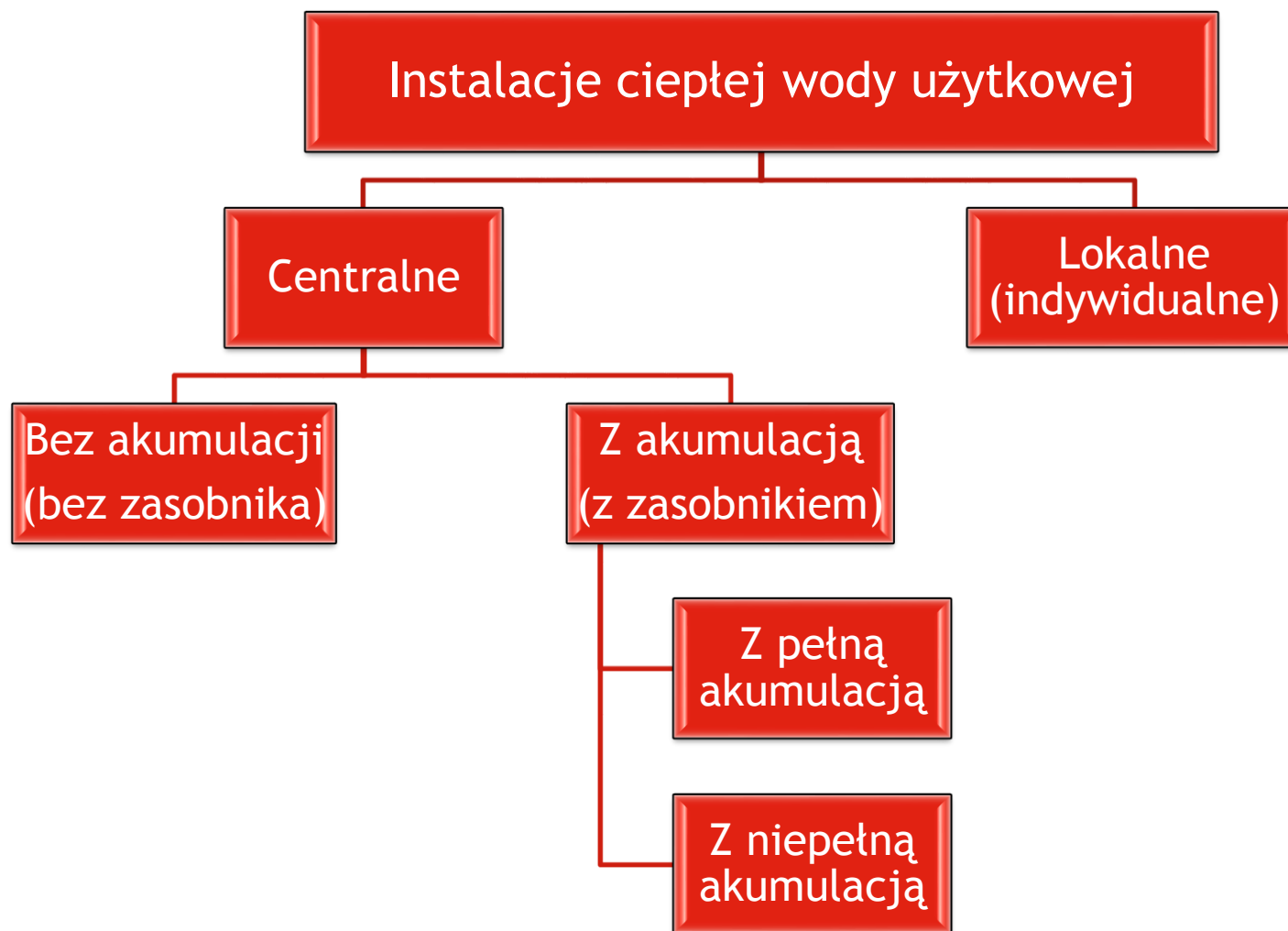


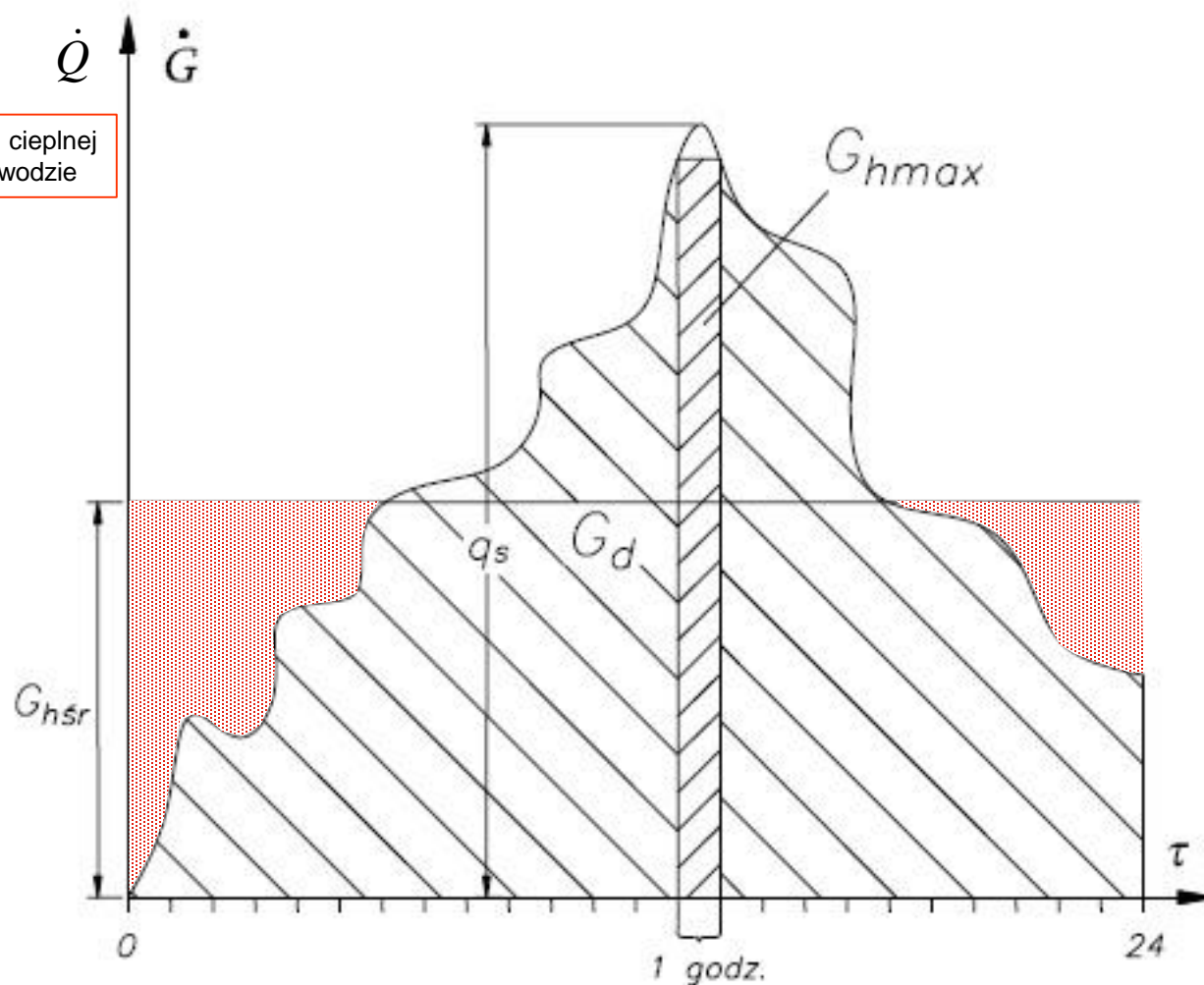


# Układy przygotowania cwu



# Doba obliczeniowa

Strumień energii cieplnej pobierany w ciepłej wodzie





# Przeptywy obliczeniowe

- Dobowe zapotrzebowanie cwu:

