



Politechnika Wroclawska

Wydział Inżynierii Środowiska

INSTALACJE SANITARNE

„Instalacja cyrkulacyjna
cieplej wody użytkowej”

Ćwiczenie projektowe



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 **3dm³** 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

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 ochronny izolacji właściwej należy stosować w napowietrznych sieciach ciepłowniczych, w sieciach i w instalacjach usytuowanych w pomieszczeniach w tych przypadkach, w których zastosowanie płaszcza 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**
[\(Dz. U. nr 75 poz. 690 z 2002\)](#)
- **Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.03.2009r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie**
[\(Dz. U. nr 56 poz. 461 z 2009\)](#)



Obliczenia instalacji cyrkulacyjnej



Obecnie stosowana metoda

termicznego równoważenia instalacji cyrkulacyjnej
polega na wyznaczeniu strumienia wody cyrkulacyjnej
na podstawie strat ciepła w przewodach rozprowadzających (inst. c.w.u.) oraz w pionowych przewodach cyrkulacyjnych.

Przy określaniu strat ciepła uwzględnia się rodzaj i grubość izolacji termicznej przewodów, oraz występującą różnicę temperatur pomiędzy czynnikiem płynącym w przewodach a otoczeniem.



Założenia i podstawowe wzory

- Temperatura wody opuszczającej urządzenie przygotowujące ciepłą wodę: $t_{\text{c.w.u.}} = 60^{\circ}\text{C}$
- Minimalna temperatura wody w punkcie poboru: $t_{\text{min}} = 55^{\circ}\text{C}$
- Spadek temperatury c.w.u. w instalacji: $\Delta t_{\text{c.w.u.}} = 5^{\circ}\text{C}$

- Temperatuty otoczenia przewodów wynoszą odpowiednio:
 - dla nie ogrzewanych piwnic i szachtów instalacyjnych wentylowanych: $t_o = 5^{\circ}\text{C}$
 - dla przewodów prowadzonych po wierzchu ścian w pomieszczeniach mieszkalnych: $t_o = 20^{\circ}\text{C}$
 - dla przewodów prowadzonych w szachtach instalacyjnych niewentylowanych: $t_o = 25^{\circ}\text{C}$
 - dla przewodów prowadzonych w brzdach ściennych: $t_o = 40^{\circ}\text{C}$



Straty ciepła w poszczególnych odcinkach instalacji oblicza się wg zależności:

$$\dot{Q} = \pi \cdot D_z \cdot K \cdot \underbrace{\left[\frac{1}{2} \cdot (t_p + t_k) - t_o \right]}_{\Delta t} \cdot L \cdot (1 - \eta); [\text{W}]$$

Gdzie:

D_z – średnica zewnętrzna przewodu [m]

K – współczynnik przenikania ciepła [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

t_p – temperatura na początku odcinka [$^{\circ}\text{C}$]

t_k – temperatura na końcu odcinka [$^{\circ}\text{C}$]

t_o – temperatura otoczenia odcinka [$^{\circ}\text{C}$]

L – długość odcinka [m]

η - sprawność izolacji – przyjmuje się: $\eta = 0,7 \div 0,9$



K – współczynnik przenikania ciepła wyznaczany wg wzorów w tabeli:

Materiał	Sposób ułożenia przewodu	Wzór [W/m ² K]
Rury miedziane wg DIN 1786	poziomo	$K = 3,69 \cdot D_z^{-0,15} \cdot \Delta t^{0,24}$
	pionowo	$K = 4,45 \cdot \Delta t^{0,27}$
Rury z PP PN20 typ 3 wg DIN 8077	poziomo	$K = 1,38 \cdot D_z^{-0,43} \cdot \Delta t^{0,13}$
	pionowo	$K = 1,72 \cdot D_z^{-0,28} \cdot \Delta t^{0,15}$

Δt – różnica temperatur między temperaturą wody a otoczenia



Strumień wody cyrkulacyjnej dla całej instalacji:

$$\dot{V}_c = \frac{\Sigma \dot{Q}}{\rho \cdot c_w \cdot \Delta t_{c.w.u.}}; [m^3 / s]$$

$\Sigma \dot{Q}$ - suma strat ciepła [kW]

ρ - gęstość wody [kg/m³] – 1000 kg/m³

c_w – ciepło właściwe wody [kJ/kgK] – 4,19 kJ/kgK

$\Delta t_{c.w.u.}$ – spadek temperatury c.w.u. w instalacji [K]



