



Politechnika Wroclawska

WYBRANE ZAGADNIENIA Z WODOCIĄGÓW

Mgr inż. Katarzyna Wartalska



10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia

10.1. Obliczenie wysokości podnoszenia pomp dla założonych strat wysokości ciśnienia w pompowni

Na podstawie wyników hydraulicznych obliczeń sieci wodociągowej dokonano doboru pomp w pompowni II^o, których zadaniem będzie tłoczenie wody do odbiorców.

Dane:

- wydajność pompowni przy rozbiegu Q_{maxh} :

$$Q_{pmax} = 332,2 \text{ dm}^3/\text{s} = 1195,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

- wydajność pompowni przy rozbiegu Q_{minh} :

$$Q_{pmin} = 271,8 \text{ dm}^3/\text{s} = 978,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

- rzędna linii ciśnienia w pompowni przy rozbiegu Q_{maxh} :

$$R_{Qmaxh} = 256,06 \text{ m npm (odczyt z tab. ze strefowaniem sieci – wyniki końcowe)}$$

- rzędna linii ciśnienia w pompowni przy rozbiegu Q_{minh} :

$$R_{Qminh} = 263,09 \text{ m npm (odczyt z tab. ze strefowaniem sieci – wyniki końcowe)}$$



- rzędna dolnego zwierciadła wody w zbiorniku dolnym:

$$R_{zwd} = 210,50 \text{ m npm}$$

- rzędna górnego zwierciadła wody w zbiorniku dolnym:

$$R_{zwg} = 213,50 \text{ m npm}$$

- strata ciśnienia w pompowni przy rozbieżce Q_{maxh} :

$$\Delta h_{pmax} = 2,00 \text{ m}$$

Należy obliczyć stratę ciśnienia w pompowni przy rozbieżce Q_{minh} .

Strata ciśnienia w pompowni zależy od jej wydajności:

$$\Delta h_{pmax} = k_p \cdot Q_{pmax}^2$$

gdzie:

k_p – współczynnik oporności przewodów i armatury w pompowni.

Stąd:

$$k_p = \frac{\Delta h_{pmax}}{Q_{pmax}^2} = \frac{2,00}{0,3322^2} = 18,12 \frac{s^2}{m^5}$$

oraz

$$\Delta h_{pmin} = k_p \cdot Q_{pmin}^2 = 18,12 \cdot 0,2718^2 = 1,34 \text{ m}$$



10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia

W celu doboru pomp należy obliczyć ich wysokości podnoszenia przy rozbiegze Q_{maxh} oraz Q_{minh} .

Przy rozbiegze Q_{maxh} występuje minimalna wysokość podnoszenia pomp H_{pmin} , natomiast przy rozbiegze Q_{minh} – maksymalna wysokość podnoszenia pomp H_{pmax} .

Obliczenie wysokości podnoszenia pomp przy rozbiegze Q_{maxh} :

$$H_{pmin} = R_{Q_{maxh}} + h_{pmax} - R_{zwd} = 263,09 + 1,34 - 210,50 = 53,93 \text{ m}$$