$$G_d = q_j \cdot U, \frac{\text{dm}^3}{\text{doba}}$$

- $q_j$  - jednostkowe zużycie ciepłej wody przez jednego użytkownika instalacji w ciągu doby,  $\text{dm}^3/\text{uż} \cdot \text{doba}$ 
  - w budynkach mieszkalnych zgodnie z normą PN-92/B-01706  $q_j$  należy przyjmować z zakresu 110 - 130  $\text{dm}^3/\text{uż} \cdot \text{doba}$ , przy czym:
    - 110  $\text{dm}^3/\text{uż} \cdot \text{doba}$  jeśli w budynku są tylko natryski*
    - 120  $\text{dm}^3/\text{uż} \cdot \text{doba}$  jeśli są i natryski i wanny*
    - 130  $\text{dm}^3/\text{uż} \cdot \text{doba}$  jeśli są tylko wanny*
- $U$  - liczba użytkowników instalacji, uż
  - liczba pokoi + 1





# Przeptywy obliczeniowe

- Średnie godzinowe zapotrzebowanie cwu:

$$G_{h\acute{s}r} = \frac{G_d}{\tau}, \text{ dm}^3/\text{h}$$

$\tau$  - czas użytkowania instalacji w ciągu doby, h





# Objętość zasobnika

- Objętość użytkową zasobnika w układach z akumulacją ustala się wg zależności:

$$V_u = \frac{C_{\max} \cdot Q_{dt}}{\rho \cdot c_w \cdot \Delta t}, \quad m^3$$

w której:

$C_{\max}$  - największa różnica rzędnych między wykresem rozbioru, a styczną do wykresu rozbioru (dostawa ciepła), %

$Q_{dt}$  - dobowe teoretyczne zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody, kJ

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  - gęstość wody

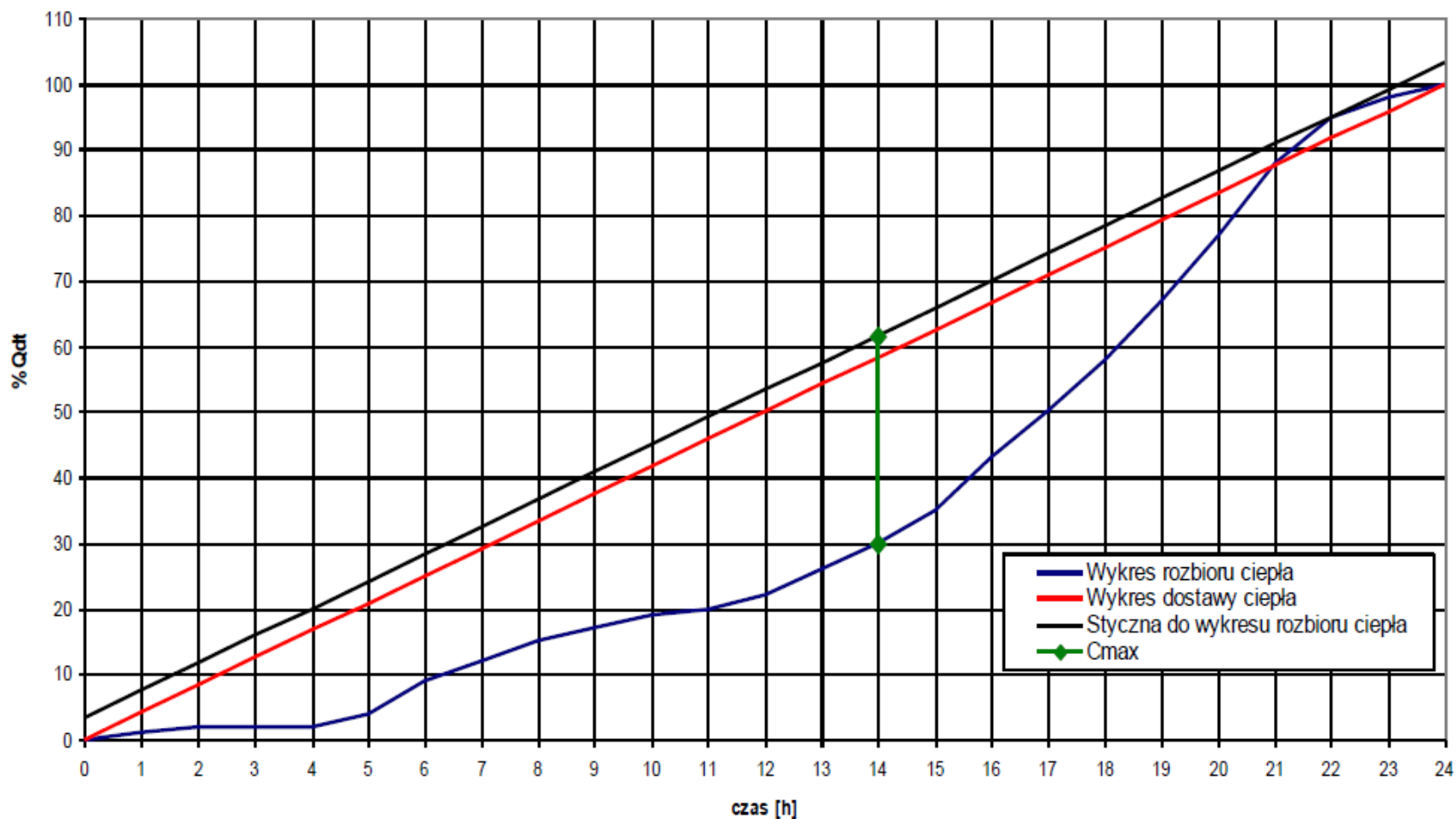
$c_w = 4,19 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  - ciepło właściwe wody

