

# HERZ- TOPLOVODNO GRIJANJE. HIDRAULIKA

**Jauschowetz Rudolf, prof. dipl. inž.**

## **HERZ toplovodno grijanje, hidraulika**

**Nakladnik: Herz Armaturen Ges.m.b.H.**

**Izdavač: vlastito izdanje**

**Dizajn, uredništvo i grafičko uredništvo: Herz Armaturen Ges.m.b.H.**

**Dizajn naslovnice: Herz Armaturen Ges.m.b.H.**

**© 2022 Herz Armaturen Ges.m.b.H., Beč**

**3. prošireno izdanje 2022.**

**Herz toplovodno grijanje-  
hidraulika / Rudolf Jauschowetz**

**Beč: Herz Armaturen Ges.m.b.H., 2022.**

**Autorska prava zaštićena od**

**© Herz Armaturen Ges.m.b.H., Beč 2022.**

## Predgovor

Osnovna pretpostavka za pravilan rad sustava toplovodnog grijanja temelji se na pravilnom projektiranju i izvedbi hidrauličke mreže.

Prvo i drugo izdanje knjige „Herz toplovodno grijanje - hidraulika“ profesora Rudolfa Jauschowetza do sada je postalo omiljenom knjigom za studente, praktičare i tehničare iz naše branše. Prevedena je i na mnoge jezike. S dostupnošću ovog djela na 15 jezika prof. Jauschowetz je sigurno vodeći austrijski autor stručne tehničke literature. S tehničkim napretkom su od drugog izdanja knjige na tržište došli i mnogi novi proizvodi. Tako ovo treće izdanje knjige obuhvaća automatske regulacijske ventile, kao što su regulatori diferencijalnog tlaka, regulatori volumena protoka, kombi ventili i kompaktne individualne toplinske podstanice, kao i metode hidrauličkog uravnoveženja u praksi. Pridržavajući se osnovnog koncepta ove knjige, suradnici iz Herz Armaturen su uvrstili i nove proizvodne grupe.

Na tome sam im posebno zahvalan.

Nadam se da će vam ova knjiga jako koristiti i radujem se vašim idejama i prijedlozima za sljedeće izdanje ovog djela.

Dr. Gerhard Glinzerer

Vlasnik i generalni direktor

Beč, ožujak 2022.

## Predgovor hrvatskom izdanju

U želji da hrvatskim stručnjacima i izvođačima sustava toplovodnih grijanja pružimo pregled postupaka koji omogućavaju pravilno projektiranje i izvođenje toplovodnih sustava, posebice hidrauličke mreže, Herz Armaturen d.o.o. u Zagrebu je priredilo treće izdanje priručnika „HERZ toplovodna grijanja-hidraulika“. Nakon prvog izdanja 2008 godine, koje je postalo omiljeno štivo u mnogim projektnim uredima, školama i poduzećima iz branše, pripremili smo treće izdanje dopunjeno novim proizvodima i znanjima.

Vjerujemo da će ovaj priručnik pružiti mnoge korisne savjete i primjere za svakodnevni rad.

Ovom prilikom zahvaljujemo suradnicima koji su omogućili realizaciju hrvatskog izdanja ovog priručnika: Prof.dr.sc. Srećku Švaiću i Davoru Vojvodiću, dis, voditelju regulacijske tehnike u Herz Armaturen Zagreb, na prijevodu, stručnim korekcijama, lekturi i uređivanju teksta.

Petar Jelić

direktor Herz Armaturen d.o.o.

Zagreb, ožujak 2022.

## Sadržaj

<b>1 OSNOVE</b>	9
<b>1.1 Osnove termodynamike</b>	9
1.1.1 Zakon očuvanja energije	9
1.1.2 Prvi glavni stavak termodynamike (za zatvorene sustave)	9
1.1.3 Sadržaj topline $\dot{Q}_i$	9
1.1.4 Opća jednadžba topline	10
1.1.5 Snaga P	10
1.1.6 Toplinska snaga = toplinski tok $\Phi$	11
1.1.7 Maseni protok $q_{mm}$ u ovisnosti o toplinskem toku $\Phi$	11
1.1.8 Stupanj djelovanja $\eta$	12
1.1.9 Učinkovitost $\eta_N$	12
1.1.10 Prolaz topline	12
<b>1.2 Osnove mehanike fluida (hidraulika)</b>	14
1.2.1 Jednadžba kontinuiteta	14
1.2.2 Dinamčki tlak, $p_d$	15
1.2.3 (Hidro-) statički tlak $p_{st}$	15
1.2.4 Hidraulički i ekvivalentni promjer	17
1.2.5 Reynoldsova značajka	18
1.2.6 Trenje u ravnoj cijevi	19
1.2.7 Koeficijent trenja za cijevi kod strujanja	19
1.2.8 Pad tlaka uslijed lokalnih otpora	20
1.2.9 Pad tlaka na regulacijskim ventilima i izvršnim članovima	23
1.2.10 Pad tlaka u dijelu cjevovoda konstantnog presjeka	25
1.2.11 Karakteristika sustava (karakteristika cijevne mreže)	26
1.2.12 Paralelni spoj cijevne mreže	28
<b>2 CIRKULACIJSKE CRPKE</b>	32
<b>2.1 Osnove i pojmovi</b>	32
2.1.1 Kapacitet crpke	32
2.1.2 Visina dizanja H	32
2.1.3 Korisna snaga	32
2.1.4 Električna snaga $P_{el}$ i stupanj djelovanja $\eta_p$	33
2.1.5 Potrebna visina dizanja	34
2.1.6 Zakon sličnosti	34
2.1.7 Karakteristika crpke i radna točka	35
2.1.8 Familija karakterističnih krivulja	36
<b>2.2 Oblici karakteristika crpki</b>	37
2.2.1 Crpke s regulacijom	38
2.2.2 Dimenzioniranje crpke (električno upravljane crpke)	39
2.2.3 Serijski i paralelan spoj crpki	43
<b>2.3 Izbor crpke i snaga ogrjevnog tijela</b>	44
<b>2.4 Vrste</b>	49
2.4.1 Ugradnja	50
<b>3 KARAKTERISTIKE RADNOG TLAKA</b>	51
<b>3.1 Raspored tlaka u sustavu</b>	51
<b>4. SUSTAVI ZA ZAGRIJAVANJE PROSTORA</b>	57
<b>4.1 Potrebni podaci</b>	57
<b>4.2 Dimenzioniranje sustava za zagrijavanje prostora</b>	57
<b>4.3 Odabir temperatura</b>	57
<b>4.4 Napomene za projektiranje</b>	58
<b>4.5 Osnove proračuna</b>	58
<b>4.6 Ogrjevno tijelo kao izmjenjivač topline</b>	58
	60

<b>4.7 Toplinski učin ogrjevnog tijela</b>	62
4.7.1 Standardni toplinski učin	62
4.7.2 Smanjeni učin ogrjevnog tijela	62
4.8 Površinsko grijanje i površinsko hlađenje	69
4.8.1 Zidno grijanje	75
4.8.2 Pribor za površinska grijanja	75
4.8.3 Regulacija površinskog grijanja ili hlađenja	76
4.8.4 Ugradnja	76
4.8.5 Tlačne probe i preuzimanja	77
<b>5 RAZVOĐENJE NOSIOCA TOPLINE</b>	82
<b>5.1 Dimenzioniranje</b>	82
<b>5.2 Smjernice za projektiranje</b>	84
<b>5.3 Razvođenje topline u objektu</b>	85
<b>6 SUSTAVI OPSKRBE TOPLINOM</b>	86
<b>6.1 Dimenzioniranje sustava opskrbe toplinom</b>	86
<b>6.2 Određivanje potrebne topline za prostoriju</b>	86
6.2.1 Toplinsko opterećenje zgrade $\Phi_n$	86
6.2.2 Snaga izvora topline	86
<b>6.3 Potrebna toplina za potrošnu toplu vodu</b>	87
<b>6.4 Ventilacija i klimatizacija</b>	87
<b>6.5 Drugi izvori topline (procesna toplina)</b>	87
<b>6.6 Postrojenja s više kotlova</b>	87
<b>6.7 Individualne toplinske podstanice za stanove</b>	87
<b>6.8 Tvornička rješenja za povezivanje ili centralno podešavanje</b>	91
6.8.1 Gotove kombinacije spojeva za ventilokonvektore (fan coil)	91
6.8.2 Jedinica za upuštanje	94
<b>7 REGULACIJA I HIDRAUČKI SUSTAVI</b>	95
<b>7.1 Osnovne i pojmovi</b>	95
7.1.1 Što je regulacija ?	95
7.1.2 Dimenzioniranje i pojmovi	95
7.1.3 Što je upravljanje ?	97
7.1.4 Termostatski ventil, funkcija i ugradnja	100
7.1.5 Regulacijski ventil, značajka (autoritet) ventila	102
<b>7.2 Regulacija učina</b>	103
7.2.1 Regulacija miješanjem	104
7.2.2 Regulacija protokom	106
7.2.3 Vrste regulacije	107
<b>7.3 Hidraulička spajanja i dimenzioniranje</b>	109
7.3.1 Shema s prigušivanjem	111
7.3.2 Shema s razdvajanjem tokova	114
7.3.3 Shema sustava s dodavanjem povratne vode i prolaznim ventilom	118
7.3.4 Shema sustava s dodavanjem i 3-putnim ventilom	121
7.3.5 Shema s miješanjem	124
7.3.6 Shema s dvostrukim miješanjem	126
7.3.7 Shema s hidrauličkom skretnicom	129
<b>7.4 Kriteriji za odabir regulacija grijanja</b>	133
7.4.1 Ispravno postavljanje sobnog osjetnika	133
7.4.2 Ispravno postavljanje vanjskog osjetnika	134
7.4.3 Ispravno postavljanje osjetnika na polaznom vodu	134
<b>7.5 Regulacija niskotemperaturnog grijanja</b>	134