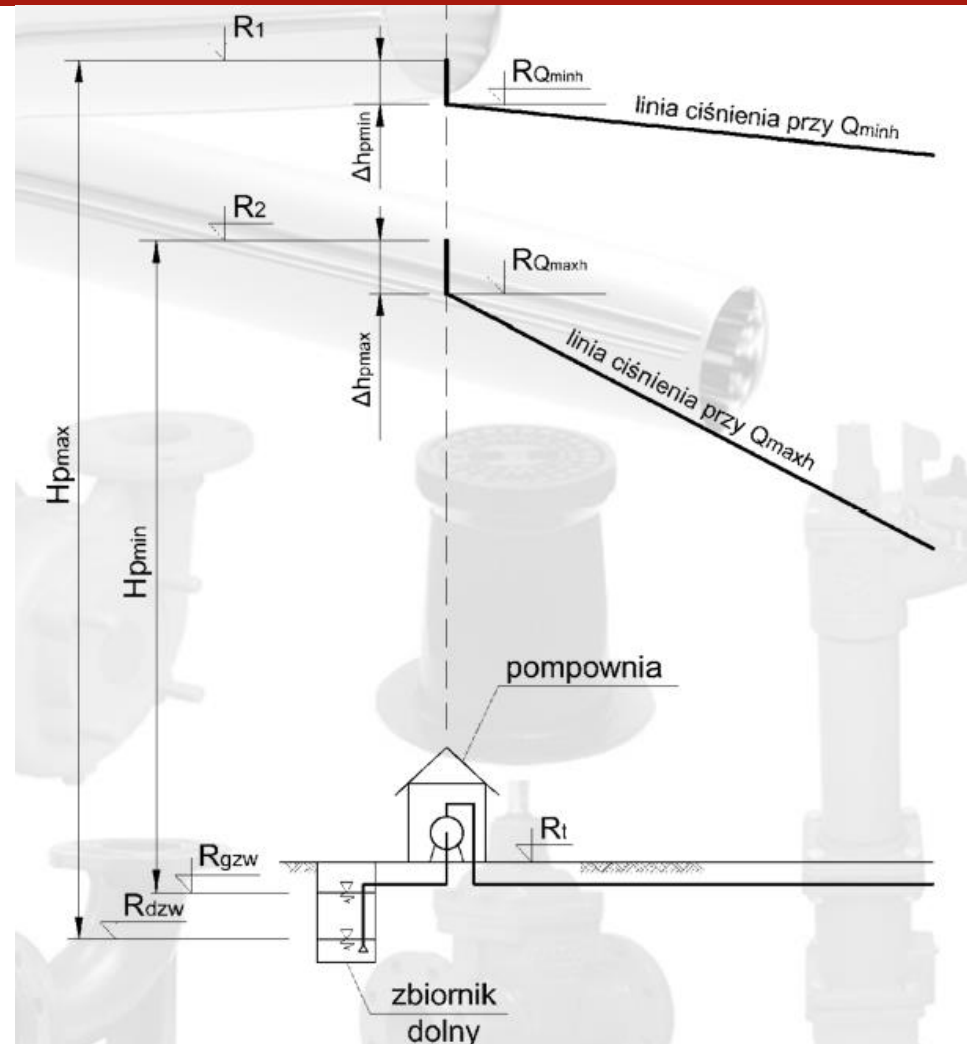
Obliczenie wysokości podnoszenia pomp przy rozbiegze Q_{minh} :

$$H_{pmax} = R_{Q_{minh}} + h_{pmin} - R_{zwd} = 256,06 + 2,00 - 213,50 = 44,56 \text{ m}$$

10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia

Obliczone wysokości podnoszenia pomp należy przedstawić na schemacie.

Wartości podane na tym schemacie powinny być takie same jak na wykresie linii ciśnień.





10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia

10.2. Dobór pomp

W pompowni II^o należy zaprojektować minimum 2 pracujące pompy wirowe.

W niniejszym opracowaniu założono, że w pompowni będą pracować cztery pompy połączone równolegle.

Poniżej obliczono wydajności jednej pompy.

- Wydajność jednej pompy przy rozbiórze Q_{maxh} :

$$Q_{1pmax} = \frac{Q_{pmax}}{n} = \frac{332,2}{4} = 83,1 \frac{dm^3}{s} = 299,2 \frac{m^3}{h}$$

- Wydajność jednej pompy przy rozbiórze Q_{minh} :

$$Q_{1pmin} = \frac{Q_{pmin}}{n} = \frac{271,8}{4} = 68,0 \frac{dm^3}{s} = 244,8 \frac{m^3}{h}$$

Obliczenie średniej wydajności $Q_{1pśr}$ oraz średniej wysokości podnoszenia $H_{pśr}$ jednej pompy:

$$Q_{1pmax} = \frac{Q_{1pmax} + Q_{1pmin}}{2} = \frac{83,1 + 68,0}{2} = 75,6 \frac{dm^3}{s} = 272,2 \frac{m^3}{h}$$

$$H_{pśr} = \frac{H_{pmax} + H_{pmin}}{2} = \frac{53,93 + 44,56}{2} = 49,25 \text{ m}$$