$\Delta t$  - obliczeniowa różnica temperatury w zasobniku, K



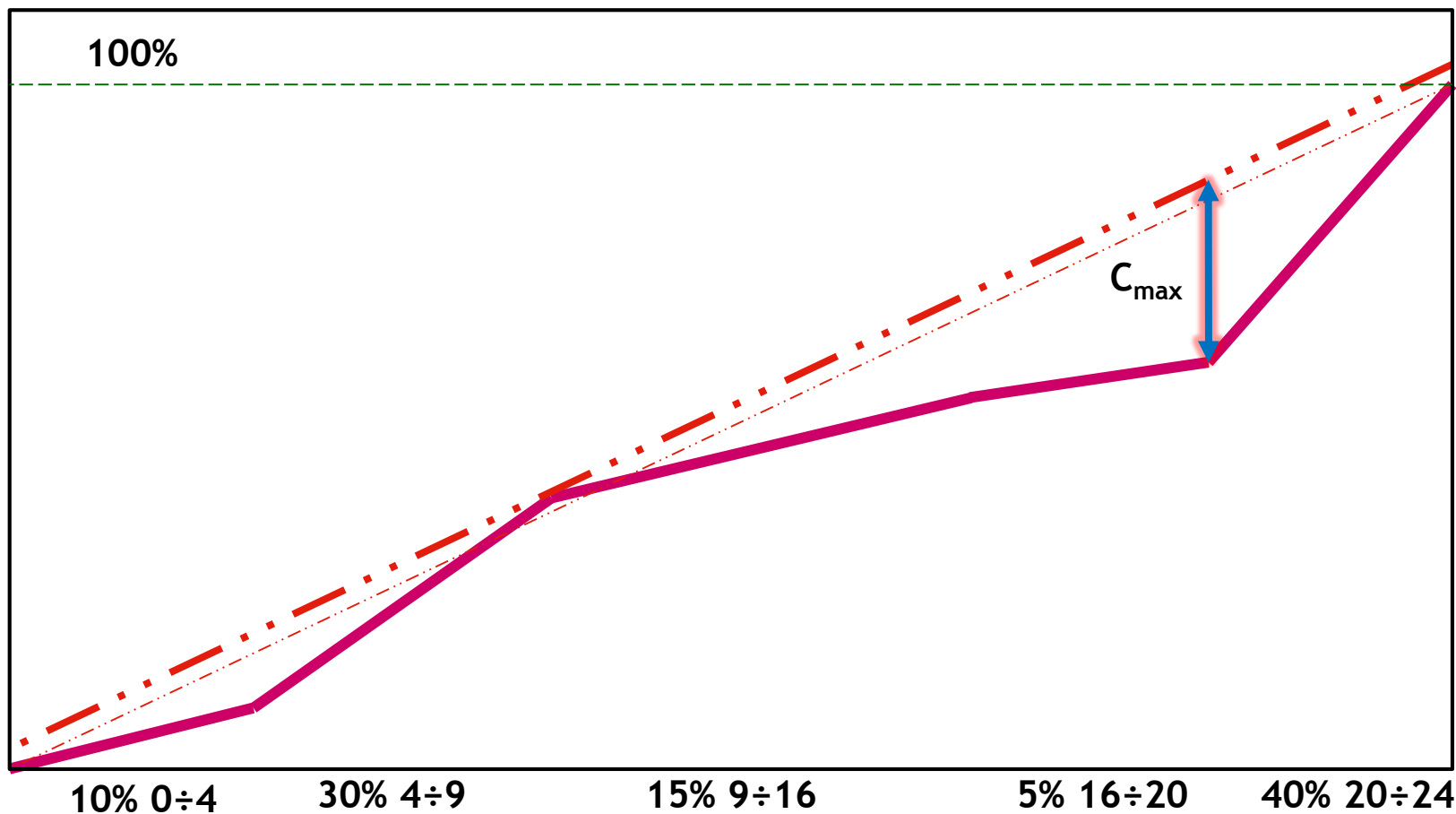
# Wykres całkowy

Całkowy wykres dostawy i rozbioru ciepła





# Wykres całkowity dostawy i rozbioru ciepła





## Dobowe teoretyczne zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania cwu

- $Q_{dt}$  oblicza się wg wzoru:

$$Q_{dt} = G_d \cdot (t_{cwu} - t_{wz}) \cdot \rho \cdot c_w, \quad \frac{\text{kJ}}{\text{doba}}$$

gdzie:

$$G_d = n \cdot q_j, \text{ m}^3/\text{doba}$$

$n$  - liczba mieszkańców

$q_j = 110\text{-}130 \text{ dm}^3/(\text{osoba} \cdot \text{doba})$  wg PN-92/B-01706 dla budynków mieszkalnych

$t_{cwu} = 60^\circ\text{C}$  – obliczeniowa temperatura ciepłej wody

$t_{wz} = 10^\circ\text{C}$  ( $5^\circ\text{C}$ ) – obliczeniowa temperatura zimnej wody







# Obliczeniowa różnica temperatury w zasobniku

$\Delta t$  należy przyjmować następująco:

- dla zasobników o stałej temperaturze magazynowanej wody:

$$\Delta t = (t_{\text{cwu}} - t_{\text{wz}})$$

- dla zasobników o zmiennej temperaturze magazynowanej wody (podgrzewacze pojemnościowe - bojler):

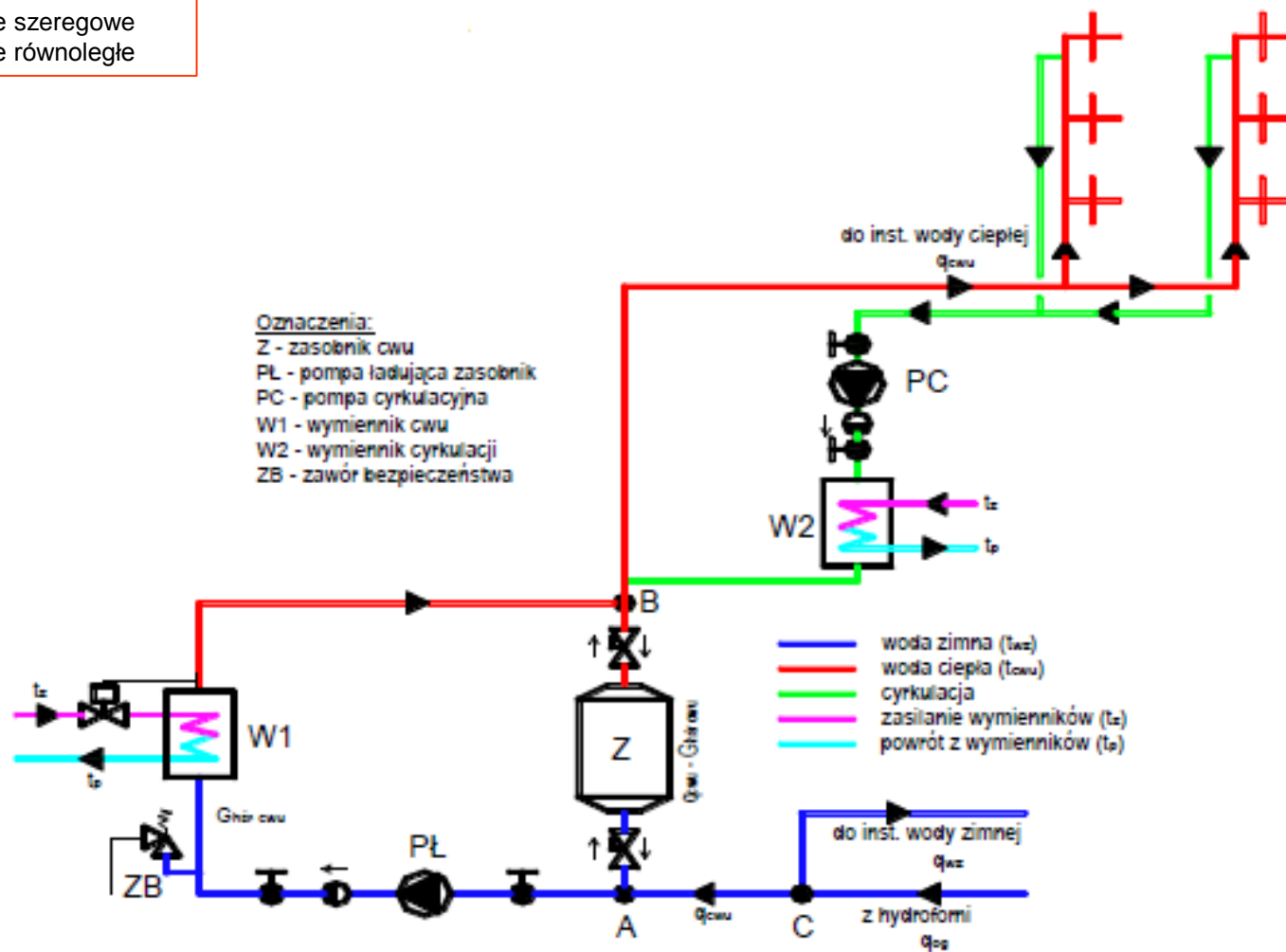
$$\Delta t = (t_x - t_{\text{wz}}) = 30 \div 40 \text{ K}$$





