



## HYDRAULICZNE RÓWNOWAŻENIE OBWODÓW REGULACYJNYCH

*Poradnik projektanta instalacji hydraulicznych.  
Zawiera 23 przykłady hydraulicznego równoważenia przepływów  
w regulacyjnych układach grzewczych i chłodniczych*



Casselden Place, Melbourne, Australia

„Hydrauliczne równoważenie obwodów regulacyjnych” jest pierwszym zeszytem z serii Poradnika TA dla osób zajmujących się ciepłownictwem, ogrzewnictwem i wentylacją. Zeszyt Nr 2 dotyczy hydraulicznego równoważenia systemów rozdzielczych, a Zeszyt Nr 3 - hydraulicznego równoważenia instalacji grzejnikowych, natomiast Zeszyt Nr 4 - stabilizacji różnicy ciśnień.

Publikacja ta została przygotowana dla specjalistów z różnych krajów, w związku z tym można spotkać się z pewnymi nazwami i symbolami, które w danym kraju nie są używane. Mamy jednak nadzieję, że nie spowoduje to większych problemów ze zrozumieniem treści Poradnika TA.

Autor publikacji: Robert Petitjean - inżynier mechanik, jest dyrektorem technicznym firmy Tour & Andersson i wykładowcą na Politechnice Charleroi w Belgii.

Tłumaczenie z języka angielskiego: dr inż. Roman Wichowski

Korekta techniczna: mgr inż. Alfred Angres

Wykonanie: Sandberg & Co., Göteborg, Szwecja.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tego Poradnika nie może być reprodukowana w żadnej postaci bez pisemnego zezwolenia firmy Tour & Andersson.

## Spis treści

1. Dlaczego równoważymy przepływy? .....	4
2. Niezbędne urządzenia .....	6
3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi .....	8
3.1. Zmienny przepływ po stronie pierwotnej i wtórnej .....	8
3.2. Zmienny przepływ po stronie pierwotnej i stały przepływ po stronie wtórnej .....	15
3.3. Stały przepływ po stronie pierwotnej i zmienny przepływ po stronie wtórnej .....	20
3.4. Stały przepływ po stronie pierwotnej i wtórnej .....	22
4. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi trójdrogowymi .....	23
4.1. Zmienny przepływ po stronie pierwotnej i stały przepływ po stronie wtórnej .....	23
4.2. Zmienny przepływ po stronie pierwotnej i wtórnej .....	27
4.3. Stały przepływ po stronie pierwotnej i wtórnej .....	28
4.4. Stały przepływ po stronie pierwotnej i zmienny przepływ po stronie wtórnej .....	30
5. Porównanie różnych schematów regulacji .....	32
5.1. Czynna sieć rozdzielcza pierwotna .....	33
5.2. Bierna sieć rozdzielcza pierwotna .....	37

### ZAŁĄCZNIKI

A. Autorytet zaworów regulacyjnych dwudrogowych .....	38
A.1. Niepełna definicja autorytetu zaworu .....	38
A.2. Poprawna definicja autorytetu zaworu .....	40
A.3. Dobór zaworów regulacyjnych .....	42
B. Autorytet zaworów regulacyjnych trójdrogowych .....	46
B.1. Funkcja mieszania .....	46
B.2. Funkcja rozdziału przepływów .....	48
C. Jak ustawić zawór BPV, aby zapewnić minimalny przepływ przez pompę ..	50
D. Definicje .....	51

# 1. Dlaczego równoważymy przepływy?

Zasadniczym celem projektowania instalacji grzewczych i klimatyzacyjnych jest osiągnięcie warunków tzw. komfortu cieplnego wewnątrz pomieszczeń, przy zminimalizowaniu kosztów i problemów eksploatacyjnych. Praktyka dowodzi jednak, że cel ten nie zawsze udaje się osiągnąć. Nawet w nowych budynkach, w których zastosowano nowoczesne urządzenia ogrzewcze i klimatyzacyjne, sterowane przez zaawansowane technologicznie regulatory, można zaobserwować następujące problemy:

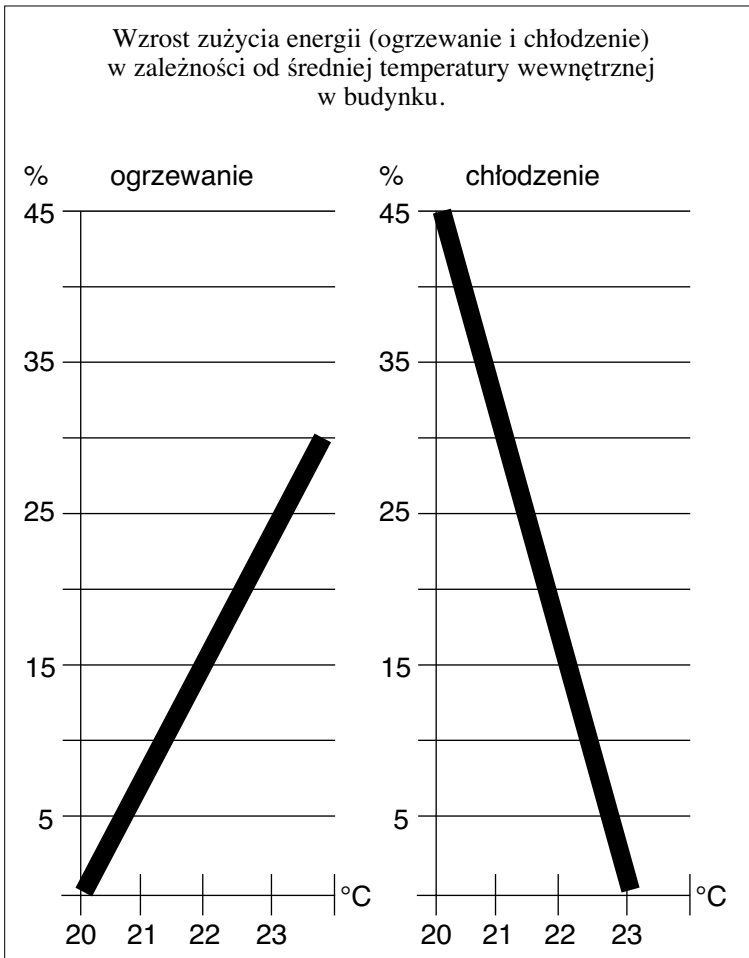
- Żądana temperatura nie jest osiągana we wszystkich pomieszczeniach, szczególnie przy dużych zmianach obciążenia.
- Występują wahania temperatury wewnętrznej, szczególnie przy niskich i średnich obciążeniach pomimo zastosowania nowoczesnych regulatorów.
- Pomimo odpowiedniego zapasu mocy cieplnej w źródle, nie jest możliwe uzyskanie mocy projektowej we wszystkich odbiornikach, co jest szczególnie widoczne w czasie uruchamiania instalacji po tzw. obniżeniu nocnym lub sobotnio-niedzielnym.

Problemy tego rodzaju występują dość często, ponieważ zawory regulacyjne nie zapewniają odpowiednich przepływów. Zastosowana automatyka regulacyjna może pracować efektywnie tylko wtedy, gdy osiągane są przepływy obliczeniowe w każdej części instalacji i gdy źródło ciepła pracuje w warunkach obliczeniowych.

Jedynym sposobem uzyskania przepływów obliczeniowych jest zrównoważenie hydrauliczne całej instalacji. Równoważenie hydrauliczne oznacza dopasowanie przepływów do warunków obliczeniowych za pomocą odpowiednich zaworów równoważących. Przeprowadzenie równoważenia hydraulicznego dotyczy trzech następujących elementów systemu:

1. Jednostki produkujące ciepło muszą być zrównoważone w celu uzyskania przepływów projektowych w każdym kotle lub wytwornicy wody lodowej. Poza tym przepływ w każdej jednostce powinien być utrzymany na stałym poziomie. Wahania przepływu wpływają na zmniejszenie wydajności, zmniejszenie żywotności kotła lub wytwornicy wody lodowej i powodują kłopoty w regulacji.
2. Przepływy należy równoważyć także w systemach rozdzielczych, aby zapewnić u wszystkich odbiorców przepływy obliczeniowe, niezależnie od całkowitego obciążenia w źródle.
3. Należy zrównoważyć obwody regulacyjne, aby doprowadzić do właściwych warunków pracy zaworów regulacyjnych i uzyskania odpowiednich przepływów po stronie pierwotnej i wtórnej.  
Poradnik ten dotyczy równoważenia przepływów w obwodach regulacyjnych układów grzewczych i chłodniczych. Przedstawiono 23 przykłady najczęściej stosowanych schematów różnych układów regulacyjnych przy wykorzystaniu zaworów regulacyjnych dwu- i trójdrogowych.  
Równoważenie układów rozdzielczych jest przedstawione w Zeszytach Nr 2 i 3 Poradnika TA. Zeszyt Nr 2 dotyczy hydraulicznego równoważenia instalacji grzejnikowych, natomiast Zeszyt Nr 3 - dotyczy stabilizacji różnicy ciśnień.

## 1. Dlaczego równoważymy przepływy?



Dlaczego średnia temperatura wewnętrzna jest wyższa w przypadku instalacji, która nie jest zrównoważona? W okresie niskich temperatur zewnętrznych pomieszczenia usytuowane blisko kotła (węzła cieplnego) są często przegrzane, podczas gdy pomieszczenia położone na górnych kondygnacjach są nie dogrzane. W takiej sytuacji mieszkańcy wymuszają zwiększenie temperatury zasilania całego budynku. Wówczas lokatorzy mieszkający na wyższych piętrach przestaną narzekać, a lokatorzy na niższych piętrach zaczną otwierać okna. W okresie lata sytuacja będzie podobna, ale w odniesieniu do urządzeń instalacji chłodniczej. Teraz będzie zbyt chłodno w pobliżu stacji klimatyzacyjnej i zbyt ciepło na wyższych piętrach.

W pojedynczym pomieszczeniu przyrost lub spadek temperatury o jeden stopień rzadko wpływa na tzw. warunki komfortu cieplnego jak również na koszty ciepła. Jeżeli jednak niewłaściwa jest średnia temperatura wewnętrzna w budynku, to ma to wpływ na wzrost kosztów ogrzewania.

Średnia temperatura wewnętrzna w budynku wyższa o jeden stopień ponad zadane 20 °C powoduje wzrost zużycia energii na ogrzewanie co najmniej o 8% w Europie Środkowej i o 12% w Europie Południowej. Podczas chłodzenia, jeden stopień poniżej zadanych 23 °C spowoduje w krajach europejskich wzrost kosztów klimatyzacji o 15%.

## 2. Niezbędne narzędzia

### Do wykonania równoważenia potrzebne są trzy elementy:

- urządzenia do pomiaru i regulacji przepływu,
- przyrząd pomiarowy,
- procedura równoważenia.

### Urządzenia do pomiaru i regulacji przepływu. Należą do nich:

Zawory równoważące, które łączą cechy kryzy nastawnej, służącej do pomiaru przepływu, z ręcznym zaworem regulacyjnym, umożliwiającym odczyt i blokadę nastawy.

Gdy do pomiaru przepływu stosujemy kryzy o stałym przekroju, do regulacji przepływu stosuje się niezależne zawory regulacyjne.

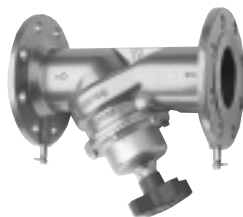
Występują bardzo duże różnice pomiędzy zaworami regulacyjnymi, produkowanymi przez różne firmy. W praktyce przekłada się to na różnice w dokładności regulacji parametrów klimatu wewnętrznego, różnice w oszczędzaniu energii i wreszcie różnice w nakładach pracy, którą trzeba ponieść w celu wykonania równoważenia instalacji.

Firma TA, której urządzenia są szeroko stosowane w świecie, zaspokaja różne wymagania rynku i oferuje urządzenia do pomiaru zarówno stałych jak i zmiennych przepływów, a także zawory równoważące.

Poniżej przedstawiono pewne wyróżniające się cechy urządzeń regulacyjnych, produkowanych przez firmę TA:



Zawór równoważący STAD  
o średnicy 15 do 50 mm



Zawór równoważący STAF  
o średnicy 20 do 300 mm



Regulator różnicy ciśnień STAP  
o średnicy 15 do 50 mm (100 mm)

Zawory równoważące i urządzenia kryzujące:

- Dokładność pomiaru przepływu dla zaworów jest rzędu  $\pm 5\%$ , a dla kryz  $\pm 3\%$ .
- Zawory do średnicy 50 mm mają cztery pełne obroty od pozycji otwarcia do zamknięcia. Przy większych średnicach mają odpowiednio 8, 12 i 16 pełnych obrotów.
- Zawory równoważące dostępne są w następujących wariantach:  
z gwintem wewnętrznym i zewnętrznym, kołnierzowe, z końcówkami do spawania lub lutowania, z końcówkami rowkowanymi i ze złączkami zaciskowymi.
- Zawory o średnicy do 50 mm są wykonywane z tzw. Ametalu<sup>®</sup>, prawdopodobnie jedyne stopu na odlewy ciśnieniowe, który spełnia wszelkie wymagania w zakresie odporności na obciążenia dynamiczne i na zjawisko odcynkowania (tzw. korozja selektywna mosiądzu).

## 2. Niezbędne narzędzia

### Zawór regulacyjny różnicy ciśnień

- nastawa : 10 do 80 kPa (160 kPa);
- stabilizacja różnicy ciśnień w obwodach regulacyjnych;
- płynna zmiana nastawy różnicy ciśnienia;
- dynamiczne równoważenie układów grzewczych i klimatyzacyjnych;
- średnice od 10 do 100 mm.



**Przyrząd pomiarowy.** Odpowiednie pomiary są niezbędne w celu sprawdzenia, czy uzyskuje się przepływy obliczeniowe, a także do określenia wymaganej różnicy ciśnienia w obiegach regulacyjnych.

Firma TA Hydraulics produkuje urządzenie pomiarowe, służące do równoważenia przepływów, o nazwie CBI (Computerized Balancing Instrument), który spełnia wszelkie wymagania w tym zakresie. Przyrząd CBI służy między innymi do:

- Pomiaru i rejestracji różnicy ciśnień, przepływów i temperatury na zaworach STAD, STAF, STAP/STAM i innych zaworach firmy TA Hydraulics.
- Komunikowania się w obie strony z komputerem typu PC.
- Korekty obliczeń dla substancji zapobiegających zamarzaniu wody.
- Duża pojemność pamięci pozwala przechowywać dane dla 1000 zaworów i przy 24000 różnych wartości.
- Wyświetlacz graficzny pozwala przyporządkować nazwy do instalacji i zaworów.



**Zawór nadmiarowo-upustowy.** W systemach o zmiennych przepływach można zastosować zawór firmy TA typu BPV, realizujący następujące funkcje:

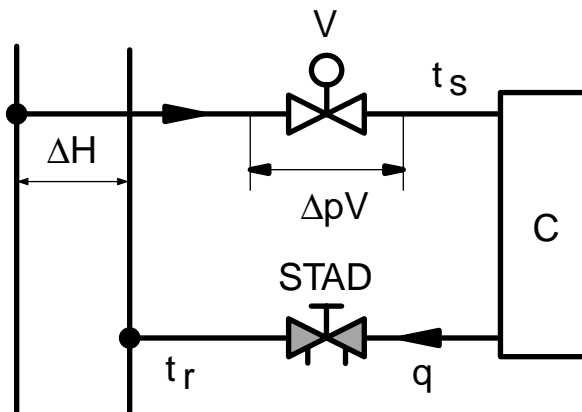
- zapewnienie minimalnego przepływu dla bezpiecznej pracy pompy;
- redukcja spadku temperatury w rurociągach;
- ograniczenie ciśnienia dyspozycyjnego na końcówkach obwodów.

Zawór typu BPV ma funkcję pełnego zamykania i płynną nastawę wartości zadanej w zakresie 10 do 60 kPa. Dostępne średnice - od DN15 do DN 32 (1/2" do 1 1/4").



### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi

#### 3.1. Zmienne przepływy po stronie pierwotnej i wtórnej



Rys. 1. Regulacja przy zmiennym przepływie wody w odbiorniku

Na rys. 1 zawór regulacyjny dwudrogowy steruje wymiennikiem ciepła poprzez zmianę przepływu wody.

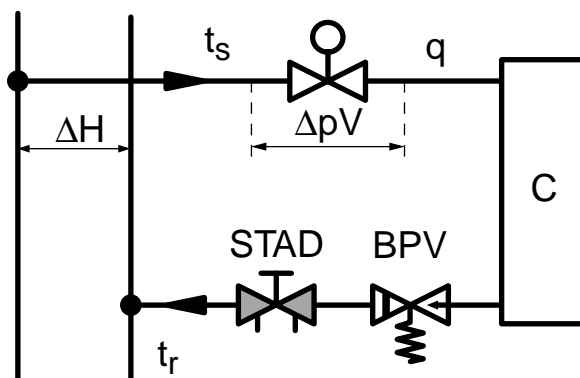
Autorytet zaworu regulacyjnego  $B' = \Delta p_c \cdot V / \Delta H$ . Termin „autorytet” jest szczegółowo wyjaśniony w Załączniku A i B.

#### **Procedura równoważenia - Rys. 1**

1. Otworzyć całkowicie wszystkie zawory regulacyjne.
2. Ustawić wymagany przepływ obliczeniowy zaworem STAD. Czynność tę należy wykonać jako część procedury równoważącej w odniesieniu do całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2).



### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



Rys. 2. Zawór nadmiarowo-upustowy redukuje ciśnienie o stałą wartość niezależnie od wielkości przepływu.

Gdy zawór regulacyjny jest przewymiarowany, np. z powodu ściśle określonego zakresu wartości  $K_v$ , to ciśnienie po stronie pierwotnej może być zredukowane w sposób pośredni za pomocą zaworu nadmiarowo-upustowego typu BPV. Zawór ten redukuje ciśnienie o stałą wartość, niezależnie od wielkości przepływu.

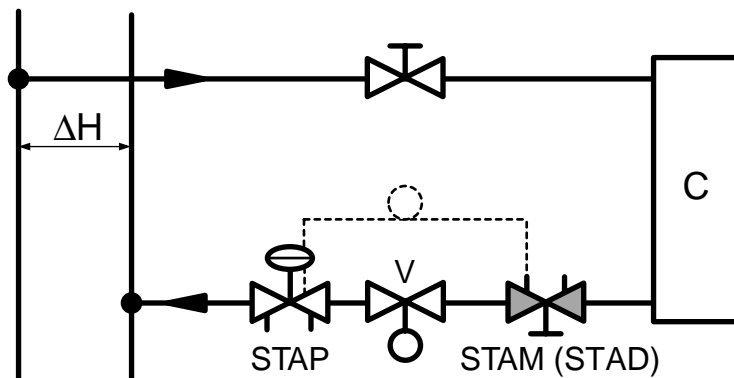
$$\text{Autorytet zaworu regulacyjnego } \beta' = \Delta p_c \cdot V / (\Delta H - \Delta p \cdot \text{BPV})$$

#### Procedura równoważenia - Rys.2

1. Otworzyć całkowicie wszystkie zawory regulacyjne. Sprawdzić, czy wszystkie zawory BPV są otwarte (minimalna nastawa wstępna).
2. Ustawić przepływ obliczeniowy zaworem STAD. Wykonać to jako część procedury równoważenia w odniesieniu do całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA). Czynność tę należy wykonać koniecznie przed procedurą zawartą w trzecim kroku.
3. Ustalić właściwą wielkość nastawy na pokrętle zaworu STAD, aby straty ciśnienia na zaworze były rzędu 3 kPa przy przepływie obliczeniowym. Stosować przyrząd CBI lub nomogram TA w celu znalezienia właściwej nastawy zaworu.
4. Ponownie nastawić zawór STAD zgodnie z punktem 3. Przepływ przez zawór STAD powinien być teraz większy od wartości obliczeniowej.
5. Ustawić nastawę zaworu BPV tak, aby uzyskać przepływ obliczeniowy przez zawór STAD.

Podczas ustawiania zaworu BPV należy mierzyć przepływ na zaworze STAD.

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



Rys. 3. Regulator  $\Delta p$  utrzymuje stałą wartość różnicy ciśnienia na zaworze regulacyjnym

W zależności od wielkości instalacji, ciśnienie dyspozycyjne może się zmieniać w gwałtowny sposób w niektórych obwodach wraz ze zmianą obciążenia. W takim przypadku w celu uzyskania i utrzymania właściwej charakterystyki zaworu regulacyjnego, wielkość spadku ciśnienia na zaworze powinna być praktycznie stała przy zastosowaniu regulatora  $\Delta p$  jak to pokazano na rys. 3.

Spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym „V” jest kontrolowany z jednej strony poprzez połączenie przewodu impulsowego z zaworem pomiarowym STAM (STAD) a z drugiej strony poprzez wewnętrzne połączenie z membraną zaworu STAP.

Gdy wzrasta różnica ciśnienia na zaworze regulacyjnym, zawór STAP zamyka się, aby skompensować ten wzrost ciśnienia.

Zawór regulacyjny „V” nie będzie nigdy przewymiarowany, gdy przepływ obliczeniowy jest ustalony dla całkowicie otwartego zaworu, a autorytet zaworu jest bliski jedności.

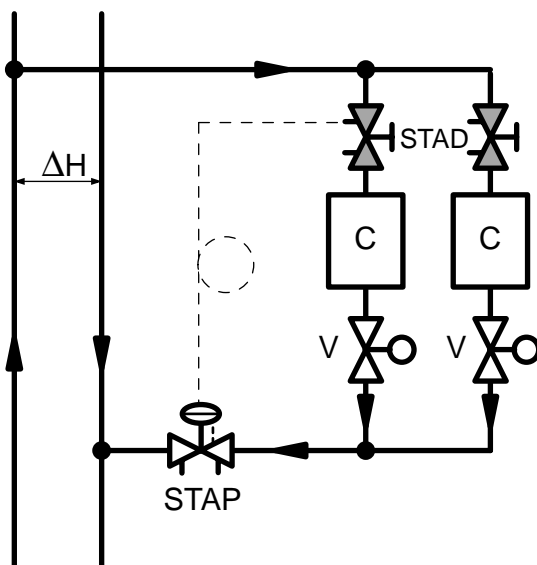
Wszystkie dodatkowe wartości ciśnienia związane są z zaworem STAP. Regulacja ciśnienia jest zupełnie prosta w porównaniu do regulacji temperatury, kiedy to muszą być zastosowane odpowiednie urządzenia, aby uniknąć niestateczności regulatora.

Gdy przepływy są poprawne w każdym obwodzie, nie ma potrzeby stosowania innych procedur równoważenia tych przepływów. Jeżeli wszystkie zawory regulacyjne pracują w połączeniu z zaworem STAP, wówczas zawory równoważące na odgałęzieniach i na pionach nie są konieczne.

#### **Procedura równoważenia - Rys. 3**

1. Otworzyć całkowicie zawór regulacyjny „V”.
2. Ustalić właściwą wielkość nastawy na zaworze STAM (STAD), aby straty ciśnienia na zaworze były rzędu 3 kPa przy przepływie obliczeniowym.
3. Nastawić zadaną wartość różnicy ciśnienia  $\Delta p_L$  zaworu regulacyjnego STAP, aby otrzymać przepływ obliczeniowy na zaworze STAM (STAD).

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



Rys. 4. Zawór regulacyjny różnicy ciśnień typu STAP stabilizuje ciśnienie różnicowe na zasilaniu grupy odbiorników.

Gdy kilka małych odbiorników „C” znajduje się blisko siebie, może okazać się wystarczająca stabilizacja różnicy ciśnień dla całego układu, jak to pokazano na rys.4.

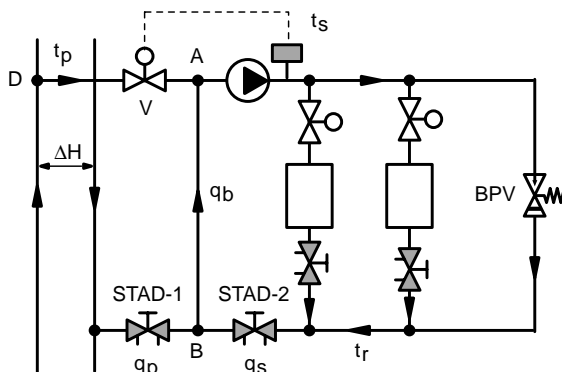
W tym wypadku przewód impulsowy jest podłączony do zaworu równoważącego pierwszego obwodu i przekazuje impuls ciśnienia do zaworu STAP.

Gdy różnica ciśnień  $\Delta H$  wzrośnie, zawór STAP zamyka się dla skompensowania tego przyrostu. Każdy zawór regulacyjny „V” jest tak dobierany, aby wywołać w przybliżeniu taki sam spadek ciśnienia jaki ma miejsce na odbiorniku i powinien być całkowicie otwarty dla przepływu obliczeniowego

#### **Procedura równoważenia - Rys.4**

1. Przestrzegać, aby nastawa zaworu STAP była taka sama jak nastawa fabryczna.
2. Zrównoważyć odbiorniki końcowe na odgałęzieniach zgodnie z metodą równoważenia firmy TA (Zeszyt Nr 2), która nie zależy od dyspozycyjnej różnicy ciśnień  $\Delta H$ .
3. Ustawić właściwą wielkość nastawy zaworu STAP w celu otrzymania przepływu obliczeniowego przez zawór równoważący STAD pierwszego obwodu. Przepływ będzie automatycznie skorygowany w pozostałych obwodach.

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



Rys. 5. Pompa obiegowa po stronie wtórnej wytwarza odpowiednie ciśnienie dyspozycyjne. Temperatura zasilania wody w obiegu wtórnym jest różna od temperatury wody w obiegu pierwotnym

Jeżeli różnica ciśnień  $\Delta H$  jest zbyt mała, aby otrzymać właściwy autorytet zaworów regulacyjnych przed odbiornikami, wówczas pompa obiegowa po stronie wtórnej może wytworzyć odpowiednie ciśnienie różnicowe.

Rozwiązanie na rys. 5 może być także zastosowane, gdy ciśnienie różnicowe po stronie pierwotnej jest zbyt wysokie.

Temperatura zasilania  $t_s$  po stronie wtórnej może być stała lub zmienna, ale konieczne jest, aby była różna od temperatury zasilania  $t_p$  po stronie pierwotnej. W instalacjach centralnego ogrzewania  $t_s < t_p$ , a w instalacjach chłodniczych  $t_s > t_p$ .

Przy małych obciążeniach ciśnienie dyspozycyjne w obiegu wtórnym ma tendencję wzrostową. Gdy ciśnienie to przekroczy pewną wartość, zawór BPV otworzy się, aby zapewnić minimalny przepływ przez pompę. Przepływ ten ogranicza także spadek temperatury w przewodach, a wymagana temperatura wody zasilającej występuje w całym obiegu wtórnym.

#### **Procedura równoważenia - Rys.5**

##### **Obieg wtórny.**

1. Otworzyć całkowicie wszystkie zawory regulacyjne. Zamknąć zawór BPV.
2. Zrównoważyć odbiorniki ciepła w obiegu wtórnym za pomocą zaworu STAD-2, jako tzw. zaworu wspólnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).
3. Ustawić zawór BPV na maksymalne dopuszczalne ciśnienie  $\Delta p$  dla zaworów regulacyjnych.
4. Zamknąć zawory regulacyjne przy odbiornikach ciepła. Zmierzyć  $q_s$ . Jeżeli jest mniejsze od minimalnego przepływu przez pompę - to przejść do punktu 5.
5. Nastawić zawór BPV tak, aby otrzymać minimalny przepływ przez pompę (patrz Dodatek C).

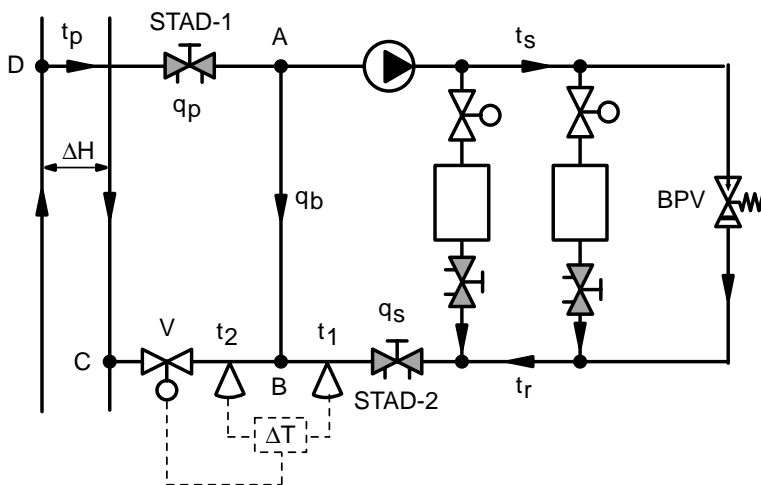
##### **Obieg pierwotny**

1. Otworzyć zawór regulacyjny V.
2. Jeżeli nie jest znany przepływ w obiegu pierwotnym, to należy go obliczyć stosując następujący wzór:

$$q_p = q_s \frac{(t_s - t_r)}{(t_p - t_r)}$$

3. Doprowadzić za pomocą zaworu STAD-1 do przepływu obliczeniowego po stronie pierwotnej. Należy to wykonać jako część procedury równoważenia dla całego obiegu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



Rys.6. Regulator temperatury utrzymuje minimalny przepływ  $q_b$  przez obejście, aby  $t_s = t_p$ .

Schemat taki ma zastosowanie, gdy  $\Delta H$  jest zbyt wysokie, za niskie lub zbyt szybko się zmienia. Gdy temperatura zasilania w obiegu wtórnym musi być równa temperaturze w obiegu pierwotnym, można wówczas zastosować schemat pokazany na rys.6 (tylko ogrzewanie) lub schemat z rys.7 (zarówno ogrzewanie jak i chłodzenie).

Aby otrzymać  $t_s = t_p$ , przepływ przez obejście musi być większy od zera. Regulator temperatury  $\Delta T$  steruje zaworem regulacyjnym V po stronie pierwotnej, aby zapewnić minimalny przepływ  $q_b$  we właściwym kierunku. Regulator temperatury utrzymuje temperaturę  $t_2$  nieznacznie powyżej temperatury  $t_1$ . Zwykle nastawa regulatora temperatury  $\Delta T$  waha się pomiędzy 1 a 2 K.

#### Procedura równoważenia - Rys.6

##### Obieg wtórny

1. Otworzyć wszystkie zawory regulacyjne. Zamknąć zawór BPV.
2. Zrównoważyć przepływy w odbiornikach po stronie wtórnej zaworem STAD-2 jako zaworem wspólnym (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).
3. Ustawić zawór BPV na maksymalne ciśnienie  $\Delta p$ , dopuszczalne dla zaworów regulacyjnych przed odbiornikami ciepła.
4. Zamknąć zawory regulacyjne przy odbiornikach.
5. Ustawić zawór BPV tak, aby otrzymać minimalny przepływ przez pompę (patrz Dodatek C).