10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia

Pompę należy dobrać tak, aby jej charakterystyka przechodziła pomiędzy punktami:

P1 ($Q_{p1max}; H_{pmin}$) i P2 ($Q_{p1min}; H_{pmax}$)

a sumaryczna charakterystyka n pomp połączonych równolegle między:

P3 ($Q_{pmax}; H_{pmin}$) i P4 ($Q_{pmin}; H_{pmax}$)

Uzyskano dane do doboru pomp:

- Punkt P1 (299,2 m³/h; 44,56 m)
- Punkt P2 (244,8 m³/h; 53,93 m)



10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia

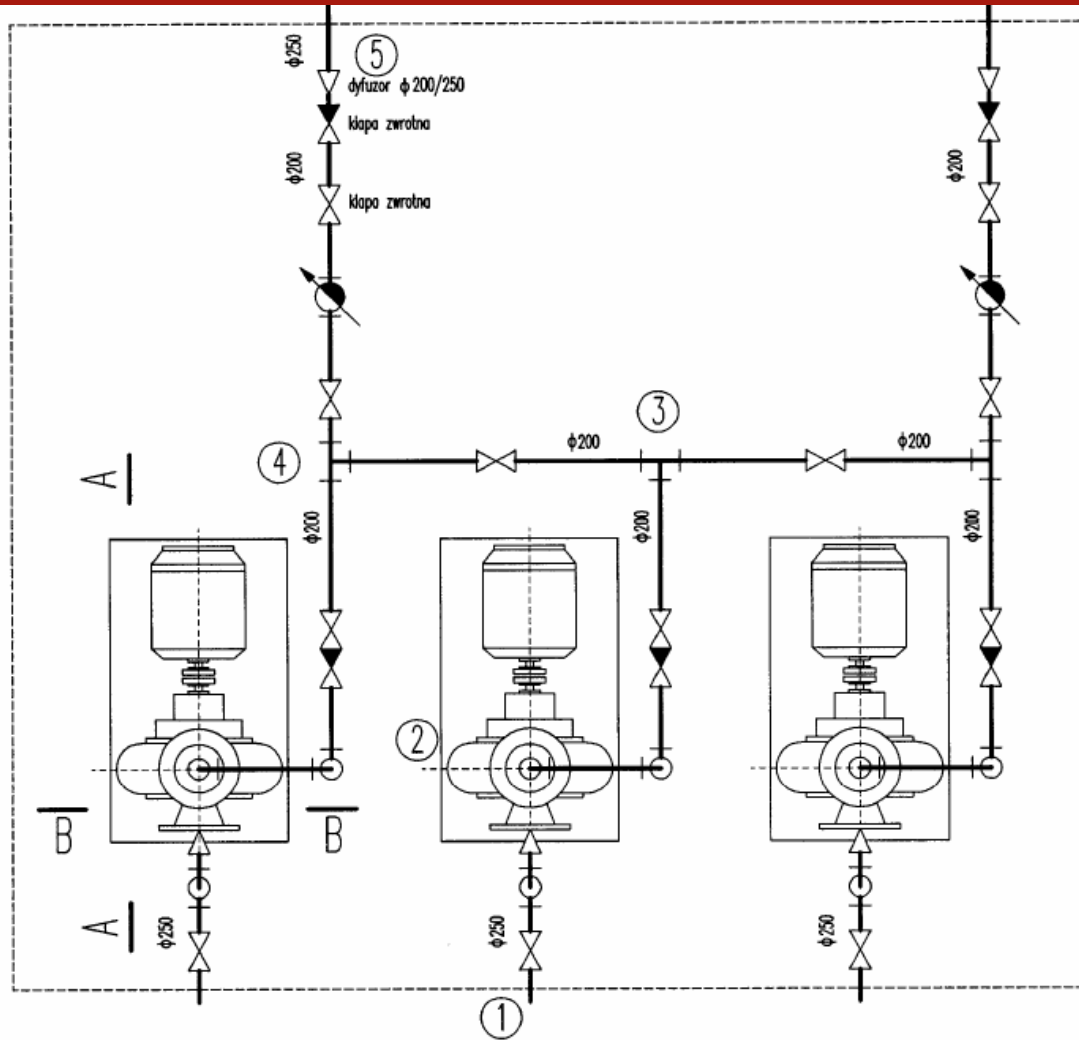
Z katalogu Leszczyńskiej Fabryki Pomp (LFP) przyjęto 4 pompy pracujące oraz jedną rezerwową 125 PJM 200. Na wykresie doboru pomp (rys. 4) przedstawiono charakterystykę pompy 125 PJM 200 oraz naniesiono punkty P1 i P2, których współrzędne odpowiadają wydajności oraz wysokości podnoszenia jednej pompy przy rozborze Q_{maxh} (P1) i rozborze Q_{minh} (P2). Współrzędne charakterystyki zestawiono w tabeli 7.