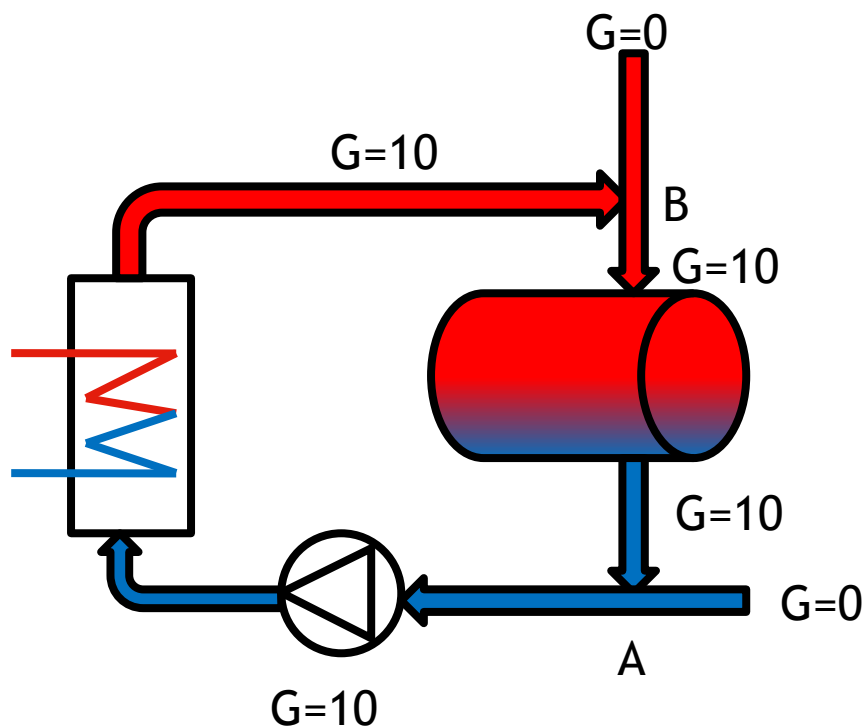
# Schemat układu Chłodowa

1. Połączenie szeregowe
2. Połączenie równoległe

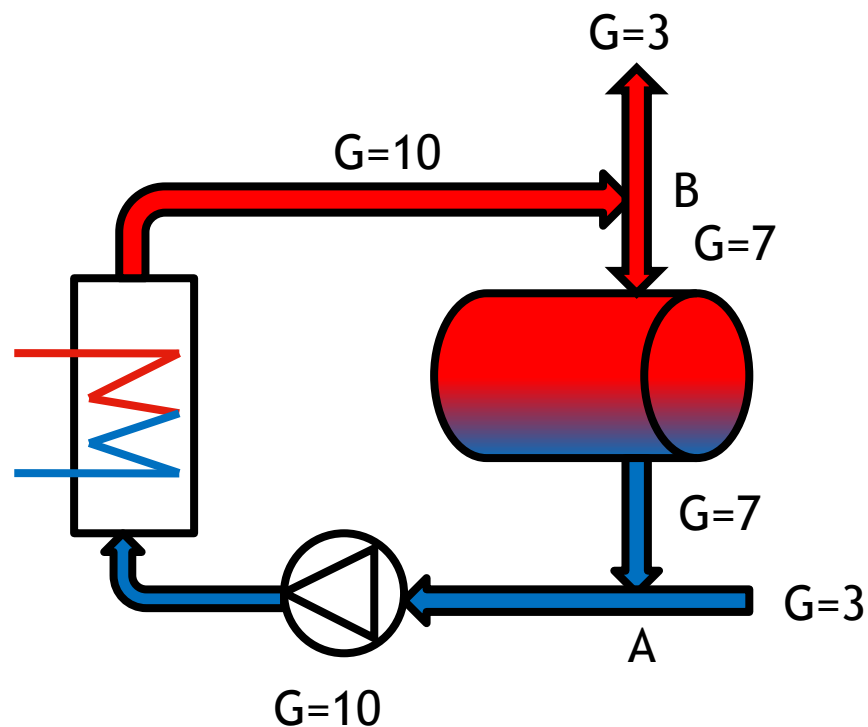


# Praca układu Chłodzowa przy różnych warunkach rozbioru wody

a) Brak rozbioru wody (ładowanie zasobnika)

