

Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A.
Oddział w Białymstoku
ul. Pułaskiego 17 lok. U2

P R O J E K T

MODERNIZACJI KOTŁOWNI

FAZA : PROJEKT BUDOWLANO – WYKONAWCZY
OBIEKT : Szkoła Podstawowa
Nowe Kupiski 137, 18-400 Łomża
INWESTOR : Gmina Łomża
18-400 Łomża ul. Skłodowskiej – Curie 1A
AUTOR : mgr inż. Barbara Stempniak
OPRACOWAŁ : dr inż. Andrzej Stempniak

S P I S T R E Ś C I:

1. Opis techniczny	
2. Obliczenia i dobór urządzeń	
3. Schemat technologiczny kotłowni	Rys. nr 1.
4. Rzut kotłowni 1 : 50	Rys. nr 2.
5. Przekroje kotłowni 1 : 50	Rys. nr 3.
6. Przekrój komina 1 : 50	Rys. nr 4.

Białystok, październik 2013 r.

OPIS TECHNICZNY

1. Temat i zakres opracowania

Tematem opracowania jest projekt wykonawczy modernizacji istniejącej kotłowni olejowej, która jest źródłem ciepła dla budynków Szkoły Podstawowej w Nowych Kupiskach. Projekt będzie obejmował dobór nowych urządzeń technologicznych kotłowni przystosowanej do spalania granulatu drzewnego (peletów) z jednoczesnym dostosowaniem ich parametrów technicznych do obniżonego (w wyniku termomodernizacji budynków) zapotrzebowania na moc cieplną.

2. Podstawa opracowania

Podstawą wykonania projektu były:

- Zlecenie inwestora;
- „P.T. technologiczny – zamienny kotłowni olejowej dla Szkoły Podstawowej w Kupiskach Nowych” Łomża, marzec 1996 r.
- „Audyt energetyczny budynku Szkoły Podstawowej w Kupiskach” NAPE S.A. Oddział Białystok, 2103 r.
- „Projekt wykonawczy modernizacji instalacji c.o. dla Szkoły Podstawowej w Kupiskach”, NAPE S.A. Oddział Białystok, 2013 r.;
- Polskie Normy i wytyczne projektowania.

3. Dane wyjściowe do projektu

1). Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną na cele c.o.:

- dla budynku Szkoły: $Q_{co} = 87,1 \text{ kW}$,
- dla Sali gimnastycznej: $Q_{co} = 39,1 \text{ kW}$,
- dla mieszkań: $Q_{co} = 3,2 \text{ kW}$,

Razem: $\Sigma Q_{co} = 129,4 \text{ kW}$

2). Obliczeniowe parametry pracy instalacji c.o.: $t_z/t_p = 80/60 \text{ }^\circ\text{C}$,

3). Obliczeniowe opory hydrauliczne instalacji c.o.:

- dla budynku Szkoły: $\Delta p_{co} = 11,8 \text{ kPa}$,
- dla Sali gimnastycznej: $\Delta p_{co} = 13,4 \text{ kPa}$
- dla mieszkań: $\Delta p_{co} = 3,0 \text{ kPa}$

4. Projektowana kotłownia

4.1. Kotły

Dla pokrycia zapotrzebowania na moc cieplną na cele c.o., w wysokości $\Sigma Q_{co} = 129,4 \text{ kW}$, zaprojektowano jeden kocioł na pelety firmy Kostrzewa typu MXB 150, o nominalnej mocy cieplnej 150 kW. Kocioł wyposażony jest w przykotłowy zasobnik paliwa, z którego jest ono podawane na ruszt w sposób automatyczny. Proces spalania odbywa się w sposób ciągły, który jest nadzorowany przez sterownik automatyczny Platinum Bio 2 utrzymujący zadaną temperaturę wody na wypływie z kotła.

Dane techniczne kotła:

- moc znamionowa: 45 - 150 kW,
- maksymalne ciśnienie robocze: 2,5 bary,
- maksymalna temperatura wody: 85 °C,
- minimalna temperatura wody: 60 °C,
- średnia temperatura spalin: 170 °C,
- wymagany ciąg kominowy: 25 Pa,
- pojemność zbiornika paliwa: 305 dm³,
- opory hydrauliczne kotła: 2,2 – 3,5 kPa
- zasilanie elektryczne: 230 V/ 50 Hz
- zabezpieczenie kotła: system otwarty.

4.2. Zabezpieczenie kotłowni i instalacji c.o.

Dla zabezpieczenia kotła zaprojektowano otwarte naczynie wzbiornicze typu A o pojemności użytkowej $V_u = 11 \text{ dm}^3$ oraz pojemności całkowitej $V_c = 15 \text{ dm}^3$. Nowe naczynie należy zamontować pod stropem pomieszczenia kotłowni. Do naczynia należy podłączyć następujące przewody (wg części rysunkowej projektu):

- rurę bezpieczeństwa RB o $D_n = 50 \text{ mm}$;
- rurę wzbiornczą RW o $D_n = 32 \text{ mm}$;
- rurę przelewową RP o $D_n = 50 \text{ mm}$;
- rurę sygnalizacyjną RS o $D_n = 15 \text{ mm}$.