Tabela 6. Zestawienie współrzędnych charakterystyki pojedynczej pompy oraz całej pompowni.

Nr punktu		1	2	3	4	5	6	Uwagi
Q_{p1}	m ³ /h	0	100	200	300	400	435	Do sporządzenia charakterystyki jednej pompy
$4 \times Q_{p1}$	m ³ /h	0	400	800	1200	1600	1740	Do sporządzenia charakterystyki czterech pompy
H_p	m	56,9	55,8	54,1	47,4	35,4	30,8	Do sporządzenia charakterystyki jednej pompy

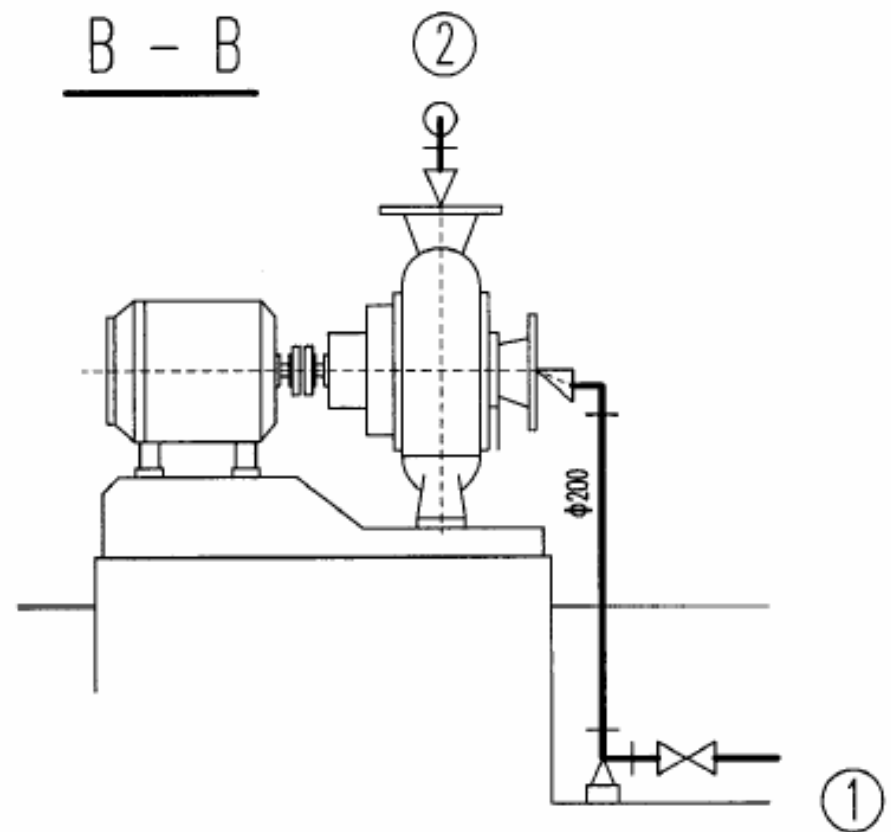
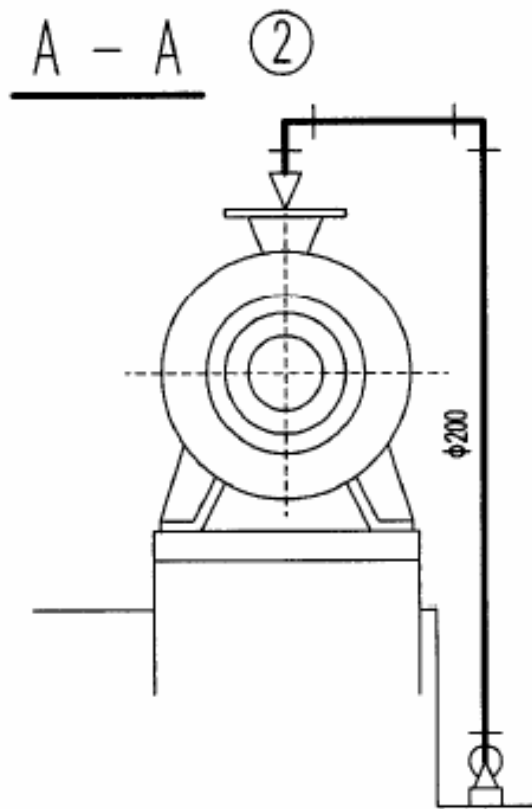