<b>8 POSEBNE ARMATURE U TOPLOVODNOM GRIJANJU</b>	136
<b>8.1 Odabir izvršnog člana</b>	136
8.1.1 Određivanje izvršnog člana	136
8.1.2 Određivanje karakteristika ventila prema podacima sustava	136
8.1.3 Određivanje nazivnog promjera (DN)	139
8.1.4 Značajka ventila	139
<b>8.2 Armature za hidrauličko uravnoteženje</b>	141
8.2.1 Statičko podešavanje	141
8.2.2 Dinamičko podešavanje	144
8.2.3 Prednamjestivi termostatski ventili s termostatskim glavama	150
8.2.4 Odabir termostatskih ventila	151
8.2.5 Odabir i postavljanje osjetnika	153
8.2.6 Odabir crpke i buka	155
<b>9 DIMENZIONIRANJE 2-CIJEVNOG TOPLOVODNOG GRIJANJA</b>	156
<b>9.1 Odabir brzine strujanja</b>	156
<b>9.2 Pretpostavka prosječnog gubitka trenjem</b>	158
<b>9.3 Gravitacijski pogon u toplovodnom grijanju</b>	159
<b>9.4 Proračun paralelnih cijevnih mreža</b>	160
9.4.1 Osnove hidrauličke ravnoteže	160
<b>9.5 Cijevna mreža s definiranom crpkom</b>	161
<b>9.6 Postupak dimenzioniranja grijanja s cirkulacijskom crpkom</b>	161
<b>9.7 Regulacijski ventili ogrjevnih tijela</b>	165
<b>9.8 Razdjelnik i sabirnik</b>	167
<b>10 DIMENZIONIRANJE CIJEVI ZA 1-CIJEVNO GRIJANJE</b>	168
<b>10.1 Jednocijevno grijanje u paralelnom spoju</b>	168
<b>10.2 Posebni ventili za 1-cijevno grijanje</b>	173
<b>11 HIDRAULIČKO URAVNOTEŽENJE</b>	175
<b>11.1 Prednamještanje radijatorskih ventila</b>	175
<b>11.2 Podešavanje</b>	178
11.2.1 Postupak podešavanja	178
11.2.2 Proporcionalno uravnoteženje	179
<b>12 OSIGURANJE KVALITETE</b>	185
<b>TABLICE; SIMBOLI I TEHNIČKI LISTOVI</b>	188 - 256

**Korišteni simboli, formule i jedinice**

Oznaka	Jedinica	Značenje	Oznaka	Jedinica	Značenje
A	$m^2$	Slobodni presjek strujanja	R	$Pa \cdot m^{-1}$	Pad tlaka po metru cijevi
c	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	Specifični toplinski kapacitet	R	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	Toplinski otpor
D	m	Unutarnji promjer cijevi	Re	-	Reynoldsov broj
DN	mm	Nazivni promjer	U	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	Koeficijent prolaza
H	mvs	Visina dizanja	W	Nm	Rad
h	$kJ \cdot kg^{-1}$	Entalpia	w	$m \cdot s^{-1}$	Brzina
$\alpha$	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	Koeficijent prijelaza topline	Z, $\Delta p_E$	Pa	Pad tlaka pojedinačnih članova
k, $\varepsilon$	m	Hrapavost cijevi	$\Delta p$	Pa	Pad tlaka, razlika tlaka
$k_v$	$m^3 \cdot h^{-1}$	Karakteristika djelomično otvorenog ventila	$\Delta p_R$	Pa	Pad tlaka u cijevi
$k_{vs}$	$m^3 \cdot h^{-1}$	Karakteristika potpuno otvorenog ventila	$\Delta p_V$	Pa	Pad tlaka na ventilu
I	m	Dužina cijevi	$\Delta T_{ln}$	K	Logaritamska nadtemperatura
m	kg	Masa	$\Delta T_{\bar{u}}$	K	Nadtemperatura
P	W	Snaga	$\Delta \theta$	K	Temperaturna razlika ( $\theta_V - \theta_R$ )
p	$Pa = N \cdot m^{-2}$	Tlak	$\phi, P$	W	Toplinski tok = Toplinski učin (Q)
Q	J	Količina topline	$\eta$	-	Stupanj djelovanja
q	$W \cdot m^{-2}$	Gustoća toplinskog toka	$\lambda$	-	Koeficijent trenja
$q_l$	$W \cdot m^{-1}$	Dužinski toplinski tok	$\lambda$	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	Koeficijent toplinske vodljivosti
$q_m$	$kg \cdot s^{-1}$	Maseni protok ( $\dot{m}$ )			
$q_v$	$m^3 \cdot h^{-1}$	Volumni protok ( $\dot{V}$ )			

$v$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	Kinematski viskozitet	$\rho$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Gustoća
$\theta_R$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatura povratnog voda ( $t_R$ )	$\zeta$	-	Koeficijent otpora
$\theta_V$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatura polaznog voda ( $t_V$ )	$\frac{\rho}{2} w^2$	Pa	Dinamički tlak po Prantlu

\*Uobičajene oznake su u zagradama,  
ostale oznake prema ISO, EN i ÖNORM

### Višekratnici i dijelovi

Jedinice se mogu oblikovati pomoću prefiksa (peta)

P	(peta)	1.000.000.000.000.000	$10^{15}$		
T	(tera)	1.000.000.000.000.000	$10^{12}$	(bilijun)	
G	(giga)	1.000.000.000	$10^9$	(millijarda)	
M	(mega)	1.000.000	$10^6$	(milijun)	
k	(kilo)	1.000	$10^3$		
h	(hekto)	100	$10^2$		
da	(deka)	10	$10^1$		
		<b>1</b>			
d	(deci)	0,1	$10^{-1}$	1/10	
c	(centi)	0,01	$10^{-2}$	1/100	
m	(mili)	0,001	$10^{-3}$	1/1.000	
$\mu$	(mikro)	0,000.001	$10^{-6}$	1/1.000.000	

1 bar	$\approx$	10 mvs = 100		
0,1 mbar	$\approx$	kPa	1 mmvs = 10	
1 kcal	$\approx$	Pa 4,2 kJ		1 kcal = 4,1868 kJ $\approx$ 4,2 kJ
1 kWh	$\approx$	3600 kJ		
1 kcal/h	=	$1 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{4,2 \cdot 1000}{3600} = 1,16 \text{ W}$		

