



# Politechnika Wroclawska

Wydział Inżynierii Środowiska

## INSTALACJE SANITARNE

„Instalacja cyrkulacyjna  
ciepłej wody użytkowej”

**Ćwiczenie projektowe**

Wrocław 24.04.2020



# Wprowadzenie

**Dz. U. nr 75 poz. 690 z 2002**

## Dział IV,

## Rozdział 1

## §120.

1. W budynkach, z wyjątkiem jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, w instalacji ciepłej wody powinien być zapewniony stały obieg wody, także na odcinkach przewodów o objętości wewnątrz przewodu powyżej **3dm<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**.
3. **Izolacja cieplna przewodów instalacji ciepłej wody**, w których występuje stały obieg wody, powinna zapewnić spełnienie wymagań określonych w ust. 2 i § 267 ust. 8.
4. Instalacja ciepłej wody powinna mieć zabezpieczenie przed przekroczeniem, dopuszczalnych dla danych instalacji, ciśnienia i temperatury, zgodnie z wymaganiami Polskiej Normy dotyczącej zabezpieczeń instalacji ciepłej wody.
5. W armaturze mieszającej i czerpalnej **przewód ciepłej wody** powinien być podłączony z **lewej strony**.



# Wprowadzenie

**Dz. U. 2019 poz. 1065**

## Dział IV,

## Rozdział 1

## §120.

1. W budynkach, z wyjątkiem jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, w instalacji ciepłej wody powinien być zapewniony stały obieg wody, także na odcinkach przewodów o objętości wewnątrz przewodu powyżej 3dm<sup>3</sup> prowadzących do punktów czerpalnych.
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**.
3. Izolacja cieplna przewodów instalacji ciepłej wody, w których występuje stały obieg wody, powinna zapewnić spełnienie wymagań określonych w ust. 2 i § 267 ust. 8.
4. Instalacja ciepłej wody powinna mieć zabezpieczenie przed przekroczeniem, dopuszczalnych dla danych instalacji, ciśnienia i temperatury, zgodnie z wymaganiami Polskiej Normy dotyczącej zabezpieczeń instalacji ciepłej wody.
5. W armaturze mieszającej i czerpalnej przewód ciepłej wody powinien być podłączony z lewej strony.



# Wprowadzenie

## PN-B-02421:2000

### 2.2 Ogólne zasady stosowania izolacji cieplnych

Izolację cieplną należy stosować:

- na całej powierzchni prostych odcinków, kształtek i połączeń przewodów,
- w miarę możliwości technicznych, na całej lub części powierzchni urządzeń, służących do wymiany lub magazynowania ciepła.

Izolację cieplną stosuje się, w miarę możliwości technicznych, na całej lub części powierzchni armatury zainstalowanej na ww. przewodach. Izolacji cieplnej nie należy stosować na powierzchni zaworów bezpieczeństwa, silników pomp oraz siłowników zaworów regulacyjnych. Płaszcz ochronne izolacji właściwej należy stosować w napowietrznych sieciach ciepłowniczych, w sieciach i w instalacjach usytuowanych w pomieszczeniach w tych przypadkach, w których zastosowanie płaszcz ochronnego jest wymagane ze względów technicznych.

#### 2.3.2 Instalacje ciepłej wody użytkowej

W instalacjach ciepłej wody użytkowej izolację cieplną należy stosować zgodnie z niniejszą normą p. 2.2 **na przewodach poziomych i pionowych**, w tym cyrkulacyjnych, niezależnie od tego, w jakim otoczeniu przewody te są usytuowane.



# Przepisy, normy i rozporządzenia

- **PN-76/B-02440**  
**Zabezpieczenie urządzeń ciepłej wody użytkowej. Wymagania**
- **PN-B-01706:1992/Az1:1999**  
**Instalacje wodociągowe w budynkach. Wymagania w projektowaniu**
- **PN-B-02421:2000**  
**Izolacja cieplna rurociągów, armatury i urządzeń. Wymagania i badania odbiorcze**
- **Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75 poz. 690 z 2002) – tekst jednolity**
- **Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie**  
**(Dz. U. 2019 poz. 1065) – tekst jednolity**



# Instalacja cyrkulacyjna

## Procedura obliczeń

1. Wstępny dobór średnic przewodów instalacji cyrkulacyjnej na podstawie poniższej tabeli ([PN-92/B-01706](#))

<b>Średnica przewodu zasilającego <math>d_z</math> mm</b>	<b>Średnica przewodu cyrkulacyjnego <math>d_c</math> mm</b>
<b>15 ÷ 25</b>	<b>15 ÷ 20</b>
<b>32 ÷ 50</b>	<b>20 ÷ 25</b>
<b>65 ÷ 80</b>	<b>25 ÷ 32</b>
<b>100</b>	<b>40</b>



