

Ćwiczenie Nr 12

Temat: **RÓWNOWAŻENIE HYDRAULICZNE INSTALACJI**

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z zaworami równoważącymi i porównanie różnych rodzajów równoważenia hydraulicznego instalacji.



A. Zakres przygotowania teoretycznego obowiązującego studentów przed przystąpieniem do ćwiczenia.

1. Graficzne oznaczenia na rysunkach elementów instalacji centralnego ogrzewania [1].
2. Podstawowa terminologia i definicje
 - a) Pojęcie i wymagania komfortu cieplnego [2,3,4]
 - jakość mikroklimatu w pomieszczeniach, temperatura optymalna,
 - wpływ metody ogrzewania na rozkład temperatury powietrza w odniesieniu do wysokości pomieszczenia
 - zapewnienie komfortu cieplnego za pomocą systemu z termostatami
 - b) Autorytet zaworu [4,6]
 - Podstawowy a_b
 - Zewnętrzny a
 - Całkowity zewnętrzny a^+
 - Wewnętrzny termostatu a_{in}
 - Ogólny termostatu a^*
 - c) Współczynnik przepływu zaworu k_v , k_{vs} , k_{vN} [4,6,7]
 - d) Charakterystyka przepływowa zaworu [4,6,7]
 - idealna
 - robocza
 - e) Budowa, działanie, dobór i zastosowanie [4,5,6,7]:
 - **ręcznych zaworów równoważących,**
 - **automatycznych zaworów równoważących,**
 - **zaworów nadmiarowo-upustowych**
 - **wielofunkcyjnych zaworów równoważących**
 - f) Zasady projektowania instalacji z zaworami równoważącymi [4,5,6,7]
 - g) Hydrauliczne równoważenie systemów [4,5]
 - podział strumienia wody w instalacjach
 - przyczyny występowania niekorzystnych warunków temperaturowych w pomieszczeniach (eksploatacyjne i przedeksploatacyjne).
 - metody równoważenia instalacji za pomocą regulatorów pośrednich i regulatorów bezpośrednich (metody: spadku temperatury, wstępnej nastawy zaworów, proporcjonalna, kompensacyjna, komputerowa).

B. Część doświadczalna ćwiczenia.

1. STANOWISKO POMIAROWE

Stanowisko pomiarowe przedstawia model trzech pionów. Na pierwszym pionie mamy zabudowany model klimakonwektora. Na drugim – model grzejnika konwektorowego. Na trzecim – model grzejnika płytowego.

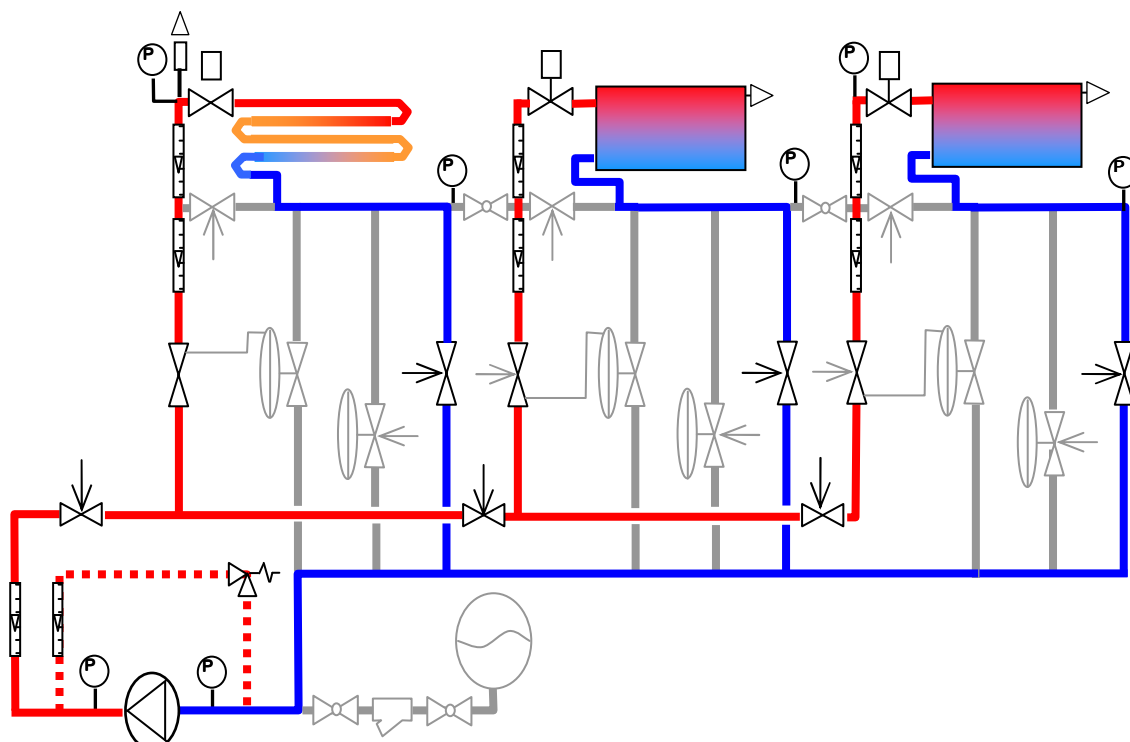
Każdy z pionów wyposażony jest w trzy rodzaje zaworów regulacyjnych:

- zestaw zaworów automatycznych równoważących ASV-PV + ASV-I połączonych kapilarą;
- wielofunkcyjny zawór równoważący z kompensacją spadku ciśnienia AB-QM;
- ręczny zawór równoważący MSV-C.

2. POMIAR NR 1 – RĘCZNE ZAWORY RÓWNOWAŻĄCE W INSTALACJI DWURUROWEJ ZMIENNOPRZEPLYWOWEJ

2.1. Schemat stanowiska

Ręczne zawory równoważące w instalacji dwururowej zmiennoprzepływowej



Rysunek 1. Schemat stanowiska pomiarowego – pomiar nr 1.

2.2. Wykonanie pomiarów

2.2.1. Wpływ oddziaływania na siebie pionów przy zmieniającej się wydajności odbiorników, (przy pracy zaworów termostatycznych) - równoważenie za pomocą ręcznych zaworów równoważących

- zamknąć zawory ASV-PV i AB-QM;
- otworzyć zawory MSV-C;
- otworzyć głowice termostatyczne przy grzejnikach;
- zapisać wskazania rotametrów;
- zamknąć głowicę termostatyczną na pionie 2;
- zapisać wyniki wskazań rotametrów;
- powtórzyć ćwiczenie dla pionu nr 3;
- porównać wyniki z pionem 1;
- opracować wyniki pomiarów.

Tabela 1. Tabela wyników pomiarów - 2.2.1

2.2.1 [l/h]	pion 1	pion 2	pion 3
pomiar $\dot{V}1$			
pomiar $\dot{V}2$			
pomiar $\dot{V}3$			

2.2.2. Wpływ poszczególnych pionów na siebie przy zastosowaniu ręcznych zaworów równoważących – korekty przepływu na ręcznych zaworach równoważących.

- porównujemy ze sobą pion drugi i trzeci;
- zamknąć zawory ASV-PV i AB-QM – otwarty pozostaje zawór MSV-C;
- otworzyć głowice termostatyczne na grzejnikach;
- sprawdzić przepływy na rotametrach (zapisać wyniki);
- następnie za pomocą zaworu równoważącego MSV-C zmniejszyć przepływ na pionie 2 i obserwować wskazania rotametu na pionie 3 (zapisać wyniki). Zamknąć zawór MSV-C i ponownie zapisać wyniki wskazań na rotametrach;
- otworzyć zawór MSV-C na pionie 2 i identyczne ćwiczenie przeprowadzić zamykając zawór MSV-C na pionie 3;
- porównać wyniki obu ćwiczeń;
- opracować wyniki pomiarów.

Tabela 2. Tabela wyników pomiarów - 2.2.2

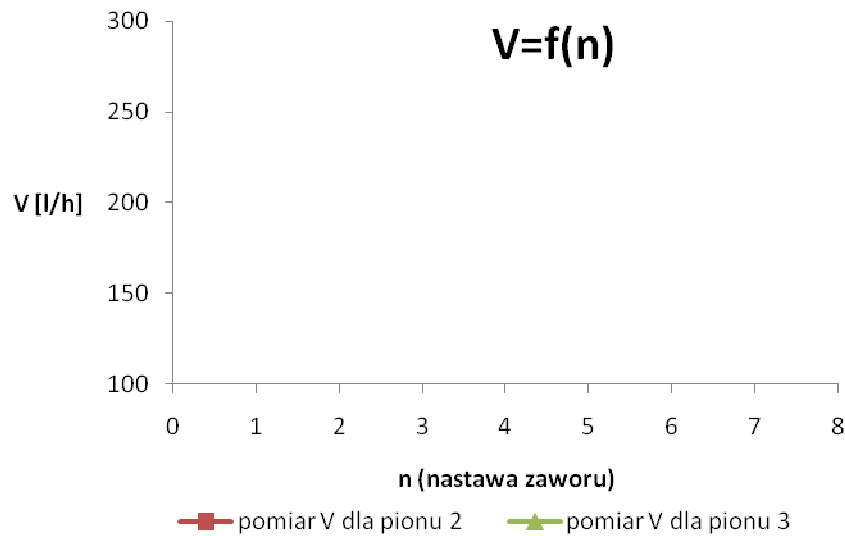
2.2.2 [l/h]	pion 1	pion 2	pion 3
pomiar $\dot{V}1$			
pomiar $\dot{V}2$			
pomiar $\dot{V}3$			