## Literatura

- /1/ Arbeitskreis der Dozenten für Klimatechnik, LEHRBUCH DER KLIMATECHNIK, Band 1: Grundlagen, 1974, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- /2/ Arbeitskreis der Dozenten für Klimatechnik, LEHRBUCH DER KLIMATECHNIK, Band 2:, Berechnung und Regelung, 1976, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe
- /3/ CERBE/HOFFMANN, Einführung in die Wärmelehre, 8. Auflage 1987, Verlag Hanser
- /4/ BRÜNNER, Zentralheizungsbauer, 8. Auflage 1995, Verlag Bohmann
- /5/ VIESSMANN HEIZUNGS-HANDBUCH, 1987, Gentner Verlag
- /6/ H. ROOS, Hydraulik der Warmwasserheizung, 2. Auflage, 1994, Verlag Oldenbourg
- /7/ IHLE, Die Pumpen-Warmwasserheizung, Band 2, 3. Auflage, 1979, Verlag Werner
- /8/ DAS MUSS ICH WISSEN, Band 2, Verlag TOPOS
- /9/ CHRISTOPH SCHMID, Heizungs- und Lüftungstechnik, Bau und Energie, Leitfaden für Planung und Praxis, Band 5, 1992, Verlag der Fachvereine Zürich
- /10/ HEIZUNGSTECHNIK BAND I, Arbeitskreis der Dozenten für Heizungstechnik, Verlag Oldenbourg, 1980
- /11/ HEIZUNGSTECHNIK BAND II, Arbeitskreis der Dozenten für Heizungstechnik, Verlag Oldenbourg, 1980
- /12/ MUSTERPROJEKT FÜR DIE GEWERKE DER INSTALLATIONSTECHNIK UND FÜR DIE GESUNDHEITSTECHNIK, Heft 8a, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, 1986
- /13/ RECKNAGEL SPRENGER, SCHRAMEK, Heizung + Klimatechnik, Verlag Oldenbourg
- /14/ HELMKER, Waagrechte Einrohrheizung, 1966, Verlag Krammer
- /15/ PRAXISHANDBUCH HAUSTECHNIK, 1989, Verlag Bohmann
- /16/ HEIZUNGSANLAGEN, Handbuch zur Sanierung und Planung von Raumheizung und Warmwasserbereitung, 1986, Verlag Bohmann
- /17/ HEIZUNGSTECHNIK IN DER PRAXIS, Fachbuch für den Planer und Installateur, 1982, Schweizerische Aktionsgemeinschaft Sparsamer Heizen (ASH)
- /18/ DUBBEL, Techn. Handbuch des Maschinenbaus, 16. Auflage
- /19/ WAGNER Walter, Rohrleitungstechnik, 1996, Verlag Vogel
- /20/ BIRAL PUMPEN in der Gebäudetechnik, Peter Schneider
- /21/ Wilo Gesamtkatalog Gebäudetechnik
- /22/ Stelrad Technische Dokumentation

# 1 Osnove

## 1.1 Osnove termodinamike

### 1.1.1 Zakon očuvanja energije

Za sve promjene oblika energije vrijedi zakon prirode koji je definirao H.v.Helmholtz.

H.v.Helmholtz (1821-1894) njemački fiziolog i fizičar

U jednom zatvorenom sustavu ukupna je količina energije konstantna

$$W = \text{konst.}$$

$$Q \Rightarrow \Delta U + W$$

### 1.1.3 Sadržaj topline $Q_i$

Sadržaj topline je količina topline sadržane u krutom tijelu ili tekućini na određenoj temperaturi  $\theta$  = toplinska energija (uz referencu 0 ° C).

Energiju ne možemo proizvesti niti izgubiti. Energiju možemo prevesti iz jednog oblika u drugi.

Na osnovi ove fizikalne definicije nepravilna je upotreba slijedećih pojmova:

- generator topline umjesto davatelj topline
- potrošnja energije umjesto pretvorba energije

Toplinska energija koja se isporučuje zatvorenom sustavu jednaka je zbroju promjene unutarnje energije i rada zadanog u sustavu.

$$Q_i = m \cdot c \cdot \theta$$

Gdje su:

$Q$	kJ	Sadržaj topline
$m$	kg	Masa
$c$	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	Spec. toplinski kapacitet (prije specifična toplina)
$\theta$	K	Temperatura

Toplina je jedan od oblika energije i može se izraziti kao količina topline. Jedinica toplinske energije je džul = J. U praksi se daje prednost

kilovat-satu kWh.

### 1.1.2 Prvi glavni stavak termodinamike (za zatvorene sustave)

Dio toplinske energije dovedene sustavu rezultira povećanjem njegove unutarnje energije  $\Delta U$ . Ovo povećanje unutarnje energije  $\Delta U$  očituje se u porastu temperature ili u promjeni fizikalnog stanja sustava. Ostatak isporučene toplinske energije  $Q$  se transformira u rad  $W$

Tabela 1-1: Spec. toplinski kapacitet c

Spec. toplinski kapacitet između 0°C i 100°C	kJ . kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	Wh . kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Voda	4,20	1,163
Bakar	0,385	0,105
Aluminij	0,904	0,252
Čelik, željezo	0,465	0,128
Zid od cigle	0,84	0,236
Mineralno ulje	2,00	0,560
Zrak	1,00	0,280

Specifični toplinski kapacitet  $c$  je ona količina topline koja je potrebna za zagrijavanje tvari mase 1 kg za 1 K i ovisi o temperaturi.

#### Izmjena topline i temperatura miješanja

Dovedemo li jedno toplo i jedno hladno tijelo u bliski kontakt, toplo će tijelo davati toplinu hladnom tijelu od dok im se temperature ne izjednače. Pritom, ako je sustav prema van potpuno izoliran postići će se temperaturna ravnoteža sa temperaturom miješanja  $\theta_m$ .

$$m_1.c_1.\theta_1 + m_2.c_2.\theta_2 = (m_1.c_1+m_2.c_2) \theta_m$$

ili

$$m_1.c_1.(\theta_1 - \theta_m) = m_2.c_2.(\theta_m - \theta_2)$$

#### 1.1.4 Opća jednadžba topline

Količina topline ne može se direktno mjeriti. Može se mjeriti temperatura prije i nakon zagrijavanja (hlađenja) i odrediti masa tijela. Pomoću specifičnog toplinskog kapaciteta može se onda izračunati dovedena (odana) količina topline.

Količina primljene ili predane topline potrebne da se postigne temperaturna razlika  $\Delta\theta$  je prema tome za  $c = \text{konst.}$ :

Gdje su:

$Q$	kJ	Toplinska energija
$m$	kg	Masa
$c$	kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	Spec. toplinski kapacitet (prije specifična toplina)
$\Delta\theta$	K	Temperaturna razlika

#### 1.1.5 Snaga P

Jedinica: W (vat) = J.s<sup>-1</sup>

Vat je jednak snazi u koju se energija od 1 džula ravnomjerno pretvara u trajanju od 1 sekunde.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J.s}^{-1} = 1 \text{ N.m.s}^{-1}$$

Te su jedinice u osnovi jednake i mogu se koristiti bez ograničenja; npr. može se vat koristiti za električnu ili toplinsku snagu. Preferira se džul u sekundi za toplinsku snagu i njutn metar u sekundi za mehaničku snagu.

Snaga je rad obavljen u određenom vremenu; što je vrijeme kraće, to je snaga veća.

$$\text{Snaga} = \frac{\text{Rad}}{\text{Vrijeme}}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

Rad	$Nm = J$	džul
Snaga	$\frac{J}{s}$	vat

$$\Delta Q = m.c.\Delta\theta$$

### 1.1.6 Toplinska snaga = toplinski tok $\Phi$

$$q_m = \frac{\Phi \cdot 3600}{c \cdot \Delta\theta} \text{ kg.h}^{-1}$$

Gdje su:

Prije se za toplinski tok koristilo  $\dot{Q}$  ili  $P$

$$\text{Toplinski tok} = \frac{\text{Količina topline}}{\text{vrijeme}}$$

$$\Phi = \frac{dQ}{dt} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{t} = q_m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$q_m$	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	Maseni protok
$\Phi$	kW	Toplinski tok = toplinska snaga P
$c$	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	Spec. toplinski kapacitet
$\Delta\theta$	K	Temperaturna razlika ( $\theta_V - \theta_R$ )

### 1.1.7 Maseni protok $q_m$ u ovisnosti o toplinskem toku $\Phi$

U sustavima grijanja potreban maseni protok je u cijevima i radijatorima kao i maseni protok kroz crpu  $q_m$  određen toplinskom snagom  $\Phi$  i temperaturnom razlikom  $\Delta\theta$ .

$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot \Delta\theta}$$

Prije se za maseni protok koristio  $\dot{m}$  a za volumni protok  $\dot{V}$ :  $\dot{m} = \frac{P}{c \cdot \Delta t}$

Uz gustoću  $\rho = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} = \frac{m}{V} = \frac{q_m}{q_V}$  u  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Uzmemo li da je

$$\text{Volumni protok } q_V = \frac{q_m}{\rho} \text{ u } \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Napomena:

Gustoća vode u tehnici grijanja može se koristiti s dovoljnom točnošću kao  $1000 \text{ kg.m}^{-3}$ . To znači da je  $1 \text{ l} = 1 \text{ kg}$

**P**rimjer: protok mase kroz cijev za grijanje, protok topline

Kroz priključnu granu A sustava grijanja potrebno je osigurati protok topline od 30 kW pri temperaturnoj razlici  $\Delta\theta = 20$  K. Koji je maseni protok potreban?