# Instalacja cyrkulacyjna

## Procedura obliczeń

2. Wyznaczenie strat ciepła przewodów **c.w.u.** oraz **cyrkulacyjnych** (piony i przewody rozprowadzające)
3. Wyznaczenie strumienia wody cyrkulacyjnej  $V_c$  oraz strumieni dla poszczególnych odcinków instalacji
4. Dla obliczonych strumieni wody cyrkulacyjnej **sprawdzenie poprawności doboru średnic**, na podstawie kryterium prędkości przepływu wody w instalacji cyrkulacyjnej, która zgodnie z **PN-92/B-01706** powinna być w zakresie **(0,2÷0,5) m/s**
5. Dobór zaworów termostatycznych
6. Określenie nastaw zaworów, wartości  $k_v$  oraz strat ciśnienia
7. Obliczenie **strat ciśnienia** w instalacji cyrkulacyjnej i instalacji c.w.u. **przy strumieniach cyrkulacyjnych**



# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## PN-92/B-01706 – Metoda strat ciepła

Obliczenia przewodów cyrkulacyjnych należy prowadzić przy założeniu, że zawory czerpalne są zamknięte. Obliczeniowy strumień masy wody cyrkulacyjnej należy obliczyć ze wzoru:

$$q_{mc} = \frac{\Phi_c}{\Delta t_p \cdot c_w}; \text{ dm}^3/\text{s}$$

- $q_{mc}$  – obliczeniowy strumień masy wody **cyrkulacyjnej**,  $\text{dm}^3/\text{s}$ ,  
 $\Phi_c$  – straty mocy cieplnej w instalacji (**cieplej wody użytkowej i cyrkulacyjnej**), kW,  
 $\Delta t_p$  – obliczeniowy spadek temperatury ciepłej wody na drodze jej przepływu, od węzła cieplnego do najniekorzystniej położonego punktu czerpального, należy przyjąć  $\Delta t_p = 5^\circ\text{C}$ ,  
 $c_w$  – ciepło właściwe wody, 4,19 kJ/(kg·K)





# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Strumień strat ciepła

Strumień strat ciepła w poszczególnych odcinkach instalacji można obliczyć wg następującej zależności:

$$\dot{Q} = \pi \cdot D_z \cdot K \left[ 0,5 \cdot (t_p + t_k) - t_o \right] \cdot L (1 - \eta); \text{ W}$$

$D_z$  – średnica zewnętrzna przewodu, m,

$K$  – współczynnik przenikania ciepła, W/(m<sup>2</sup>K),

$t_p$  – temperatura na początku rozpatrywanego odcinka, °C,

$t_k$  – temperatura na końcu rozpatrywanego odcinka, °C,

$t_o$  – temperatura otoczenia rozpatrywanego odcinka, °C,

(piwnice nieogrzewane 5°C, szachty instalacyjne 25°C, w mieszkaniach (po wierzchu ścian) 20°C, bruzdy ściennie 40°C),

$L$  – długość rozpatrywanego odcinka, m,

$\eta$  – sprawność izolacji, należy przyjąć z zakresu  $\eta=0,7-0,9$ ,



# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Przenikanie ciepła

Współczynnik przenikania ciepła uzależniony jest od sposobu ułożenia oraz rodzaju przewodów:

**Przewody miedziane (DIN 1786), układane:**

**poziomo**

$$K = 3,69 \cdot D_z^{-0,15} \cdot \Delta t^{0,24}$$

**pionowo**

$$K = 4,45 \cdot \Delta t^{0,27}$$

**Przewody z tworzywa PP PN20 typ 3 (DIN 8077), układane:**

**poziomo**

$$K = 1,38 \cdot D_z^{-0,43} \cdot \Delta t^{0,13}$$

**pionowo**

$$K = 1,72 \cdot D_z^{-0,28} \cdot \Delta t^{0,15}$$

$D_z$  – średnica zewnętrzna przewodu, m,

$\Delta t$  – różnica temperatury pomiędzy wodą i otoczeniem, °C,

$$\Delta t = 0,5 \cdot (t_p + t_k) - t_o$$



# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Strumień wody cyrkulacyjnej

Strumień objętościowy wody cyrkulacyjnej dla instalacji należy obliczyć z następującej zależności:

$$\dot{V}_c = \frac{\Sigma \dot{Q}}{\rho \cdot c_w \cdot \Delta t_{cwu}}; \text{ m}^3/\text{s}$$

$\Sigma \dot{Q}$  – suma strat ciepła, kW,

$\rho$  – gęstość wody, 1000 kg/m<sup>3</sup>,

$c_w$  – ciepło właściwe wody, 4,19 kJ/(kg·K),

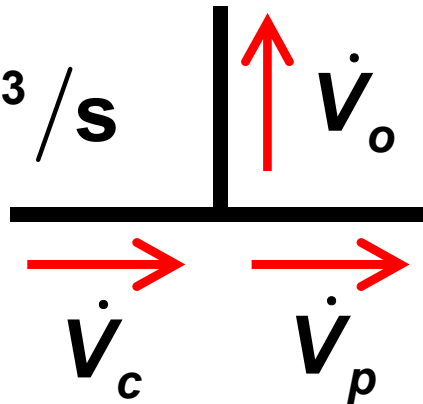
$\Delta t_{cwu}$  – spadek temperatury ciepłej wody użytkowej, 5°C, 5K



# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Strumień wody cyrkulacyjnej dla pionów