2.2.3. Doświadczalne ustalanie autorytetu zaworu równoważącego (znalezienie takiej nastawy wstępnej ręcznego zaworu równoważącego, przy której zawór wpływa na przepływy instalacji)

- otworzyć zawory MSV-C na pionach 2 i 3;
- zamykać powoli zawór MSV-C na pionie 3 co jedną nastawę, obserwując i zapisując wskazania rotametu ;
- zapisać nastawę, przy której zawór zaczął wpływać na zmniejszenie przepływu w pionie;
- powtórzyć ćwiczenie dla pionu 2;
- wykonać dla pionu 3 i 2 wykresy zależności $V=f(\text{nastawy})$ dla kolejnych nastaw 8.0, zaznaczyć wartość nastawy dla której zaobserwowano zmniejszenie przepływu
- uzasadnić zjawisko na gruncie teorii zawartej w części teoretycznej-wnioski
- opracować wyniki pomiarów.

Tabela 3. Tabela wyników pomiarów - 2.2.3.

Nr nastawy	8	7	6	5	4	3	2	1	0
pomiar \dot{V} dla pionu 2									
pomiar \dot{V} dla pionu 3									



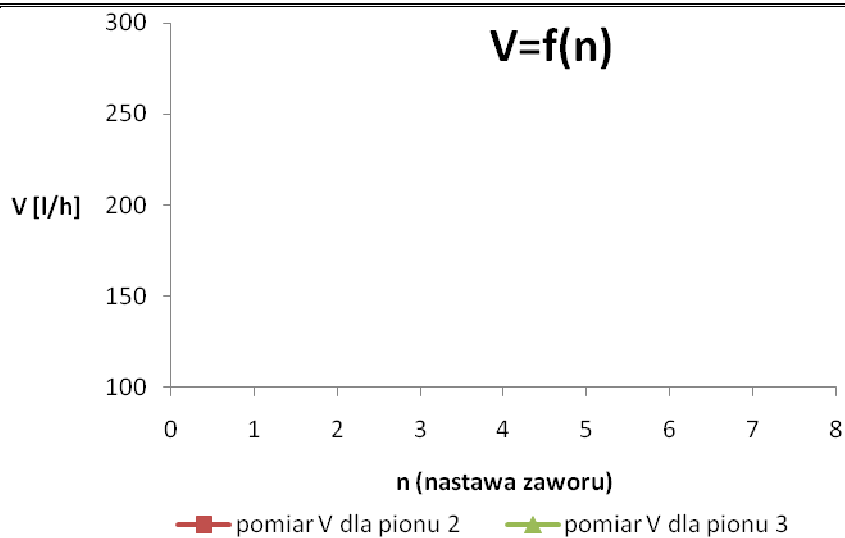
Rysunek 2. Wykres dla pomiaru 2.2.3.

2.2.4. Wpływ pracy termostatów grzejnikowych na zmianę autorytetu ręcznych zaworów równoważących

- otworzyć zawory MSV-C na pionach 2 i 3;
- otworzyć głowice termostaticzne przy grzejnikach;
- przymknąć głowicę termostaticzną na pionie 2 o 50%;
- zamykać powoli zawór MSV-C na pionie 3 co jedną nastawę, obserwując i zapisując wskazania rotametru ;
- zapisać nastawę, przy której zawór zaczął wpływać na zmniejszenie przepływu w pionie;
- powtórzyć ćwiczenie dla pionu 3;
- wykonać dla pionu 3 i 2 wykresy zależności $V=f(\text{nastawy})$ dla kolejnych nastaw 8..0, zaznaczyć wartość nastawy dla której zaobserwowano zmniejszenie przepływu
- uzasadnić zjawisko na gruncie teorii zawartej w części teoretycznej-wnioski
- opracować wyniki pomiarów.