$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot \Delta\theta} = \frac{30}{4,2 \cdot 20} = 0,357 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} = 1286 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

ili

$$q_m = \frac{30000}{1,16 \cdot 20} = 1286 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Za temperaturu vode od 80°C gustoća je  $\rho = 971,6 \text{ kg}$ .

m-3 A volumni protok je:

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} = \frac{1286}{971,6} = 1,32 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

### 1.1.8 Stupanj djelovanja $\eta$

Stupanj djelovanja pokazuje koliko se isporučene snage (energije) može iskoristiti.

$$\text{Učinkovitost} = \frac{\text{korisna toplina}}{\text{dovedena toplina}} = \frac{Q_{ab}}{Q_{zu}}$$

$$\begin{aligned} \text{Stupanj djelovanja} &= \frac{\text{dobivena snaga}}{\text{unesena snaga}} \\ &= \frac{\Phi_{ab}}{\Phi_{zu}} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \end{aligned}$$

### 1.1.9 Učinkovitost $\eta_N$

Učinkovitost je omjer količine uporabive (korisne) topline i količine dovedene topline tijekom razdoblja uporabe.

Npr. koliki je dio dovedene količine topline dostupan za stvarnu svrhu.

### 1.1.10 Prolaz topline

Prolaz topline kroz zid predstavlja proces prijelaza topline s jednog medija na drugi. Prolaz topline sastoji se od:

- konvektivnog prijelaza topline na unutarnjoj strani zida  
 $a_i$  = konvekcija na unutarnjoj strani
- kondukcije ( $\lambda/d$ ) kroz ravni zid
- konvektivnog prijelaza topline na vanjskoj strani zida  
 $a_e$  = konvekcija na vanjskoj strani

Jednadžba za izračunavanje prolaza topline kroz ravni zida prepostavlja jednodimenzionalni konstantan toplinski tok. U zidu koji se sastoji od nekoliko slojeva, ukupni toplinski otpor  $R$  je zbroj toplinskih otpora  $R_\lambda$  svih slojeva i toplinskih otpora prijelaza topline  $R_i$  na unutarnjoj strani i  $R_e$  na vanjskoj strani.

$$R = R_i + \sum R_\lambda + R_e = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{U}$$

Gdje su:

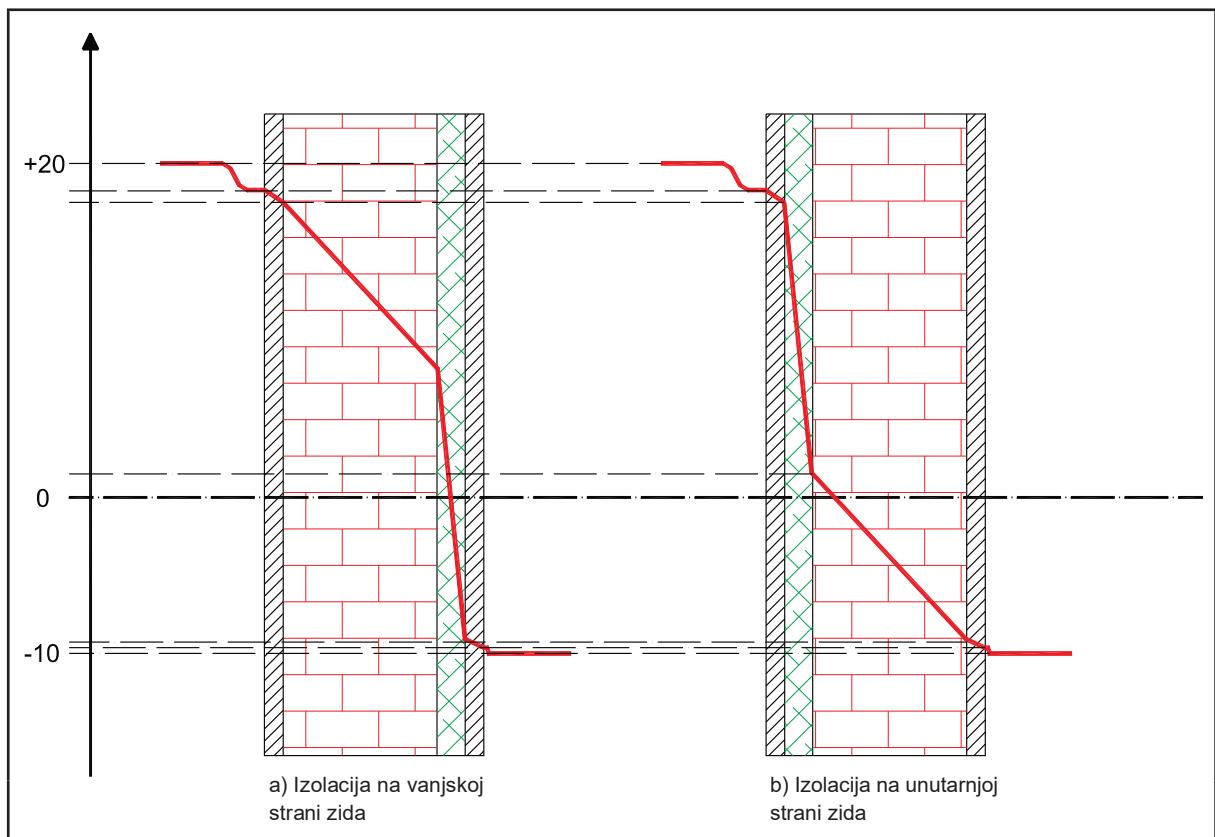
$R$	$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$	Ukupni otpor prolazu topline $R = 1/U$
$R_i$	$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$	Unutarnji otpor prijelazu topline
$R_\lambda$	$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$	Otpor provođenju topline $R_\lambda = d/\lambda$
$R_e$	$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$	Vanjski otpor prijelazu topline

$\alpha_i$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$	Koef. prijelaza topline na unutarnjoj strani
$\alpha_e$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$	Koef. prijelaza na vanjskoj strani
$d$	$\text{m}$	Debljina sloja zida
$\lambda$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$	Koef. toplinske vodljivosti
$U$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$	Koef. prolaza topline (prije $k$ )

Simboli k za U i Q za  $\Phi = P$  su i dalje uobičajeni.

Koeficijent prolaza topline U je recipročna vrijednost toplinskog otpora R.

Slika 1-1 prikazuje promjenu temperature kroz zid od nekoliko slojeva.



Slika 1-1 Promjena temperature kroz toplinski izolirani zid: (a) vanjska, (b) unutarnja izolacija

Toplinski tok kroz zid u stacionarnom stanju proporcionalan je površini zida A i temperaturnoj razlici između unutarnje i vanjske temperature (ne između površinskih temperatura zida!).

$$\Phi_o = P_o = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e) = L \cdot \Delta \theta$$

Gdje su:

$\Phi_o, P_o$	$W$	Toplinski tok, toplinska snaga
$U$	$W \cdot m^{-2} K^{-1}$	Koefficijent prolaza toplinske snage
$A$	$m^2$	Površina
$\theta_i$	$K$	Unutarnja temperatura
$\theta_e$	$K$	Vanjska temperatura
$L = U \cdot A$	$W \cdot K^{-1}$	Specifična provodnost

$$w = \frac{q_v}{A} = \frac{q_v \cdot 4}{D^2 \cdot \pi}$$

Gdje su:

$w$	$m \cdot s^{-1}$	Brzina
$A$	$m^2$	Presjek strujanja
$D$	$m$	Unutarnji promjer cijevi
$q_v$	$m^3 \cdot s^{-1}$	Volumni protok
$q_m$	$kg \cdot s^{-1}$	Maseni protok

Kod promjene površine poprečnog presjeka sa  $A_1$ , na  $A_2$ , slika 1-2 vrijedi za  $\rho = \text{konst.}$

$$q_v = w_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot A_2$$

$$\text{Jednadžba kontinuiteta } \frac{w_1}{w_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Zato je promjena brzine obrnuto proporcionalna promjeni površine poprečnog presjeka strujanja.