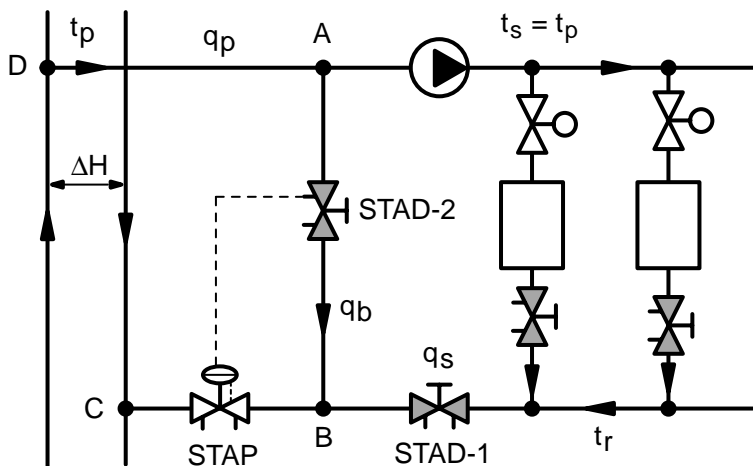
##### Obieg pierwotny

1. Otworzyć zawór regulacyjny V.
2. Jeżeli nie jest znany przepływ po stronie pierwotnej, to możemy go obliczyć za pomocą wzoru przedstawionego poniżej:

$$q_p = 1.05 q_s$$

3. Doprowadzić do przepływu obliczeniowego za pomocą zaworu STAD-1. Czynność tę należy wykonać jako część procedury równoważenia całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



Rys. 7. Regulator różnicy ciśnienia utrzymuje stały przepływ przez obejście, zapewniając na nim stałą różnicę ciśnień.

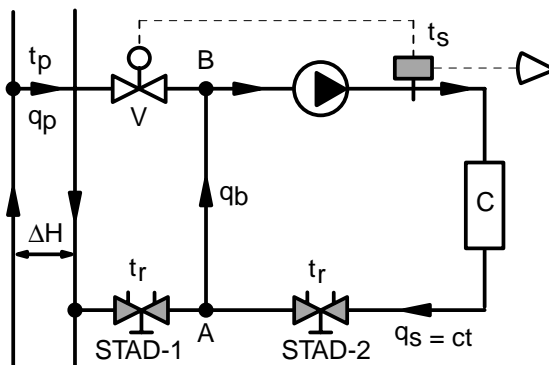
Układ z rys. 7 może być stosowany w układach chłodniczych, w których różnica ciśnień  $\Delta H$  jest zbyt mała, aby otrzymać wystarczający autorytet zaworów regulacyjnych przy odbiornikach i gdzie  $\Delta H$  przybiera zróżnicowane wartości.

Zawór regulacyjny STAP utrzymuje niewielki i stały przepływ przez obejście, niezależnie od zmian ciśnienia  $\Delta H$ . Wielkość tego niewielkiego przepływu jest mierzona za pomocą zaworu STAD-2. Gdy  $\Delta H$  wzrasta, zawór STAP zamyka się odpowiednio, zapewniając stałą różnicę ciśnień w układzie wtórnym.

#### **Procedura równoważenia - Rys.7**

1. Otworzyć wszystkie zawory regulacyjne.
2. Ustawić zawór STAD-2 tak, aby uzyskać przepływ przez ten zawór równy 5% przepływu obliczeniowego  $q_s$ . Spadek ciśnienia powinien odpowiadać wartości zadanej  $\Delta p$  na regulatorze. Stosować przyrząd CBI lub nomogram TA w celu znalezienia właściwej nastawy zaworu STAD-2.
3. Równoważyć obieg wtórny, gdy zawór STAD-1 jest zaworem wspólnym (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

### 3.2. Zmienny przepływ po stronie pierwotnej i stały przepływ po stronie wtórnej



Rys. 8. Regulacja wydajności odbiornika przy zasilaniu wodą o stałym przepływie.

Schemat ten jest często stosowany zarówno w systemach grzewczych jak i chłodniczych. Temperatura zasilania odbiornika  $t_s$  jest zmieniana w zależności od zapotrzebowania mocy cieplnej, poprzez regulację przepływu w obiegu pierwotnym.

Jeżeli dla warunków obliczeniowych  $t_s$  musi być równe  $t_p$ , wówczas maksymalny przepływ  $q_p$  w obiegu pierwotnym musi być równy lub większy od przepływu  $q_s$  w obiegu wtórnym. W przeciwnym wypadku zainstalowana moc cieplna nie może być przekazywana do układu wtórnego, ponieważ nie można uzyskać obliczeniowej temperatury wody tsc. Przepływy po stronie pierwotnej i wtórnej muszą być wzajemnie dopasowane. Przepływy te są regulowane za pomocą zaworów równoważących typu STAD-2 i STAD-1.

Przykład ogrzewania podłogowego:

Przyjmujemy, że  $t_{sc} = 50\text{ }^\circ\text{C}$ , co jest znacznie niższą temperaturą od  $t_p = 80\text{ }^\circ\text{C}$ . Należy dobrać zawór regulacyjny dla względnie małego przepływu. Dla temperatury powrotu  $t_r = 45\text{ }^\circ\text{C}$ , poniższy wzór pokazuje, że przepływ w obiegu pierwotnym będzie stanowił tylko 14% przepływu w obiegu wtórnym. Jeżeli dobierze się odpowiedni zawór dla takiego przepływu, to uzyskamy gwarancję prawidłowej regulacji w całym zakresie przepływów. Temperatura  $50\text{ }^\circ\text{C}$  jako górna granica temperatur zasilania dla ogrzewań podłogowych nie będzie przekraczana przy maksymalnie otwartym zaworze. Jeżeli uszkodzeniu ulegnie pompa obiegowa, zainstalowana w obiegu wtórnym, wówczas przepływ przez obejście zabezpieczy instalację przed nadmiernym wzrostem temperatury w danym obiegu.

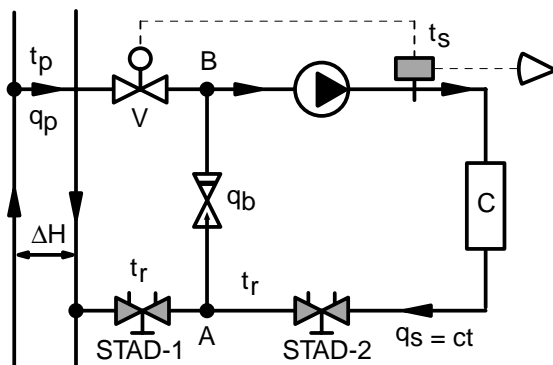
#### Procedura równoważenia - Rys.8

1. Otworzyć całkowicie zawory regulacyjne.
2. Nastawić przepływ obliczeniowy w obiegu wtórnym za pomocą zaworu STAD-2.
3. Jeżeli nie jest znany przepływ po stronie pierwotnej, należy go obliczyć, stosując wzór przedstawiony poniżej.

$$q_p = q_s \frac{(t_s - t_r)}{(t_p - t_r)} = q_s \frac{50 - 45}{80 - 45} = 0.14 \cdot q_s$$

4. Nastawić przepływ obliczeniowy po stronie pierwotnej za pomocą zaworu STAD-1. Czynność tę należy wykonać jako część procedury równoważenia w odniesieniu do całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



Rys. 9. Zawór zwrotny na obejściu pozwala na pewien przepływ przez odbiornik C nawet w przypadku, gdy uszkodzeniu ulegnie pompa obiegu wtórnego.

Jest to w zasadzie ten sam schemat jak na rys.8. Jednak w tym wypadku zainstalowano dodatkowo zawór zwrotny, aby zabezpieczyć się przed cyrkulacją w kierunku BA przez obejście.

Jeżeli zastosujemy taki schemat w instalacji centralnego ogrzewania, a zawór regulacyjny w obiegu pierwotnym jest przewymiarowany, to zawór zwrotny zapobiega przegrzaniu wody powrotnej. Jeżeli w obiegu instalacji c.o. znajduje się nagrzewnica, która ma kontakt z powietrzem zewnętrznym, to zawór zwrotny eliminuje ryzyko jej zamarznięcia w przypadku awarii pompy w obiegu wtórnym.

Należy pamiętać, że w obiegu pierwotnym nie jest możliwe wystąpienie większego przepływu od przepływu w obiegu wtórnym

#### **Procedura równoważenia - Rys.9**

##### ***t<sub>s</sub> jest równe t<sub>p</sub>:***

1. Zamknąć zawór regulacyjny V.
2. Nastawić przepływ obliczeniowy  $q_{sc}$  za pomocą zaworu STAD-2.
3. Otworzyć zawór regulacyjny V.
4. Nastawić ten sam przepływ obliczeniowy  $q_{sc}$  za pomocą zaworu STAD-1. Należy to wykonać jako część procedury równoważenia dla całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

##### ***t<sub>s</sub> nie jest równe t<sub>p</sub>:***

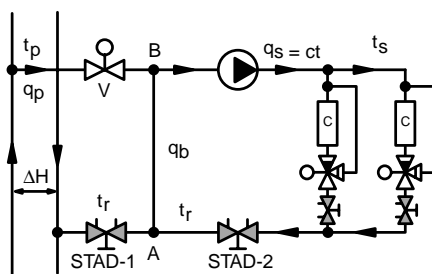
1. Zamknąć zawór regulacyjny V.
2. Nastawić przepływ obliczeniowy w obiegu wtórnym za pomocą zaworu STAD-2.
3. Jeżeli nie jest znana wartość przepływu po stronie pierwotnej, to obliczamy ją za pomocą wzoru:

$$q_p = q_s \frac{(t_s - t_r)}{(t_p - t_r)}$$

4. Otworzyć zawór regulacyjny .
5. Nastawić przepływ obliczeniowy po stronie pierwotnej za pomocą zaworu STAD-1. Czynność tę należy wykonać jako część procedury równoważenia dla całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).



### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



Rys. 10. Układ rozdzielczy ze stałym przepływem po stronie pierwotnej po konwersji na układ ze zmiennym przepływem po stronie pierwotnej.

Powszechną zasadą, stosowaną w dużych instalacjach, jest przekształcanie istniejących systemów stałoprzepływowych w systemy zmiennoprzepływowe. Przemawiają za tym dwa powody: 1) temperatura wody zasilającej może być utrzymana na stałym poziomie bez konieczności utrzymania w ruchu wszystkich jednostek produkujących ciepło przy zmniejszającym się zapotrzebowaniu na ciepło; 2) zmienne przepływy w układach rozdzielczych oznaczają zmniejszenie kosztów pompowania wody; 3) instalacja może być zaprojektowana przy uwzględnieniu współczynnika niejednoczesności obciążenia cieplnego.

Zwykle obiegi wtórne kontynuują pracę przy stałych przepływach. Po konwersji przepływu stałego na zmienny, nie może być zachowany warunek  $t_s = t_p$ . Jeżeli zawór  $V$  jest całkowicie otwarty, możemy otrzymać  $t_s = t_p$  przy zmianie kierunku przepływu przez obejście. Ponieważ zapotrzebowanie na moc cieplną jest w tym przypadku pokryte, nie ma sygnału powodującego zamknięcie zaworu dwudrogowego. Pozostaje on otwarty i w ten sposób mamy do czynienia z układem rozdzielczym o stałym przepływie. Aby tego uniknąć, należy tak wyregulować temperaturę  $t_s$ , aby  $t_s < t_p$  w układzie grzewczym i  $t_s > t_p$  w układzie chłodniczym.

Przepływ w obiegu pierwotnym zmienia się w funkcji obciążenia:

$$q_p = \frac{P}{1 + \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})} \left( \frac{P}{100} - 1 \right)} \%$$

gdzie:  $P$  jest obciążeniem wyrażonym w % mocy obliczeniowej.

Założmy, że  $t_p = 6^\circ\text{C}$ ,  $t_{sc} = 8^\circ\text{C}$  i  $t_{rc} = 12^\circ\text{C}$ . Dla  $P = 50\%$  otrzymamy  $q_p = 75\%$ . Zatem przepływ stanowi 75% przepływu obliczeniowego przy zapotrzebowaniu mocy cieplnej wynoszącym 50% mocy obliczeniowej.

Przed zmianą układu ze stałym przepływem w układ zmiennoprzepływowy, przepływ wynosił 100% przepływu obliczeniowego, a zapotrzebowanie mocy cieplnej - 50%.

Konwersja taka nie zmienia w rzeczywistości układu pierwotnego w układ rozdzielczy zmiennoprzepływowy, gdy % udział przepływu pozostaje wyższy od % udziału mocy cieplnej.

#### Procedura równoważenia - Rys.10

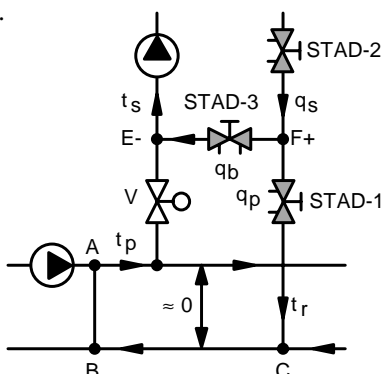
1. Zrównoważyć obwody zaworu trójdrogowego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA). Zawór  $STAD-2$  jest zaworem wspólnym.
2. Gdy nie jest znany przepływ  $q_p$  w obiegu pierwotnym, należy go obliczyć, wykorzystując w tym celu następujący wzór:

$$q_p = q_s \frac{(t_s - t_r)}{(t_p - t_r)}$$

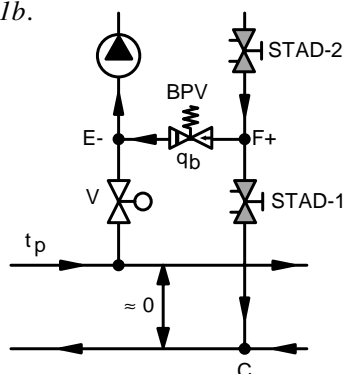
3. Otworzyć zawór regulacyjny  $V$ .
4. Nastawić przepływ  $q_p$  w obiegu pierwotnym za pomocą zaworu  $STAD-1$ . Należy to wykonać jako część procedury równoważenia przepływów w całym układzie pierwotnym (patrz Zeszyt N 2 Poradnika TA).

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi

11a.



11b.



Rys. 11. Pompa obiegowa w układzie wtórnym powoduje przepływ wody przez sieć rozdzielczą.

Jeżeli sieć rozdzielcza jest siecią bierną o małych stratach ciśnienia, to przepływ wody w sieci może być wywołany za pomocą pompy obiegowej po stronie wtórnej.

Zawór równoważący STAD-3 wywołuje pewną różnicę ciśnień pomiędzy punktami F i E. Ciśnienie to powoduje przepływ  $q_p$  przez zawór regulacyjny V w kierunku FCB i AE. Różnicę ciśnień  $\Delta p_{cEF}$  otrzymujemy dla przepływu  $q_b = q_{sc} - q_{pc}$ . Oznacza to, że  $q_{sc}$  powinno być większe od  $q_{pc}$ . Gdy zawór regulacyjny V jest zamknięty, przepływy przez obejście  $q_b = q_{sc}$  oraz  $\Delta p_{EF}$  są maksymalne. Odpowiednia różnica ciśnień występuje także na zamkniętym zaworze regulacyjnym V. Aby otrzymać odpowiedni autorytet tego zaworu, należy unikać dużych zmian ciśnienia  $\Delta p_{EF}$ . Oznacza to, że  $q_{pc}$  powinno być tak małe jak tylko jest to możliwe, w porównaniu do  $q_{sc}$ . Zatem układ taki może być rozpatrywany tylko w przypadku, gdy występuje duża różnica pomiędzy temperaturami  $t_s$  i  $t_p$ , co ma miejsce w ogrzewaniach podłogowych.

Przepływ przez obejście można obliczyć ze wzoru:

$$q_b = q_s \frac{(t_p - t_s)}{(t_p - t_r)}$$

Zakładając, że przepływ  $q_s$  w obiegu wtórnym jest w przybliżeniu stały, autorytet zaworu regulacyjnego  $\beta' = \Delta p_c V / \Delta p_{EF_{max}}$ .

**Przykład:** Ogrzewanie podłogowe o temperaturze  $t_p = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_s = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_r = 45 \text{ }^\circ\text{C}$  i  $q_s = 100$ . Przy pełnym obciążeniu  $q_b = 100(80-50)/(80-45) = 85,7$ . Przy takim przepływie zawór równoważący STAD-3 na obejściu musi wytworzyć różnicę ciśnienia, która zrównoważy straty ciśnienia na zaworze dwudrogowym (np. 8 kPa) i w obiegu pierwotnym (np. 5 kPa), co daje razem 13 kPa. Gdy zawór dwudrogowy jest zamknięty przy zerowym obciążeniu, przepływ  $q_b$  zmienia się do 100% (zakładając, że przyrost strat ciśnienia na odcinku EF ma niewielki wpływ na przepływ  $q_s$ ). Wówczas straty ciśnienia na zaworze STAD-3 będą następujące:  $\Delta p_{EF_{max}} = 13 \times (100/85,7)^2 = 18 \text{ kPa}$ .