Dla zabezpieczenia instalacji wewnętrznych c.o. zastosowano przeponowe naczynie wzbiornicze firmy Reflex typu NG 50 o pojemności całkowitej $V_c = 50 \text{ dm}^3$. Naczynie do instalacji należy podłączyć rurą wzbiornczą o $D_n = 25 \text{ mm}$. Na rurze wzbiornczej zastosowano zawór kulowy dla odcięcia naczynia przeponowego na czas wykonywania próby ciśnieniowej instalacji c.o. Po próbie ciśnieniowej zawór należy otworzyć i zdemonstrować dzwignię zaworu. Dla zabezpieczenia instalacji c.o. przed przekroczeniem dopuszczalnego ciśnienia zaprojektowano zawór bezpieczeństwa firmy SYR typu 1915 o $d_o = 20 \text{ mm}$ i $d_1 \times d_2 = 25 \times 32 \text{ mm}$. Nastawa ciśnienia: 6 bar.

Dla rozdzielenia obiegu kotłowego (zabezpieczonego naczyniem otwartym) od instalacji c.o. (zabezpieczonych przeponowym naczyniem zamkniętym) konieczne było zastosowanie pośredniego, lutowanego wymiennika ciepła firmy Secespol typu LB 60 – 140 o parametrach pracy:

- moc znamionowa: 130 kW,
- opory czynnika grzewczego: 13,2 kPa,
- opory czynnika ogrzewanego: 13,2 kPa,
- króćce z gwintem zewnętrznym Dn = 32 mm.

UWAGA: Wymiennik należy zamówić wraz z izolacją termiczną.

4.3. Odprowadzenie spalin

Dla odprowadzenia spalin z kotła zastosowano czopuch i komin firmy MK Żary typu MKS 200. Czopuch należy zaizolować termicznie matami z wełny mineralnej o gr. 100 mm z zewnętrzną powłoką aluminiową. Natomiast wolną przestrzeń pomiędzy kominem murowanym i wkładem kominowym należy wypełnić granulatem z wełny mineralnej. Elementy czopucha i komina przedstawiono na rys. nr 4.

4.4. Regulacja „pogodowa” instalacji c.o.

Dla regulacji „pogodowej” instalacji c.o. zaprojektowano zawór mieszający firmy DANFOSS typu HRB 3 o Dn = 32 mm i kv = 16 m³/h z siłownikiem typu AMB 162 o szybkości 140 s/ 90°, V = 230 V/50 Hz. Do sterowania pracą zaworu mieszającego zastosowano regulator firmy DANFOSS typu ECL Comfort 110. Powyższy układ musi być wyposażony w następujące czujniki pomiarowe:

- czujnik temperatury zewnętrznej typu ESMT;
- czujnik temperatury zasilania instalacji c.o. typu ESMU 100, z kieszenią montażową.

UWAGA: Czujnik temperatury zewnętrznej należy zamontować na ścianie zewnętrznej od strony północnej, 2 m nad poziomem terenu - zgodnie z częścią rysunkową projektu.

4.5. Pompy obiegowe

a). pompa obiegu kotłowego

Dla podwyższania temperatury wody powrotnej dopływającej do kotła (do minimalnej temperatury 60 °C) zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu UPS 32 – 30F o parametrach pracy: Gp = 3,2 m³/h, Hp = 1,0 mH₂O, U = 1 x 230 V.

UWAGA: Włączanie pompy powinno być realizowane przez szafę sterowniczą Platinum Bio 2 w oparciu o wskazania dodatkowego czujnika temperatury wody

dopływającej do kotła. Czujnik ten powinien być dodatkowo zamówiony wraz z kieszenią montażową.

b). pompy obiegu pomiędzy kotłem a wymiennikiem ciepła

Dla wymuszenia przepływu wody grzewczej przez wymiennik ciepła zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu UPS 32 – 120F o parametrach pracy na pierwszym biegu: $G_p = 6,4 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_p = 2,0 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

c). pompy obiegu pomiędzy wymiennikiem ciepła a sprzęgłem hydraulicznym

Dla wymuszenia przepływu wody pomiędzy wymiennikiem ciepła i sprzęgłem hydraulicznym zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu UPS 32 – 60F o parametrach pracy na drugim biegu: $G_p = 6,4 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_p = 3,4 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

d). pompy obiegowe dla instalacji wewnętrznych c.o.