## 1.2 Osnove mehanike fluida (hidraulika)

### 1.2.1 Jednadžba kontinuiteta

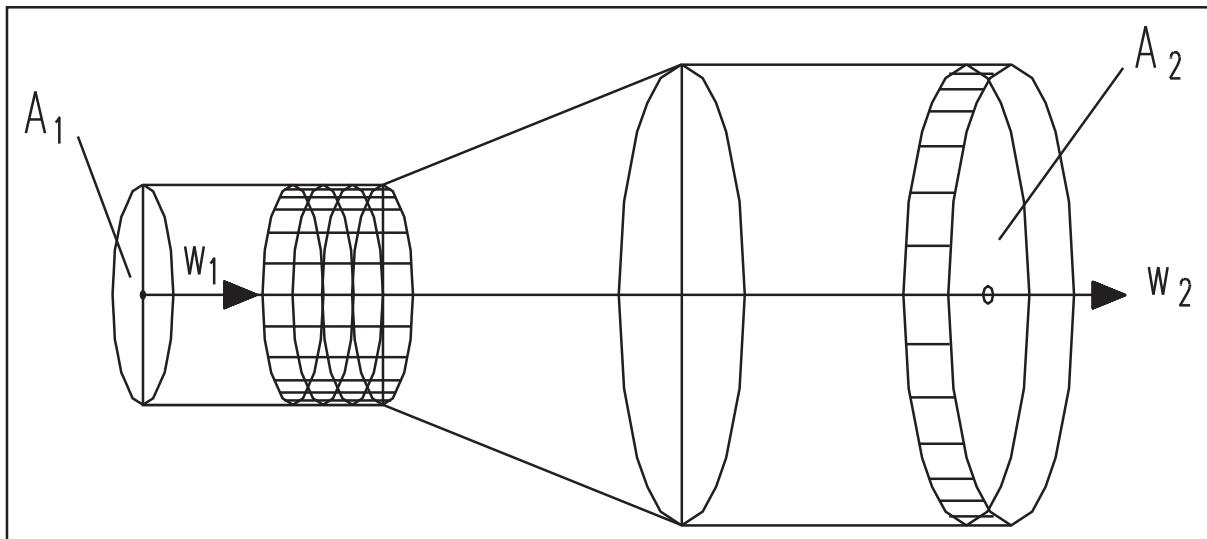
Pri stacionarnom strujanju fluida kroz cijev maseni protok je konstantan, pa vrijedi

$$q_m = \rho \cdot w \cdot A = \text{konst}$$

Za nestlačive medije ( $\rho = \text{konst.}$ ) volumni protok je konstantan.

$$q_v = w \cdot A = \text{konst.}$$

Brzina u cijevi unutarnjeg promjera D računa se pomoću izraza



Slika 1-2 Proširenje cijevi

### 1.2.2 Dinamički tlak $p_d$

Dinamički tlak je tlak koji medij prilikom strujanja vrši prema ravnini koja je okomita na brzinu. Jedinica tlaka  $p$  je paskal Pa.

1 bar = 103 mbar = 105 Pa

Stare jedinice:

Tehnička atmosfera 1 at =  $9,80665 \cdot 10^4$  Pa

Fizikalna atmosfera 1 atm = 1,033 at

= 101,3kPa = 760 tora

$$p_d = \frac{\rho}{2} w^2$$

Gdje su:

$p_d$	Pa
$\rho$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
$w$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Dinamički tlak
Gustoća
Brzina

### 1.2.3 (Hidro-) statički tlak $p_{st}$

Hidrostatički tlak je tlak tekućine na ravninu u smjeru strujanja, npr. stjenku cijevi.

Gravitacija (težina) tekućine sama stvara statički tlak. Njemu se dodaje i tlak u sustavu, koji se ostvaruje npr. ekspanzijskom posudom ili uređajem za održavanje tlaka.

$$p_{st} = \rho \cdot g \cdot h + p_{sys}$$

Gdje su:

$p_{st}$	Pa = $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$	Statički tlak
$\rho$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Gustoća
$g$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	Gravitacija = $9,81 \text{ m/s}^2$
$h$	m	Visina stupca vode
$p_{sys}$	Pa = $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$	Tlak u sustavu

Što je također poznato kao Prandtlov dinamički tlak.

Statički tlak  $\Delta p_h$  linearno opada smanjenjem visine  $h$  (slika 1-3).

Ukupni statički tlak sastoji se od statičkog tlaka  $p_{st}$  i vanjskog tlaka  $p_0$ .

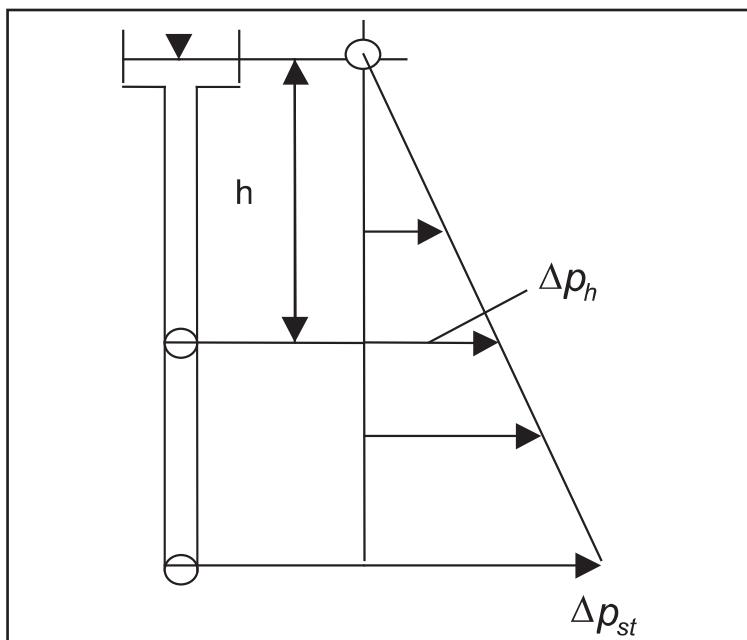
$$p_{st\ ukupni} = p_{st} + p_0$$

Gdje su:

$p_{st\ ukupni}$  Pa = Nm<sup>-2</sup> Ukupni statički tlak (apsolutni)

$p_{st}$  Pa = Nm<sup>-2</sup> Statički tlak

$p_0$  Pa = Nm<sup>-2</sup> Atmosferski tlak



Slika 1-3 Hidrostatski tlak

**P**rimjer: raspodjela tlaka

Potrebno je izračunati tlak stupca vode na stijenku cijevi, ako je prema Sl. 1-3 visina  $h$  stupca vode otvorene posude 10 m.

$$p_{st} = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 10 =$$

$$9,81 \cdot 104 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-2} = 9,81 \cdot 104 \text{ Pa} = 0,981 \text{ bar} \sim 1 \text{ bar}$$

Ovaj tlak kao pretlak se pridružuje atmosferskom tlaku  $p_{amb}$  kako bi se dobio absolutni tlak.  
Za  $p_{amb} = 0,96 \text{ bar}$  (tlak zraka na 400 m nadmorske visine):

$$P_{aps} = p_{st} + p_{amb} = 98,1 \text{ kPa} + 96,0 \text{ kPa} = 98,1 + 96 = 194,1 \text{ kPa} = 1,94 \text{ bar}$$

Slijedi :

10 m vodenog stupca stvara statički predtlak od 10 mvs = 1 bar = 100 kPa.

Ukupni tlak

$$p_{tot} = p_d + p_{st}$$

Naziva se i radnim tlakom sustava. To je tlak koji djeluje u određenoj točki sustava.

Za cijevi kružnog presjeka slijedi za unutarnji promjer  $d_h = D$ .

Za pravokutni presjek strujanja sa stranicama  $a$  i  $b$  imamo:

$$d_h = \frac{4ab}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b}$$

Za kvadratni presjek strujanja čija je stranica  $a$  imamo:

$$d_h = \frac{4a^2}{4a} = a$$

### 1.2.4 Hidraulički i ekvivalentni promjer

Kako bi se dobili slični uvjeti protoka, za cijevi koje nisu kružnog presjeka potrebne su sljedeće konverzije.

#### Hidraulički promjer

U slučaju cjevovoda ili kanala čiji presjeci strujanja odstupaju od kružnog presjeka, za proračun otpora kod turbulentnog strujanja, promjer kruga  $D$  može se zamijeniti hidrauličkim promjerom  $d_h$ .

$$d_h = \frac{4A}{U}$$

Gdje su:

$d_h$	m	Hidraulički promjer
$A$	$m^2$	Presjek strujanja
$U$	m	Oplakivani opseg

Pravokutni kanal s hidrauličkim promjerom  $d_h$  ima isti pad tlaka kao i okrugla cijev istog promjera pri istoj brzini strujanja.

Stvarna brzina strujanja određuje se za neki presjek strujanja  $A$  pomoću izraza:

$$w_{st} = \frac{q_v}{A}$$

Gdje su:

$w_{st}$	$m \cdot s^{-1}$	Brzina
$q_v$	$m^3 \cdot s^{-1}$	Volumni protok
$A$	$m^2$	Referentna ploha, slobodni presjek strujanja

**P**rimjer: cijev pravokutnog presjeka

Traži se maseni protok i hidraulički promjer za cijev pravokutnog presjeka sa stranicama 40 x 60 mm kroz koju teče voda.

Debljina stjenke	$s = 2 \text{ mm}$
Presjek	$A = 36 \times 56 = 2016 \text{ mm}^2 = 0,002 \text{ m}^2$
Opseg	$U = (36 + 56) \cdot 2 = 184 \text{ mm} = 0,184 \text{ m}$

$$d_h = \frac{4 \cdot A}{U} = \frac{4 \cdot 0,002}{0,184} = 0,0435 \text{ m}$$

Za brzinu strujanja od  $w = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  biti će maseni protok

$$q_m = A \cdot w \cdot \rho = 0,002 \cdot 2 \cdot 1000 = 4 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} = 14400 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Pomoću  $d_h$  i stvarne brzine strujanja iz dijagrama za kružne presjeke uzimaju se vrijednosti pada tlaka po metru cijevi. Ovaj se postupak preporučuje.