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi

Autorytet zaworu regulacyjnego wynosi:  $\beta' = 8/18 = 0.44$

Zawór STAD-3 może być zastąpiony modulowanym zaworem nadmiarowo-upustowym typu BPV (rys.11b), który utrzymuje stałą różnicę ciśnienia na odcinku EF. W przykładzie z ogrzewaniem podłogowym poprawi to autorytet zaworu z 0,44 na 0,61.

#### **Procedura równoważenia - Rys.11**

##### **Zawór STAD-3 na obejściu (rys. 11a):**

1. Otworzyć całkowicie wszystkie zawory regulacyjne.
2. Ustawić zawór STAD-3 tak, aby uzyskać spadek ciśnienia  $\Delta p_{EF} = \Delta p_{cV} + \text{straty ciśnienia w obiegu pierwotnym}$  (w naszym przykładzie:  $8 + 5 = 13 \text{ kPa}$ ) dla przepływu  $q_b = (q_{sc} - q_{pc})$  w przewodzie obejściowym. Stosować przyrząd CBI lub nomogram TA w celu znalezienia właściwej nastawy na zaworze STAD-3.
3. Zawór STAD-1 ustawić tak, aby straty ciśnienia były rzędu 3 kPa dla przepływu obliczeniowego w obiegu pierwotnym. Stosować przyrząd CBI lub nomogram TA w celu ustalenia właściwej nastawy na zaworze STAD-1.
4. Zamknąć zawór regulacyjny V. Ustawić przepływ obliczeniowy za pomocą zaworu STAD-2.
5. Gdy nie jest znany przepływ  $q_p$  w obiegu pierwotnym, należy go obliczyć za pomocą wzoru:

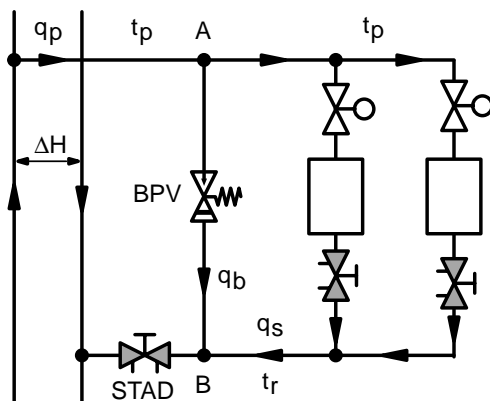
$$q_p = q_s \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})}$$

6. Otworzyć zawór regulacyjny V. Ponownie ustawić zawór STAD-3, aby otrzymać  $q_p = q_{pc}$ , mierzone na zaworze STAD-1.

##### **Zawór BPV na obejściu (rys. 11b):**

1. Otworzyć całkowicie wszystkie zawory regulacyjne.
2. Ustawić zawór STAD-1, aby straty ciśnienia na tym zaworze były rzędu 3 kPa dla przepływu  $q_p = q_{pc}$ . Stosować przyrząd CBI lub nomogram TA w celu ustalenia właściwej nastawy na zaworze STAD-1.
3. Otworzyć zawór STAD-2. Ustawić zawór BPV tak, aby otrzymać przepływ obliczeniowy na zaworze STAD-1.
4. Ustawić zawór STAD-2 tak, aby otrzymać przepływ obliczeniowy w obiegu wtórnym.

### 3.3. Stały przepływ po stronie pierwotnej i zmienny przepływ po stronie wtórnej



Rys. 12. Zawór nadmiarowo-upustowy BPV stabilizuje ciśnienie dyspozycyjne na zasilaniu niewielkich odbiorników

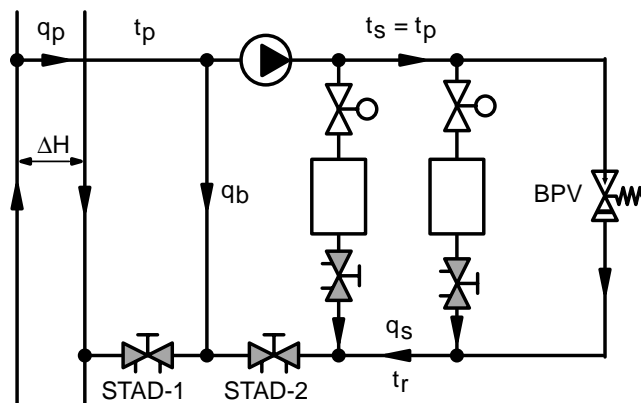
Jeżeli ciśnienie dyspozycyjne w obiegu pierwotnym jest zbyt wysokie dla obiegu wtórnego, to można zastosować schemat z rys. 12.

Nastawa zaworu BPV może być wybrana dla zakresu ciśnień od 8 do 60 kPa. Stwarza to możliwość zapewnienia odpowiednich warunków pracy dla zaworów regulacyjnych przy odbiornikach (otrzymamy odpowiedni autorytet zaworów), niezależnie od zmian ciśnienia  $\Delta H$ . Zawór typu BPV zapewnia stałą różnicę ciśnień pomiędzy punktami A i B. Na zaworze STAD odkłada się spadek ciśnienia równy  $(\Delta H - \Delta p_{BPV})$ .

#### **Procedura równoważenia - Rys.12**

1. Otworzyć wszystkie zawory regulacyjne. Zamknąć wszystkie zawory BPV.
2. Zrównoważyć przepływ przez każdy z odbiorników ciepła, przez odgałężenia główne (poziomy) i przez piony (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA). Czynności te należy wykonać przed przejściem do kroku 3.
3. Zamknąć zawory regulacyjne na odgałężeniach
4. Zmniejszać powoli nastawę zaworu BPV aż otrzyma się przepływ równy  $2/3$  przepływu obliczeniowego na zaworze STAD.  
(Patrz Zeszyt Nr 4 - Załącznik 5.5 w celu dodatkowego wyjaśnienia).

### 3. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi dwudrogowymi



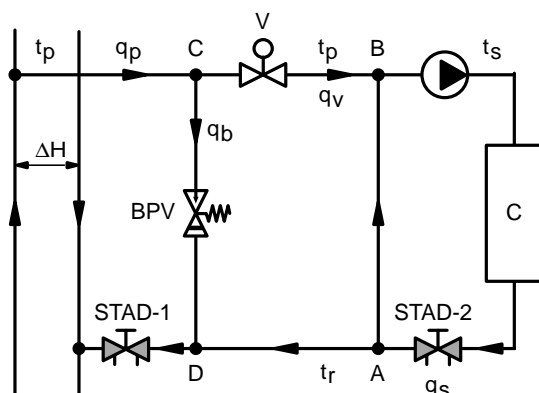
Rys. 13. Redukcja lub zwiększenie ciśnienia dyspozycyjnego przed odbiornikami poprzez zainstalowanie pompy w obiegu wtórnym.

Gdy różnica ciśnień w obiegu pierwotnym (ciśnienie dyspozycyjne) jest zbyt duża lub zbyt mała dla obiegu wtórnego, to można zastosować rozwiązanie pokazane na rys. 13. W rozwiązaniu tym zastosowano zawór nadmiarowo-upustowy, aby otrzymać minimalny przepływ ze względu na pompę. Zastosowanie zaworu STAD-1 odgrywa istotną rolę w zabezpieczeniu przed tzw. krótkimi obiegami w układzie pierwotnym.

#### **Procedura równoważenia - Rys.13**

1. Otworzyć wszystkie zawory regulacyjne. Zamknąć wszystkie zawory BPV.
2. Zrównoważyć przepływy wody przez poszczególne odbiorniki wykorzystując w tym celu zawór STAD-2 jako zawór wspólny (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).
3. Ustawić zawór BPV na maksymalne dopuszczalne ciśnienie w odniesieniu do zaworów regulacyjnych przed odbiornikami ciepła.
4. Zamknąć zawory regulacyjne na odgałęzieniach .
5. Jeżeli zachodzi taka potrzeba, zmniejszyć nastawę na zaworze BPV w celu otrzymania minimalnego przepływu przez pompę (patrz Załącznik C).
6. Doprowadzić za pomocą nastawy zaworu STAD-1 do przepływu obliczeniowego w układzie pierwotnym. Czynność tę należy wykonać jako część procedury równoważenia dla całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

### 3.4. Stały przepływ po stronie pierwotnej i wtórnej



Rys. 14. Stały przepływ po stronie pierwotnej i wtórnej.

Odbiornik zasilany jest wodą o stałym przepływie. Temperatura zasilania jest regulowana za pomocą zaworu regulacyjnego dwudrogowego V. Temperatura ta musi spełniać warunek  $t_s < t_p$  w układach grzewczych i  $t_s > t_p$  w układach chłodniczych. Zawór BPV utrzymuje stałe ciśnienie dyspozycyjne na odcinku CD. Jest to obliczeniowa strata ciśnienia dla zaworu regulacyjnego V, który po zrównoważeniu przepływów ma autorytet bliski jedności.

#### Procedura równoważenia - Rys.14

1. Otworzyć wszystkie zawory regulacyjne. Zamknąć wszystkie zawory BPV.
2. Gdy nie jest znany przepływ w obiegu pierwotnym, możemy go obliczyć za pomocą wzoru jak niżej:

$$q_p = q_s \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})}$$

(gdzie indeks „c” oznacza wartość obliczeniową)

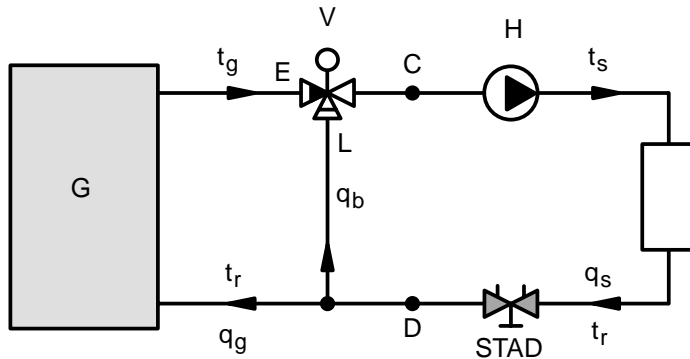
3. Nastawić przepływ obliczeniowy za pomocą zaworu STAD-1. Czynność tę należy wykonać jako część procedury równoważenia dla całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA) przed przystąpieniem do kroku 4.
4. Zamknąć zawór regulacyjny V.
5. Zmierzyć przepływ na zworze STAD-1. Zmniejszać powoli nastawę na zaworze BPV dopóki nie otrzymamy przepływu równego 2/3 przepływu obliczeniowego na zaworze STAD-1.
6. Ustawić przepływ obliczeniowy w obiegu wtórnym za pomocą zaworu STAD-2. (Sprawdź również w Zeszytcie nr4-załącznik 5.5.)

## 4. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi trójdrogowymi

### 4.1. Zmienny przepływ po stronie pierwotnej i stały przepływ po stronie wtórnej

#### Bierna sieć pierwotna

Bierna sieć pierwotna jest siecią rozdzielczą bez pompy. Pompa po stronie wtórnej powoduje przepływy zarówno w układzie pierwotnym jak i wtórnym.



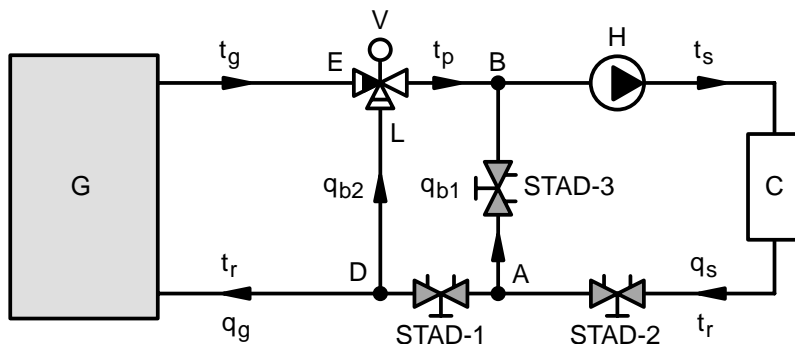
Rys. 15. Układ mieszający połączony ze źródłem ciepła

Rys. 15 pokazuje instalację regulowaną za pomocą zaworu mieszającego trójdrogowego. Układ pierwotny składa się z wymiennika lub kotła i przewodu obojętnego. Źródło ciepła może pracować przy przepływach zerowych, albo może być wyposażone w pompę na obojętności, która powoduje minimalny przepływ przez kocioł. Zawór trójdrogowy powinien być dobrany przy stratach ciśnienia równych co najmniej stratom w źródle G, ale nie mniejszych niż 3 kPa.

#### **Procedura równoważenia - Rys.15**

1. Otworzyć całkowicie zawór trójdrogowy.
2. Ustawić przepływ obliczeniowy za pomocą zaworu STAD.

#### 4. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi trójdrogowymi



Rys. 16. Układ mieszający z obejściem pośrednim

Jeżeli przepływ w danym obiegu  $q_s$  jest większy od przepływu obliczeniowego w źródle ciepła, to obejście AB zapewnia zgodność pomiędzy przepływami.

Spadek ciśnienia wywołany zaworem STAD-3 dla przepływu  $q_{b1} = q_{sc} - q_{gc}$ , jest konieczny w celu skompensowania spadku ciśnienia na zaworze STAD-1 + G + zawór 3-drogowy.

Spadek ciśnienia na zaworze trójdrogowym dla przepływu obliczeniowego  $q_{gc}$  musi być równy lub wyższy od projektowego spadku ciśnienia w źródle G i armaturze, a minimalna jego wartość musi wynosić 3 kPa.

#### **Procedura równoważenia - Rys.16**

1. Otworzyć zawór regulacyjny trójdrogowy „V”.
2. Obliczyć przepływ obliczeniowy  $q_{b1}$  wymagany dla zaworu STAD-3 i przepływ  $q_{gc}$  wymagany dla zaworu STAD-1 za pomocą poniższych wzorów:

$$q_{gc} = q_{sc} \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_g - t_{rc})}$$

$$q_{b1} = q_{sc} - q_{gc}$$

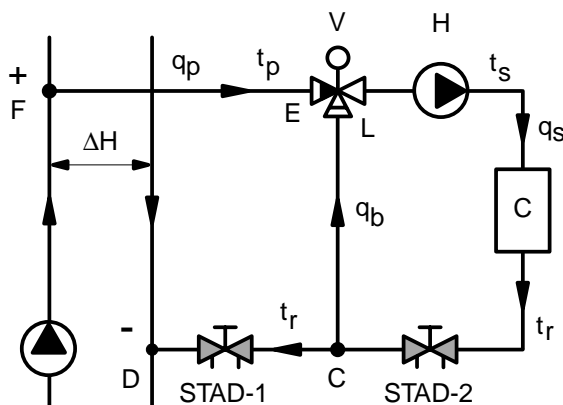
3. Zawory STAD-3 i STAD-1 są równoważone zgodnie z metodą równoważenia przedstawioną w Zeszycie Nr 2.
4. Ustawić przepływ  $q_s$  za pomocą zaworu STAD-2.



## 4. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi trójdrogowymi

### Czynna sieć pierwotna

Siecią pierwotną czynną jest system rozdzielczy z własną pompą. Pompa w obiegu pierwotnym wytwarza różnicę ciśnień, która powoduje przepływ wody w obiegu wtórnym.



Rys. 17. Zawór mieszający z różnicą ciśnień po stronie pierwotnej i kompensującym zaworem równoważącym

Zawór trójdrogowy z rys. 17 poddany jest ciśnieniu różnicowemu  $\Delta H$  z obiegu pierwotnego. Ciśnienie to może mieć ujemny wpływ na pracę zaworu trójdrogowego. Przepływ wody  $q_b$  przez obejście może mieć przeciwny kierunek i zakłócać funkcję mieszania zaworu regulacyjnego.