Dla wymuszenia przepływu wody instalacyjnej c.o. zaprojektowano następujące pompy obiegowe firmy GRUNDFOS:

- dla instalacji c.o. w budynku szkoły - typu MAGNA 25 – 60 o parametrach pracy: $G_p = 3,74 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_p = 1,9 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.
- dla instalacji c.o. w sali gimnastycznej - typu MAGNA 25 – 40 o parametrach pracy: $G_p = 1,68 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_p = 2,0 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.
- dla instalacji c.o. w mieszkaniach - typu ALPHA2 25 – 40 o parametrach pracy: $G_p = 0,14 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_p = 0,9 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

UWAGA: Należy zdemonstrować istniejące (w instalacjach dla budynku szkoły i sali gimnastycznej) zawory różnicowe, które są zbędne (przy pompach o samoczynnej regulacji parametrów pracy typu MAGNA) i mogą zakłócać pracę instalacji c.o.

4.6. Zabezpieczenie instalacji przed zanieczyszczeniami

Dla zabezpieczenia instalacji c.o. i kotła przed zanieczyszczeniami mechanicznymi zaprojektowano dwa filtry dokładnego oczyszczania firmy POLNA typu FS - 1 ϕ 50 o liczbie oczek 600 szt./cm². Usytuowanie filtrów przedstawiono w części rysunkowej projektu

4.7. Wentylacja kotłowni i magazynu paliwa

Dla doprowadzenia powietrza zewnętrznego do pomieszczenia kotłowni i magazynu paliwa wykorzystane będą istniejące przewody „Zetowe” nawiewne o wymiarach 21 x 21 cm, wykonane z blachy. Natomiast do usuwania powietrza, z tych

pomieszczeń, wykorzystane będą istniejące kanały wentylacji grawitacyjnej o wymiarach 25 x 12,5 cm.

4.8. Skład paliwa

W projekcie zakłada się, że w modernizowanej kotłowni istniejący magazyn oleju (po zdemontowaniu zbiorników oleju) zostanie zaadaptowany na skład worków z peletami.

UWAGA: Dla swobodnego transportu paliwa z magazynu do kotłowni zaprojektowano wykonanie dodatkowego otworu z drzwiami stalowymi o odporności ogniowej EI 60.

4.9. Rurociągi i armatura

Wszystkie rurociągi w kotłowni należy wykonać z rur stalowych czarnych (wg PN - 74/H – 74200) łączonych przez spawanie. Zaprojektowano armaturę, na połączenia gwintowane, dla temperatury czynnika do 100°C i na ciśnienie 0,6 MPa.

4.10. Próby szczelności

Po wykonaniu kotłowni należy przeprowadzić próbę ciśnieniową połączeń przewodów i armatury wodą zimną o ciśnieniu $1,1 \times P_{dop}$.

UWAGA: Na okres próby ciśnieniowej przewodów należy odłączyć kocioł, gdyż dopuszczalne ciśnienie dla kotła wynosi 2,5 bara oraz przeponowe naczynie wzbiornicze!

4.11. Izolacja termiczna rurociągów i urządzeń

Po wykonaniu próby szczelności i sprawdzeniu wszystkich połączeń rurociągi należy zabezpieczyć antykorozyjnie oraz zaizolować izolacją termiczną z pianki poliuretanowej typu ThermaPur o grubościach zgodnych z „Warunkami technicznymi...” (Dz. U. Nr 201, poz. 1238, 2008 r.):

- przewody o średnicy Dn 32: grubość izolacji 40 mm;
- przewody o średnicy Dn 50: grubość izolacji 50 mm;
- czopuch należy zaizolować matami z wełny mineralnej o gr. 100 mm, z zewnętrzną powłoką aluminiową.
- na zamkniętym naczyniu wzbiorniczym i na filtrach należy zamontować oryginalną izolację termiczną, którą należy zakupić wraz z tymi urządzeniem.

Całość prac związanych z budową kotłowni należy wykonać zgodnie z „Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano – montażowych” cz. II.

Wszystkie urządzenia technologiczne zastosowane w kotłowni powinny posiadać certyfikaty, znak bezpieczeństwa typu B lub deklarację zgodności. Powinny być poddawane okresowym przeglądom i kontroli, zgodnie z zaleceniami producenta.

Uwaga: dopuszcza się zastosowanie urządzeń i armatury innych producentów pod warunkiem, że ich parametry techniczne będą odpowiadały parametrom zaprojektowanych urządzeń.