### Ekvivalentni promjer

Poželjno je da se ekvivalentni promjer  $d_g$  koristi za zračne kanale pravokutnog presjeka.

Pravokutni kanal istog promjera dg ima jednak gubitak tlaka kao i kružna cilindrična cijev istog promjera i istog **volumnog protoka**.

### 1.2.5 Reynoldsova značajka

Reynoldsova značajka je bezdimenzionalna veličina koja opisuje karakteristiku strujanja fluida. Strujanja u cijevi su slična ako imaju jednak Reynoldsov broj  $Re$ .

$$Re = \frac{w \cdot D}{\nu}$$

$$d_g = \sqrt[5]{\frac{32}{\pi^2}} \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}} = 1,27 \sqrt[5]{\frac{a^3 b^3}{a+b}}$$

Gdje su:

$w$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Brzina strujanja
$D$	$\text{m}$	Unutarnji promjer cijevi
$\nu$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	Dimensionalski viskozitet

Primjena  $d_g$  je tamo gdje je gradijent tlaka zadani za određeni volumni protok, npr. pri proračunu mreže visokotlačnih klimatizacijskih sustava i pri uravnoteženju dijelova cijevi (grana). Pomoću dg lakše se mogu odrediti potrebne dimenzije pravokutnog kanala, posebno ako postoji odgovarajuće tablice.

Za vodu

10 °C	$\nu = 1,31 \cdot 10^{-6}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
80 °C	$\nu = 0,37 \cdot 10^{-6}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Za ekstra lako loživo ulje

20 °C	$\nu = 6,00 \cdot 10^{-6}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
-------	----------------------------	----------------------------------

Do vrijednosti  $R_e \leq 2320$  (praktički 3000) strujanje je **laminarno** (slojevito), To znači da raspodjela brzine ima oblik parabole.

Iznad  $Re = 2320$  strujanje je **turbulentno**.

U tehnologiji grijanja, čestice tekućine se prilikom strujanja komešaju u nekoliko smjerova, turbulentne su i imaju splošteni profil brzine. Profil je to ravniji što je veći Reynoldsov broj (brzine po presjeku su jednolike).

### 1.2.6 Trenje u ravnoj cijevi

Za proračun pada tlaka  $\Delta p_R$  medija koji strui kroz okruglu ravnu cijev dužine  $l$  koristimo izraz:

$$\Delta p_R = R.l = \lambda \frac{l}{D} \frac{\rho}{2} w^2$$

Gdje su:

$\Delta p_R$	Pa	Pad tlaka u cijevi
$R$	$\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$	Pad tlaka po metru cijevi = Trenje u cijevi
$L$	m	Dužina cijevi
$\lambda$	-	Koef. trenja cijevi
$D$	m	Unutarnji promjer cijevi
$\rho$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Gustoća
$w$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Brzina
$\frac{\rho}{2} w^2$	Pa	Dinamički tlak Prema Prantlu

Veličina  $R$  u Pa/m je pad tlaka po metru cijevi i predstavlja specifični gubitak trenja u cijevi. Vrijednost  $R$  može se naći u dijagramima i tablicama (dodatak).

### 1.2.7 Koeficijent trenja za cijevi kod strujanja

Bezdimenzionalni koeficijent trenja za cijevi  $\lambda$  ovisi o hrapavosti cijevi  $k$  u mm, načinu strujanja ( $Re$ ) i temperaturi medija.

Uobičajene vrijednosti:

$\lambda = 0,02 \dots 0,05$  za vodu

Za **laminarno** strujanje ( $Re < 2320$ ) određujemo koeficijent trenja izrazom:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Za proračun koeficijenta  $\lambda$  tehnički hrapavih cijevi u **turbulentnom** području strujanja slijedi prema COLEBROOK-u

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[ \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + 0,27 \frac{k}{d_h} \right]$$

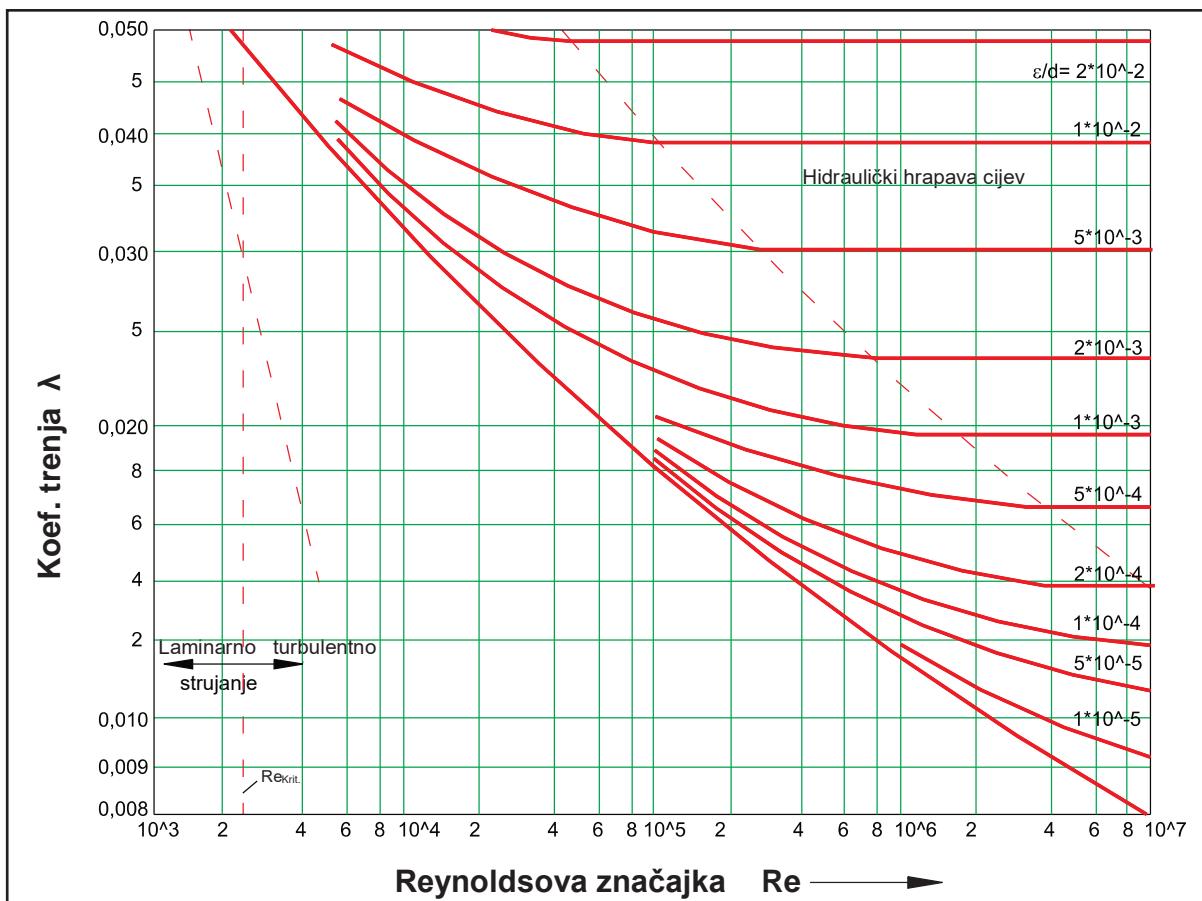
Gdje su:

$\lambda$	-	Koef. trenja
$k$	m	Hrapavost
$d_h$	m	Hidraulički promjer
$Re$		Reynoldsova značajka

Tab. 1-2 Apsolutna hrapavost  $k$  za različite cijevi

	mm
Vučene cijevi (npr.Cu)	0,0013...0,0015
Standardne čelične cijevi (srednja vrijednost)	0,045
Standardne čelične cijevi korodirane	0,15...0,2
Standardne čelične cijevi jako korodirane	1,0...3,0
Cijevi od umjetne mase	0,0015...0,0070

Veličinu  $\lambda$  – može se naći u dijagramu (Slika 1-4)



Slika 1-4 Koeficijent trenja za cijevi  $\lambda$

Gdje su:

### 1.2.8 Pad tlaka uslijed lokalnih otpora

Dodatni gubitci tlaka u armaturi, fazonskim komadima, spremnicima, uređajima i drugim elementima moraju se također uzeti u obzir.