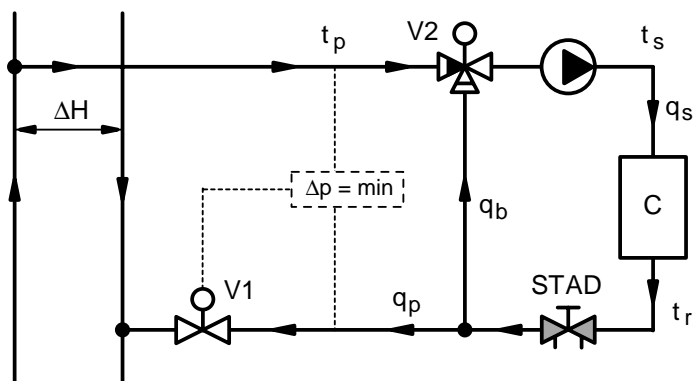
Aby się przed tym zabezpieczyć, należy zainstalować zawór równoważący STAD-1. Strata ciśnienia na zaworze STAD-1 powinna wynosić  $\Delta H$  przy przepływie obliczeniowym  $q_{pc}$ .

Strata ciśnienia na zaworze trójdrogowym musi być co najmniej równa  $\Delta H$ , aby otrzymać autorytet zaworu równy 0,5. Ten spadek ciśnienia musi być pokryty przez pompę zainstalowaną w obiegu wtórnym.

### Procedura równoważenia - Rys.17

1. Zamknąć zawór trójdrogowy.
2. Ustawić przepływ obliczeniowy w obiegu wtórnym zaworem STAD-2.
3. Otworzyć zawór trójdrogowy.
4. Kontynuować pomiar przepływu za pomocą zaworu STAD-2. Nastawić zawór STAD-1 tak, aby otrzymać taki sam przepływ jak w kroku 2. Czynność tę wykonać jako część procedury równoważenia całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

#### 4. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi trójdrogowymi



Rys. 18. Eliminacja ciśnienia różnicowego w układzie pierwotnym za pomocą regulatora różnicy ciśnień.

W niektórych instalacjach zawory trójdrogowe nie działają prawidłowo z powodu zbyt wysokiego ciśnienia po stronie pierwotnej. W pewnych przypadkach instaluje się regulator różnicy ciśnień w celu wyeliminowania lub redukcji tego ciśnienia, jak to pokazano na rys.18.

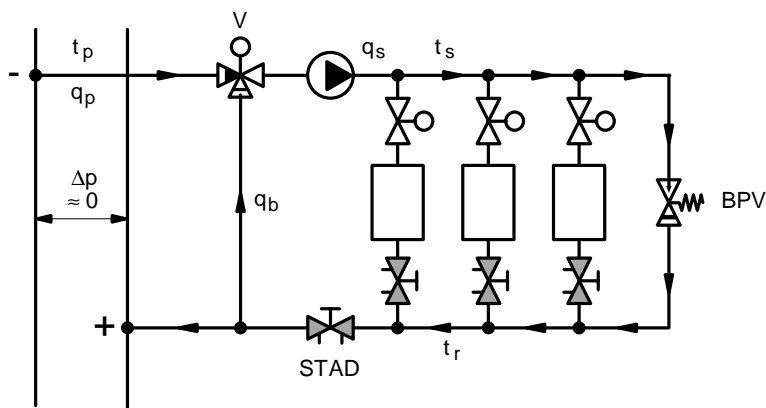
Jest to przykład kosztownego rozwiązania, które może być rozpatrywane, gdy stosowany jest zawór różnicy ciśnień przy kilku zaworach trójdrogowych oraz gdy wymagany jest zmienny przepływ w przewodach rozdzielczych. Jeżeli zakłada się stałe przepływy w obiegu pierwotnym, to rozwiązanie z rys. 20 jest bardziej poprawnym rozwiązaniem.

#### **Procedura równoważenia - Rys.18**

1. Zamknąć zawór trójdrogowy.
2. Ustawić przepływ obliczeniowy w obiegu wtórnym za pomocą zaworu STAD.
3. Ustawić nastawę zaworu regulacyjnego różnicy ciśnień do wartości możliwie bliskiej zeru.

## 4.2. Zmienny przepływ po stronie pierwotnej i wtórnej

### Bierna sieć pierwotna



Rys. 19. Zawór trójdrogowy reguluje temperaturę wody w systemie rozdzielczym

Regulacja temperatury wody odbywa się przy wykorzystaniu zaworu trójdrogowego. Zawory regulacyjne dwudrogowe regulują przepływ wody w zależności od zapotrzebowania odbiorników na ciepło.

Zawór trójdrogowy ma autorytet bliski jedności. Przy małych obciążeniach, zawór nadmiarowo-upustowy BPV zapewnia minimalny przepływ przez pompę, a także redukuje spadki temperatury w przewodach.

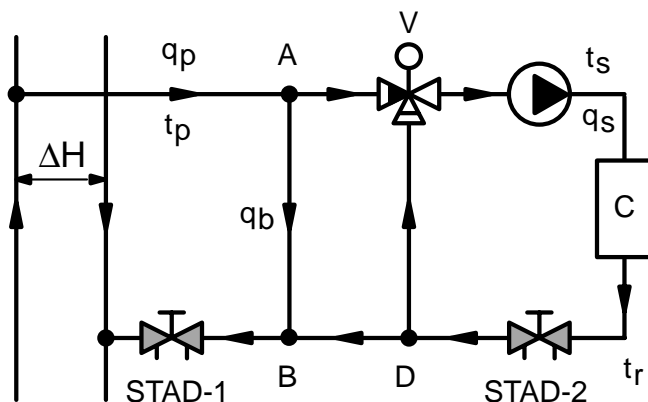
Uwaga: Przy przepływach poniżej pewnej wartości, zawór trójdrogowy będzie pracował w warunkach przepływu laminarnego a nie burzliwego. Wówczas zawór trójdrogowy zmienia chwilowo charakterystykę i trudno jest ustabilizować przepływy w regulowanym obiegu. Musi być zatem zachowany minimalny przepływ, którym steruje zawór BPV, aby straty ciśnienia na zaworze trójdrogowym były rzędu 1 kPa.

### Procedura równoważenia - Rys.19

1. Otworzyć wszystkie zawory regulacyjne.
2. Zrównoważyć obieg wtórny (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA), za pomocą zaworu STAD jako zaworu wspólnego.
3. Otworzyć wszystkie zawory regulacyjne dwudrogowe.
4. Ustawić zawór BPV tak, aby otrzymać minimalny przepływ przez pompę (patrz Załącznik C).

### 4.3. Stały przepływ po stronie pierwotnej i wtórnej

#### Czynna sieć pierwotna



Rys. 20. Zawór równoważący STAD-1 i przewód obejściowy AB eliminują ciśnienie różnicowe na zaworze trójdrogowym po stronie pierwotnej

Jeżeli przepływ w obiegu pierwotnym może być stały, istnieje dość proste rozwiązanie pozwalające uniknąć zbyt dużego ciśnienia w obiegu pierwotnym na zaworze mieszającym trójdrogowym. Osiągamy to przez montaż przewodu obejściowego AB i wyrównanie ciśnienia różnicowego zaworem równoważącym STAD-1. Autorytet zaworu trójdrogowego będzie wówczas bliski jedności.

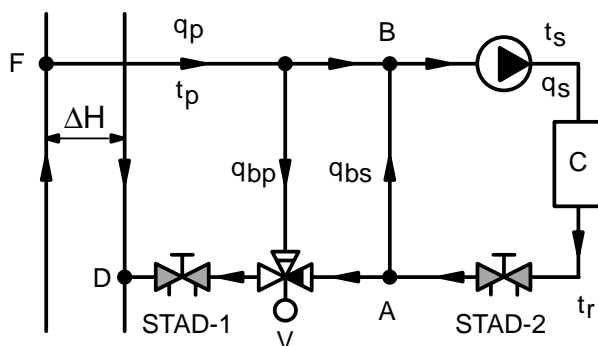
#### Procedura równoważenia - Rys.20

1. Otworzyć zawór trójdrogowy.
2. Nastawić za pomocą zaworu STAD-2 przepływ obliczeniowy po stronie wtórnej.
3. Gdy przepływ w obiegu pierwotnym  $q_p$  jest nieznan, to można go obliczyć stosując poniższy wzór:

$$q_p = q_s \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})}$$

4. Nastawić przepływ w obiegu pierwotnym za pomocą zaworu STAD-1. Czynność tę należy wykonać jako część procedury równoważenia dla całego obiegu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

#### 4. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi trójdrogowymi



Rys. 21. Gdy temperatura  $t_{sc}$  nie jest równa temperaturze  $t_p$ , lepszym rozwiązaniem jest przeniesienie obciążenia do układu wtórnego

Gdy temperatura obliczeniowa  $t_{sc}$  nie jest równa temperaturze  $t_p$ , to układ z rys. 21 jest lepszym rozwiązaniem niż układ z rys. 20.

Przepływ przez zawór regulacyjny jest mniejszy dla schematu z rys. 21 niż dla schematu z rys. 20 ( $q_p$  zamiast  $q_s$ ). Można więc zastosować mniejszy zawór trójdrogowy. Autorytet zaworu trójdrogowego jest bliski jedności.

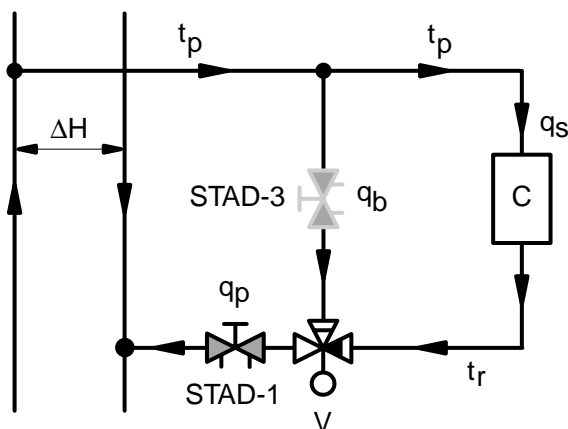
#### **Procedura równoważenia - Rys.21**

1. Otworzyć zawór trójdrogowy.
2. Ustawić przepływ obliczeniowy w obiegu wtórnym za pomocą zaworu STAD-2.
3. Gdy przepływ  $q_p$  nie jest znany, należy go obliczyć stosując poniższy wzór:

$$q_p = q_s \frac{(t_{sc} - t_{rc})}{(t_p - t_{rc})}$$

4. Ustawić przepływ w obiegu pierwotnym za pomocą zaworu STAD-1. Czynność tę należy wykonać jako część procedury równoważenia dla całego układu pierwotnego (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).

#### 4.4. Stały przepływ po stronie pierwotnej i zmienny przepływ po stronie wtórnej



Rys. 22. Zawór trójdrogowy mieszający w układzie rozdzielczym

Zawór trójdrogowy stosowany jako zawór mieszający w obiegu rozdzielczym może zasilać odbiornik ciepła ze zmiennym przepływem i stałą temperaturą wody zasilającej, utrzymując stały przepływ w układzie pierwotnym. W ten sposób zawór trójdrogowy eliminuje wzajemne oddziaływanie pomiędzy obiegami po stronie pierwotnej.

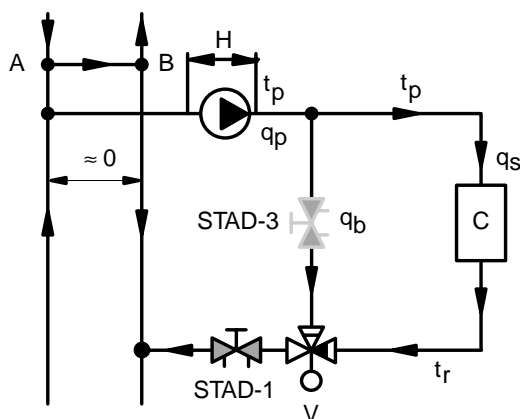
Zawór trójdrogowy powinien wytworzyć obliczeniowe straty ciśnienia równe lub większe od strat ciśnienia w obiegu C, aby zapewnić autorytet zaworu równy co najmniej 0,5.

Uwaga: Najważniejszym zaworem równoważącym jest zawór STAD-1. Zawór STAD-3 można pominąć, jeżeli  $\Delta p_C < 0,25 \Delta H$ .

#### **Procedura równoważenia - Rys.22**

1. Otworzyć zawór trójdrogowy,
2. Ustawić przepływ obliczeniowy za pomocą zaworu STAD-1. Wykonać tę czynność jako część procedury równoważenia dla całego układu pierwotnego przed przejściem do kroku 3 (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).
3. Zamknąć zawór trójdrogowy.
4. Zmierzyć przepływ na zaworze STAD-1. Ustawić przepływ obliczeniowy za pomocą zaworu STAD-3.

#### 4. Obwody regulacji z zaworami regulacyjnymi trójdrogowymi



Rys. 23. Obieg rozdzielczy zasilany z biernej sieci rozdzielczej

Gdy system rozdzielczy jest bierny (brak czynnej różnicy ciśnień), zachodzi wówczas konieczność zamontowania oddzielnej pompy. Pompa ta może być wspólną pompą dla kilku obwodów.

Uwaga: Najważniejszym zaworem równoważącym jest zawór STAD-1. Zawór STAD-3 można pominąć, gdy  $\Delta p_C < 0,25 \Delta H$ .

#### **Procedura równoważenia - Rys.23**

1. Otworzyć wszystkie zawory trójdrogowe.
2. Nastawić przepływ obliczeniowy za pomocą zaworu STAD-1. Czynność tę wykonać jako część procedury równoważenia dla całego układu pierwotnego przed przejściem do kroku 3 (patrz Zeszyt Nr 2 Poradnika TA).
3. Zamknąć wszystkie zawory trójdrogowe.
4. Pomierzyć przepływ na zaworze STAD-1. Ustawić przepływ obliczeniowy za pomocą zaworu STAD-3.