Tabela 4. Tabela wyników pomiarów - 2.2.4.

Nr nastawy	8	7	6	5	4	3	2	1	0
pomiar dla pionu 2									
pomiar dla pionu 3									

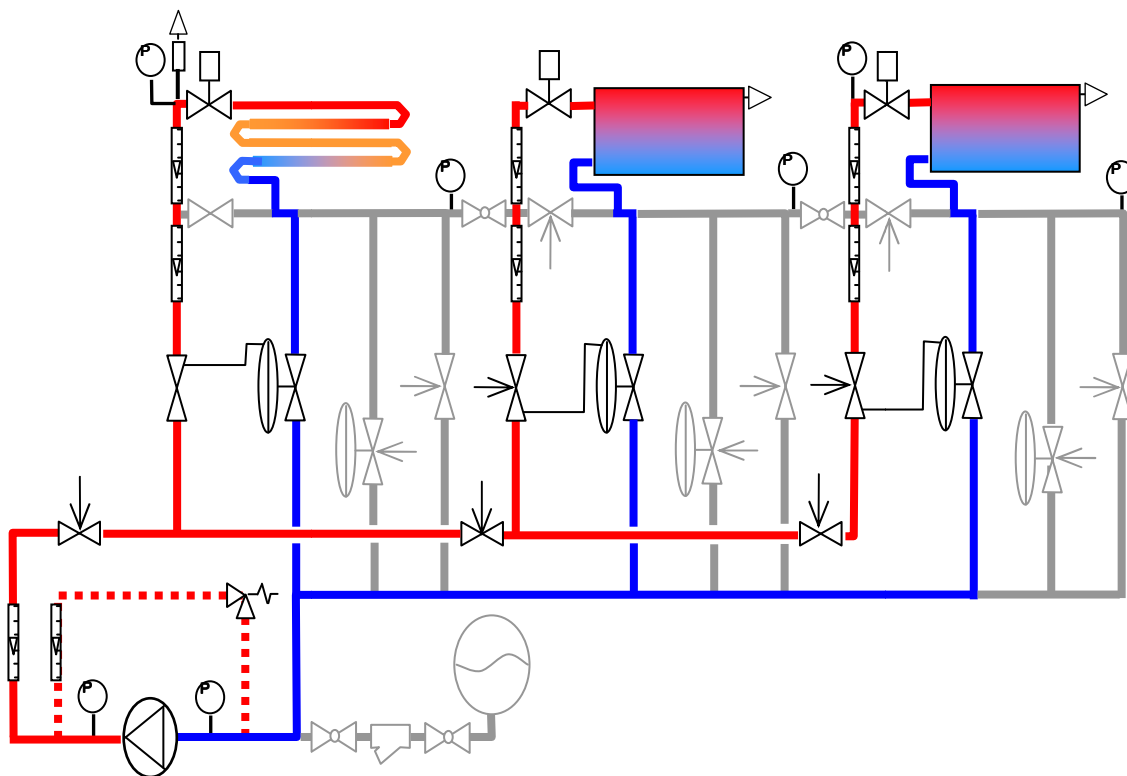


Rysunek 3. Wykres dla pomiaru 2.2.4.

3. POMIAR NR 2 – AUTOMATYCZNE ZAWORY RÓWNOWAŻĄCE W INSTALACJI DWURUROWEJ ZMIENNOPRZEPLYWOWEJ

3.1. Schemat stanowiska

Automatyczne zawory równoważące w instalacji dwururowej zmiennoprzepływowej



Rysunek 4. Schemat stanowiska pomiarowego – pomiar nr 2.

3.2. Wykonanie pomiarów

3.2.1. Wpływ oddziaływania na siebie pionów przy zmieniającej się wydajności odbiorników, (przy pracy zaworów termostatycznych) - równoważenie za pomocą automatycznych zaworów równoważących

- zamknąć zawory MSV-C i AB-QM;
- otworzyć zawory ASV-PV;
- otworzyć głowice termostatyczne przy grzejnikach;
- zapisać wskazania rotametrów;
- zamknąć głowicę termostatyczną na pionie 2;
- zapisać wyniki wskazań rotametrów;
- powtórzyć ćwiczenie dla pionu nr 3;
- porównać wyniki z POMIAREM NR 1;
- opracować wyniki pomiarów.