Ovaj pad tlaka proporcionalan je dinamičkom tlaku, srednjoj brzini strujanja i može se izračunati pomoću koeficijenta gubitka  $\zeta$ . Pad tlaka računa se pomoću izraza:

$$\Delta p_E = Z = \sum \zeta \frac{\rho}{2} w^2$$

Brzina se određuje prema jednadžbi kontinuiteta ili preko tabličnih podataka (dodatak).

Trenje na stjenkama i promjene smjera strujanja u armaturama, fazonskim komadima, spremnicima, uređajima i drugim elementima obuhvaćeni su koeficijentom gubitka i određuju se ispitivanjima.

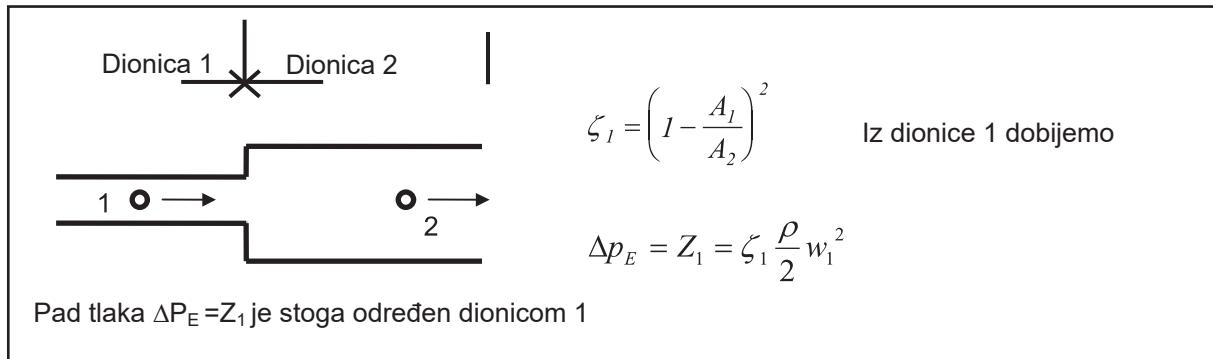
Zato je potrebno obratiti pažnju na brzinu strujanja s kojom je povezan koef. gubitka  $\zeta$  (vidi tablice za koef. gubitka  $\zeta$  za jedinične otpore u prilogu).

Za uporabu u praksi, tablice sadrže zaokružene vrijednosti za uobičajene pojedinačne otpore (vidi obrazac H 106 u dodatku).

## Primjeri za neke pojedinačne otpore

### a) Naglo proširenje cijevi:

Pad tlaka u osnovi se temelji na miješanju zbog različitih brzina strujanja i miješanja čestica kapljevine. Stoga se u teorijskom pristupu koristi jednadžba impulsa.



Slika 1-5 Pojedinačni otpor za proširenje cijevi

### b) Odvojci i prolazi:

U slučaju grananja razdvajanja ili spajanja struje fluida maseni se protok mijenja kroz svaku od grana. Kao rezultat razdvajanja ili spajanja protoka dolazi do pada tlaka.

Koeficijent otpora  $\zeta$  ovisi o različitim utjecajnim varijablama:

- oblik presjeka strujanja (kružni ili pravokutni presjek),
- omjeri presjeka  $A / A_A$  ili  $A / A_D$ ,
- omjer brzina strujanja  $w / w_A$  ili  $w / w_D$ ,
- kut grananja  $\beta$  i
- oblik grane, odvojka (npr. konusni).

Ove utjecajne varijable rezultiraju velikim brojem  $\zeta$  vrijednosti.

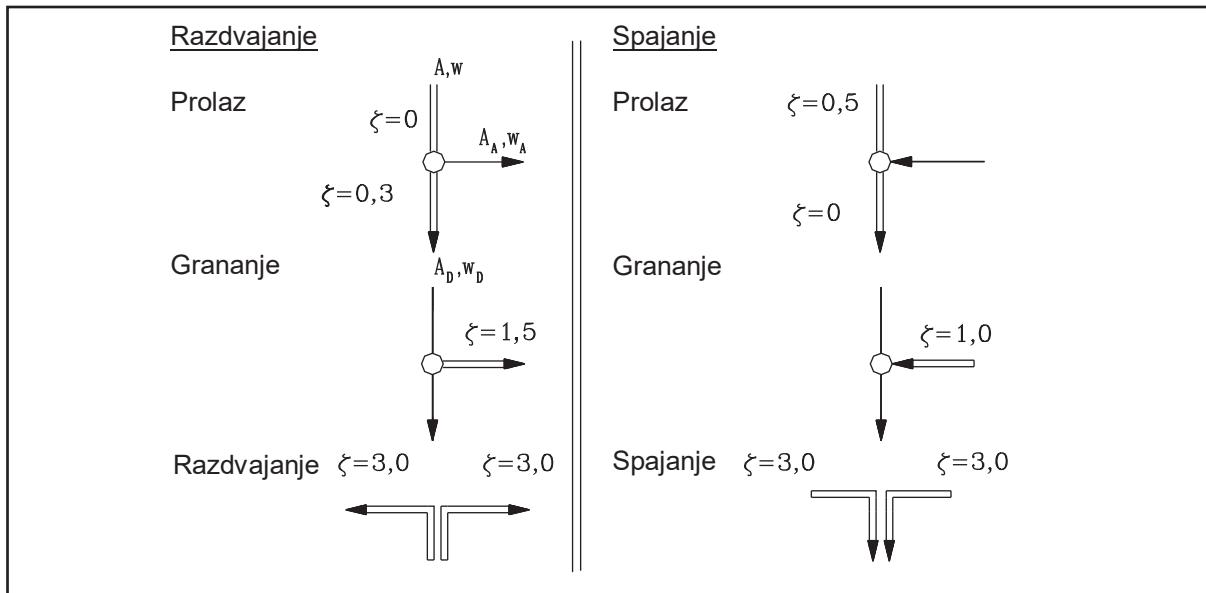
Pri izračunavanju pada tlaka važno je uočiti na kojem se dinamičkom tlaku temelji  $\zeta$ -vrijednost; na brzinu struje  $w$  prije odvajanja (prolaska) ili na onu u odvojku gdje je brzina  $w_A$ .

U slučaju spajanja protoka, mogu postojati čak i negativne vrijednosti  $\zeta$ , u slučaju kada se prinos energije dobiva energetski intenzivnim djelomičnim protokom.

Gubitak odvojka može se smanjiti konusnim prijelazom, ali i dobrim zaobljenjem prodora između glavne cijevi i odvojka. Trenutno odvajanje u obliku koljena (luka) grane također dovodi do manjih gubitaka u odvajaju struja, posebno za granu od  $90^\circ$ . To se odnosi i na spajanje pojedinih struja.

Za uobičajene uvjete može se računati s vrijednostima navedenim na sl. 1-6.

Za razdvajanje u razdjelniku može se uzeti vrijednost  $\zeta = 0,5$  a za spoj u sabirniku  $\zeta = 1,0$ , na temelju presjeka priključka.



Slika 1-6 Lokalni otpori za grananje / prolaz i T - odvojke

### c) Mjerilo protoka:

Treba ih instalirati za kvantitativno očitanje potrošnje topline po stambenoj jedinici (potrošaču). Ispred svakog mjerila mora se postaviti hvatač nečistoće i dio za smirenje strujanja dužine 5D do 8D, a iza 2D do 3D (D je promjer cijevi). Ako je moguće, osjetnik treba postaviti u savijenu uranjujuću čahuru prema smjeru protoka.

Pad tlaka u vodomjeru za grijanje nalazi se u dokumentaciji tvrtke.

### d) Ogrjevno tijelo:

Pad tlaka člankastog, pločastog ogrjevnog tijela, konvektora, kroz koje voda protiče malom brzinom, može se računati s vrijednosti  $\zeta = 2,5$ . Pad tlaka ogrjevnog tijela u Pa izračunava se pomoću izraza

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_H^2$$

$w_H$  je brzina strujanja vode na ulaznom presjeku, npr. DN 20 prema ÖNORM M 5611 srednje teške cijevi s navojem, ali ne i brzina strujanja u priključku ogrjevnog tijela. Stoga svako ogrjevno tijelo treba promatrati posebno kao zaseban dio. Za grijajuće površine s malim presjecima za protok vode, pad tlaka mора se odrediti iz dijagrama tlaka prema podacima tvrtke.

### e) Podno i zidno grijanje-cijevni registar:

Pad tlaka kruga grijanja može se izračunati pomoću njegove duljine  $l$ . Vrijednosti  $R$  nalaze se u tablicama proizvođača.

$$\Delta p_{FB} = R \cdot l$$

**f) Kaloriferi, izmjenjivači topline i solarni kolektori:**

Općenito vrijedi :

Pad tlaka  $\Delta p_N$  pri nominalnom volumnom protoku  $q_N$  određuje se na osnovu tehničke dokumentacije.