Autor opracowania:
mgr inż. Barbara Stempniak

OBLICZENIA I DOBÓR URZĄDZEŃ

1. Dane wyjściowe

1.1. Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc ciepłą na cele c.o.:

- dla budynku Szkoły: $Q_{co} = 87,1 \text{ kW}$,
- dla Sali gimnastycznej: $Q_{co} = 39,1 \text{ kW}$,
- dla mieszkań: $Q_{co} = 3,2 \text{ kW}$,

Razem: $\Sigma Q_{co} = 129,4 \text{ kW}$

1.2. Obliczeniowe parametry pracy instalacji c.o.: $t_z/t_p = 80/60 \text{ }^\circ\text{C}$,

1.3. Obliczeniowe opory hydrauliczne instalacji c.o.:

- dla budynku Szkoły: $\Delta p_{co} = 11,8 \text{ kPa}$,
- dla Sali gimnastycznej: $\Delta p_{co} = 13,4 \text{ kPa}$
- dla mieszkań: $\Delta p_{co} = 3,0 \text{ kPa}$

2. Dobór urządzeń technologicznych

2.1. Dobór kotłów

Dla pokrycia zapotrzebowania na moc ciepłą na cele c.o., w wysokości $\Sigma Q_{co} = 129,4 \text{ kW}$, zaprojektowano jeden kocioł na pelety firmy Kostrzewa typu MXB 150, o nominalnej mocy cieplnej 150 kW. Kocioł wyposażony jest w przykotłowy zasobnik paliwa, z którego jest ono podawane na ruszt w sposób automatyczny. Proces spalania odbywa się w sposób ciągły, który jest nadzorowany przez sterownik automatyczny Platinum Bio 2 utrzymujący zadaną temperaturę wody na wypływie z kotła.

Dane techniczne kotła:

- moc znamionowa: 45 - 150 kW,
- maksymalne ciśnienie robocze: 2,5 bary,
- maksymalna temperatura wody: 85 $^\circ\text{C}$,
- minimalna temperatura wody: 60 $^\circ\text{C}$,
- średnia temperatura spalin: 170 $^\circ\text{C}$,
- wymagany ciąg kominowy: 25 Pa,
- pojemność zbiornika paliwa: 305 dm³,
- opory hydrauliczne kotła: 2,2 – 3,5 kPa
- zasilanie elektryczne: 230 V/ 50 Hz
- zabezpieczenie kotła: system otwarty.

2.2. Dobór zabezpieczenia kotła

Zgodnie z wymaganiami producenta zastosowane zostanie (jako zabezpieczenie kotła) otwarte naczynie zbiorcze – wg PN – 91/B – 02413.

- wymagana objętość użytkowa naczynia zbiorczego:

$$V_u = 1,1 * V * \rho_1 * \Delta v = 1,1 * 0,4 * 999,7 * 0,0224 = 9,85 \text{ dm}^3$$

gdzie:

$V = 0,4 \text{ m}^3$ – całkowita pojemność instalacji;

$\rho_1 = 999,7 \text{ kg/m}^3$ – gęstość wody przy temperaturze 10°C ;

$\Delta v = 0,0224 \text{ dm}^3/\text{kg}$ – przyrost objętości właściwej wody;

Dla zabezpieczenia kotła zaprojektowano otwarte naczynie zbiorcze typu A o pojemności użytkowej $V_u = 11 \text{ dm}^3$ oraz pojemności całkowitej $V_c = 15 \text{ dm}^3$. Nowe naczynie należy zamontować pod stropem pomieszczenia kotłowni.

- wymagana średnica wewnętrzna rury bezpieczeństwa (RB):

$$d_{RB} = 8,08 * \sqrt[3]{Q} = 8,08 * \sqrt[3]{150} = 42,2 \text{ mm}$$

Dobrano rurę bezpieczeństwa o średnicy $D_n = 50 \text{ mm}$.

- wymagana średnica wewnętrzna rury zbiorczej (RW):

$$d_{RW} = 5,23 * \sqrt[3]{Q} = 5,23 * \sqrt[3]{150} = 27,3 \text{ mm}$$

Dobrano rurę zbiorczą o średnicy $D_n = 32 \text{ mm}$.

- wymagana średnica wewnętrzna rury przelewowej (RP):

$$d_{RP} = d_{RB} = 42,2 \text{ mm}$$

Dobrano rurę przelewową o średnicy $D_n = 50 \text{ mm}$.

- wymagana średnica wewnętrzna rury sygnalizacyjnej (RS):

Dobrano rurę sygnalizacyjną o średnicy $D_n = 15 \text{ mm}$.

2.3. Dobór zabezpieczeń dla instalacji c.o.

a). zabezpieczenie instalacji przed przyrostem objętości czynnika grzejnego za pomocą zamkniętego naczynia przeponowego (wg PN – B – 02414)

- wymagana pojemność użytkowa naczynia zbiorczego:

$$V_u = V * \rho * \Delta v = 1,012 * 999,7 * 0,0287 = 29,04 \text{ dm}^3$$

gdzie:

$V = 1,012 \text{ m}^3$ – całkowita pojemność instalacji;

$\rho_1 = 999,7 \text{ kg/m}^3$ – gęstość wody przy temperaturze 10°C ;

$\Delta v = 0,0287 \text{ dm}^3/\text{kg}$ – przyrost objętości właściwej wody;