Obliczony w ten sposób strumień wody należy następnie podzielić na poszczególne piony metodą punktów węzłowych wg zależności:

$$\dot{V}_o = \dot{V}_c \frac{\dot{Q}_o}{\dot{Q}_o + \dot{Q}_p}; \text{ dm}^3/\text{s}$$


Strumień pozostały:

$$\dot{V}_p = \dot{V}_c - \dot{V}_o; \text{ dm}^3/\text{s}$$

$\dot{V}_o$  – strumień objętościowy wody cyrkulacyjnej w odgałęzieniu (np. pionie),  $\text{dm}^3/\text{s}$ ,

$\dot{V}_c$  – całkowity strumień objętościowy wody ciepłej (wyływającej z podgrzewacza),  $\text{dm}^3/\text{s}$ ,

$\dot{Q}_o$  – strata ciepła w odgałęzieniu (np. pionie), W,

$\dot{Q}_p$  – strata ciepła w pozostałej części instalacji za węzłem, W,



# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Wychłodzenie wody w instalacji

Wychłodzenie wody w przewodach ciepłej wody użytkowej

$$\delta t = \Delta t_{cwu} / \Sigma L$$

Wychłodzenie wody w przewodach cyrkulacyjnych

$$\delta t = \Delta t_{cyr} / \Sigma L$$

$\Sigma L$  – suma długości przewodów najniekorzystniejszego obiegu (od pionu do układu przygotowania c.w.u.), m,

$\Delta t_{cwu}$  – spadek temperatury ciepłej wody użytkowej, 5°C, 5K

$\Delta t_{cyr}$  – spadek temperatury wody cyrkulowanej, 3°C, 3K



# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Temperatura końcowa odcinka

Temperatura końcowa odcinka instalacji ciepłej wody użytkowej

$$t_k = t_p - \delta t_{cwu} \cdot L_{odc}$$

Temperatura końcowa odcinka instalacji cyrkulacyjnej

$$t_k = t_p - \delta t_{cyr} \cdot L_{odc}$$

$t_p$  – temperatura na początku rozpatrywanego odcinka, °C,

$t_k$  – temperatura na końcu rozpatrywanego odcinka, °C,

$\delta t_{cwu}$  – wychłodzenie wody w instalacji ciepłej wody, °C, K

$\delta t_{cyr}$  – wychłodzenie wody w instalacji cyrkulacyjnej, °C, K

$L_{odc}$  – długość rozpatrywanego odcinka, m,



# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Straty ciśnienia na zaworach termostatycznych

Do regulacji instalacji cyrkulacyjnej należy stosować zawory termostatyczne typu MTCV, Aquastrom T, Alwa Kombi 4 (z wkładką termiczną) itp.

**Na podstawie średnicy zaworu** (równej średnicy pionu cyrkulacyjnego) oraz **wymaganej temperatury** (wyznaczonej za pomocą **strat ciepła**) należy **dobrać wymaganą nastawę zaworu z karty katalogowej**. Następnie korzystając z nomogramu dla przyjętej nastawy (temperatury) trzeba odczytać wartość  $k_v$  zaworu. Dla **wymaganego przepływu cyrkulacyjnego (w danym pionie/odgałęzieniu)** i wartości  $k_v$  należy wyznaczyć stratę ciśnienia na zaworze  $\Delta p_z$ ; kPa.

Dla zaworów MTCV stratę ciśnienia wyznacza się z zależności:

$$\Delta p_z = \left( 0,01 \cdot \frac{\dot{V}_o}{k_v} \right)^2 ; \text{ Pa}$$

$V_o$  wyrażane jest w  $\text{dm}^3/\text{h}$

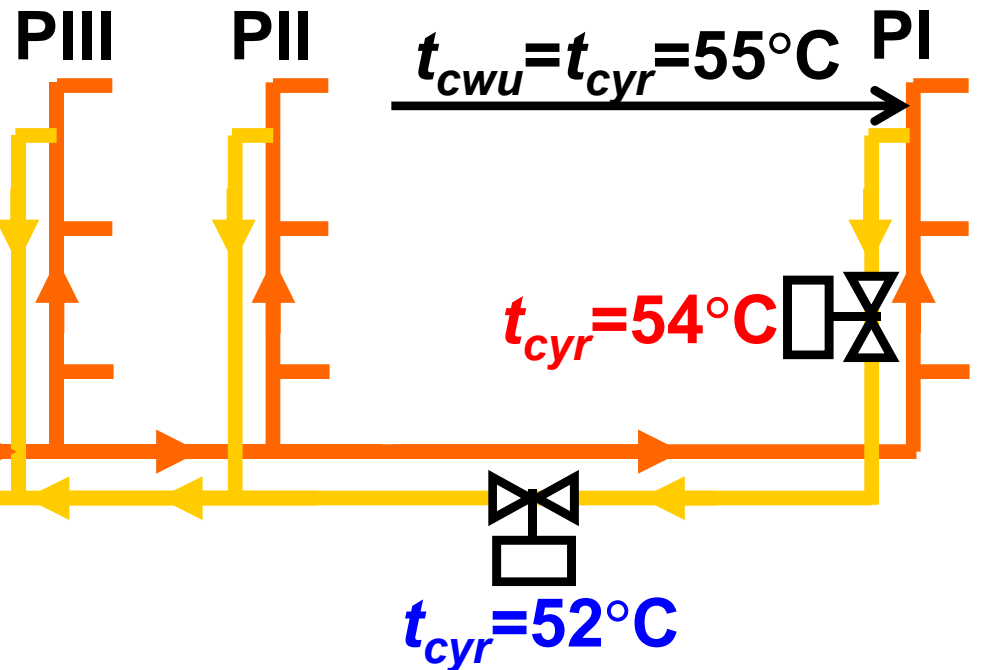


# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Straty ciśnienia na zaworach termostaticznych

Dobór nastawy określa się na podstawie obliczonych strat ciepła oraz lokalizacji zaworu regulacyjnego.