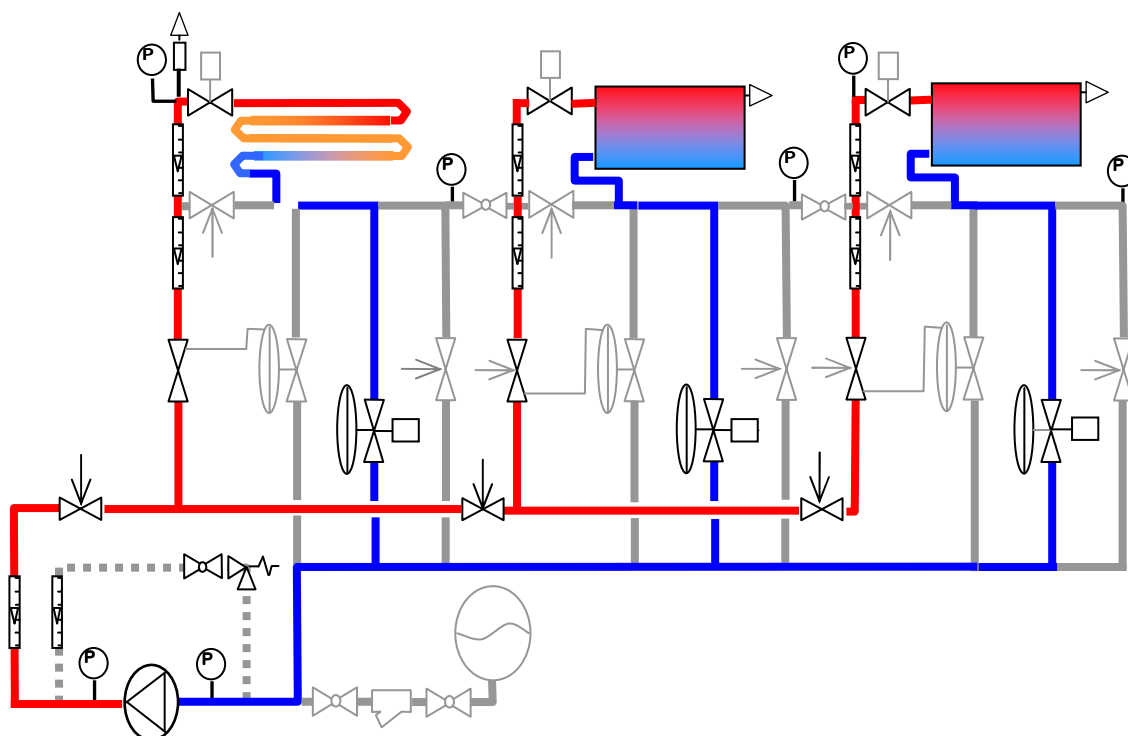
Tabela 5. Tabela wyników pomiarów - 3.2.1

3.2.1. [l/h]	pion 1	pion 2	pion 3
pomiar V_1			
pomiar V_2			
pomiar V_3			

4. POMIAR NR 3 – ZAWORY REGULACYJNE Z DYNAMICZNĄ KOMPENSACJĄ SPADKU CIŚNIENIAW INSTALACJI DWURUROWEJ ZMIENNOPRZEPEŁYWOWEJ

4.1. Schemat stanowiska

Zawory regulacyjne z dynamiczną kompensacją spadku ciśnienia w instalacji dwururowej



Rysunek 5. Schemat stanowiska pomiarowego – pomiar nr 3.

4.2. Wykonanie pomiarów

4.2.1. Wykorzystanie automatycznych ograniczników przepływu we współpracy z automatycznymi zaworami równoważącymi

- zamknąć zawór ASV-PV na pionie 3 i otworzyć na pionie 2;
- otworzyć głowice termostatyczne przy grzejnikach;
- ustawić na pionie 3 na zaworze AB-QM wybraną wartość przepływu (np. 200 ml/h);
- zapisać wskazania rotametrów;
- zamknąć głowicę termostatyczną na pionie 2;
- zapisać wskazania rotametrów;
- opracować wyniki pomiarów.