Natężenie przepływu cyrkulacyjnego w poszczególnych pionach, wyznaczone metodą punktów węzłowych:

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

Strumień wody cyrkulacyjnej w poziomym przewodzie cyrkulacji (strumień przechodzący):

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



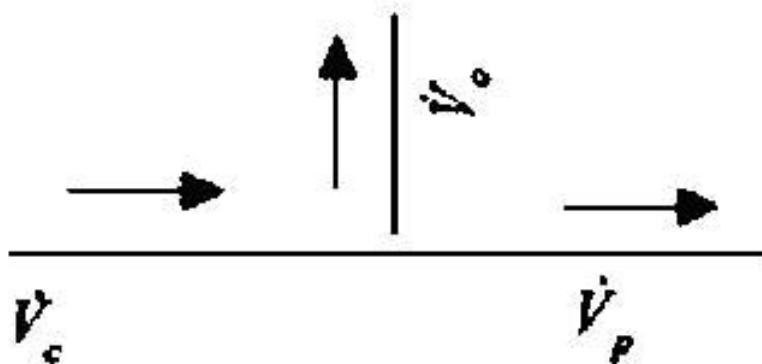
gdzie:

\dot{V}_o – obliczeniowy strumień objętościowy wody w pionie cyrkulacyjnym; dm^3/s

\dot{V}_c – obliczeniowy całkowity strumień objętościowy wody wypływającej z podgrzewacza ciepłej wody do instalacji; dm^3/s

Q_o – obliczeniowa strata ciepła w pionie cyrkulacyjnym odgałęzienia; W

Q_p – obliczeniowa strata ciepła w pozostałej części instalacji za węzłem; W





Na podstawie obliczonych przepływów wody w poszczególnych działkach dokonuje się doboru średnic przewodów cyrkulacyjnych, przy zachowaniu założenia wg PN – 92/B- 01706: prędkość przepływu wody w instalacji cyrkulacyjnej **$v = 0,2 \div 0,5 \text{ m/s}$** (max 1,0 m/s)



Stratę ciśnienia dla najniekorzystniejszego obiegu z uwzględnieniem straty na termostatycznym zaworze cyrkulacyjnym oblicza się z zależności:

$$\Delta p_p = \Sigma(\Delta p_l + \Delta p_m) + \Delta p_R + \Delta p_w ; [\text{Pa}]$$



gdzie:

Δp_p - straty w obiegu ciepłej wody i cyrkulacji potrzebne do doboru pompy cyrkulacyjnej; Pa

Δp_l - straty liniowe na odcinkach obliczeniowych; Pa

Δp_m - straty miejscowe na odcinkach obliczeniowych; Pa

Δp_R - strata ciśnienia na urządzeniu regulacyjnym (np. termostatycznym zaworze regulacyjnym); Pa

Δp_w - strata ciśnienia na urządzeniu przygotowującym ciepłą wodę użytkową; Pa

Dla termostatycznego zaworu cyrkulacyjnego MTCV firmy Danfoss stratę na zaworze wyznacza się z zależności:

$$\Delta p_R = \Delta p_{MTCV} = \left(0,01 \cdot \frac{\dot{V}_o}{k_v} \right)^2 ; [kPa]$$

wartość k_v [m^3/h] odczytywana jest z katalogu producenta w zależności od nastawy zaworu

V_o – podstawić do wzoru w **dm^3/h**



Doboru pompy cyrkulacyjnej dokonuje się dla obliczonych wartości przepływu i ciśnienia dyspozycyjnego umożliwiającego pokonanie strat ciśnienia w najniekorzystniej pod względem hydraulicznym usytuowanym obiegu, t.j.:

$$G_0 \geq \dot{V}_c$$

$$H_0 \geq \Delta p_p$$



Termostatyczne zawory cyrkulacyjne



Termostatyczne zawory regulacyjne do instalacji cyrkulacyjnych c.w.u. oferuje kilka firm, m.in.: Danfoss (MTCV), Frese (TemCon+, CirCon+), Oventrop (Aquastron T), Honeywell (Alwa Kombi 4). Instalowane są na pionach cyrkulacyjnych, dławią przepływ w zależności od temperatury przepływającej przez nie wody cyrkulacyjnej. Niektóre z nich mają funkcję umożliwiającą okresowe przegrzewanie wody w instalacji w celu jej dezynfekcji.