Zawór zamontowany przy pionie, czyli w miejscu gdzie schłodzenie wyniesie np.  $1^{\circ}\text{C}$ , wymaga nastawy równej  $54^{\circ}\text{C}$



Zawór zamontowany na odcinku poziomym, czyli w miejscu gdzie schłodzenie wyniesie np.  $3^{\circ}\text{C}$ , wymagać będzie nastawy równej  $52^{\circ}\text{C}$





# Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej

## Straty ciśnienia dla najniekorzystniejszego obiegu

Straty ciśnienia w instalacji cyrkulacyjnej (w tym również do najniekorzystniejszego obiegu) wyznacza się z następującej zależności:

$$\Delta p_p = \Sigma (\Delta p_l + \Delta p_m)_{max} + \Delta p_z + \Delta p_w ; \text{ kPa}$$

$\Delta p_p$  – straty ciśnienia w obiegu ciepłej wody i cyrkulacji, kPa,

$\Delta p_l$  – liniowe straty ciśnienia, kPa,

$\Delta p_m$  – miejscowe straty ciśnienia, kPa,

$\Delta p_z$  – strata ciśnienia na zaworze regulacyjnym, kPa,

$\Delta p_w$  – strata ciśnienia w układzie przygotowania c.w.u., kPa,



# Instalacja cyrkulacyjna

## Przykład obliczeń – schemat obliczeniowy

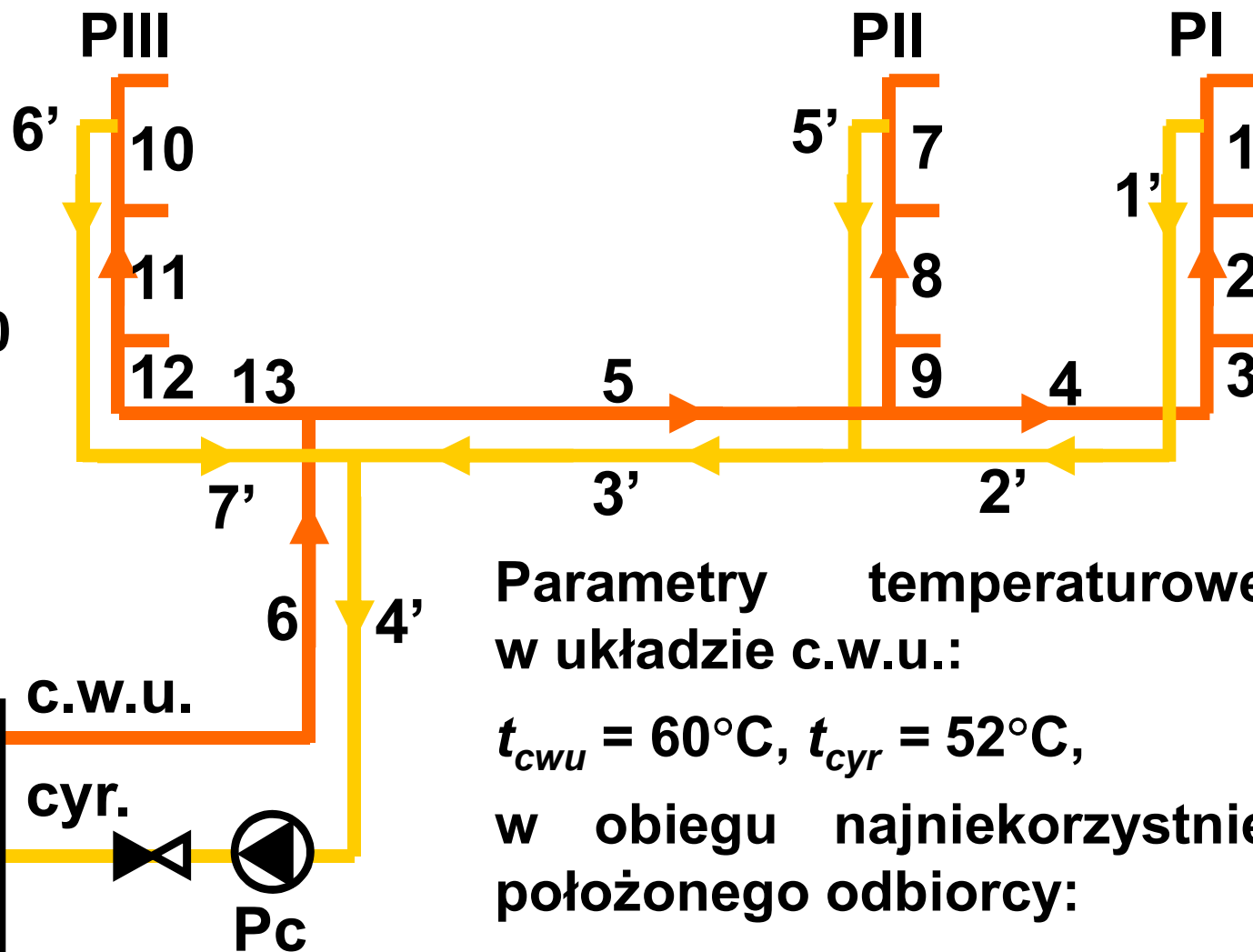
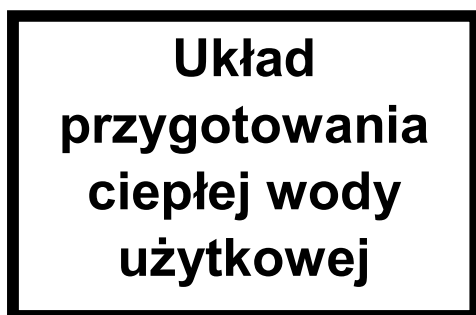
**Materiał instalacji:**  
miedź