## 5. Porównanie różnych schematów regulacji

<b>Zmienny przepływ wody w układzie pierwotnym</b>			
Zmienny przepływ wody w układzie wtórnym		Stały przepływ wody w układzie wtórnym	
Zawór dwudrogowy	5	Zawór dwudrogowy	8 - 9 - 10
Zawór trójdrogowy	19	Zawór trójdrogowy	17 - 18
<b>Stały przepływ wody w układzie pierwotnym</b>			
Zmienny przepływ wody w układzie wtórnym		Stały przepływ wody w układzie wtórnym	
Zawór dwudrogowy	12 - 13	Zawór dwudrogowy	14
Zawór trójdrogowy	22	Zawór trójdrogowy	20 - 21

**Te same funkcje otrzymujemy stosując zawory regulacyjne dwudrogowe lub trójdrogowe.**



## 5. Porównanie różnych schematów regulacji

### 5.1. Czynna sieć rozdzielcza pierwotna

	$\Delta pV > \Delta H/2^*$ $\Delta p_{STAD} = \Delta H - \Delta pV - \Delta pC$ $\beta' = \Delta pV / \Delta H$
	$\Delta pV > (\Delta H - \Delta p_{BPV})/2^*$ $\Delta p_{STAD} > 3 \text{ kPa}$ $\Delta p_{BPV} = \Delta H - \Delta pV - \Delta pC - \Delta p_{STAD}$ $\beta' = \Delta pV / (\Delta H - \Delta p_{BPV})$
	$\Delta pV > \text{Min STAP wartość zadana} \geq 10 \text{ kPa}$ $\Delta p_{STAM} (\text{STAD}) \geq 3 \text{ kPa}$ $\beta' \text{ bliskie jedności}$
	$q_s < q_p$ $\Delta pV > \Delta H/2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta pV$ $\beta' = \Delta pV / \Delta H$
	$t_s = t_p$ $q_s < q_p$ $\Delta pV > H/2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta pV$ $\beta' = \Delta pV / \Delta H$
	$t_s = t_p$ $\Delta pV > \Delta H/2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta pV - \Delta p_{STAD-2}$ $\beta' = \Delta pV / \Delta H$

Zmienne przepływy wody w układzie pierwotnym i wtórnym. Zmienne są przedstawiane za pomocą odpowiednich wartości

## 5. Porównanie różnych schematów regulacji

	<b>8</b>	$q_s < q_p$ $\Delta p_V > \Delta H / 2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_V$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta H$
	<b>9</b>	$q_s < q_p$ $\Delta p_V > \Delta H / 2^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_V$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta H$
	<b>17</b>	$\Delta p_V > \Delta H^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H$ $\beta' = \Delta p_V / (\Delta p_V + \Delta p_H)$
	<b>18</b>	$\Delta p_{V1} > \Delta H / 2^*$ $\Delta p_{V2} > 3 \text{ kPa}^*$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_{V1}$ $\beta'_{V1} = \Delta p_{V1} / (\Delta H - \Delta p)$

**Zmienne przepływy wody w układzie pierwotnym  
i stałe przepływy w układzie wtórnym.  
Zmienne są przedstawiane za pomocą odpowiednich wartości  
obliczeniowych. Wartości zalecane (\*).**

## 5. Porównanie różnych schematów regulacji

	<b>12</b>	$t_s = t_p$  $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_{BPV}$
	<b>13</b>	$t_s = t_p$  $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H$
	<b>22</b>	$t_s = t_p$ $\Delta p_V > \Delta p_C$ * $\Delta p_{STAD-3} = \Delta p_C$ $\Delta p_{STAD-1} = \Delta H - \Delta p_V - \Delta p_C$  $\beta' = \Delta p_V / (\Delta p_V + \Delta p_C)$

**Stałe przepływy wody w układzie pierwotnym  
i zmienne przepływy w układzie wtórnym.  
Zmienne są przedstawiane za pomocą odpowiednich  
wartości obliczeniowych. Wartości zalecane (\*).**



## 5. Porównanie różnych schematów regulacji

### 5.2. Bierna sieć rozdzielcza pierwotna

	<b>(11a)</b>	$q_p < q_s$ $\Delta p_{STAD-3} =$ $\Delta p_1 + \Delta p_V + \Delta p_{STAD-1}$ $\Delta p_{STAD-1} \geq 3 \text{ kPa} *$ $\Delta p_V \geq \Delta p_{STAD-3} / 2 *$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta p_{STAD-3 \text{ max}}$
	<b>(11b)</b>	$q_p < q_s$ $\Delta p_{BPV} =$ $\Delta p_1 + \Delta p_V + \Delta p_{STAD-1}$ $\Delta p_{STAD-1} \geq 3 \text{ kPa} *$ $\Delta p_V \geq \Delta p_{STAD-3} / 2 *$ $\beta' = \Delta p_V / \Delta p_{BPV}$
	<b>(15)</b>	$\Delta p_V > \Delta p_1 *$ $\beta' = \Delta p_V / (\Delta p_V + \Delta p_1)$
	<b>(16)</b>	$q_p < q_s$ $\Delta p_V > \Delta p_1 *$ $\beta' = \Delta p_V / (\Delta p_V + \Delta p_1)$

**Zmienne przepływy wody w układzie pierwotnym  
i stałe przepływy w układzie wtórnym.  
Zmienne są przedstawiane za pomocą odpowiednich  
wartości obliczeniowych. Wartości zalecane (\*).**

## ZAŁĄCZNIK A

### Autorytet zaworów regulacyjnych dwudrogowych

#### A.1. Niepełna definicja autorytetu zaworu

Charakterystyka statyczna zaworu regulacyjnego jest definiowana dla stałej różnicy ciśnienia na zaworze. Jednak ciśnienie to jest rzadko stałe zarówno w źródle ciepła jak i w instalacji. W praktyce rzeczywista charakterystyka zaworu regulacyjnego nie jest taka sama jak charakterystyka teoretyczna.

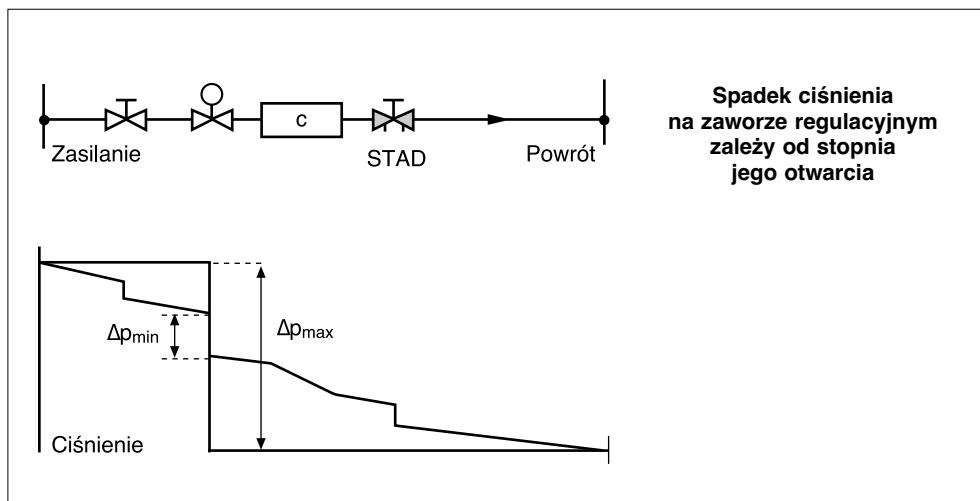
Gdy zawór regulacyjny jest otwarty całkowicie, różnica ciśnień  $\Delta p_{\min}$  jest równa ciśnieniu dyspozycyjnemu pomniejszonemu o straty ciśnienia w odbiornikach, przewodach i armaturze.

Jeżeli zawór regulacyjny jest zamknięty, straty ciśnienia w innych częściach układu zanikają, ponieważ przepływ wody jest zerowy. Całkowite ciśnienie dyspozycyjne  $\Delta H_{\max} = \Delta p_{\max}$  odłoży się wówczas na zaworze regulacyjnym. Ponieważ zawór regulacyjny jest wymiarowany w oparciu o  $\Delta p_{\min}$ , stąd przy takich stratach ciśnienia powinno się otrzymać przepływ obliczeniowy (zawór całkowicie otwarty).

Gdy zawór jest blisko położenia zamknięcia, przepływ rzeczywisty jest większy niż przepływ teoretyczny, ponieważ różnica ciśnień jest większa niż  $\Delta p_{\min}$ . Charakterystyka teoretyczna zostaje zniekształcona. Stopień tego zniekształcenia zależy od stosunku  $\Delta p_{\min}/\Delta p_{\max}$ .

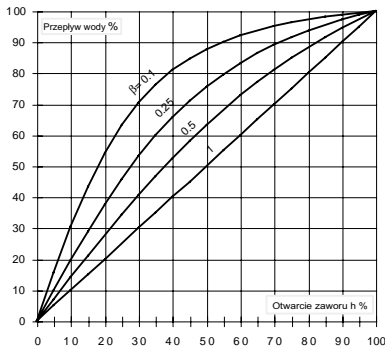
Stosunek ten jest autorytetem zaworu regulacyjnego:

$$\beta = \frac{\Delta p_{\min}}{\Delta p_{\max}}$$

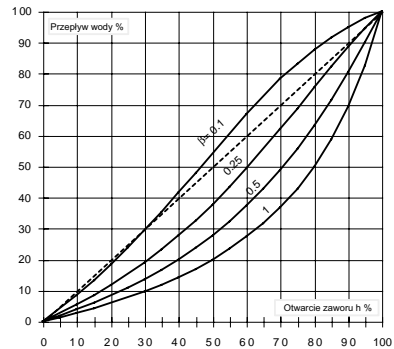


## ZAŁĄCZNIK A

### Autorytet zaworów regulacyjnych dwudrogowych



Rys. Zniekształcenie liniowej charakterystyki zaworu w funkcji autorytetu zaworu.



Rys. Zniekształcenie charakterystyki stałoprocentowej „EQM” zaworu jako funkcji autorytetu zaworu.

Im mniejszy jest autorytet zaworu, tym większe jest zniekształcenie jego charakterystyki w porównaniu do charakterystyki teoretycznej.

Rozpatrzmy zawór o charakterystyce liniowej tak dobrany, aby otrzymać przepływ obliczeniowy dokładnie przy pełnym jego otwarciu, ale o dość niskim autorytecie rzędu 0,1. Przy 10% otwarciu przepływ przez obieg wyniesie około 30%.

Założmy, że odbiornikiem końcowym jest wymiennik ciepła przy obliczeniowym spadku temperatury 10 K. Wówczas 30% przepływ wody daje 80% mocy obliczeniowej.

Wynik końcowy jest taki, że osiągamy wydajność wymiennika stanowiącą 80% mocy obliczeniowej przy zaworze regulacyjnym, którego stopień otwarcia wynosi 10%. W takich warunkach pracy istnieje niewielka możliwość stabilnej regulacji za pomocą tego zaworu. Sytuacja będzie jeszcze gorsza, gdy przy tym samym autorytecie zawór będzie przewymiarowany.

Autorytet zaworu rzędu 0,5 jest już do zaakceptowania, ponieważ nie powoduje większej deformacji charakterystyki. Innymi słowy, strata ciśnienia przy przepływie obliczeniowym i całkowicie otwartym zaworze regulacyjnym, musi być równa co najmniej połowie ciśnienia dopuszczalnego.

Warto zauważyć, że przepływ obliczeniowy nie występuje w definicji autorytetu zaworu.

Krzywe na powyższych rysunkach zostały wykreślone przy przyjęciu przepływu obliczeniowego dla zaworu regulacyjnego całkowicie otwartego. Jednak przypadek taki jest rzadko spotykany w praktyce, ponieważ trudno jest uniknąć przewymiarowania zaworu choćby w niewielkim stopniu.

Gdy zawór regulacyjny jest przewymiarowany, wartość  $\Delta p_{\min}$  ulega redukcji przy stałej wartości  $\Delta p_{\max}$ . Tym samym autorytet zaworu regulacyjnego ulega także zmniejszeniu. Teoretyczna charakterystyka zaworu będzie bardzo zniekształcona i wystąpią trudności w regulacji przy małych obciążeniach.

Jednak przewymiarowany zawór regulacyjny może mieć prawidłowy autorytet. Gdy podwoimy wartość różnicy ciśnień działających na zawór, ciśnienia  $\Delta p_{\min}$  i  $\Delta p_{\max}$  wzrosną w tej samej proporcji i autorytet zaworu pozostanie bez zmian, pomimo wystąpienia w obiegu nadprzepływów.

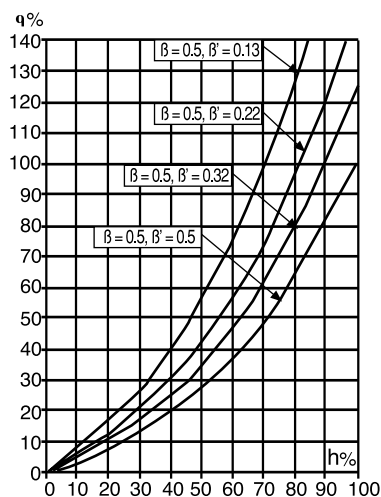
Co jednak stanie się z autorytetem zaworu w obiegu przy wystąpieniu zmiennego ciśnienia różnicowego? Wówczas  $\Delta p_{\max}$  i  $\Delta p_{\min}$  będą zmieniały się równocześnie w tych samych proporcjach, a autorytet zaworu  $\beta$  pozostanie stały. Jednak charakterystyka zaworu ulegnie zniekształceniu pomimo faktu, że autorytet  $\beta$  jest taki sam.

W związku z tym autorytet zaworu zdefiniowany powyżej nie daje wystarczających informacji o rzeczywistym zniekształceniu charakterystyki zaworu.

## A.2. Poprawna definicja autorytetu $\beta'$ zaworu

Otrzymamy bardziej spójną definicję autorytetu zaworu, gdy odniesiemy straty ciśnienia na zaworze regulacyjnym dla przepływu obliczeniowego do maksymalnego spadku ciśnienia na zaworze:

$$\beta' = \frac{\Delta p \text{ przy zaworze całkowicie otwartym i przepływie obliczeniowym}}{\Delta p \text{ przy pełnym zamknięciu}}$$



*Przepływ w funkcji otwarcia zaworu, gdy ciśnienie dyspozycyjne zmienia się przy stałym autorytecie  $\beta$ .*

Rysunek pokazuje, że przy autorytecie zaworu  $\beta'$  bierze się pod uwagę zniekształcenie charakterystyki zaworu. Nie jest to prawdziwe dla autorytetu  $\beta$ , który jest definiowany w sposób tradycyjny. Zależność pomiędzy dwoma różnymi autorytetami zaworu można przedstawić wzorem:

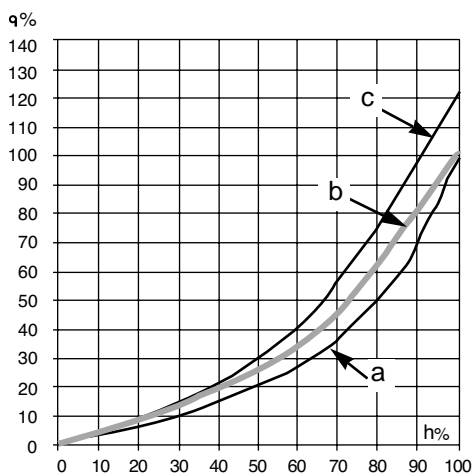
$$\beta = (S_q)^2 \cdot \beta'$$

gdzie:  $S_q$  jest współczynnikiem nadprzepływu.  $S_q \geq 1$  dla zaworu otwartego. Gdy przepływ maksymalny jest równy przepływowi obliczeniowemu  $\beta = \beta'$ .



## ZAŁĄCZNIK A

### Autorytet zaworów regulacyjnych dwudrogowych



Rys. Wpływ ograniczenia maksymalnego przepływu za pomocą zaworu równoważącego na charakterystykę zaworu regulacyjnego:  
a - teoretyczna, b - z zaworem równoważącym BV,  
c - bez zaworu równoważącego BV.

#### Czy zawór równoważący może być zainstalowany szeregowo z zaworem regulacyjnym?

Nie jest możliwe nabycie na rynku zaworu regulacyjnego, który miałby charakterystykę zgodną z dokładnymi obliczeniami wartości współczynnika  $K_v$ . W praktyce instalowane zawory są mniej lub bardziej przewymiarowane. W czasie rozruchu po „obniżeniu nocnym”, gdy większość zaworów regulacyjnych jest otwarta, nadprzepływy w korzystniejszych pod względem hydraulicznym obiegach, powodują powstawanie podprzepływów w innych miejscach instalacji. W związku z tym istotne jest, aby przepływ przez zawór regulacyjny był ograniczany zaworem równoważącym.

Powyższy rysunek pokazuje w jaki sposób taki rodzaj ograniczenia wpływa na charakterystykę zaworu regulacyjnego. Bez zaworu równoważącego, nadprzepływ przez całkowicie otwarty zawór regulacyjny, wyniesie 22%, a jego autorytet  $\beta = 0,5$  zgodnie z tradycyjną definicją autorytetu zaworu. Jest to jednak niepełna informacja o autorytecie zaworu, ponieważ przepływ jest niewłaściwy.

Autorytet zaworu  $\beta' = 0.34$  wskazuje na rzeczywiste zniekształcenie charakterystyki takiego zaworu. Autorytet  $\beta'$  jest taki sam dla przypadku z zaworem równoważącym lub bez tego zaworu i zależy głównie od początkowego doboru zaworu regulacyjnego.

Instalując zawór równoważący otrzymujemy właściwy przepływ wody w warunkach obliczeniowych i **polepszamy** charakterystykę zaworu regulacyjnego.

## **A.3. Dobór zaworów regulacyjnych**

### **Współczynnik $K_v$ .**

Zawór regulacyjny powoduje dodatkowe straty ciśnienia w instalacji, które ograniczają przepływ wody do wymaganej wartości. Przepływ wody zależy od różnicy ciśnień na zaworze:

$$q = K_v \sqrt{\frac{\Delta p \cdot 100}{\rho}}$$

gdzie:  $K_v$  - współczynnik przepływu zaworu,  $\rho$  - gęstość; dla wody  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  w temperaturze  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , a dla średniej temperatury wody  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  gęstość  $\Delta = 970 \text{ kg/m}^3$ ;  $\Delta p$  jest różnicą ciśnień wyrażaną w barach.