Tabela 6. Tabela wyników pomiarów - 4.2.1

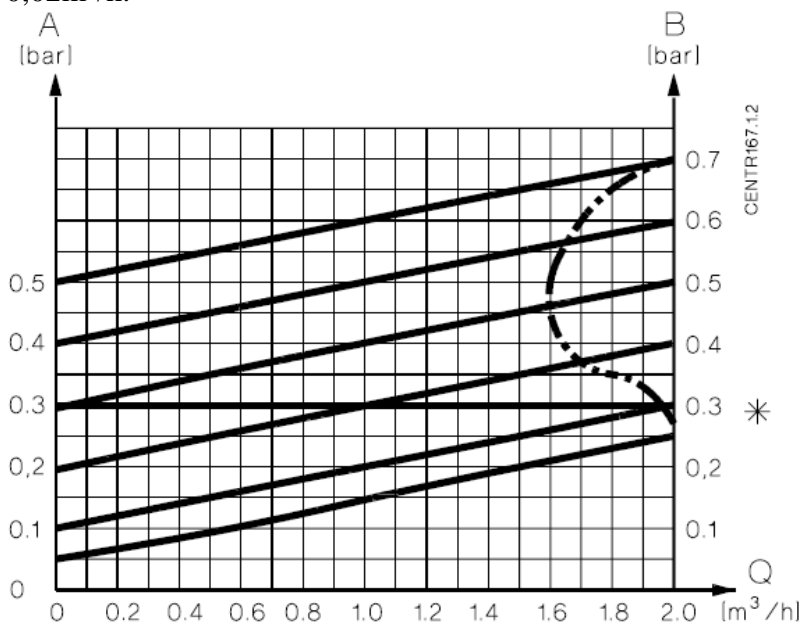
4.2.1. [l/h]	pion 1	pion 2	pion 3
pomiar $\dot{V}1$			
pomiar $\dot{V}2$			
pomiar $\dot{V}3$			

5. POMIAR NR 4 – METODY REGULACJI HYDRAULICZNEJ INSTALACJI

5.1 Schemat stanowiska – jak w pomiarze nr 1

5.2 Dobór nastawy zaworu nadmiarowo-upustowego

- na podstawie charakterystyki regulatora upustowego AVDO 15 (Rysunek 6) dobrać dla dwururowego systemu nastawę zaworu zapewniającą bezpieczne działanie pompy w przypadku zamknięcia się termoregulatorów i zapewni minimalny przepływ czynnika przez pompę. Opór hydrauliczny instalacji wynosi 0,15bar, minimalny strumień objętości czynnika dla pompy $V_{\min}=0,02m^3/h$.



Rysunek 6. Charakterystyka regulatora upustowego AVDO 15

5.3 Zastosowanie metody proporcjonalnej regulacji hydraulicznej

- otworzyć zawory ręczne MSV-C we wszystkich obiegach;
- otworzyć głowice termostatyczne przy grzejnikach;
- ustawić na pionie 3 na zaworze MSV-C wybraną wartość przepływu (np. 250 l/h), proporcjonalną do wartości przepływu nominalnego;
- ustawić na pionie 2 na zaworze MSV-C tę samą wartość przepływu;
- ustawić na pionie 1 na zaworze MSV-C tę samą wartość przepływu;
- w przypadku zmian wartości przepływów częściowo przymykając zawory ustawić wartości przepływu na tym samym poziomie
- po osiągnięciu przybliżonej wartości na wszystkich pionach przykręcić główny zawór ręczny aż do uzyskania wartości przepływu nominalnego na wszystkich pionach;
- wnioski.

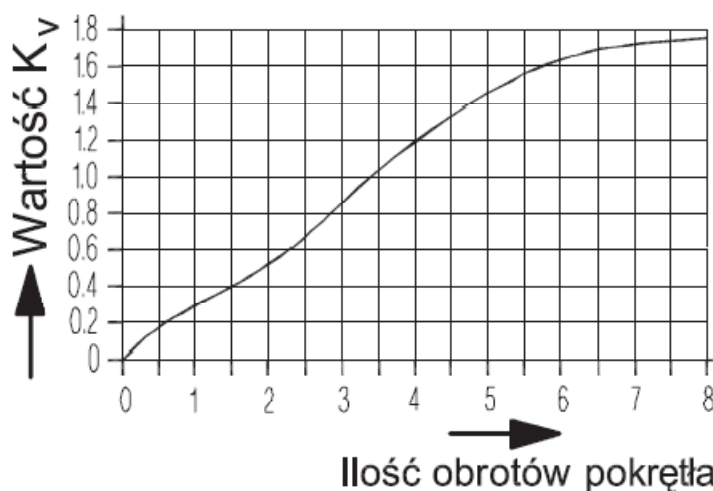
5.4 Zastosowanie metody kompensacyjnej regulacji hydraulicznej