**Sprawność izolacji**  $\eta = 0,90$

**Wychłodzenie:**

$$\Delta t_{cwu} = 5K$$

$$\Delta t_{cyr} = 3K$$



**Parametry temperaturowe:**  
w układzie c.w.u.:

$$t_{cwu} = 60^{\circ}C, t_{cyr} = 52^{\circ}C,$$

w obiegu najniekorzystniej położonego odbiorcy:

$$t_{cwu} = t_{cyr} = 55^{\circ}C,$$



# Instalacja cyrkulacyjna

## Procedura obliczeń – najniekorzystniejszy obieg PI

### Straty ciepła w przewodach ciepłej wody użytkowej

Numer odcinka	$L$ m	$D_z$ mm	$D_w$ mm	$t_p$ °C	$t_k$ °C	$t_o$ °C	$\Delta t$ °C	$\eta$	układ	$K$ W/(m <sup>2</sup> K)	$Q_{odc}$ W
1	3,0	15	13	55,5	55,0	25	30,3	0,9	pion	11,2	4,78
2	3,0	15	13	56,0	55,5	25	30,8	0,9	pion	11,2	4,88
3	2,0	18	16	56,4	56,0	25	31,2	0,9	pion	11,3	3,98
4	5,0	22	20	57,2	56,4	5	51,8	0,9	poziom	16,9	30,21
5	7,0	28	25	58,4	57,2	5	52,8	0,9	poziom	16,3	53,20
6	9,0	35	32	60,0	58,4	5	54,2	0,9	pion	13,1	70,19

$\Sigma L = 29,0$  m

$\delta t = 0,17$  °C/m

### Straty ciepła w przewodach cyrkulacyjnych

Numer odcinka	$L$ m	$D_z$ mm	$D_w$ mm	$t_p$ °C	$t_k$ °C	$t_o$ °C	$\Delta t$ °C	$\eta$	układ	$K$ W/(m <sup>2</sup> K)	$Q_{odc}$ W
1'	7,5	15	13	55,0	54,2	25	29,6	0,9	pion	11,1	11,62
2'	5,0	15	13	54,2	53,7	5	48,9	0,9	poziom	17,6	20,33
3'	7,0	15	13	53,7	52,9	5	48,3	0,9	poziom	17,6	28,00
4'	9,0	18	16	52,9	52,0	5	47,5	0,9	pion	12,6	30,49

$\Sigma L = 28,5$  m

$\delta t = 0,11$  °C/m



# Instalacja cyrkulacyjna

## Procedura obliczeń – obiegi PII i PIII

### Straty ciepła w przewodach ciepłej wody użytkowej

Numer odcinka	$L$ m	$D_z$ mm	$D_w$ mm	$t_p$ °C	$t_k$ °C	$t_o$ °C	$\Delta t$ °C	$\eta$	układ	$K$ W/(m <sup>2</sup> K)	$Q_{odc}$ W
7	3,0	15	13	56,4	55,9	25	31,1	0,9	pion	11,3	4,95
8	3,0	15	13	56,9	56,4	25	31,6	0,9	pion	11,3	5,06
9	2,0	18	16	57,2	56,9	25	32,1	0,9	pion	11,4	4,12
10	3,0	15	13	56,9	56,4	25	31,6	0,9	pion	11,3	5,06
11	3,0	15	13	57,4	56,9	25	32,2	0,9	pion	11,4	5,16
12	2,0	18	16	57,8	57,4	25	32,6	0,9	pion	11,4	4,20
13	4,0	18	16	58,4	57,8	25	33,1	0,9	poziom	15,6	11,69