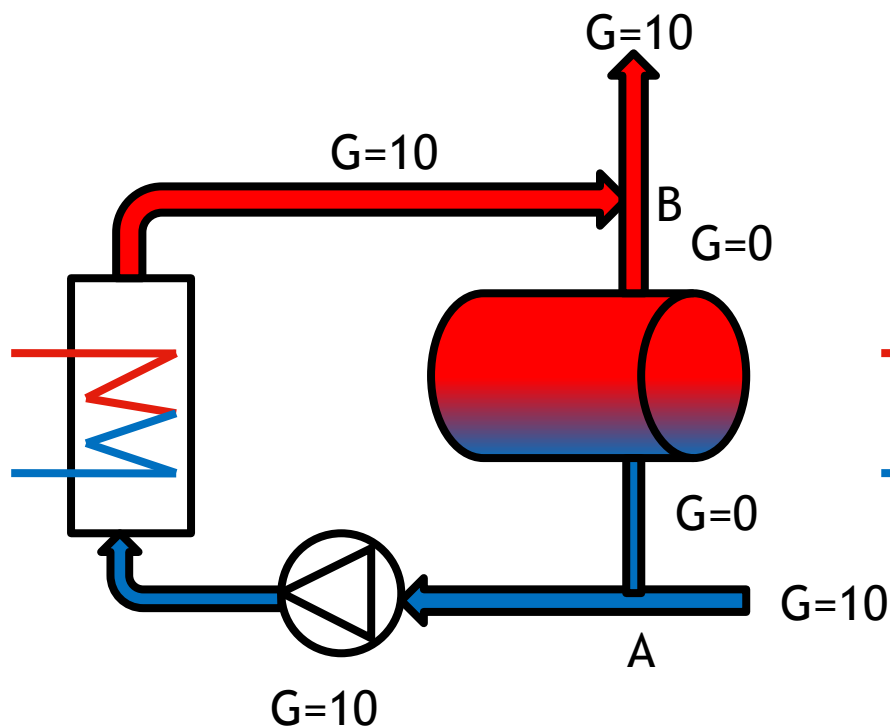


b) Rozbiór wody jest mniejszy od ilości wody dostarczanej przez pompę

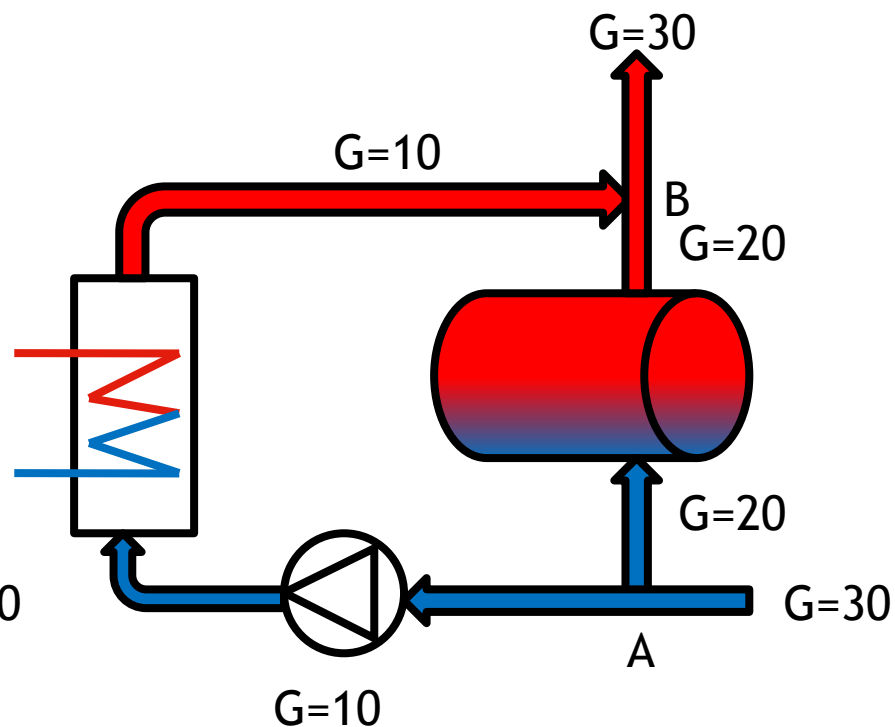


# Praca układu Chłodzowa przy różnych warunkach rozbioru wody

c) Rozbiór wody równa się ilości wody podawanej przez pompę



d) Maksymalny rozbiór wody (rozładowanie zasobnika)





# Praca układu

1. Przy bardzo dużym rozbiórze wody ciepłej ( $\text{rozbiór} > G_{\text{hśr}}$ ) ciepłą wodę użytkową otrzymuje się z zasobnika i z wymiennika ciepłej wody. Na miejsce ciepłej wody do zasobnika od dołu doptywa woda zimna, wypychając wodę ciepłą do instalacji rozdzielczej.
2. Przy zmniejszonym rozbiórze wody w stosunku do obliczeniowej wydajności wymiennika ( $\text{rozbiór} \approx G_{\text{hśr}}$ ) ciśnienie w wewnętrznej sieci rozdzielczej wzrasta i doływ wody ciepłej z zasobnika ustaje. Nastąpi to wówczas gdy ciśnienie wytwarzane przez pompę ładującą będzie równe oporowi hydraulicznemu podgrzewacza i rurociągów od podgrzewacza do miejsc poboru. Następuje wyrównanie ciśnienie w punktach **A** i **B** i brak przepływu wody między tymi punktami.
3. Przy obniżeniu rozbioru wody poniżej obliczeniowej wydajności wymiennika ( $\text{rozbiór} < G_{\text{hśr}}$ ), ciśnienie w punkcie **B**  $>$  **A** i rozpoczyna się doływ wody ciepłej do zasobnika, przy równoczesnym wypychaniu z niego wody zimnej.





# Charakterystyka układu

- Gałąź A-PŁ-W1-B
  - Przepływa przez nią strumień wody  $G_{\text{hśr cwu}}$ .
  - Należy tak dobrać średnicę, aby prędkość przepływu wynosiła około  $2 \div 5$  m/s.
- Gałąź A-Z-B
  - Przepływa przez nią strumień wody  $q_{\text{cwu}} - G_{\text{hśr cwu}}$ .
  - Należy tak dobrać średnicę, aby prędkość przepływu wynosiła około  $0,2 \div 0,5$  m/s ( $\sim 0,7$ ).
- Pompa ładująca PŁ
  - Powinna mieć stromą charakterystykę.





## Zasady doboru pompy ładującej

- Obliczeniowa wydajność pompy:

$$G_{PŁ} = G_{h.śr.cwu}$$

- Obliczeniowa wysokość podnoszenia:

$$H_{PŁ} = \Delta p_{A-PŁ-W1-B} + \Delta p_{W1}$$

$\Delta p_{A-PŁ-W1-B}$  - całkowite straty na gałęzi A-PŁ-W1-B

$\Delta p_{W1}$  - strata na wymienniku cwu





## Zasady doboru wymiennika cwu (W1)

- Moc wymiennika:

$$Q_w = Q_h = \frac{Q_d}{\tau \cdot 3600} = \frac{Q_{dt} \cdot 1,05}{\tau \cdot 3600}, \quad \text{kW}$$

- Strumień wody podgrzewanej przez wymiennik:

$$G_w = G_{h.śr.cwu}$$

- Należy przyjąć odpowiednie temperatury wody grzewczej i ogrzewanej.
- Strata ciśnienia na wymienniku po stronie wody ogrzewanej -  $\Delta p_{W1}$  (wg katalogu, programu doboru).







# Analiza pracy układu Chłodowa - sporządzenie wykresu

1. Dobór średnicy przewodu dla gałęzi 1 (A-PŁ-W1-B) na strumień  $G_{h.śr.cwu}$  i wyznaczenie straty ciśnienia na tej gałęzi ( $\Delta p_1$ ).
2. Dobór średnicy przewodu dla gałęzi 2 (A-Z-B) na strumień  $q_{cwu} - G_{h.śr.cwu}$  i wyznaczenie straty ciśnienia na tej gałęzi ( $\Delta p_2$ ).
3. Wyznaczenie pozostałych punktów charakterystyk hydraulicznych obu gałęzi (1 i 2 na wykresie) wg zależności:

$$\Delta p = \Delta p_0 \left( \frac{G}{G_0} \right)^2$$

w której: dla gałęzi 1:  $\Delta p_0 = \Delta p_1$ ,  $G_0 = G_{h.śr.cwu}$   
dla gałęzi 2:  $\Delta p_0 = \Delta p_2$ ,  $G_0 = q_{cwu} - G_{h.śr.cwu}$   
 $G$  - dowolna wartość strumienia





# Analiza pracy układu Chłodowa - sporządzenie wykresu

4. Z katalogu producenta pomp przerysować charakterystykę dobranej pompy ładującej (charakterystyka P).

5. Wrysowanie charakterystyki P - 1 poprzez odjęcie od rzędnych charakterystyki pompy P rzędnych charakterystyki gałęzi 1 dla poszczególnych wartości strumieni G (jest to charakterystyka odcinka A-PŁ-W1-B z pompą ładującą, która wskazuje nadwyżkę ciśnienia).