Nastawę temperatury termostatycznego zaworu cyrkulacyjnego, dla której będzie zamykany przepływ określa się na podstawie obliczeń strat ciepła w przewodach, na których zawór będzie instalowany. Jeżeli w punkcie czerpalnym na najwyższej kondygnacji temperatura ciepłej wody ma być równa 55°C , a strata ciepła w pionie cyrkulacyjnym spowoduje schłodzenie wody o 3°C , to nastawa na zaworze u podstawy pionu powinna być równa 52°C .



Instalacja cyrkulacyjna

Procedura obliczeń

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

Średnica przewodu zasilającego d_z mm	Średnica przewodu cyrkulacyjnego d_c mm
15 ÷ 25	15 ÷ 20
32 ÷ 50	20 ÷ 25
65 ÷ 80	25 ÷ 32
100	40



Instalacja cyrkulacyjna

Procedura obliczeń



2. Wyznaczyć straty ciepła na przewodach c.w.u. i pionach cyrkulacyjnych
3. Wyznaczyć całkowity strumień wody cyrkulacyjnej, a następnie strumień dla poszczególnych odcinków instalacji
4. Dobrać średnice przewodów cyrkulacyjnych dla wyznaczonych strumieni
5. Wyznaczyć straty ciśnienia w obiegach poszczególnych pionów (w przewodach zasilających c.w.u. i cyrkulacyjnych przy strumieniu wody cyrkulacyjnej)
6. Dobrać termostatyczne zawory cyrkulacyjne n.p. MTCV i obliczyć ich nastawę, a następnie odczytać wartość k_v z katalogu
7. Obliczyć straty ciśnienia na zaworach cyrkulacyjnych
8. Wyznaczyć stratę ciśnienia dla najniekorzystniejszego obiegu
9. Dobrać pompę cyrkulacyjną



Przykład obliczeniowy

Założenia:

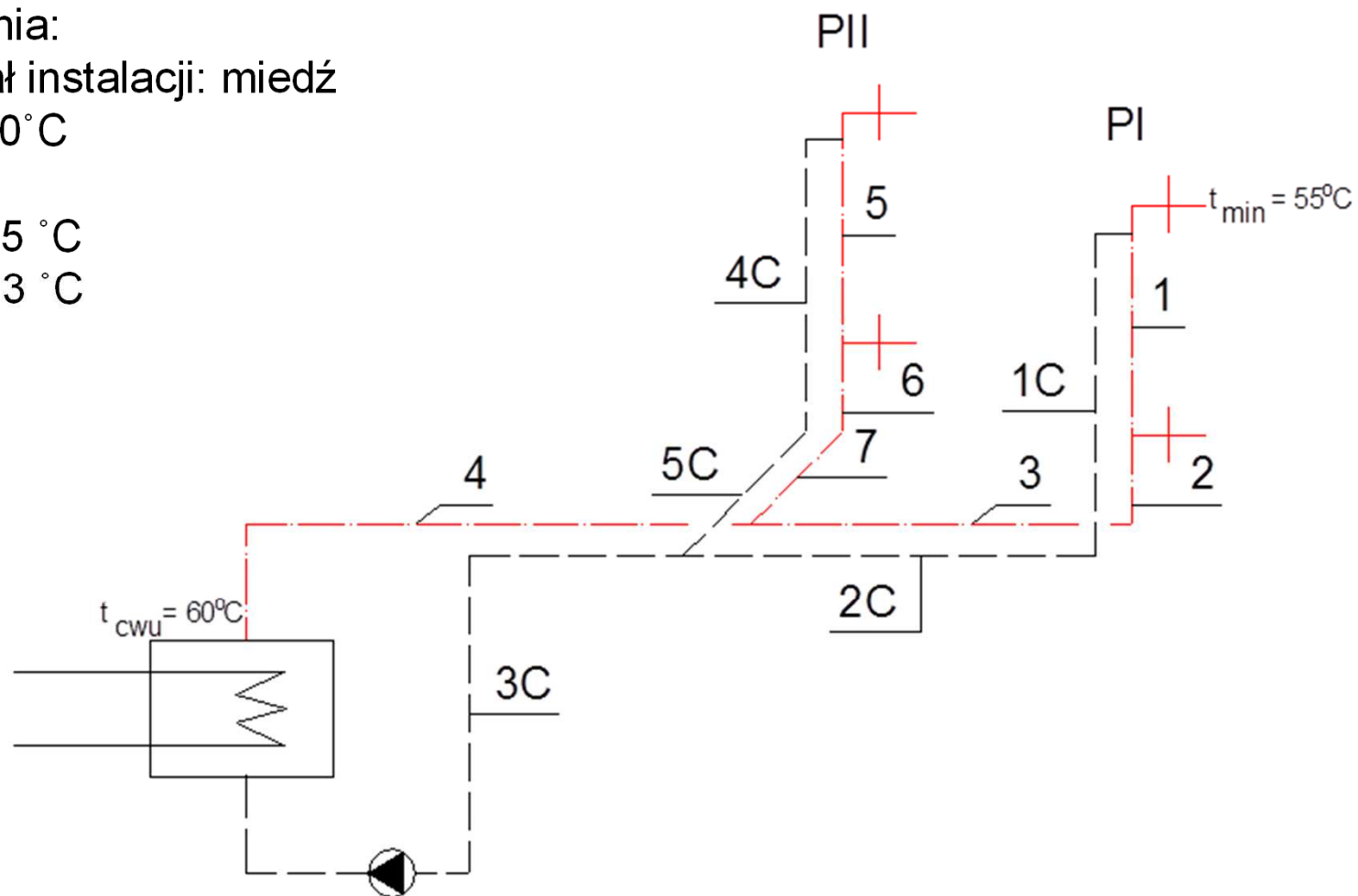
materiał instalacji: miedź

$$t_{\text{cwu}} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\eta = 0,8$$

$$\Delta t_{\text{cwu}} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{cyrk}} = 3^{\circ}\text{C}$$





Straty ciepła w przewodach rozbiorczych

Nr	l	d _z	d _w	t _p	t _k	t _o	Δt	η	układ	K	Q _{odc}
-	m	mm	mm	°C	°C	°C	°C	-		W/m ² K	W
1	3,0	15	13	56,0	55,0	25	30,5	0,8	pion	11,2	9,65
2	1,5	18	16	56,5	56,0	25	31,2	0,8	pion	11,3	5,97
3	7,0	22	20	58,7	56,5	5	52,6	0,8	poziom	16,9	86,14
4	4,0	28	25	60,0	58,7	5	54,4	0,8	poziom	16,5	62,96
Σl	15,5	=5/Σl									
δt	0,32										
5	3,0	15	13	57,9	56,9	25	32,4	0,8	pion	11,2	10,43
6	1,5	18	16	58,4	57,9	25	33,1	0,8	pion	11,4	6,44
7	1,0	22	20	58,7	58,4	5	53,5	0,8	poziom	17,0	12,59
				t _{k4}							

$$t_k = t_p - \delta t \cdot l_{odc} \quad \Delta t = \frac{t_p + t_k}{2} - t_o$$



Straty ciepła w przewodach cyrkulacyjnych



Nr -	l m	d _z mm	d _w mm	t _p °C	t _k °C	t _o °C	Δt °C	η -	układ	K W/m ² K	Q _{odc} W
1C	4,0	15	13	55,0	54,2	25	29,6	0,8	pion	11,1	12,39
2C	7,0	15	13	54,2	52,8	5	48,5	0,8	poziom	17,6	56,27
3C	4,0	18	16	52,8	52,0	5	47,4	0,8	poziom	17,0	36,49
Σl	15,0	=3/Σl									
δt	0,20										
4C	4,0	15	13	56,9	56,1	25	31,5	0,8	pion	11,3	13,43



Strumienie wody cyrkulacyjnej



Nr	ΣQ	V_c	V_o	V_p	Q_o	Q_p
	W	dm ³ /s	dm ³ /s	dm ³ /s	W	W
4, 3C	220,00	0,0105				
3, 2C				0,0076		114,15
7, 5C			0,0029		42,89	