- otworzyć zawory ręczne MSV-C we wszystkich obiegach;
- otworzyć głowice termostatyczne przy grzejnikach;
- ustawić na pionie 3 na zaworze MSV-C wybraną wartość przepływu (np. 200 l/h) dla odpowiedniej nastawy zaworu przy przepływie nominalnym:
Wyznaczyć wymaganą nastawę zaworu dla następujących wielkości: nominalny przepływ czynnika przez odbiornik $V_{nom}=200$ l/h, max opór hydrauliczny odbiornika wynosi $\Delta P_r=0,15$ bar, strata ciśnienia na zaworze $\Delta P_{vs}=1$ kPa, ciśnienie dyspozycyjne w obiegu $\Delta P=25$ kPa, strata ciśnienia w zaworze upustowym $\Delta P_u=0,03$ bar

$$k_v = \frac{V_{nom}}{\sqrt{\Delta P - \Delta P_r - \Delta P_{vs} - \Delta P_u}}$$

Korzystając z wykresu na Rysunku 7 odczytać wartość nastawy.

- ustawić na zaworze ręcznym głównym obiegu MSV-C wartość nastawy, przy której przepływy w pionie wzorcowym pozostają wciąż bez zmian;
- ustawić na pionie 1 i 2 na zaworze MSV-C wartość przepływu (np. 200 l/h);
- w przypadku zmian wartości przepływów częściowo przymykając zawory ustawić wartości przepływu na tym samym poziomie kompensując zmiany zaworem głównym
- wnioski.