10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia





10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia

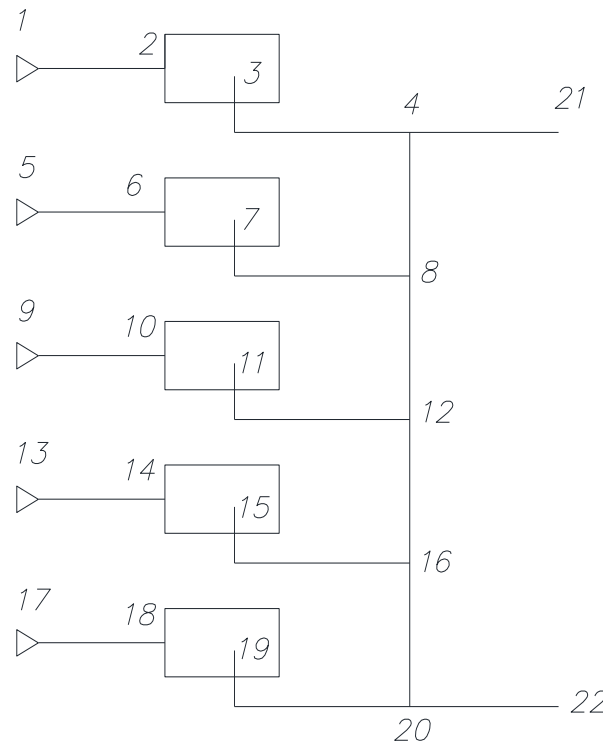




10. Dobór pomp w pompowni drugiego stopnia

10.3. Dobór średnic przewodów ssawnych oraz tłocznych

Na poniższym rysunku przedstawiono schemat obliczeniowy do doboru średnic przewodów ssawnych oraz tłocznych w pompowni drugiego stopnia.





Prędkości przepływu wody wg PN/M-34034

- w przewodach ssawnych pomp wirowych: do 2,0 m/s,
- w przewodach tłocznych pomp wirowych: do 4,0 m/s,
- w magistralach dalekosiężnych: do 3,0 m/s,
- w magistralach zasilających: 1,0 do 3,0 m/s,
- w sieci miejskiej: 0,5 do 1,0 m/s,
- w przewodach zasilających awaryjnych i obiegowych: do 5,0 m/s.

Prędkości przepływu wody wg Gabryszewskiego

- w przewodach **ssawnych** w pompowniach:
 - $v_s = 0,8$ do 1,2 m/s dla $f_i < 250$ mm,
 - $v_s = 1,0$ do 1,5 m/s dla $f_i > 250$ mm, wyjątkowo dopuszcza się 2,0 m/s dla niewielkich długości rurociągów i nieznacznej wysokości ssania
- w przewodach **tłocznych** w pompowniach:
 - $v_{tl} = 1,0$ do 1,5 m/s dla $f_i < 250$ mm,
 - $v_{tl} = 2,0$ do 2,5 m/s dla $f_i > 250$ mm zależnie od ich długości.



