia przekroju kanału dolotowego zaworu bezpieczeństwa

$$A_w = \frac{(1 - X_2) \times m}{5,03 \times \alpha_c \times \sqrt{(p_1 - p_2) \times \rho_1}} = 21,90 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$X_2 = \frac{i_1 - i_2}{r} = 0,09$$

$$m \geq \frac{3600 \times N}{r} = 762,49 \text{ [kg/h]}$$

$$\beta \leq \beta_{kr} \rightarrow K_2 = 1$$

$$\beta = \frac{p_2 + 0,1}{p_1 + 0,1} = 0,23$$

$$\beta_{kr} = \left( \frac{2}{K + 1} \right)^{\frac{K}{K-1}} = 0,54$$

Wymagana średnica kanału dolotowego zaworu bezpieczeństwa D:

$$D = 9,9 \text{ [mm]}$$

Dobrano membranowy zawór bezpieczeństwa o poniższej wielkości. Wielkość zaworu dobrano na

Średnica króćca wlotowego 1 1/4 "

Średnica króćca wylotowego 1 1/2 "

Ciśnienie otwarcia 3 [bar]

Dobrany zawór o średnicy króćca wlotowego 1 1/4" i króćca wyrzutowego 1 1/2" jest prawidłowo dobrany i ma wystarczającą powierzchnię kanału dolotowego