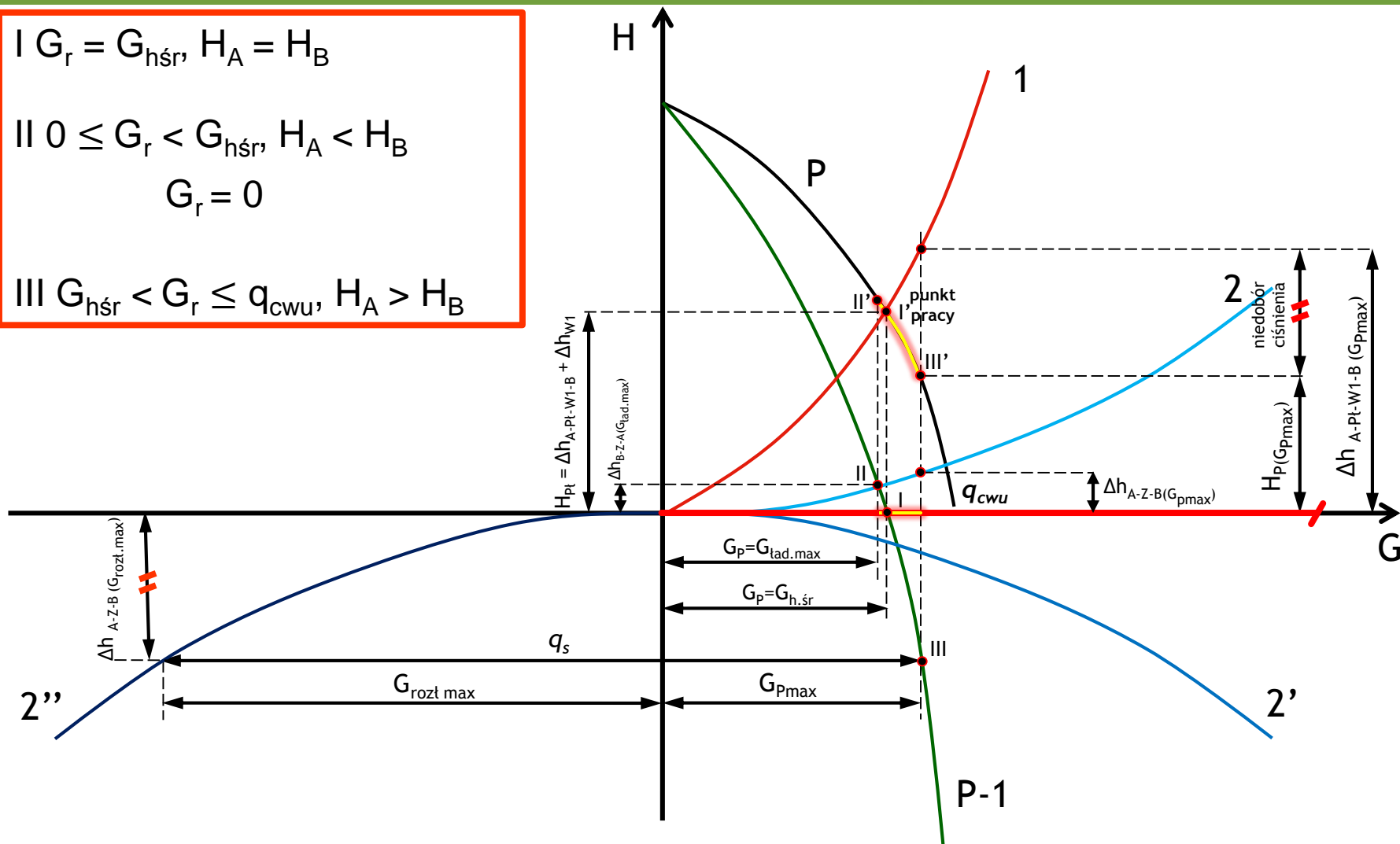


# Wykres Chłodowa

I  $G_r = G_{h\acute{s}r}$ ,  $H_A = H_B$

II  $0 \leq G_r < G_{h\acute{s}r}$ ,  $H_A < H_B$   
 $G_r = 0$

III  $G_{h\acute{s}r} < G_r \leq q_{cwu}$ ,  $H_A > H_B$





Uwaga! Po sporządzeniu wykresu Chtudowa należy sprawdzić warunek ciśnienia wymaganego dla zestawu hydroforowego  $p_{wym}$

$$p_{wym} = h_{g,tt} + p_{wyp} + \Delta p_{ZH-C(q_{og})} + \Delta p_{C-A(q_{cwu})} + \Delta h_{A-PŁ-W1-B(G_{Pmax})} - H_{p(G_{Pmax})} + \Delta p_{B-n.p.cz.(q_{cwu})}$$

$h_{g,tt}$  - różnica wysokości między osią kolektora tłocznego ZH a n.p.cz. w instalacji

$p_{wyp}$  - ciśnienie wymagane przed n.p.cz.

$\Delta p_{ZH-C(q_{og})}$  - straty na odcinku między ZH, a punktem C na schemacie instalacji (miejsce rozgałęzienia instalacji wody zimnej i ciepłej)

$\Delta p_{C-A(q_{cwu})}$  - straty na odcinku między punktem C, a punktem A (odgałęzienie do układu przygotowania cwu)

$\Delta h_{A-PŁ-W1-B(G_{Pmax})}$  - straty ciśnienia na gałęzi 1 przy maksymalnej wydajności pompy ładującej (wg wykresu Chtudowa)

$H_{p(G_{Pmax})}$  - wysokość podnoszenia pompy ładującej przy maksymalnej jej wydajności (wg wykresu Chtudowa)

$\Delta h_{B-n.p.cz.(q_{cwu})}$  - straty na odcinkach od punktu B do n.p.cz. w instalacji cwu





Uwaga! Po sporządzeniu wykresu Chłudowa należy sprawdzić warunek ciśnienia wymaganego dla zestawu hydroforowego  $p_{wym}$

$$p_{wym} = h_{g,tt} + p_{wyp} + \Delta p_{ZH-C(q_{og})} + \Delta p_{C-A(q_{cwu})} + \Delta h_{A-Z-B(G_{rozl\ max})} + \Delta p_{B-n.p.cz.(q_{cwu})}$$

$h_{g,tt}$  - różnica wysokości między osią kolektora tłoczego ZH, a n.p.cz. w instalacji

$p_{wyp}$  - ciśnienie wymagane przed n.p.cz.

$\Delta p_{ZH-C(q_{og})}$  - straty na odcinku między ZH, a punktem C na schemacie instalacji (miejsce rozgałęzienia instalacji wody zimnej i ciepłej)

$\Delta p_{C-A(q_{cwu})}$  - straty na odcinku między punktem C, a punktem A (odgałęzienie do układu przygotowania cwu)

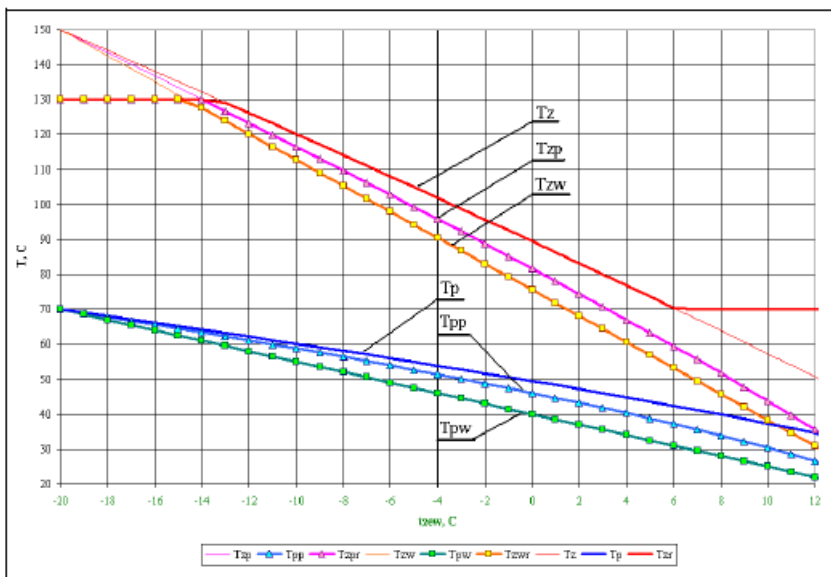
$\Delta h_{A-Z-B(G_{rozl\ max})}$  - straty ciśnienia na gałęzi 2 przy maksymalnym rozładowaniu zasobnika (wg wykresu Chłudowa)