### Straty ciepła w przewodach cyrkulacyjnych

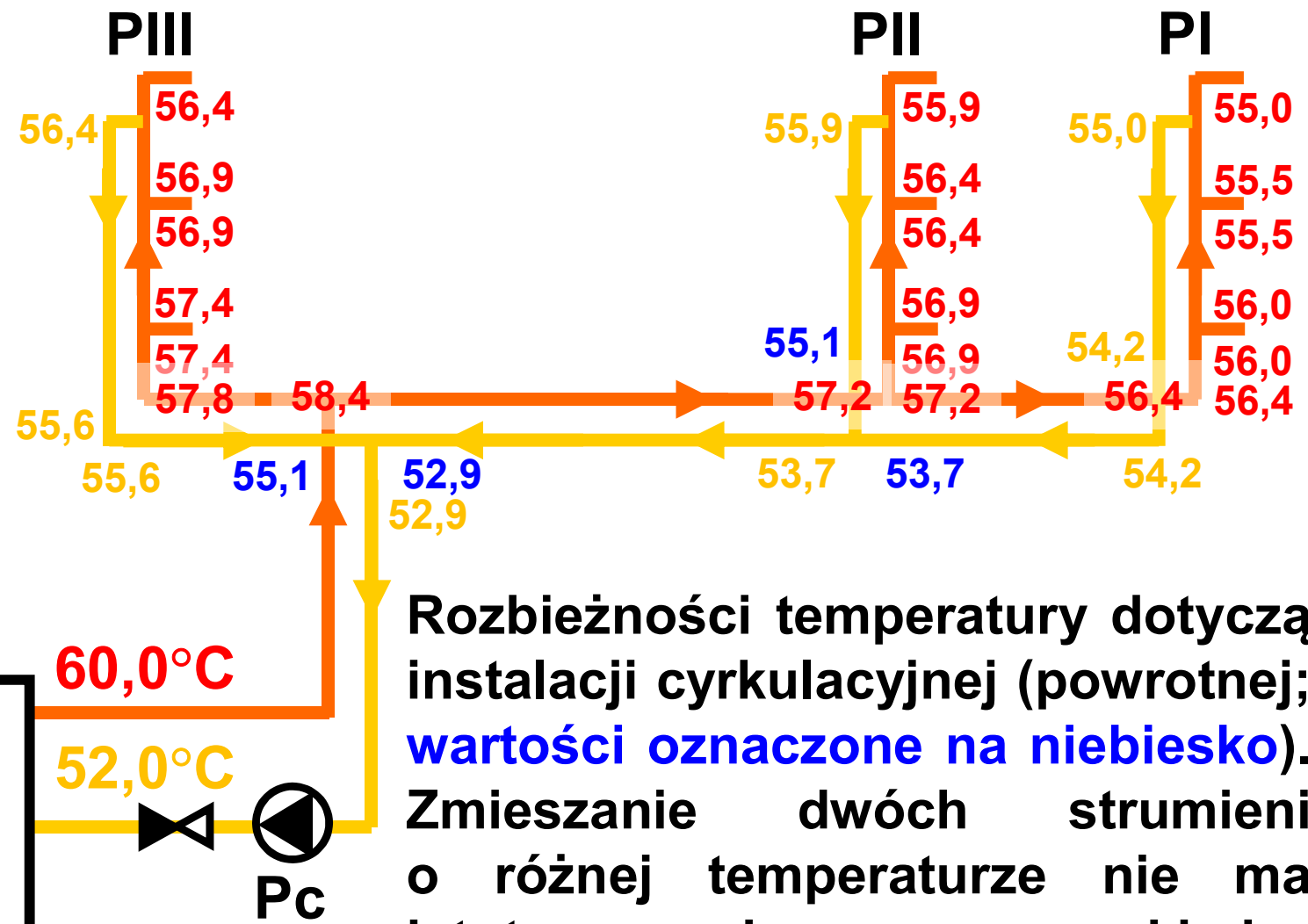
Numer odcinka	$L$ m	$D_z$ mm	$D_w$ mm	$t_p$ °C	$t_k$ °C	$t_o$ °C	$\Delta t$ °C	$\eta$	układ	$K$ W/(m <sup>2</sup> K)	$Q_{odc}$ W
5'	7,5	15	13	55,9	55,1	25	30,5	0,9	pion	11,2	12,05
6'	7,5	15	13	56,4	55,6	25	31,0	0,9	pion	11,2	12,31
7'	4,5	15	13	55,6	55,1	25	30,4	0,9	poziom	15,7	10,12



# Instalacja cyrkulacyjna

## Procedura obliczeń – temperatura wody w przewodach

Minimalna wartość temperatury ciepłej wody użytkowej  $t_{min} = 55^{\circ}\text{C}$  została uzyskana



Rozbieżności temperatury dotyczą instalacji cyrkulacyjnej (powrotnej; wartości oznaczone na niebiesko). Zmieszanie dwóch strumieni o różnej temperaturze nie ma istotnego wpływu na pracę układu.