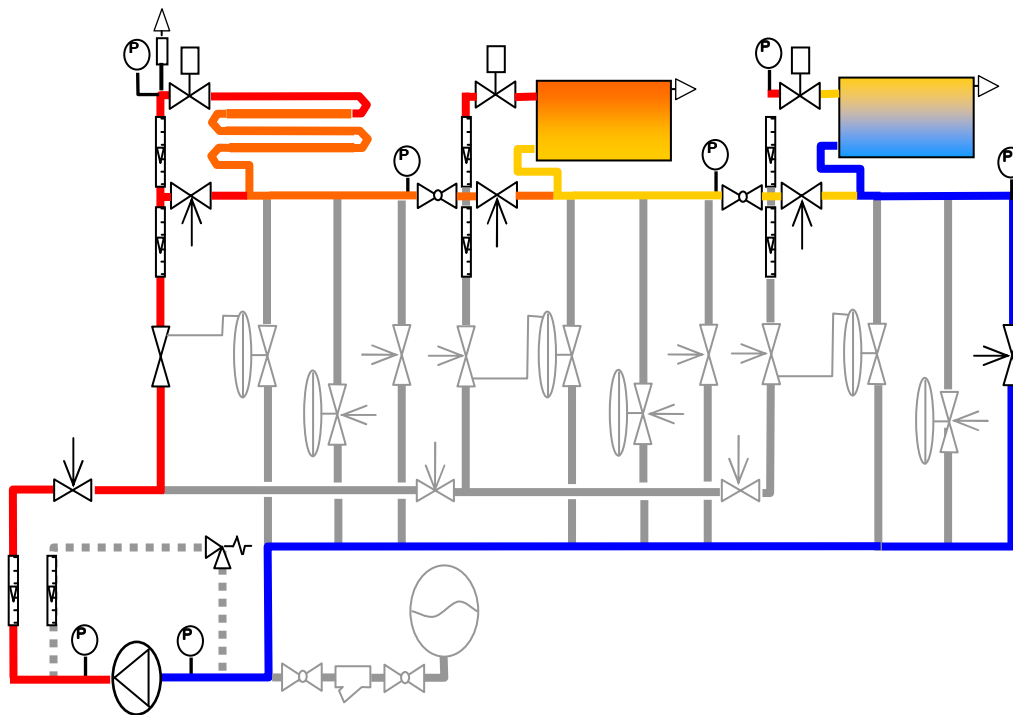


Rysunek 7. Charakterystyka przepływowa zaworu MSV-C DN15

6. POMIAR NR 5 – RĘCZNE I AUTOMATYCZNE ZAWORY RÓWNOWAŻĄCE W INSTALACJI JEDNORUROWEJ

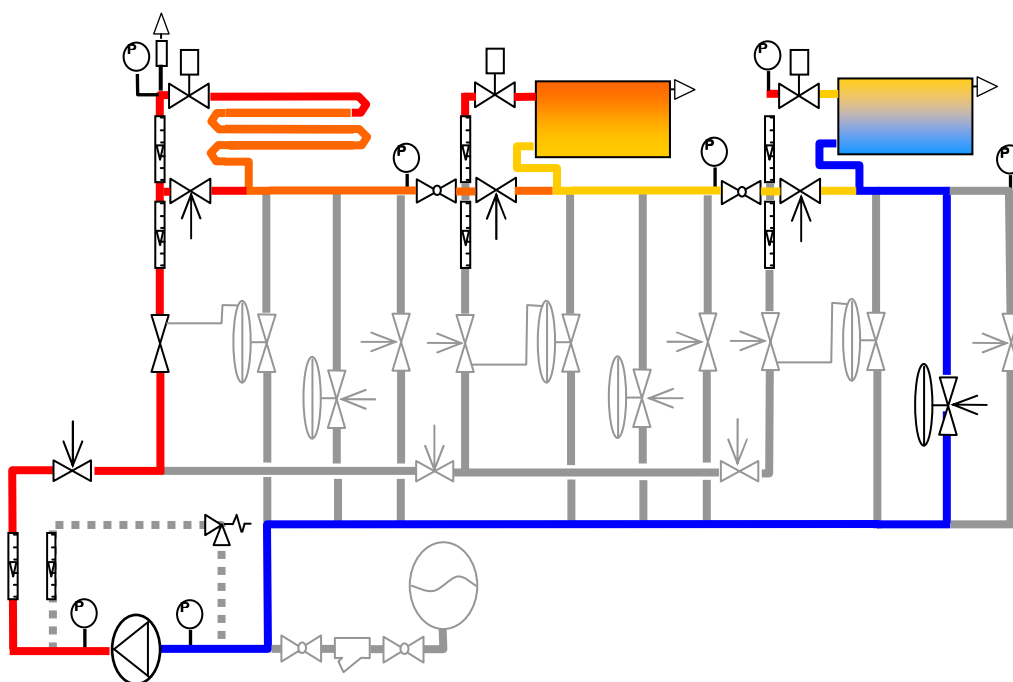
6.1 Schemat stanowiska

Ręczne zawory równoważące w instalacji jednorurowej



Rysunek 8. Schemat stanowiska pomiarowego - pomiar nr 5a

Automatyczne zawory równoważące w instalacji jednorurowej



Rysunek 9. Schemat stanowiska pomiarowego - pomiar nr 5b

6.2 Wykonanie pomiarów

6.2.1. Wpływ oddziaływania na siebie pionów przy zmieniającej się wydajności odbiorników, (przy pracy zaworów termostatycznych) - równoważenie za pomocą ręcznych/automatycznych zaworów równoważących

- zamknąć zawory ASV-PV i AB-QM;
- otworzyć zawory MSV-C;
- otworzyć głowice termostatyczne przy grzejnikach;
- zapisać wskazania rotametrów;
- zamknąć głowicę termostatyczną na pionie 2;
- zapisać wyniki wskazań rotametrów;
- powtórzyć ćwiczenie dla pionu nr 3;
- porównać wyniki z POMIAREM NR 1 i 3;
- powtórzyć czynności dla otwartych zaworów AB-QM, zamkniętych MSV-C.
- opracować wyniki pomiarów.

Tabela 5. Tabela wyników pomiarów - 6.2.1

6.2.1. [l/h]	pion 1	pion 2	pion 3
pomiar V_1			
pomiar V_2			
pomiar V_3			

7. ANALIZA BŁĘDU – FORMA OPISOWA

8. SPRAWOZDANIE

Sprawozdanie powinno zawierać:

- a) podstawowe wiadomości teoretyczne;
- b) schemat i opis stanowiska;
- c) analizę przeprowadzonych ćwiczeń (z tabelkami pomiarowymi i wykresami)
- d) wnioski.

Literatura:

1. PN-B-01400:1984 Centralne ogrzewanie -- Oznaczenia na rysunkach
2. PN-EN ISO 7730:2006 Ergonomia środowiska termicznego -- Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego
3. (PN-EN 1264:1-5) Ogrzewanie podłogowe -- System i jego części składowe -- Część 1
4. Viktor Pyrkov: Regulacja hydrauliczna systemów ogrzewania i chłodzenia. Teoria i praktyka; Systherm D. Gazińska s.j. 2007
5. Materiały techniczne firmy Danfoss
6. Ross H.: Zagadnienia hydrauliczne w instalacjach ogrzewania wodnego, CIBET Sp. z o.o., Warszawa 1997
7. Trojanowski T. i inni: Ćwiczenia laboratoryjne z ogrzewnictwa, wentylacji i klimatyzacji, Cz. III. Politechnika Łódzka, Łódź 1985