$Q_1+Q_2+Q_3+Q_{1C}$

$Q_5+Q_6+Q_7+Q_{4C}$

		7	Q_o
		5C	V_o
4	3		
3C	2C		
ΣQ	Q_p		
V_c	V_p		



Dobór nastaw zaworów i wyznaczenie strat ciśnienia

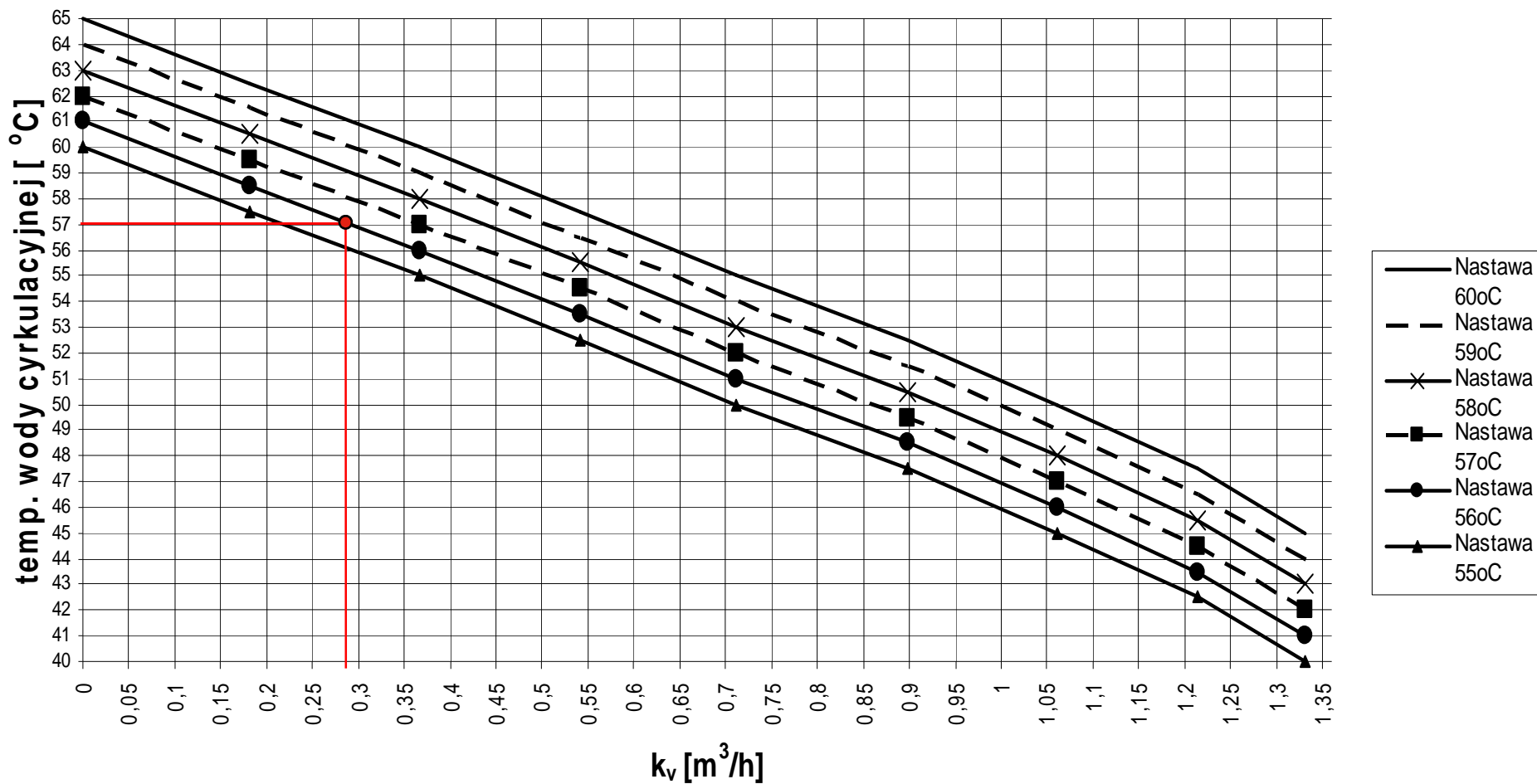


Dobrano zawory MTCV DN15 firmy Danfoss

PION	$t_{w.cyrk}$	$t_{zawór}$	nastawa		k_v	V	Δp_R
	°C	°C	teoretyczna	dobrana	m ³ /h	dm ³ /h	kPa
I	55	54,2	54,2	54	0,300	27,48	0,84
II	56,9	56,1	56,1	56	0,29	10,33	0,13