- wymagana pojemność całkowita naczynia wzbiorniczego:

$$V_c = V_u * \frac{p_{\max} + 1}{p_{\max} - p} = 29,04 * \frac{6 + 1}{6 - 1,0} = 40,7 \text{ dm}^3$$

gdzie:

$p_{\max} = 6,0 \text{ bar}$ – maksymalne ciśnienie dopuszczalne dla naczynia wzbiorniczego

$p = p_{\text{st}} + 0,2 = 0,8 + 0,2 = 1,0 \text{ bar}$ – ciśnienie statyczne w obiegu

W związku z powyższym dobrano naczynie przeponowe firmy REFLEX typu NG 50 o objętości całkowitej $V_c = 50 \text{ dm}^3$.

- wymagana średnica rury wzbiorniczej:

$$d_{RW} = 0,7 * \sqrt{V_u} = 0,7 * \sqrt{29,04} = 3,77 \text{ mm}$$

Dobrano rurę wzbiornczą o minimalnej, wymaganej średnicy $d_n = 25 \text{ mm}$.

b). zabezpieczenie instalacji przed przekroczeniem dopuszczalnego ciśnienia

Zgodnie z PN-EN ISO 4126-1: 2007 wymagane pole przekroju siedliska zaworu bezpieczeństwa określa zależność:

$$A = \frac{Q_m}{1,61 \cdot K_{dr} \cdot K_v \cdot \sqrt{(p_o - p_b) \cdot \rho}} \text{ [mm}^2\text{]}$$

gdzie:

$Q_m = 5560 \text{ kg/h}$ – maksymalny przepływ wody w obiegu;

$K_{dr} = 0,9 \times 0,25 = 0,225$ – współczynnik wypływu

$K_v = 1,0$ – dla wody

$P_o = 6 + 1 = 7 \text{ bar abs.}$ – maksymalne ciśnienie absolutne dla naczynia wzbiorniczego

$P_p = 0 + 1 = 1 \text{ bar abs.}$ - ciśnienie absolutne wypływu wody

$\rho = 978 \text{ kg/m}^3$ – gęstość wody

$$A = \frac{5560}{1,61 \cdot 0,225 \cdot \sqrt{(7 - 1) \cdot 978}} = 200,4 \text{ mm}^2$$

Stąd średnica siedliska zaworu bezpieczeństwa powinna wynosić:

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 200,4}{3,14}} = 15,98 \text{ mm}$$

W związku z powyższym zaprojektowano zawór bezpieczeństwa firmy SYR typu 1915 o D1 x D2 = 25 x 32 mm i d_o = 20 mm. Nastawa ciśnienia 6 bar.

2.4. Dobór komina i czopucha

Do odprowadzania spalin z projektowanego kotła zaprojektowano czopuch i komin firmy MK Żary typu MKS 200. W związku z tym zostaną przeprowadzone obliczenia sprawdzające, czy układ ten zapewni wymagany ciąg kominowy.

Sprawdzenie wymiarów komina

- teoretyczna jednostkowa objętość spalin powstających przy spaleniu 1 kg paliwa:

$$V_{su} = V_{su}^t + (\lambda - 1) \cdot L_v = 5,46 + (1,3 - 1) \cdot 4,85 = 6,92 \text{ um}^3/\text{kg}$$

gdzie:

V_{su}^t - teoretyczna jednostkowa objętość spalin powstająca ze spalania 1 kg paliwa (um³/kg) – wyznaczana ze wzoru:

$$V_{su}^t = \frac{0,95 \cdot Q_i}{1000} + 1,375 = \frac{0,95 \cdot 4296}{1000} + 1,375 = 5,46 \text{ um}^3/\text{kg}$$

$\lambda = 1,3$ – współczynnik nadmiaru powietrza przy spalaniu peletów;

L_v – teoretyczne zapotrzebowanie na powietrze do spalania paliwa (um³/kg) – wyznaczane ze wzoru:

$$L_v = \frac{1,012 \cdot Q_i}{1000} + 0,5 = \frac{1,012 \cdot 4296}{1000} + 0,5 = 4,85 \text{ um}^3/\text{kg}$$

$Q_i = 18000 \text{ kJ/kg} = 4296 \text{ kcal/kg}$ – średnia wartość opałowa peletów;

- objętość strumienia spalin w warunkach rzeczywistych:

$$V_{su} = B \cdot V_{su}^t = \frac{Q}{Q_i \cdot \eta} \cdot V_{su}^t = \frac{111264}{4296 \cdot 0,83} \cdot 6,92 = 215,93 \text{ um}^3/\text{h}$$

gdzie:

$Q = 129,4 \text{ kW} = 111264 \text{ kcal/h}$ – maksymalne zapotrzebowanie na moc cieplną