Maksymalną wartość  $K_v$  ( $K_{vs}$ ) otrzymamy, gdy zawór jest całkowicie otwarty. Wartość ta odpowiada przepływowi wody wyrażonemu w  $\text{m}^3/\text{h}$  przy spadku ciśnienia 1 bar.

Zawory regulacyjne dobiera się tak, aby dla wartości  $K_{vs}$  otrzymać przepływ obliczeniowy przy dopuszczalnym spadku ciśnienia, gdy zawór pracuje w warunkach obliczeniowych.

Nie jest łatwo określić wartość  $K_{vs}$  dla zaworu regulacyjnego, ponieważ dopuszczalne ciśnienie różnicowe dla zaworu zależy od takich czynników jak:

- rzeczywista wysokość podnoszenia pompy;
- straty ciśnienia w przewodach i armaturze;
- straty ciśnienia w odbiornikach.

Straty ciśnienia zależą także od dokładności wykonania procedury równoważenia. W czasie projektowania instalacji oblicza się wartości strat ciśnienia i wielkości przepływów dla różnych elementów składowych instalacji - z punktu widzenia teoretycznego. Jednak w praktyce rzadko spotykane są urządzenia, które mają bardzo dokładnie określone charakterystyki. Projektant musi zwykle przyjmować wartości standardowe dla pomp, zaworów regulacyjnych i odbiorników ciepła.

Zawory regulacyjne są na przykład dostępne z wartościami  $K_{vs}$ , które wzrastają w postępie geometrycznym, zwanym szeregiem Reynard'a:

$K_{vs}$ : 1.0; 1.6; 2.5; 4.0; 6.3; 10; 16;...

Każda wartość następną jest o około 60% większa od wartości poprzedniej. Jest prawie niemożliwe dobranie zaworu regulacyjnego, który spowoduje powstanie dokładnie żądanej straty ciśnienia rzędu 10 kPa dla warunków obliczeniowych. Może się bowiem zdarzyć, że zawór z najbliższą większą wartością  $K_{vs}$  spowoduje stratę ciśnienia tylko 4 kPa, podczas gdy zawór z najbliższą niższą wartością  $K_{vs}$  spowoduje stratę ciśnienia rzędu 26 kPa dla przepływu obliczeniowego.

**ZAŁĄCZNIK A**  
**Autorytet zaworów**  
**regulacyjnych dwudrogowych**

$\Delta p$ [bar], $q$ [m <sup>3</sup> /h]	$\Delta p$ [kPa], $q$ [l/s]	$\Delta p$ [mmH <sub>2</sub> O], $q$ [l/h]	$\Delta p$ [kPa], $q$ [l/h]
$q = K_v \sqrt{\Delta p}$	$q = K_v \sqrt{\Delta p}$	$q = 10 K_v \sqrt{\Delta p}$	$q = 100 K_v \sqrt{\Delta p}$
$\Delta p = \left(\frac{q}{K_v}\right)^2$	$\Delta p = \left(36 \frac{q}{K_v}\right)^2$	$\Delta p = \left(0.1 \frac{q}{K_v}\right)^2$	$\Delta p \approx \left(0.01 \frac{q}{K_v}\right)^2$
$K_v = \frac{q}{\sqrt{\Delta p}}$	$K_v = 36 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}}$	$K_v = 0.1 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}}$	$K_v = 0.01 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}}$

**Wzory uwzględniające przepływ, współczynnik  $K_v$  i ciśnienie  $\Delta p$  ( $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ )**

W uzupełnieniu można podać, że pompy i odbiorniki ciepła są często przewymiarowane z tych samych powodów. Oznacza to, że zawory regulacyjne dość często muszą pracować w pobliżu położenia zamknięcia, czego wynikiem jest niestabilna regulacja. Jest także możliwe, że zawory te okresowo otwierają się do wartości maksymalnej, szczególnie w czasie rozruchu instalacji, powodując nadprzepływy w pewnych częściach instalacji i podprzepływy w innych częściach. W związku z tym powinniśmy zadać pytanie:

**Co zrobić, gdy zawór regulacyjny jest przewymiarowany?**

Wyjaśniliśmy już, że nie możemy dobrać dokładnie takiego zaworu regulacyjnego, jakiego byśmy sobie życzyli.

Weźmy pod uwagę przypadek z wymiennikiem ciepła o mocy 2000 W, który dobrano przy spadku temperatury 20 K. Straty ciśnienia w wymienniku wynoszą 6 kPa przy przepływie obliczeniowym, który wynosi  $2000 \times 0,86/20 = 86 \text{ l/h}$ . Ponieważ ciśnienie dyspozycyjne wynosi 32 kPa, a straty ciśnienia w przewodach i na armaturze - 4 kPa, różnica ciśnień w wysokości 22 kPa musi być odłożona na zaworze regulacyjnym ( $32-6-4 = 22 \text{ kPa}$ ). Wymagana wartość współczynnika  $K_v$  wynosi 0,183.

Gdy najniższa dostępna wartość  $K_v$  jest równa dla przykładu 0,25, to przepływ będzie wynosić 104 l/h zamiast wymaganego przepływu 86 l/h, co oznacza wzrost przepływu o 21%.

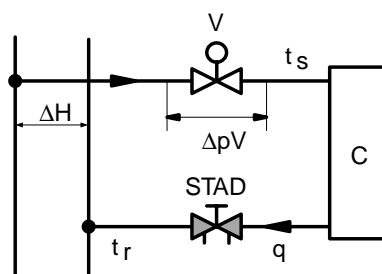
W układach o zmiennym przepływie, ciśnienie działające na końcowe odbiorniki ciepła jest zmienne, ponieważ straty ciśnienia w przewodach zależą od przepływu. Zawory regulacyjne dobiera się na warunki obliczeniowe. Przy małych obciążeniach maksymalny możliwy przepływ wzrośnie we wszystkich odbiornikach i nie będzie ryzyka powstania podprzepływów w niektórych odbiornikach. Istotną sprawą jest unikanie nadprzepływów w warunkach obliczeniowych, gdy wystąpi maksymalne zapotrzebowanie mocy.

**a - Ograniczenie przepływu za pomocą zaworu równoważącego połączonego szeregowo**

Gdy przepływ przez otwarty zawór regulacyjny w warunkach obliczeniowych jest większy od wartości wymaganych, można zastosować zawór równoważący połączony szeregowo, aby ograniczyć ten przepływ. Nie zmienia to rzeczywistego autorytetu zaworu regulacyjnego, natomiast można polepszyć charakterystykę zaworu (patrz strona 41). Zawór równoważący jest także narzędziem diagnostycznym i zaworem odcinającym.

## ZAŁĄCZNIK A

### Autorytet zaworów regulacyjnych dwudrogowych



*Zawór równoważący ogranicza przepływ przez zawór regulacyjny bez zmiany jego autorytetu  $\beta'$ .*

#### **b - Redukcja maksymalnego otwarcia zaworu**

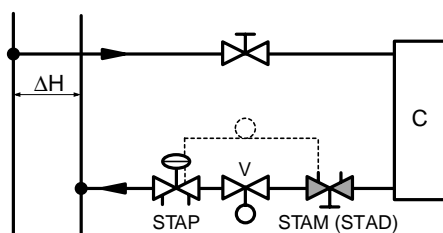
W celu skompensowania przewymiarowanego zaworu regulacyjnego, można ograniczyć stopień otwarcia zaworu. Rozwiązanie to może mieć zastosowanie dla zaworów o charakterystyce stałoprocentowej, ponieważ maksymalna wartość  $K_v$  może być znacznie zredukowana poprzez odpowiednie zmniejszenie maksymalnego otwarcia zaworu. Gdy stopień otwarcia zaworu zmniejszymy o 20%, maksymalna wartość  $K_v$  zostanie zmniejszona o 50%.

W praktyce równoważenie jest przeprowadzane za pomocą zaworów równoważących połączonych szeregowo przy całkowicie otwartych zaworach regulacyjnych. Zawory równoważące nastawia się odpowiednio w każdym obiegu, aby utrzymać stratę ciśnienia w wysokości 3 kPa przy przepływie obliczeniowym.

Stopień otwarcia zaworu regulacyjnego jest wówczas ograniczany do momentu uzyskania spadku ciśnienia w wysokości 3 kPa na zaworze równoważącym. Gdy instalacja c.o. zostaje zrównoważona, wielkość przepływu odpowiada warunkom obliczeniowym.

#### **c - Redukcja przepływu przy wykorzystaniu zaworu regulacyjnego różnicy ciśnień połączonych szeregowo**

Ciśnienie różnicowe przed zaworem regulacyjnym może być stabilizowane zgodnie z rysunkiem przedstawionym poniżej.



*Regulator ciśnienia  $\Delta p$  utrzymuje stałe ciśnienie na zaworze regulacyjnym*

Wybiera się odpowiednią nastawę zaworu różnicy ciśnień STAP, aby otrzymać przepływ obliczeniowy przy całkowicie otwartym zaworze regulacyjnym. W tym przypadku zawór regulacyjny nigdy nie będzie przewymiarowany, a jego autorytet jest bliski jedności. Procedura równoważenia jest przedstawiona na stronie 10.

## ZAŁĄCZNIK A

### Autorytet zaworów regulacyjnych dwudrogowych

#### **Praktyczne zasady równoważenia**

Jeżeli przy odbiornikach ciepła zainstalujemy zawory regulacyjne dwudrogowe, to większość zaworów regulacyjnych będzie zamknięta lub prawie zamknięta przy małych obciążeniach. Ponieważ przepływ wody jest wtedy niewielki, straty ciśnienia w przewodach i na armaturze są więc do pominięcia. Całkowita wysokość podnoszenia pompy oddziałuje na zawory regulacyjne, które muszą to ciśnienie zdławić. Ten wzrost ciśnienia powoduje trudności w regulacji przy małych przepływach, ponieważ rzeczywista wartość autorytetu  $\beta'$  ulega znacznej redukcji.

Założmy, że dobrano zawór regulacyjny na straty ciśnienia wynoszące 4% wysokości podnoszenia pompy. Gdy instalacja pracuje przy małych przepływach, to ciśnienie na zaworze regulacyjnym wzrasta od 4 do prawie 100%. Różnica ciśnień jest zatem pomnożona przez 25. Dla takiego samego otwarcia zaworu wszystkie przepływy należy pomnożyć przez 5 ( $\sqrt{25} = 5$ ).

Praca zaworu jest wymuszona w pobliżu położenia zamknięcia. Może to powodować głośną pracę zaworu i niestabilność regulacji, ponieważ w nowych warunkach pracy zawór jest przewymiarowany 5-krotnie.

Jest to między innymi powód dla którego niektórzy zalecają, aby w czasie projektowania instalacji centralnego ogrzewania, obliczeniowa strata ciśnienia na zaworach regulacyjnych była co najmniej równa 25% wysokości podnoszenia pompy. Wówczas przy małych obciążeniach współczynnik przepływu, spowodowany przewymiarowaniem zaworu, nie przekroczy wartości 2.

Nie zawsze możliwy jest dobór zaworu regulacyjnego w taki sposób, aby pracował on przy tak dużych różnicach ciśnienia bez hałasu. Jest także trudno dobrać tak mały zawór, aby spełnił powyższe kryterium, gdy stosuje się odbiorniki ciepła o małej mocy. W związku z tym zmiany ciśnienia w źródle ciepła powinny być ograniczane, np. poprzez zamontowanie pompy w obiegu wtórnym.

Uwzględniając powyższe uwagi, przy doborze zaworów regulacyjnych dwudrogowych powinniśmy spełnić następujące warunki:

1. Gdy instalacja pracuje w normalnych warunkach, przepływ przez całkowicie otwarty zawór regulacyjny musi być przepływem obliczeniowym. Jeżeli przepływ jest większy od obliczeniowego, zawór równoważący połączony szeregowo ogranicza wielkość tego przepływu. Autorytet zaworu rzędu 0,30 jest wówczas możliwy do przyjęcia przy regulatorze typu PI. Gdy autorytet zaworu jest mniejszy, dany zawór regulacyjny powinien być zastąpiony mniejszym zaworem.

2. Należy dobrać taką pompę, aby straty ciśnienia na zaworach regulacyjnych dwudrogowych wynosiły co najmniej 25% wysokości podnoszenia pompy.

Dla regulatorów typu dwupołożeniowego problem autorytetu zaworu jest bez znaczenia, ponieważ zawór regulacyjny jest albo otwarty albo zamknięty. W związku z tym charakterystyka zaworu nie ma większego znaczenia. W takim wypadku przepływ jest regulowany bez większych ograniczeń za pomocą zaworu równoważącego, zamontowanego w obiegu szeregowo.

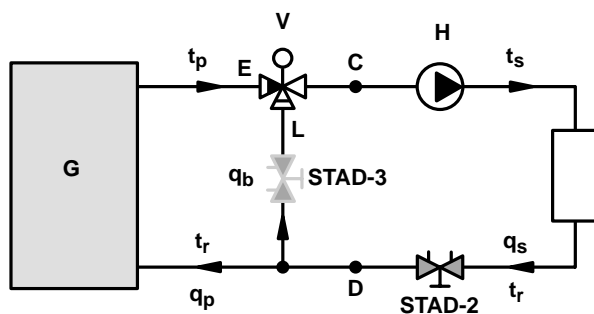
# ZAŁĄCZNIK B

## Autorytet zaworów regulacyjnych trójdrogowych

### B.1. Funkcja mieszania

Zawór trójdrogowy, wykorzystywany jako zawór mieszający, może zasilać instalację przy stałym przepływie i zmiennej temperaturze wody zasilającej.

Woda o temperaturze  $t_p$  w obiegu pierwotnym jest mieszana z wodą powrotną o temperaturze  $t_r$  w takiej proporcji, aby otrzymać wymaganą temperaturę wypadkową  $t_s$ .



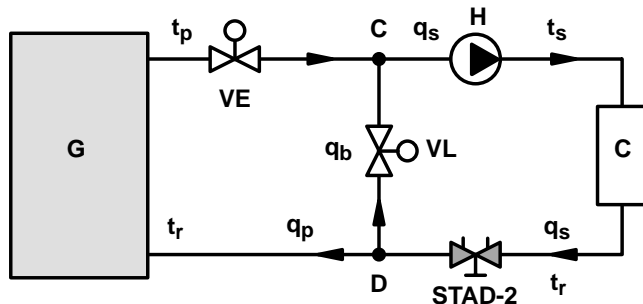
*Zawór trójdrogowy w funkcji mieszania*

Gdy otwiera się przełot E, przełot L zamyka się w takiej samej proporcji. Trzeci wspólny przełot pozostaje otwarty. Gdy przełot E jest zamknięty, zawór trójdrogowy jest zamknięty i nie można uzyskać żadnej energii z obiegu pierwotnego. Temperatura  $t_s$  jest wówczas równa temperaturze  $t_r$ , która stopniowo wyrównuje się do średniej temperatury w pomieszczeniu.

Za pomocą zaworu równoważącego STAD-2 można ustawić przepływ do wymaganej wartości. Oporność hydrauliczna, równa oporności źródła G, musi być wywołana w przewodzie obojętnym za pomocą zaworu STAD-3 w celu uzyskania takiego samego przepływu wody  $q_s$  bez względu na to, czy zawór trójdrogowy jest otwarty czy też zamknięty. W takim przypadku zawór trójdrogowy jest zrównoważony.

### **Autorytet zaworu trójdrogowego**

Zastąpimy zawór trójdrogowy dwoma zaworami dwudrogowymi, pracującymi przeciwstawnie. Otrzymamy wówczas taką samą funkcję mieszającą.