Dobór średnic przewodów ssawnych

Przewód ssawny na schemacie pompowni ilustruje odcinek 1 - 2.

Przewody ssawne wszystkich pomp będą miały taką samą średnicę.

Dane do doboru średnicy przewodu ssawnego:

- wydajność pompy (natężenie przepływu wody w przewodzie ssawnym):
- zalecana prędkość przepływu wody:
 - $v_s = 0,8 \div 1,2$ m/s dla $f_i < 250$ mm,
 - $v_s = 1,0 \div 1,5$ m/s dla $f_i > 250$ mm.

Średnice należy dobierać z nomogramu dla $k = 0,4$ mm.



Natężenie przepływu we wszystkich przewodach ssawnych obliczono dzieląc wydajność pompowni przy rozbiorze Q_{pmax} przez liczbę pracujących pomp:

$$Q_s = \frac{Q_{pmax}}{n}, \quad m^3/s$$

gdzie:

Q_{pmax} - wydajność pompowni przy rozbiorze Q_{maxh} , dm^3/s

n - liczba pomp

$$Q_s = \frac{332,2}{4} = 83,1 \, dm^3/s = 0,0831 \, m^3/s$$

Założono prędkość przepływu na poziomie 1,2 m/s, co pozwoliło na obliczenie średnicy przewodu zgodnie z równaniem:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_s}{\pi v_{zał}}}, \quad mm$$

gdzie:

Q_s - natężenie przepływu w przewodzie ssawnym, m^3/s

$v_{zał}$ - założona prędkość przepływu, m/s



$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0831}{3,14 \cdot 1,2}} = 0,297 \text{ m} = 297 \text{ mm}$$

Dobrano rurociąg z żeliwa sferoidalnego z wykładziną cementową firmy Buderus o średnicy nominalnej DN 300 i średnicy wewnętrznej 303,6mm.

Dokonano sprawdzenia prędkości rzeczywistej zgodnie ze wzorem:

$$v = \frac{4 \cdot 0,0831}{3,14 \cdot 0,3036^2} = 1,15 \text{ m/s}$$



Dobór średnic przewodów tłocznych

Przewody tłoczne na schemacie pompowni ilustrują odcinki 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5.

Zalecana prędkość przepływu wody:

- $v_{tl} = 1,0$ do $1,5$ m/s dla $f_i < 250$ mm,
- $v_{tl} = 2,0$ do $2,5$ m/s dla $f_i > 250$ mm

Średnice należy dobierać z nomogramu dla $k = 0,4$ mm.



Natężenie przepływu w przewodach tłocznych **3-4, 7-8, 11-12, 15-16, 19-20, 12-8, 12-16** obliczono dzieląc wydajność pompowni przy rozbiórce Q_{maxh} przez 4:

$$Q_t = \frac{Q_{pmax}}{n}, \quad m^3/s$$

gdzie:

Q_{pmax} - wydajność pompowni przy rozbiórce Q_{maxh} , dm^3/s

n - liczba pomp

$$Q_t = \frac{332,2}{4} = 83,1 \, dm^3/s = 0,0831 \, m^3/s$$

Założono prędkość przepływu na poziomie 1,7 m/s, co pozwoliło na obliczenie średnicy przewodu zgodnie z równaniem:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_t}{\pi v_{zał}}}, \quad mm$$

gdzie:

Q_t - natężenie przepływu w przewodzie ssawnym, m^3/s

$v_{zał}$ - założona prędkość przepływu, m/s



$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0831}{3,14 \cdot 1,7}} = 0,250 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

Dobrano rurociąg z żeliwa sferoidalnego z wykładziną cementową firmy Buderus o średnicy nominalnej DN 250 i średnicy wewnętrznej 252,4 mm.

Dokonano sprawdzenia prędkości rzeczywistej zgodnie ze wzorem:

$$v = \frac{4Q_s}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,0831}{3,14 \cdot 0,2524^2} = 1,66 \text{ m/s}$$

Otrzymana prędkość jest zgodna z normą określoną w [4].