$\eta = 0,83$ – nominalna sprawność kotła

$$V_{sr} = V_{su} \cdot \frac{273 + t_s}{273} = 215,93 \cdot \frac{273 + 170}{273} = 350,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

- prędkość przepływu spalin przez kominy o średnicy Dn = 200 mm:

$$w_{sp} = \frac{V_{sr}}{F_k * 3600} = \frac{350,4}{0,0314 * 3600} = 3,1 \text{ m/s}$$

- opory przepływu spalin przez komin i czopuch:

$$\Delta p = R * L + \Sigma \zeta * \frac{w_{sp}^2 * \rho}{2} = 0,45 * (3 + 12,5) + 1,6 * \frac{3,1^2 * 0,809}{2} = 13,2 \text{ Pa}$$

- wymagany ciąg grawitacyjny komina:

$$\Delta p + \Delta p_k = 13,2 + 25 = 38,2 \text{ Pa}$$

gdzie:

$\Delta p_k = 25 \text{ Pa}$ – wymagany ciąg kominowy dla komory paleniskowej;

- ciąg grawitacyjny komina:

$$\Delta H = h * g * (\rho_p - \rho_{sp}) = 12,5 * 9,81 * (1,24 - 0,808) = 52,1 \text{ Pa}$$

$$\Delta H = 52,1 \text{ Pa} > \Delta p + \Delta p_k = 38,2 \text{ Pa}$$

Wysokość czynna komina ($H = 12,5 \text{ m}$) i jego wymiary są wystarczające dla pokonania oporów przepływu spalin przez ciąg grawitacyjny komina.

2.5. Dobór zaworu mieszającego dla regulacji „pogodowej” instalacji c.o.

Dla przepływu wody instalacyjnej $G_{co} = 6,43 \text{ t/h}$ dobrano zawór mieszający firmy DANFOSS typu HBE 3 o $D_n = 32 \text{ mm}$ i $kv = 16 \text{ m}^3/\text{h}$ z siłownikiem typu AMB 162 o szybkości $140 \text{ s/ } 90^\circ$, $V = 230 \text{ V/50 Hz}$. Spadek ciśnienia na zaworze będzie wynosił:

$$\Delta p_M = \left(\frac{G}{kv} \right)^2 * 100 = \left(\frac{6,43}{16} \right)^2 * 100 = 16,15 \text{ kPa}$$

Do sterowania pracą zaworu mieszającego dobrano regulator firmy DANFOSS typu ECL Comfort 110. Układ ten musi być wyposażony w następujące czujniki pomiarowe:

- czujnik temperatury zewnętrznej typu ESMT (nr kat. 084N1012);
- czujnik temperatury zasilania instalacji c.o. typu ESMU100 z kieszenią montażową

2.6. Dobór filtrów

W celu zabezpieczenia kotłowni i instalacji c.o. (z zaworami termostatycznymi) przed zanieczyszczeniami mechanicznymi, które mogą znajdować się w wodzie instalacyjnej zaprojektowano dwa filtry dokładnego oczyszczania firmy POLNA typu

FS-1 o średnicy $D_n = 50 \text{ mm}$ i $kv = 50 \text{ m}^3/\text{h}$. Spadek ciśnienia na filtrze będzie wynosił:

$$\Delta p_F = \left(\frac{G}{kv} \right)^2 * 100 = \left(\frac{6,43}{50} \right)^2 * 100 = 1,65 \text{ kPa}$$

2.7. Dobór pomp obiegowych

a). pompa obiegu kotłowego

- wymagana wydajność pomp obiegowych:

$$G_p = 0,5 * \frac{Q_{co} * 3600}{(t_z - t_p) * c_p} = \frac{0,5 * 150 * 3600}{(80 - 60) * 4,19} = 3220 \text{ kg/h}$$

- wymagana wysokość podnoszenia pomp obiegowych:

$$H_p = 1,1 * \Delta p = 1,1 * 5 = 5,5 \text{ kPa}$$

gdzie:

$\Delta p_i = 5,0 \text{ kPa}$ – opory hydrauliczne instalacji;

Dla podwyższania temperatury wody powrotnej dopływającej do kotła zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu UPS 32 – 30F o parametrach pracy: $G_p = 3,2 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_p = 1,0 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

b). pompy obiegu pomiędzy kotłem a wymiennikiem ciepła

- wymagana wydajność pomp obiegowych:

$$G_p = \frac{Q_{co} * 3600}{(t_z - t_p) * c_p} = \frac{150 * 3600}{(80 - 60) * 4,19} = 6440 \text{ kg/h}$$

- wymagana wysokość podnoszenia pomp obiegowych:

$$H_p = 1,1 * (\Delta p_i + \Delta p_k) = 1,1 * (14,85 + 3,5) = 20,2 \text{ kPa}$$

gdzie:

$\Delta p_k = 3,5 \text{ kPa}$ – opory hydrauliczne kotła;