*Zawór trójdrogowy może być zastąpiony przez dwa zawory dwudrogowe, pracujące przeciwstawnie*

## ZAŁĄCZNIK B

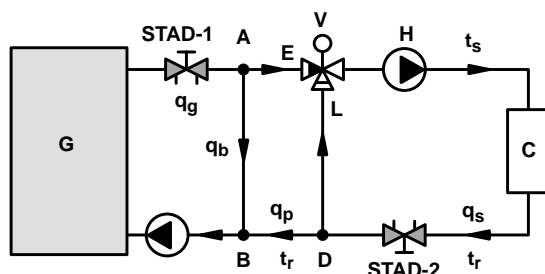
### Autorytet zaworów regulacyjnych trójdrogowych

Przelot VE pełni funkcję regulacyjną zaworu. Spadek ciśnienia na zaworze dla przepływu obliczeniowego wynosi  $\Delta pV$ . Jeżeli przepływ  $q_s$  w obiegu instalacji jest stały, to wysokość ciśnienia  $H$  na pompie jest stała, ponieważ stałe są straty ciśnienia w danym obiegu. W wyniku tego ciśnienie  $\Delta pDC$  jest stałe. Ciśnienie to działa na zawór VE, gdy jest on zamknięty. Zgodnie z definicją, autorytet zaworu równy jest stosunkowi ciśnień  $\Delta p$  przy otwartym i zamkniętym zaworze. Zatem:

$$\beta' = \frac{\Delta pV}{\Delta pDC} = \frac{\Delta pV}{\Delta pV + \Delta pG}$$

Autorytet ten jest równy lub większy od 0,5, gdy  $\Delta pV > \Delta pG$ . Oznacza to, że strata ciśnienia na zaworze trójdrogowym musi być co najmniej równa stratom ciśnienia w obiegu o zmiennym przepływie  $G$ , z uwzględnieniem strat ciśnienia w przewodach.

Schemat na poniższym rysunku daje stałą wartość przepływu w źródle ciepła przy zainstalowaniu zaworu trójdrogowego, którego autorytet jest bliski jedności.



*Obejście AB i pompa w obiegu pierwotnym mogą zapewnić stałą wartość przepływu w źródle ciepła przy zaworze trójdrogowym z autorytetem zaworu bliskim jedności.*

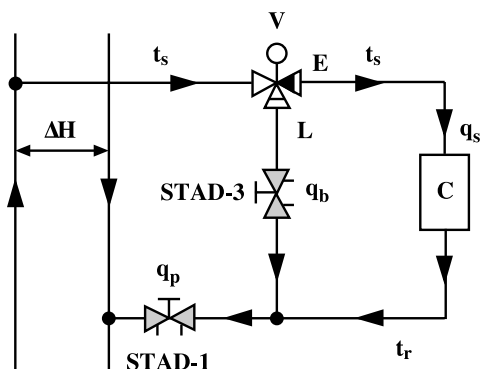
W rzeczywistości zawór trójdrogowy przepuszcza wodę do przewodu obejściowego AB, który tworzy faktycznie pozorne źródło bez strat ciśnienia. Autorytet zaworu trójdrogowego jest następujący:

$$\beta' = \frac{\Delta pV}{\Delta pV + \Delta pDBAE}$$

Ponieważ straty ciśnienia  $\Delta pDBAE$  są małe, autorytet zaworu regulacyjnego jest bliski jedności.

## B.2. Funkcja rozdziału przepływów

Przy stosowaniu zaworu trójdrogowego jako rozdzielającego przepływy, zawór ten może zapewniać w obiegu instalacji c.o. zmienny przepływ i stałą temperaturę zasilania, utrzymując praktycznie stały przepływ wody w obiegu pierwotnym.



*Zawór trójdrogowy jako rozdzielający przepływy*

Przepływ pierwotny jest przekazywany przez wylot E zaworu trójdrogowego lub przez wylot L do przewodu obejściowego. W praktyce przepływ ten jest stały. Zawór równoważący STAD-1, zainstalowany na przewodzie o stałym przepływie, ogranicza przepływ wytwarzając stałą wartość strat ciśnienia.

Ponieważ zawór trójdrogowy jest stosowany w układzie rozdzielczym w celu utrzymania stałego przepływu w obiegu pierwotnym i zapobieżenia wzajemnemu oddziaływaniu pomiędzy obiegami, to powstaje problem spełnienia tych wymagań w sposób zadawalający.

Może być to spełnione przez zamontowanie zaworu równoważącego STAD-3 na obejściu w celu wytworzenia spadku ciśnienia równoważnego stratom na odbiorniku C przy takim samym przepływie. W ten sposób przepływ w obiegu pierwotnym nie zmieni się, gdy wyloty E lub L zaworu trójdrogowego są całkowicie otwarte, ponieważ oporności hydrauliczne połączone szeregowo z tymi wylotami (portami) mają taką samą wartość.

Najważniejszym zaworem równoważącym jest zawór STAD-1. Zawór STAD-3 można pominąć, gdy ciśnienie  $\Delta p_C < 0,25 \Delta H$ .

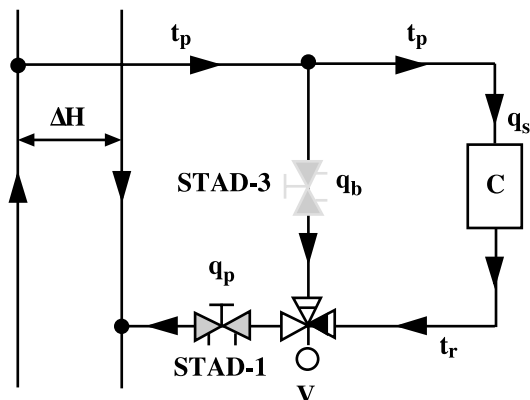


## ZAŁĄCZNIK B

### Autorytet zaworów regulacyjnych trójdrogowych

#### Uwaga:

Zawory trójdrogowe są zwykle przeznaczone do pełnienia funkcji mieszania: dwa wejścia i jedno wyjście. Stosowanie tych zaworów dla rozdziału przepływów, tj. przy jednym wejściu i dwóch wyjściach, powoduje cyrkulację wody przez zawór w kierunku przeciwnym do planowanego. Przepływy odwrotne mogą czasami prowadzić do nadmiernego hałasu i drgania zaworu.



*Układ z rozdziałem przepływów  
przy zastosowaniu zaworu trójdrogowego mieszającego*

Powyższy rysunek pokazuje, że zawór mieszający trójdrogowy spełnia funkcję rozdziału przepływów, gdy zamontujemy go na przewodzie powrotnym. Zapewnia on te same funkcje, gdy przestrzegany jest właściwy kierunek cyrkulacji wody przez zawór.

W obu przypadkach autorytet zaworu wynosi:

$$\beta^* = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_C}$$

Aby otrzymać autorytet zaworu równy co najmniej 0,5, strata ciśnienia na zaworze trójdrogowym musi być równa lub większa od strat ciśnienia w odbiorniku C.

## ZAŁĄCZNIK C

### Jak ustawić zawór BPV, aby zapewnić minimalny przepływ przez pompę

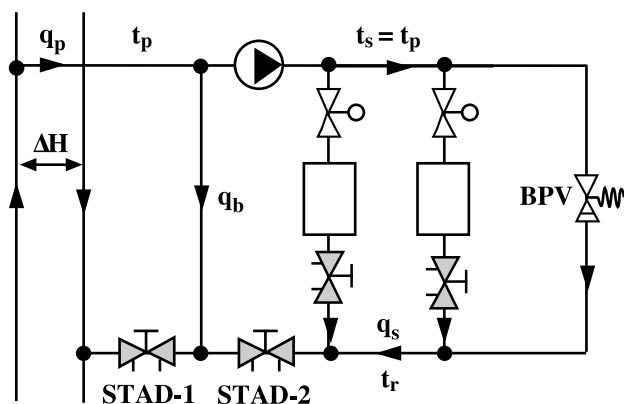
W pewnych przypadkach modulowany zawór nadmiarowo-upustowy BPV instaluje się w celu zapewnienia minimalnego przepływu, zapewniającego bezpieczną pracę pompy (patrz rysunek).

Gdy minimalny przepływ stanowi np. 10% przepływu obliczeniowego, wówczas straty ciśnienia na zaworze równoważącym STAD-2 wynoszą tylko 1% strat ciśnienia przy przepływie obliczeniowym. Zwykle jest to zbyt mała wartość, aby można było zmierzyć ją dokładnie. Powstaje zatem pytanie: w jaki sposób możemy zmierzyć tak małe przepływy jak  $q_{smin}$ ?

W tym celu można zastosować następującą metodę:

- a) Określić jaką wielkość nastawy należy ustawić na zaworze STAD-2, aby strata ciśnienia wyniosła 3 kPa dla minimalnego przepływu przez pompę  $q_{smin}$ , wynoszącego np. 10% przepływu obliczeniowego. W tym celu należy stosować przyrząd CBI lub nomogram TA dla znalezienia właściwej nastawy zaworu.
- b) Nastawić wstępnie zawór STAD-2. Zamknąć zawory dwudrogowe.
- c) Otwierać powoli zawór BPV aż do uzyskania minimalnego przepływu przez pompę  $q_{smin}$  na zaworze STAD-2.
- d) Ponownie otworzyć zawór STAD-2 do zadanego wcześniej położenia.

Gdy zamkną się zawory regulacyjne przy odbiornikach ciepła, a przepływ  $q_s$  spadnie poniżej określonego przepływu minimalnego  $q_{smin}$ , zawór BPV otworzy się. Zawór ten będzie kierować przez obejście przepływ  $q_{smin}$  tak długo, jak długo przepływ  $q_s$  przez zawory regulacyjne, zamontowane przy odbiorniku będzie niższy od  $q_{smin}$ .



Metodę tę można stosować tylko wtedy, gdy urządzenie do pomiaru przepływu jest urządzeniem opartym na regulowanej kryzysie, jak np. zawór równoważący typu STAD.

## ZAŁĄCZNIK D

### Definicje

**Autorytet:** Patrz Załącznik A - zawory dwudrogowe i Załącznik B - zawory trójdrogowe, przedstawione w niniejszym Poradniku.

**Automatyczny:** Wykonujący pewne określone działania bez udziału człowieka.

**Charakterystyka zaworu:** Jest to zależność pomiędzy przepływem wody przez zawór a stopniem jego otwarcia przy założeniu, że spadek ciśnienia na zaworze pozostanie stały. Przepływ wody przez zawór i stopień otwarcia zaworu wyrażane są w procentach wartości maksymalnych.

**Ciśnienie całkowite:** Suma ciśnienia statycznego i ciśnienia dynamicznego w rozpatrywanym punkcie instalacji.

**EQM:** Stałoprocentowa charakterystyka zaworu, zmodyfikowana w celu uniknięcia nieciągłości przepływu w pobliżu położenia zamknięcia.

**Interfejs:** Jest to punkt, w którym spotykają się dwa obiegi i gdzie następuje wymiana energii. Obiegi te są rozróżniane przez nazywanie jednego z nich obiegiem pierwotnym, a drugiego - wtórnym. Energia jest przekazywana z obiegu pierwotnego do obiegu wtórnego w warunkach normalnej pracy układu.

**Klimat wewnętrzny:** Klimat wewnętrzny w pomieszczeniu jest określony przez zbiór zmiennych fizycznych (temperatura otoczenia, promieniowanie powierzchni, prędkość przepływu powietrza, wilgotność względna), które w połączeniu dają poczucie komfortu cieplnego lub jego brak.

**Niestateczność (niestabilność):** Obwód regulacji jest nazywany niestabilnym, gdy regulowane wielkości fizyczne ciągle oscylują, bez ustalenia pozycji równowagi. Poza obciążeniami ekstremalnymi (zero lub maksimum), regulator dwupołożeniowy typu „włącz-wyłącz” jest regulatorem niestabilnym.

**Obieg (obwód):** Pewna liczba elementów układu hydraulicznego, połączonych przewodami, tworzącymi układ zamknięty, przez które może przepływać ciecz transportująca zwykle energię.

**Obwód regulacyjny:** Zamknięty obwód zawierający czujnik, regulator, element wykonawczy i układ regulacji w celu utrzymania pewnych wielkości fizycznych na określonym poziomie.

**Odbiornik (odbiornik końcowy):** Dowolne urządzenie, które pośrednio lub bezpośrednio przekazuje ciepło lub zimno do pomieszczenia (grzejnik, nagrzewnica, chłodnica).

**Podnoszenie pompy:** Różnica ciśnień wytwarzana przez pompę, wykorzystywana w różnych instalacjach dla wymuszenia cyrkulacji wody lub innej cieczy. Zwykle jest ono wyrażane w jednostkach wysokości słupa cieczy, np. wody.

**Równoważenie:** proces pomiaru i regulacji przepływów w celu otrzymania projektowych

## ZAŁĄCZNIK D

### Definicje

przepływów w układzie hydraulicznym.

**Różnica ciśnień:** Różnica ciśnień pomierzona pomiędzy dwoma punktami.

**Spadek ciśnienia (straty ciśnienia):** Strata ciśnienia spowodowana tarciem na długości przewodu lub oporami miejscowymi, np. na armaturze, przez którą przepływa ciecz.

**Spadek lub przyrost temperatury:** Różnica temperatur cieczy, mierzona pomiędzy wodą zasilającą a powrotną w źródle ciepła albo końcowym odbiorniku ciepła. Bardziej ogólna definicja podaje to jako różnicę temperatur pomiędzy dwoma punktami w instalacji c.o.

**„Total balancing” - pełne równoważenie:** Ogólna koncepcja mająca na celu stworzenie optymalnych warunków klimatu wewnętrznego, przez zastosowanie procedury dynamicznego równoważenia przepływów w instalacji. Procedura ta uwzględnia pięć następujących kroków:

1. Sprawdzenie zgodności obliczeń hydraulicznych z zasadami równoważenia.
2. Optymalny dobór automatyki i charakterystyk elementów wykonawczych (zaworów regulacyjnych) do regulowanych obiektów.
3. Zapewnienie zaworom regulacyjnym właściwych warunków pracy.
4. Praktyczne uzyskanie przepływów projektowych przez końcowe odbiorniki ciepła dla warunków obliczeniowych i przepływów bliskich projektowym dla pozostałych przypadków.
5. Zapewnienie zgodności przepływów pomiędzy źródłem a odbiornikami.

**Wartość nastawy:** Stosowana w obiegach regulowanych instalacji c.o. i określana zwykle przez użytkownika, dla osiągnięcia danego celu. Wymagany jest regulator dla utrzymania pewnej wielkości fizycznej zgodnie z wartością nastawioną bez względu na zaburzenia, które mogą wpływać na regulowany układ.

**Wartość obliczeniowa (wartość projektowa):** Źródło ciepła, instalacja grzewcza lub chłodnicza jest projektowana przy uwzględnieniu pewnych warunków i przyjęciu określonych wartości dla zmiennych, które podlegają regulacji, a także warunków zewnętrznych oraz temperatury zasilania i powrotu. Wszystkie te wartości, stosowane w obliczeniach instalacji, są tzw. wartościami obliczeniowymi albo projektowymi. Są one oznaczane za pomocą indeksu „c” (od słowa ang. „calculation”).

**Wzajemne oddziaływanie (interakcja):** Mówimy, że dwa obiegi oddziałują na siebie wzajemnie, gdy zmiany przepływu wody w jednym obiegu wpływają na zmiany przepływu wody w drugim obiegu.

#### **Zawór nadmiarowo-upustowy:**

Automatyczny zawór upustowy, który otwiera się proporcjonalnie do wzrostu ciśnienia ponad ustaloną wartość dopuszczalną. Może on pełnić jedną, dwie lub trzy następujące funkcje:

- (1) stabilizuje ciśnienie przed zaworami regulacyjnymi;
- (2) zapewnia minimalny przepływ wody przez pompę;
- (3) ogranicza spadki i przyrosty temperatury wody w przewodach.

**Zgodność (kompatybilność):** Dwa obiegi są zgodne (kompatybilne) pod względem hydraulicznym, gdy przepływy wody w każdym z obiegów są tak dobrane, aby otrzymać w pomieszczeniach wymagane temperatury.