Dobór armatury:

- **Dobór kosza ssawnego z zaworem stopowym**

Dobrano 5 koszy ssawnych z zaworem stopowym firmy Danfoss o średnicy nominalnej DN 300 (nr katalogowy 149B5705). Kartę katalogową dołączono do projektu.

- **Dobór zaworów zwrotnych**

Dobrano 7 zaworów zwrotnych firmy Danfoss, typ 402:

- 5 zaworów o średnicy nominalnej DN 250 (nr katalogowy 149B2230);
- 2 zawory o średnicy nominalnej DN 350 (nr katalogowy 149B2232).

Kartę katalogową dołączono do projektu.

- **Dobór zaworów zasuwowych**

Dobrano 13 zasuw klinowych kołnierzowych płaskich z klinem wygumowanym firmy Zetkama:

- 6 zasuw o średnicy nominalnej DN 350 (nr katalogowy 111 D 350 C 56-J);
- 7 zasuw o średnicy nominalnej DN 250 (nr katalogowy 111 D 250 C 56-J).

Kartę katalogową zasuw dołączono do projektu.



- **Dobór wodomierza**

Do pomiaru ilości tłoczonej wody przyjęto wodomierz śrubowy MW produkowany przez

Wodomierz ten dobrano na przepływ $Q_{wodomierza}$ równy połowie wydajności pompowni w czasie rozbioru Q_{maxh} (Q_{pmax}):

$$Q_{wodomierza} = 0,5 \cdot Q_{pmax} = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{h}$$

Wodomierz dobrano tak, aby przepływ $Q_{wodomierza}$ był mniejszy od maksymalnego roboczego strumienia objętości.

Charakterystyczne parametry przyjętego wodomierza zestawiono poniżej:

- Średnica nominalna DN = mm,
- - nominalny strumień objętości $q_p = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{h}$,
- - maksymalny strumień objętości $q_s = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{h}$,
- - strumień objętości przy stracie ciśnienia 0,1 bar $Q_l = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{h}$.



Nominalny strumień objętości ISO 4064 Nominal flow rate ISO 4064	q_p	m^3/h	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1000	1500
Średnica nominalna Nominal diameter	DN	mm	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500
dla wody zimnej do 50°C for cold water up to 50°C													
Maksymalny strumień objętości Maximum flow rate	q_s	m^3/h	70	100	150	250	300	350	650	1200	1500	2500	4000
Maksymalny roboczy strumień objętości Maximum working flow rate	dobór	m^3/h	35	50	90	125	170	250	325	600	700	1250	2000
Pośredni strumień objętości Transitional flow rate	q_t	m^3/h	2	5	6	6	8	12	12	20	50	100	200
Minimalny strumień objętości Minimum flow rate	q_{min}	m^3/h	0,7	0,75	0,8	1,5	3	3,5	6,5	12	18	30	100
Próg rozruchu Starting flow rate	-	m^3/h	0,25	0,3	0,3	0,5	1	1,5	2,5	5	10	20	40
dla wody gorącej do 130°C for hot water up to 130°C													
Maksymalny strumień objętości Maximum flow rate	q_s	m^3/h	40	70	110	180	250	350	650	1200	-	-	-
Maksymalny roboczy strumień objętości Maximum working flow rate		m^3/h	15	25	40	60	100	150	250	400	-	-	-
Pośredni strumień objętości Transitional flow rate	q_t	m^3/h	3	5	6	6	10	12	20	40	-	-	-
Minimalny strumień objętości Minimum flow rate	q_{min}	m^3/h	1,2	1,5	1,6	2,4	5,5	5,5	10	20	-	-	-
Próg rozruchu Starting flow rate	-	m^3/h	0,5	0,6	0,7	0,9	2	2	4	8	-	-	-
Strumień objętości przy stracie ciśnienia 0,1 bar Flow rate at 0,1 bar head loss	-	m^3/h	38	60	65	100	145	310	550	800	1250	3000	3500