Δp_i (kPa) – opory hydrauliczne obiegu, wynoszące:

- opory na wymienniku: $\Delta p_W = 13,2 \text{ kPa}$

- opory na filtrze FS-1: $\Delta p_F = 1,65 \text{ kPa}$

Razem: $\Delta p_i = 14,85 \text{ kPa}$

Dla wymuszenia przepływu wody grzewczej przez wymiennik ciepła zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu UPS 32 – 120F o parametrach pracy na pierwszym biegu: $G_p = 6,4 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_p = 2,0 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

c). pompy obiegu pomiędzy wymiennikiem ciepła a sprzęgłem hydraulicznym

- wymagana wydajność pomp obiegowych:

$$Gp = \frac{Q_{co} * 3600}{(t_z - t_p) * c_p} = \frac{150 * 3600}{(80 - 60) * 4,19} = 6440 \text{ kg/h}$$

- wymagana wysokość podnoszenia pomp obiegowych:

$$Hp = 1,1 * (\Delta p_W + \Delta p_M + \Delta p_F) = 1,1 * (13,2 + 16,5 + 1,65) = 34,2 \text{ kPa}$$

gdzie:

- opory na wymienniku: $\Delta p_W = 13,2 \text{ kPa}$
- opory na mieszaczu: $\Delta p_M = 16,5 \text{ kPa}$
- opory na filtrze FS-1: $\Delta p_F = 1,65 \text{ kPa}$

Dla wymuszenia przepływu wody pomiędzy wymiennikiem ciepła i sprzęgłem hydraulicznym zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu UPS 32 – 60F o parametrach pracy na drugim biegu: $Gp = 6,4 \text{ m}^3/\text{h}$, $Hp = 3,4 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

d). pompy obiegowe dla instalacji wewnętrznych c.o.

Dla wymuszenia przepływu wody instalacyjnej c.o. zaprojektowano następujące pompy obiegowe firmy GRUNDFOS:

- **dla instalacji c.o. w budynku szkoły**

- wymagana wydajność pomp obiegowych:

$$Gp = \frac{Q_{co} * 3600}{(t_z - t_p) * c_p} = \frac{87,1 * 3600}{(80 - 60) * 4,19} = 3740 \text{ kg/h}$$

- wymagana wysokość podnoszenia pomp obiegowych:

$$Hp = 1,1 * (\Delta p_{CO} + \Delta p_S) = 1,1 * (11,8 + 5) = 18,5 \text{ kPa}$$

gdzie:

- opory instalacji c.o.: $\Delta p_{CO} = 11,8 \text{ kPa}$
- opory na sprzęgle: $\Delta p_S = 5,0 \text{ kPa}$

Dla wymuszenia przepływu wody przez instalację w budynku szkoły zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu MAGNA 25 – 60 o parametrach pracy: $Gp = 3,74 \text{ m}^3/\text{h}$, $Hp = 1,9 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

- **dla instalacji c.o. w sali gimnastycznej**

- wymagana wydajność pomp obiegowych:

$$Gp = \frac{Q_{co} * 3600}{(t_z - t_p) * c_p} = \frac{39,1 * 3600}{(80 - 60) * 4,19} = 1680 \text{ kg/h}$$

- wymagana wysokość podnoszenia pomp obiegowych:

$$Hp = 1,1 * (\Delta p_{co} + \Delta p_s) = 1,1 * (13,4 + 5) = 20,2 \text{ kPa}$$

gdzie:

- opory instalacji c.o.: $\Delta p_{co} = 13,4 \text{ kPa}$
- opory na sprzęgle: $\Delta p_s = 5,0 \text{ kPa}$

Dla wymuszenia przepływu wody przez instalację w budynku Sali gimnastycznej zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu MAGNA 25 – 40 o parametrach pracy: $Gp = 1,68 \text{ m}^3/\text{h}$, $Hp = 2,0 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

- **dla instalacji c.o. w mieszkaniach**

- wymagana wydajność pomp obiegowych:

$$Gp = \frac{Q_{co} * 3600}{(t_z - t_p) * c_p} = \frac{3,2 * 3600}{(80 - 60) * 4,19} = 140 \text{ kg/h}$$

- wymagana wysokość podnoszenia pomp obiegowych:

$$Hp = 1,1 * (\Delta p_{co} + \Delta p_s) = 1,1 * (3 + 5) = 8,8 \text{ kPa}$$

gdzie:

- opory instalacji c.o.: $\Delta p_{co} = 3,0 \text{ kPa}$
- opory na sprzęgle: $\Delta p_s = 5,0 \text{ kPa}$

Dla wymuszenia przepływu wody przez instalację w mieszkaniach zaprojektowano pompę firmy GRUNDFOS typu ALPHA2 25 – 40 o parametrach pracy: $Gp = 0,14 \text{ m}^3/\text{h}$, $Hp = 0,9 \text{ mH}_2\text{O}$, $U = 1 \times 230 \text{ V}$.