$\Delta h_{B-n.p.cz.(q_{cwu})}$  - straty na odcinkach od punktu B do n.p.cz. w instalacji cwu



# Zasilanie układu przygotowania ciepłej wody

- ❑ z miejskiej sieci ciepłowniczej – parametry obliczeniowe czynnika grzejnego dla okresu zimowego: **130/70°C**
- ❑ z kotłowni – parametry obliczeniowe czynnika grzejnego: **90/70°C**



§ 120. 1. W budynkach, z wyjątkiem jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, w instalacji ciepłej wody powinien być zapewniony **staty obieg wody**, także na odcinkach przewodów o objętości wewnątrz przewodu **powyżej 3 dm<sup>3</sup>** prowadzących do punktów czerpalnych.

2. Instalacja ciepłej wody powinna zapewniać uzyskanie w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C, przy czym instalacja ta powinna umożliwiać przeprowadzanie jej okresowej dezynfekcji termicznej przy temperaturze wody nie niższej niż 70°C.

2. Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać uzyskanie w punktach czerpalnych wody o **temperaturze nie niższej niż 55 °C i nie wyższej niż 60 °C**.

2a. Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać przeprowadzanie ciągłej lub okresowej **dezynfekcji** metodą chemiczną lub fizyczną (w tym okresowe stosowanie metody dezynfekcji cieplnej), bez obniżania trwałości instalacji i zastosowanych w niej wyrobów. Do przeprowadzenia dezynfekcji cieplnej niezbędne jest zapewnienie uzyskania w punktach czerpalnych temperatury wody **nie niższej niż 70 °C i nie wyższej niż 80 °C**.

# Zawory bezpieczeństwa

**PN-76**  
**B-02440**

## Zabezpieczenie urządzeń ciepłej wody użytkowej

Wymagania

b) Dla urządzeń ciepłej wody zasilanych wodą grzejną o temperaturze do 165°C i ciśnieniu wyższym od ciśnienia dopuszczonego podgrzewacza najmniejszą średnicę kanału dolotowego w zaworze pod grzybem  $d$ , mm, obliczać należy wg wzoru

$$d = \sqrt{\frac{4G}{3,14 \cdot 159 \cdot \alpha_c \cdot \sqrt{(1,1p_1 - p_2)\gamma_1}}} \quad (6)$$

przyjmując przepustowość zaworu bezpieczeństwa  $G$ , kg/h, ze wzoru

$$G = 159 \cdot \alpha_a \cdot b \cdot F \cdot \sqrt{(p_3 - p_1)\gamma_1} \quad (7) \quad \text{Kotłownia?}$$

Oznaczenia we wzorach (4), (5), (6), (7), (8) i (9):

$\alpha$  - współczynnik wypływowi zaworu bezpieczeństwa wg danych katalogowych wytwórcy podanych dla gazu,

$\alpha_c$  - współczynnik wypływowi zaworu bezpieczeństwa obliczony wg zależności  $\alpha_c = 0,35 \alpha$ ,

$\alpha_{c1}$  - współczynnik wypływowi wody grzejenej dla pękniętej rury grzejenej;  $\alpha_{c1} - 1$  niezależnie od średnicy rury (wężownicy),

$\gamma$  - ciężar objętościowy wody użytkowej przy temperaturze dopuszczonej tej wody, kg/m<sup>3</sup>,

$\gamma_1$  - ciężar objętościowy wody grzejenej przy najniższej, występującej na zasileniu podgrzewacza, temperaturze tej wody, kg/m<sup>3</sup>,

$b$  - współczynnik zależny od różnicy ciśnienia czynnika grzejenego i ciśnienia dopuszczonego dla podgrzewacza; współczynnik ten należy przyjmować:

gdy  $(p_3 - p_1) \leq 5 \text{ kg/cm}^2$   $b = 1$ ,

gdy  $(p_3 - p_1) > 5 \text{ kg/cm}^2$   $b = 2$ ,

**$F$  - powierzchnia przekroju wewnętrznego rury grzejenej (wężownicy), mm<sup>2</sup>,**

Wymiennik płytowy  $F = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$p_1$  - ciśnienie dopuszczone podgrzewacza, kg/cm<sup>2</sup>,

$p_2$  - ciśnienie na wylocie z zaworu (przy wylocie do atmosfery  $p_2 = 0$ ), kg/cm<sup>2</sup>,

$p_3$  - ciśnienie czynnika grzejenego na zasileniu podgrzewacza, kg/cm<sup>2</sup>,

$V$  - pojemność wodna podgrzewacza lub podgrzewacza i zasobnika ciepłej wody, l,

$v_1$  - objętość właściwa płynu przed zaworem bezpieczeństwa, m<sup>3</sup>/kg.

Minimalna średnica nominalna zaworów bezpieczeństwa dla urządzeń systemu zamkniętego nie powinna być mniejsza niż 20 mm dla zaworów normalnoskokowych i średnioskokowych oraz 15 mm - dla zaworów pełnoskokowych.



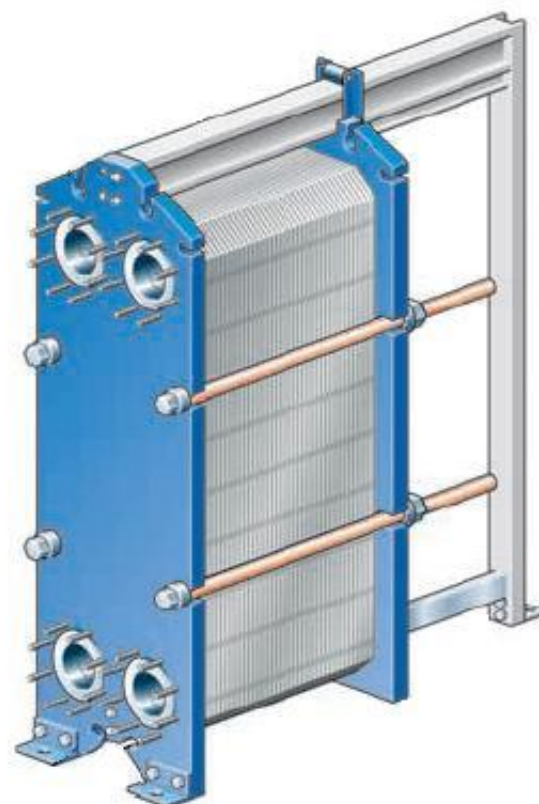
# Wymienniki ciepła typu JAD







# Płytkowe wymienniki ciepła





# Programy doboru wymienników ciepła

- Wymienniki SECESPOL, program CAIRO 3.4
- Wymienniki APV (tylko płytowe)
- Wymienniki TERMOWENT (tylko typ JAD)
- Wymienniki DANFOSS (tylko płytowe)





# Przykład 1

The screenshot shows the CAIRO 3.4.0 software interface. The window title is "CAIRO 3.4.0 - cwuI lato". The menu bar includes "Plik", "Obliczenia", "Ustawienia", and "Pomoc". The toolbar contains various icons for file operations and calculations. The "Jednostki" dropdown is set to "SECESPOL".