# Instalacja cyrkulacyjna

## Procedura obliczeń – strumień wody cyrkulacyjnej wraz z doborem nastaw zaworów termostatycznych

### Strumień wody cyrkulacyjnej

Numery odcinków	$Q_c$ W	$V_c$ dm <sup>3</sup> /s	$V_o$ dm <sup>3</sup> /s	$V_p$ dm <sup>3</sup> /s	$Q_o$ W	$Q_p$ W	Sumowane odcinki	Numer pionu	$V_c$ dm <sup>3</sup> /h	$V_o$ dm <sup>3</sup> /h	$V_p$ dm <sup>3</sup> /h
6 i 4'	332,39	0,0159					c.wu. i cyrkulacja		57,1		
13 i 7'			0,0023		48,54		10, 11, 12, 13 i 6', 7'	PIII		8,3	
5 i 3'				0,0135		283,85					48,8
9 i 5'			0,0035		26,18		7, 8, 9 i 5'	PII		12,5	
3 i 1'				0,0101		75,80	1, 2, 3, 4 i 1', 2'	PI			36,3

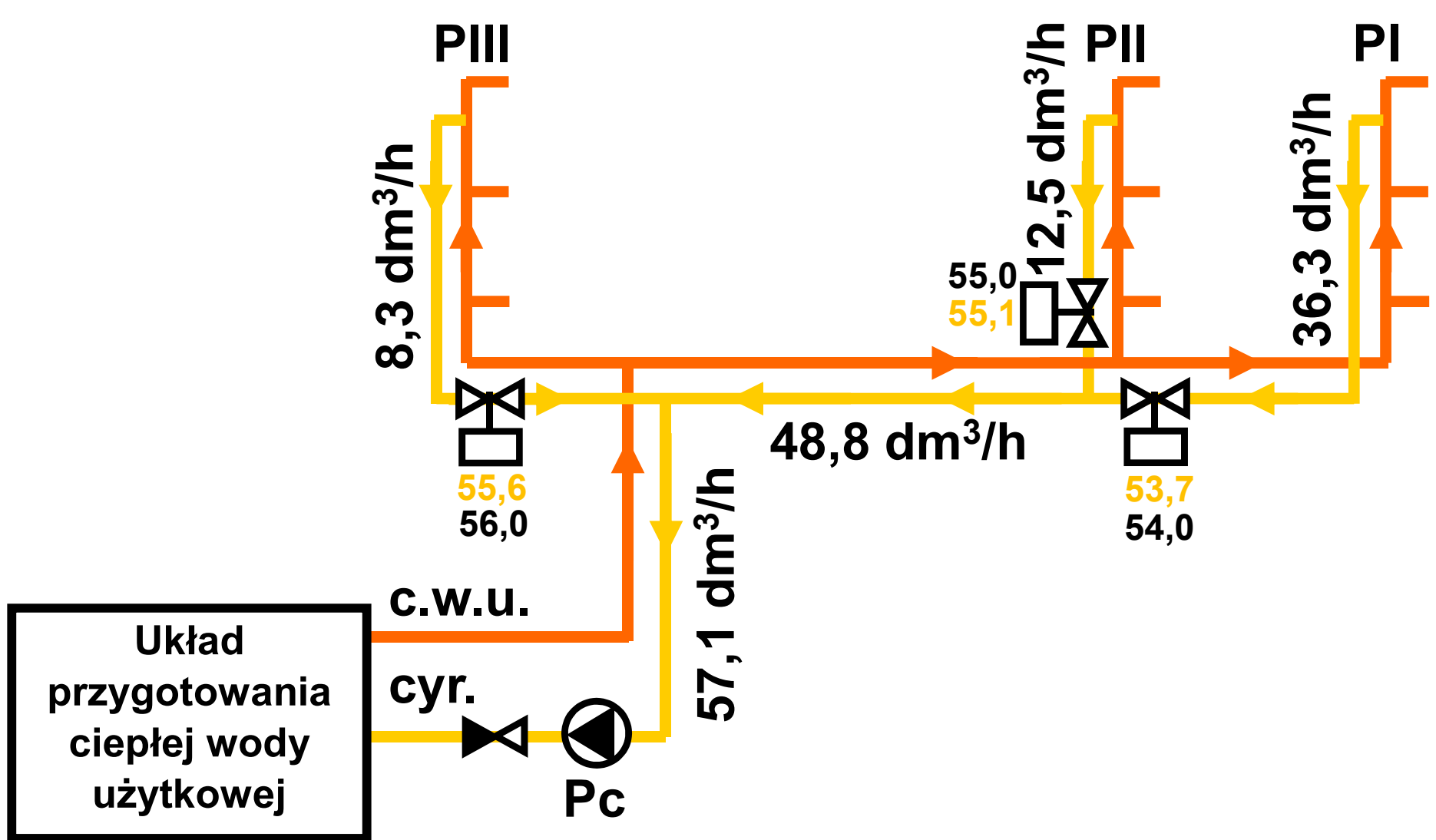
### Dobór zaworów termostatycznych (MTCV)

Numer pionu	$t_{cyr}$ °C	$t_z$ °C	$D_z$ mm	Nastawa		$k_v$ m <sup>3</sup> /h	$V_c$ dm <sup>3</sup> /h	$\Delta p_z$ dm <sup>3</sup> /h
				teoretyczna	dobrana			
PI	55,0	53,7	15	53,7	54,0	0,36	36,3	1,01
PII	55,9	55,1	15	55,1	55,0	0,36	12,5	0,12
PIII	56,4	55,6	15	55,6	56,0	0,36	8,3	0,05



# Instalacja cyrkulacyjna

Procedura obliczeń – strumień wody cyrkulacyjnej wraz z doborem nastaw zaworów termostatycznych