2.8. Wentylacja pomieszczenia kotłowni i magazynu paliwa

Zgodnie z wymaganiami stawianymi kotłowniom na paliwo stałe przekrój poprzeczny przewodów wentylacyjnych powinien wynosić:

$$\text{Nawiew: } F_n = 0,5 \times F_k = 0,5 \times 0,0314 = 0,0157 \text{ m}^2$$

$$\text{Wywiew: } F_w = 0,25 \times F_k = 0,25 \times 0,0314 = 0,00785 \text{ m}^2$$

Dla doprowadzenia powietrza zewnętrznego do pomieszczenia kotłowni i magazynu paliwa wykorzystane będą istniejące przewody „Zetowe” nawiewne o wymiarach 21 x 21 cm ($F_n = 0,0441 \text{ m}^2$), wykonane z blachy. Natomiast do usuwania

powietrza, z tych pomieszczeń, wykorzystane będą istniejące kanały wentylacji grawitacyjnej o wymiarach 25 x 12,5 cm ($F_w = 0,03125 \text{ m}^2$).

WYKAZ URZĄDZEŃ I ARMATURY

Lp.	Wyszczególnienie	Ilość [szt.]	Typ	Producent
1	Kocioł stalowy o mocy 150 kW	1	MXB 150	Kostrzewa
2	Palnik na pelety o mocy 150 kW	1	Platinum Bio	Kostrzewa
3	Szafa sterownicza z czujnikami temperatury	1 kpl.	Platinum Bio 2	Kostrzewa
4	Zbiornik paliwa z podajnikiem	1 kpl.		Kostrzewa
5	Wymiennik ciepła o mocy 130 kW z izolacją termiczną	1 kpl.	LB 60 - 140	SECESPOL
6	Zawór mieszający Dn = 32 mm	1	HRB 3	DANFOSS
6a	Siłownik elektryczny 140s/90°	1	AMB 162	DANFOSS
7	Regulator elektroniczny	1	ECL Comfort 110	DANFOSS
7a	Czujnik temperatury	1	ESMT	DANFOSS
7b	Czujnik temperatury z kieszenią montażową	1 kpl.	ESMU 100	DANFOSS
8	Zamknięte, przeponowe naczynie wzbiorcze Vc = 50 l	1	NG 50	REFLEX
9	Filtr 600 oczek/cm ² Dn = 50 mm	2	FS - 1	POLNA
10	Zawór bezpieczeństwa, do = 20 mm, 25 x 32 mm, nastawa 6 bar	1	1915	SYR
11	Otwarte naczynie wzbiorcze Vc = 15 l, Vu = 11 l	1	A	
12	Pompa obiegowa	1	UPS 32 - 30F	GRUNDFOS
13	Pompa obiegowa	1	UPS 32 - 120F	GRUNDFOS
14	Pompa obiegowa	1	UPS 32 - 60F	GRUNDFOS
15	Pompa obiegowa c.o.	1	MAGNA 25 - 60	GRUNDFOS
16	Pompa obiegowa c.o.	1	MAGNA 25 - 40	GRUNDFOS
17	Pompa obiegowa c.o.	1	ALPHA2 25 - 40	GRUNDFOS
18	Zawór kulowy gwintowany Dn 50	10		
19	Zawór zwrotny gwintowany Dn 50	2		
20	Zawór kulowy gwintowany Dn 32	2		
21	Zawór zwrotny gwintowany Dn 32	1		
22	Zawór kulowy gwintowany Dn 25	2		
23	Zawór kulowy gwintowany Dn 20	2		
24	Zawór kulowy gwintowany Dn 15	1		
25	Czopuch Dn 200, w tym: - redukcja 225/200, L = 200 mm	1 kpl. 1	MKS 200 RD	MK ŻARY

	- kolano 90° z rewizją	1	ŁKR 90°	
	- rura L = 250 mm	1	RP L 250	
	- kolano skrętne 45°	1	SK 0 – 45°	
	- teleskop	2	RPJ	
	- obejma Dn 200	6	OB	
	- obejma Dn 225	1	OB	
26	Komin Dn 200, w tym:	1 kpl.	MKS 200	MK ŻARY
	- wylot ustnikowy	1	MAT	
	- płyta dachowa	1	DH	
	- rura L = 250 mm	1	RP L 250	
	- rura L = 500 mm	2	RP L 500	
	- rura L = 1000 mm	11	RP L 1000	
	- trójnik 45°	1	TR 45°	
	- wyczystka + drzwiczki	1 kpl.	KPR + DR	
	- odskraplacz	1	OD	
	- obejma	17	OB	
	- stabilizator	6	AH	
	- rozeta	1	IP	
T	Termometr 0 – 100 °C	4		
M	Manometr 0 – 0,6 MPa	13		