Spadek ciśnienia 1bar, DN15 MTCV





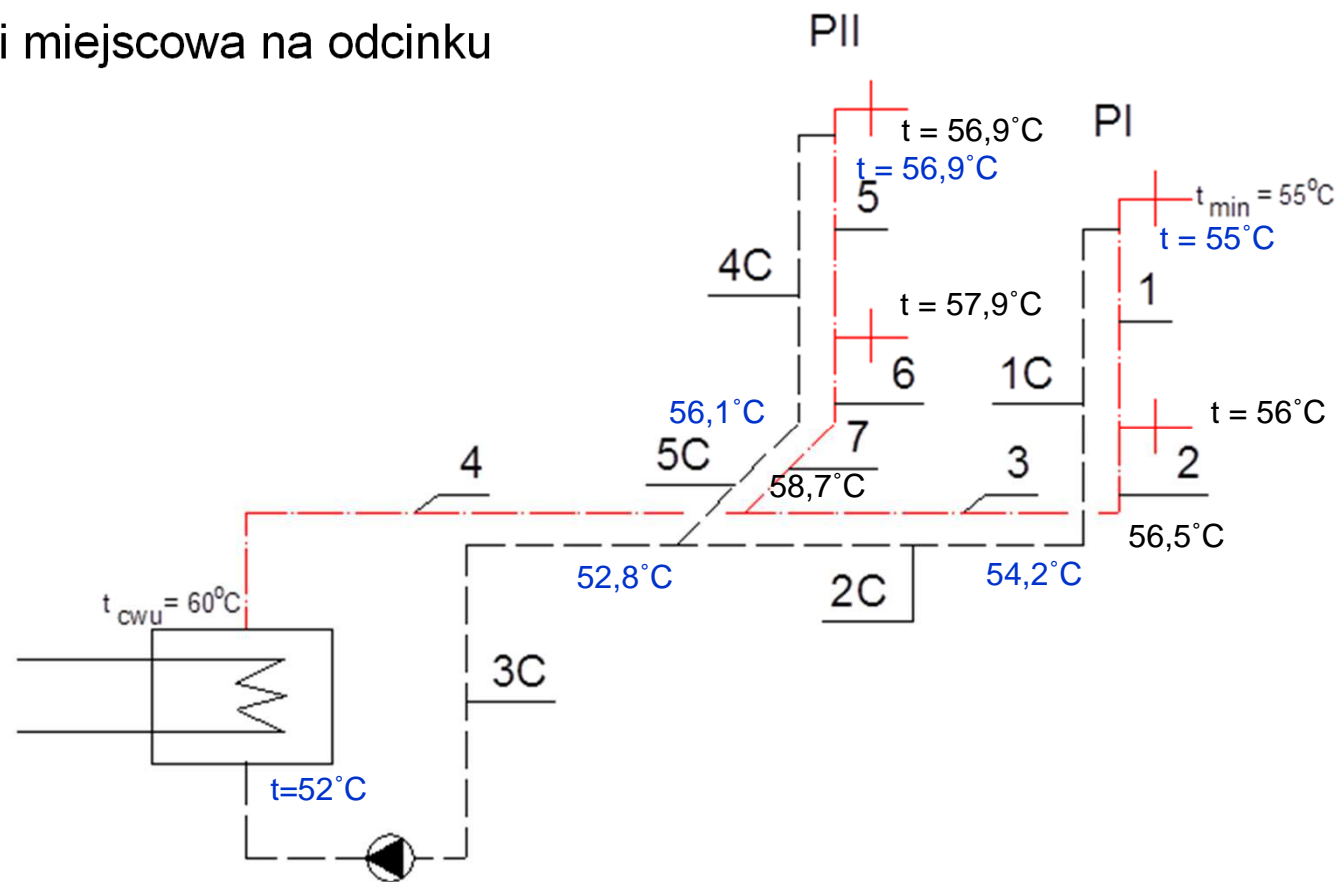
Wyznaczenie strat ciśnienia w obiegach przy przepływie wody cyrkulacyjnej.



Obieg pionu PI: $\Delta p_4 + \Delta p_3 + \Delta p_2 + \Delta p_1 + \Delta p_{1C} + \Delta p_{2C} + \Delta p_{3C}$

Obieg pionu PII: $\Delta p_4 + \Delta p_7 + \Delta p_6 + \Delta p_5 + \Delta p_{4C} + \Delta p_{5C} + \Delta p_{3C}$

Δp – strata liniowa i miejscowa na odcinku





Dobór pompy cyrkulacyjnej

$$G_o \geq V_c = 0,0105 \text{ dm}^3/\text{s} \approx 0,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_o \geq (\sum \Delta p_{\text{obieg}} + \Delta p_R)_{\text{max}} + \Delta p_w$$