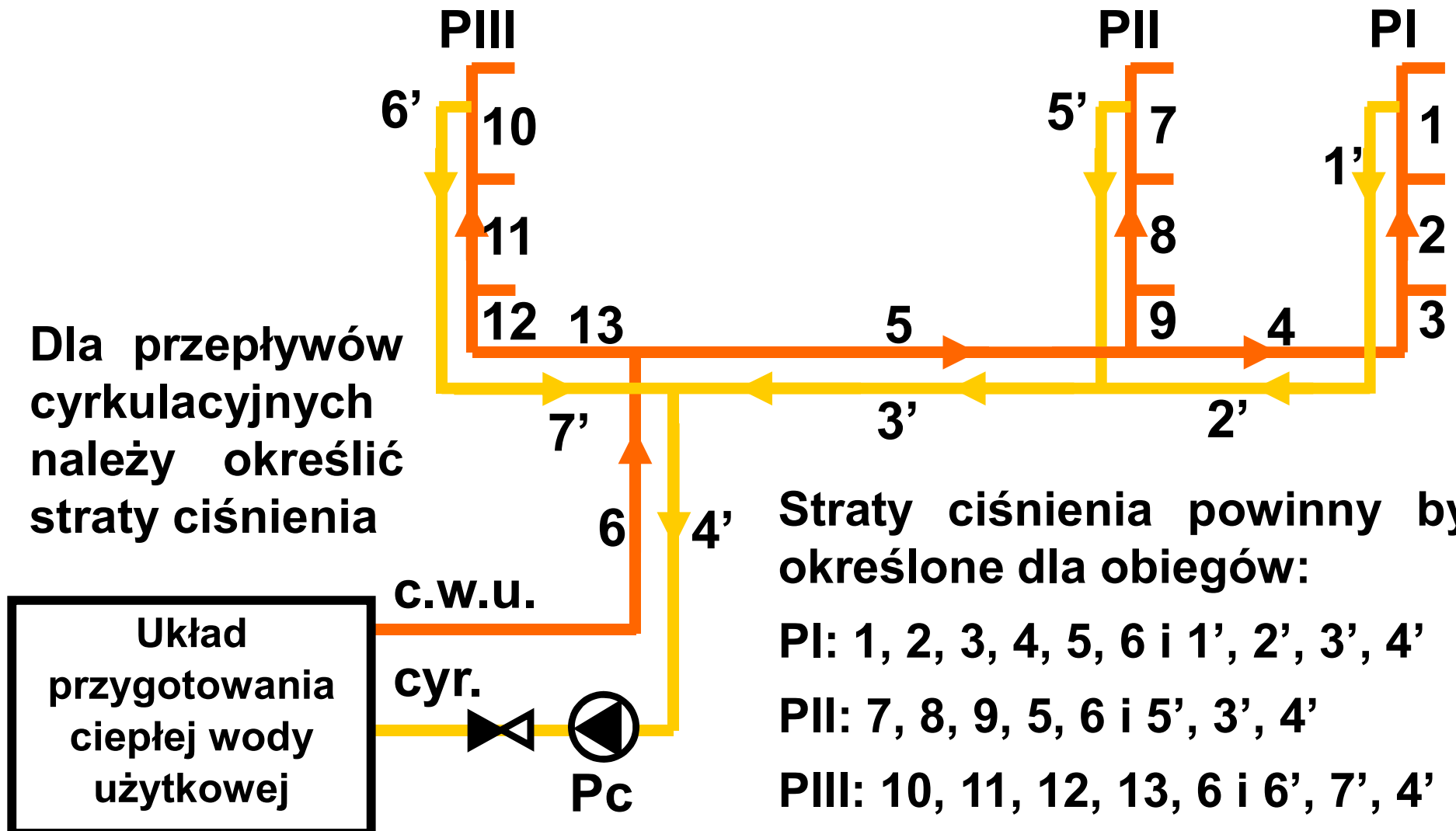




# Instalacja cyrkulacyjna

## Procedura obliczeń – straty ciśnienia

Dla przepływów cyrkulacyjnych należy określić straty ciśnienia



Straty ciśnienia powinny być określone dla obiegów:

PI: 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 1', 2', 3', 4'

PII: 7, 8, 9, 5, 6 i 5', 3', 4'

PIII: 10, 11, 12, 13, 6 i 6', 7', 4'





# Instalacja cyrkulacyjna

## Procedura obliczeń

8. Wyznaczenie **strat ciśnienia** dla obiegów poszczególnych pionów (z uwzględnieniem strat na zaworach; od wymiennika przez dany pion c.w.u. i powrót przewodami cyrkulacyjnymi do wymiennika) wraz z **określeniem wysokości podnoszenia pompy cyrkulacyjnej** (dla najniekorzystniejszego obiegu)

$$\Delta p_p = \Sigma (\Delta p_l + \Delta p_m)_{max} + \Delta p_z + \Delta p_w ; \text{ kPa}$$

9. Dobór **pompy cyrkulacyjnej** dla parametrów

$$Q_p \geq \dot{V}_c$$

$$H_p \geq \Delta p_p / 9,81$$