The main area displays calculation results for "JAD 3.18". The "Wyniki" tab is active. The results are organized into several sections:

- General Parameters:**
  - Moc: 41,70 kW
  - Przewymiar: 10 %
  - Ilość w połącz. szer.: 1
  - Ilość w połącz. równ.: 1
  - Pow. wymiany ciepła: 2,2 m<sup>2</sup>
- DeltaTLog:** 14,89 deg.C
- Współ. zaniecz.:** 0 m<sup>2</sup>/kW
- k czyste:** 1400,33 W/m<sup>2</sup>K
- k zaniecz.:** 1272,89 W/m<sup>2</sup>K

The interface is divided into two main sections: "Strona gorąca - Rurki" (Hot side - Pipes) and "Strona zimna - Płaszcz" (Cold side - Jacket).

**Strona gorąca - Rurki:**

- Płyn: Water
- Ciśnienie: 1000,00 kPa
- Wejście:**
  - Temperatura: 70 deg.C
  - Przepł. masowy: 0,452902 kg/s
  - Przepł. objęt.: 1,650892 m<sup>3</sup>/h
- Wyjście:**
  - Temperatura: 26,42 ?? deg.C
  - Przepł. objęt.: 1,637929 m<sup>3</sup>/h
- Oblicz. spadek ciśn.: 6,70 kPa

**Strona zimna - Płaszcz:**

- Płyn: Water
- Ciśnienie: 600kPa
- Wejście:**
  - Temperatura: 5/10 deg.C
  - Przepł. masowy: 0,398233 kg/s
  - Przepł. objęt.: 1,433640 m<sup>3</sup>/h
- Wyjście:**
  - Temperatura: 60 deg.C
  - Przepł. objęt.: 1,443746 m<sup>3</sup>/h
- Oblicz. spadek ciśn.: 0,97 kPa

The bottom of the window has a navigation bar with tabs: "Projekt", "Parametry", "Obliczenia", and "Konstrukcja".



# Przykład 1

Podgląd

Standardowy Rozszerzony Dane techniczne Notatka Zamknij

---

**DANE WEJŚCIOWE**

Moc	41,70	kW		
DeltaTLog	11,64	deg. C		
Min. prze wymiarowanie	10	%		
	Strona gorąca - Rurki		Strona zimna - Płaszcz	
Płyn	Water		Water	
Temp. wejściowa	70,00	deg. C		
Temp. wyjściowa			60,00	deg. C
Przepływ masowy	0,463825	kg/s	0,399617	kg/s
Wejśc. przepływ objęt.	1,709078	m <sup>3</sup> /h	1,448761	m <sup>3</sup> /h
Wyjśc. przepływ objęt.	1,690707	m <sup>3</sup> /h	1,464990	m <sup>3</sup> /h
Max. spadek ciśnienia	25,00	kPa	25,00	kPa

---

**SECEPOL – DOBRANY WYMIENNIK CIEPŁA**

Typ wymiennika ciepła	JAD 3.18 (0113-0001)			
Całk. ilość wymienników	1			
Ilość wpołącz. szereg / równoleg.	1 / 1			
Pow. wymiany ciepła	2,2	m <sup>2</sup>		
Współ. zanieczyszczenia	0	m <sup>2</sup> K/kW		
Współ. przenikania ciepła				
czysty	1791,01	W/m <sup>2</sup> K		
zanieczyszczony	1627,77	W/m <sup>2</sup> K		
Prze wymiarowanie	10	%		
	Strona gorąca - Rurki		Strona zimna - Płaszcz	
Oblicz. spadek ciśnienia	6,82	kPa	0,94	kPa
Wymiana ciepła				
NTU	1	[-]	0	[-]

---

**WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE**

	Strona gorąca		Strona zimna	
Płyn	Water		Water	
Ciśnienie	1000,00	kPa	1000,00	kPa
Temp. referencyjna	59,23	deg. C	47,50	deg. C
Gęstość	982,4620	kg/m <sup>3</sup>	988,0000	kg/m <sup>3</sup>
Ciepło właściwe	4,1738	kJ/kgK	4,1740	kJ/kgK
Przewodność cieplna	0,6522	W/m K	0,6390	W/m K
Lepkość dynamiczna	0,0005	Ns/m <sup>2</sup>	0,0006	Ns/m <sup>2</sup>




# Podgląd wyników

**Podgląd**

Standardowy Rozszerzony **Dane techniczne** Liczanka Zamknij

**SECESPOL - KARTA TECHNICZNA WYMIENNIKA CIEPŁA**

**JAD XK 5.38**

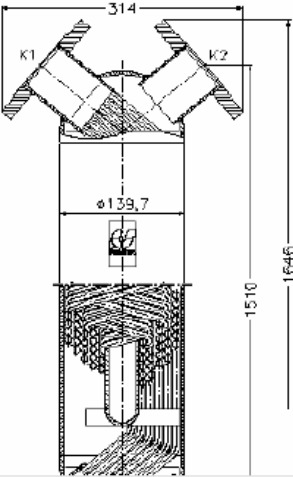


**PARAMETRY PRACY**

Max ciśnienie	1,6 MPa
Max temperatura	203,0 deg. C

**PARAMETRY KONSTRUKCYJNE:**

Pow. wymienny ciepła	
typ	Rurka łazobowana Ø mm
wielkość	4,0 m <sup>2</sup>
Dojście str. rupek	6,6 l
Dojście str. płaszczas	11,2 l
Waga	
zpręż. gwintowanymi	24,0 kg
zpręż. kolienkowymi	48,0 kg



**STANDARDOWA LOKALIZACJA PRZYŁĄCZY:**  
(wprzechwładzie)

K1 - wlot czynnika grzewczego  
K2 - wlot czynnika ogrzewanego  
K3 - wlot czynnika ogrzewanego

Okno podglądu wydruku karty technicznej wymiennika.

Okno z pozostałymi wynikami obliczeń cieplnych.

**Dalsze wyniki**

<b>Strona gorąca</b>	<b>Strona zimna</b>
Przyłącza	Przyłącza
Prędkość wejśc. 0,290 m/s	Prędkość wejśc. 0,634 m/s
Prędkość wyjśc. 0,261 m/s	Prędkość wyjśc. 0,642 m/s
Urządzenie	Urządzenie
Prędkość 0,774 m/s	Prędkość 0,769 m/s
Liczba Reynoldsa 17730 [-]	Liczba Reynoldsa 6346 [-]
Wymiana ciepła	Wymiana ciepła
NTU 0 [-]	NTU 1 [-]
Alfa 11691 W/m <sup>2</sup> K	Alfa 9301 W/m <sup>2</sup> K
Liczba Nusselta 119 [-]	Liczba Nusselta 44 [-]

OK

SECESPOL





## Literatura:

1. A. W. Chłudow - Zaopatrzenie w ciepłą wodę, 1960
2. B. Chybowski - Instalacje ciepłej wody użytkowej, 1973
3. S. Mańkowski - Projektowanie instalacji cwu, 1981
4. W. Szaflik - Projektowanie instalacji ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych, 2008