Stvarni pad tlaka  $\Delta p_2$  ovisan je o kvadratu stvarnog volumnog protoka  $q_{v2}$ :

$$\Delta p_2 = \Delta p_N \left( \frac{q_{v2}}{q_{vN}} \right)^2$$

**P**rimjer: pad tlaka zagrijivača zraka

Prema podacima tvrtke, grijivač zraka ima pad tlaka na strani vode = gubitak tlaka od 1,2 mvs pri nominalnom volumnom protoku od  $3,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

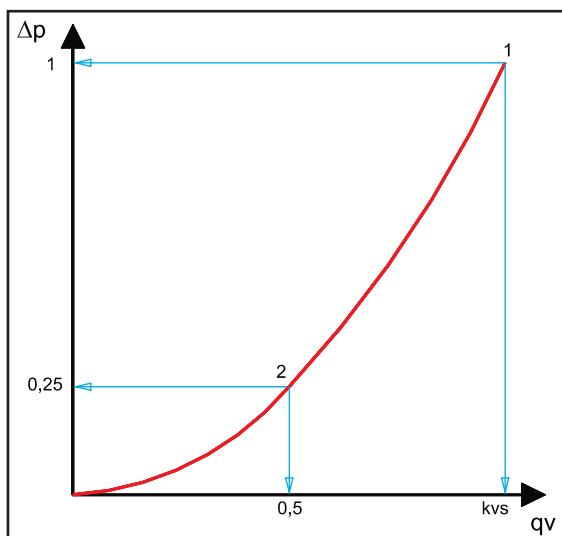
Potrebno je odrediti pad tlaka u grijivaču zraka pri protoku od  $5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

$$\Delta p_2 = \Delta p_N \left( \frac{q_{v2}}{q_{vN}} \right)^2 = 1,2 \left( \frac{5}{3,2} \right)^2 = 2,93 \text{ mWS}$$

### 1.2.9 Pad tlaka na regulacijskim ventilima i izvršnim članovima

Ukoliko se promjeni protok vode, promijeniti će se i pad tlaka.

Padovi tlaka regulacijskog ili prednamještenog ventila mogu se grafički prikazati u karakteristici pada tlaka na ventilu. (Slika 1-7)



Slika 1-7 Karakteristika pada tlaka na ventilu

Karakteristika ventila  $k_v$  označava volumen protoka  $q_v$  u  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  vode koji rezultira padom tlaka od 1 bara (prema VDI/VDE - 2173) /19/.

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}}$$

Za  $\rho \neq 1000$  imamo, (npr. para)

$$k_v = q_v \sqrt{\frac{\rho}{4p_v}}$$

Pod  $k_v$  vrijednosti podrazumjeva se protok u  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  koji generira pad tlaka od 1 bar = 100 kPa kod otvorenog ventila (nazivni hod H). Vrijednost  $k_{v0}$  odnosi se na nazivni hod  $H_{100}$ , tj. pri 100 % otvorenom ventilu.

Za  $q_{v1} = k_{vs}$  i  $\Delta p_1 = 1$  bar biti će

$$\text{Pad tlaka ventila} \quad \frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \left( \frac{q_{v2}}{q_{v1}} \right)^2 \quad \text{i}$$

$$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \left( \frac{q_{v2}}{q_{v1}} \right)^2 \quad \text{bar uz } q_v \text{ u m}^3\cdot\text{h}^{-1} \quad \text{ili}$$

$$\Delta p_V = \zeta \frac{\rho}{2} w^2 = 10^5 \left( \frac{q_v}{k_{vs}} \right) \quad \text{u Pa}$$

Gdje su:

$\zeta$	-	Koef. gubitka
$\rho$	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	Gustoća
$w$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	Brzina u priključku
$q_v$	$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	Volumni protok
$k_{vs}$	$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	Karakteristika ventila potpuno otvorenog
$\Delta p_V$	bar	Pad tlaka na ventilu

$$\Delta p_V = 100 \left( \frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 \quad \text{kPa} \quad \text{uz } q_v \text{ in } \text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$$

Bez obzira na presjek priključka, pad tlaka može se izračunati pomoću karakteristike ventila  $k_{vs}$ .

Kod ventila, pad tlaka može se izračunati pomoću vrijednosti otpora  $\zeta$  u odnosu na presjek priključka ventila:

**P**rimjer: regulacijski ventil – dimenzioniranje

Potrebno je odabrati regulacijski ventil za pad tlaka  $\Delta p_V$  pri protoku  $q_v$ .  
Pad tlaka ventila je  $\Delta p_V = 5$  kPa =  $5 \cdot 10^{-2}$  bar, a volumni protok  $q_v = 1,5 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_V}} = \frac{1,5}{\sqrt{5 \cdot 10^{-2}}} = 6,7 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$$

Odabiremo  $k_{vs} = 6$  (vidi prilog tehnički dijagrami za 4017M, DN 32 i DN 25 na str. 219. i 218.)  
Stvarni pad tlaka odabranog ventila određuje se na sljedeći način:

$$\Delta p_V = 100 \left( \frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 = 100 \left( \frac{1,5}{6,3} \right)^2 = 5,7 \text{ kPa}$$

**P**rimjer: ventil za ogrjevno tijelo – pad tlaka

Pojedinačne vrijednosti otpora ventila radijatora povezane su samo sa brzinom protoka vode u srednje teškim cijevima s navojem prema DIN 2440 (ÖNORM M 5611). Za vodu imamo:

$$\Delta p_v = \zeta \frac{\rho}{2} w^2 = \zeta 500 \cdot w^2 \quad \text{u Pa}$$

Za druge vrste priključaka npr. Cu, umjetne mase, padovi tlaka moraju se odrediti pomoću  $k_v$  vrijednosti.

Navedene vrijednosti pojedinačnog otpora ne smiju se koristiti.

Herz AS art. 6823, ravni, 1" (DN 25)  $k_{vs} = 8,2$   
Slijedi za  $q_v = 500 \text{ l/h} = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$  pad tlaka na ventilu

$$\Delta p_v = 100 \left( \frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 = 100 \left( \frac{0,5}{8,2} \right)^2 = 0,37 \text{ kPa}$$

### 1.2.10 Pad tlaka u dijelu cjevovoda konstantnog presjeka

Pod dijelom cjevovoda smatra se onaj istog presjeka strujanja kroz koji protječe medij konstantnog masenog protoka.

$\zeta$	-	Koef. gubitka
$R$	$\text{Pa.m}^{-1}$	Pad tlaka po metru cijevi
$\Delta p$	Pa	Pad tlaka
$\Delta p_E$	Pa	Pad tlaka u pojedinom elementu

**Padovi tlaka proporcionalni su kvadratu volumnog protoka.**

Pad tlaka za presjek (stalni protok i promjer cijevi) duljine  $l$  sastoji se od pada tlaka uslijed trenja cijevi i pojedinačnih otpora.

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_1 - p_2 = R.l + \Delta p_E = \\ &= \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho}{2} w^2 + \sum \zeta \frac{\rho}{2} w^2 \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} = \left( \frac{q_{v2}}{q_{v1}} \right)^2$$

Gdje su:

Gdje su:

$\lambda$	-	Koef. trenja
$l$	m	Dužina cijevi
$D$	m	Unutrašnji promjer cijevi
$\rho$	$\text{kg.m}^{-3}$	Gustoća
$w$	$\text{m.s}^{-1}$	Brzina

$\Delta p$	Pa	Pad tlaka
$q_{v1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Volumni protok kod $\Delta p_1$
$q_{v2}$	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Volumni protok kod $\Delta p_2$

### 1.2.11 Karakteristika sustava (karakteristika cijevne mreže)

Karakteristika sustava je krivulja koja pokazuje odnos između gubitka tlaka u sustavu i brzine protoka. Rezultat je Bernoullijevog zakona o očuvanju energije. Za jedan određen protok neophodno je poznavati potrebnu visinu dizanja. To je rezultat statičkog tlaka, koji se mora savladati kako bi se voda podigla za visinu vodenog stupca  $H_0$  i od gubitaka tlaka sustava. Ti se gubici tlaka mogu odrediti zbrajanjem pojedinačnih gubitaka tlaka serijski povezanih dijelova.

$$\Delta p = \sum \left( \frac{\lambda \cdot l}{D} + \sum \zeta \right) \frac{\rho}{2} w^2 + \Delta p_v + \Delta p_{st}$$

$$\Delta p_{st} = \rho \cdot g \cdot \Delta H_0$$

Gubitak tlaka u cijevnoj mreži sastoji se od trenja u ravnoj cijevi, pojedinačnih otpora i pada tlaka na regulacijskim ventilima.

Jednadžba za karakteristiku cijevne mreže zatvorenog sustava je:

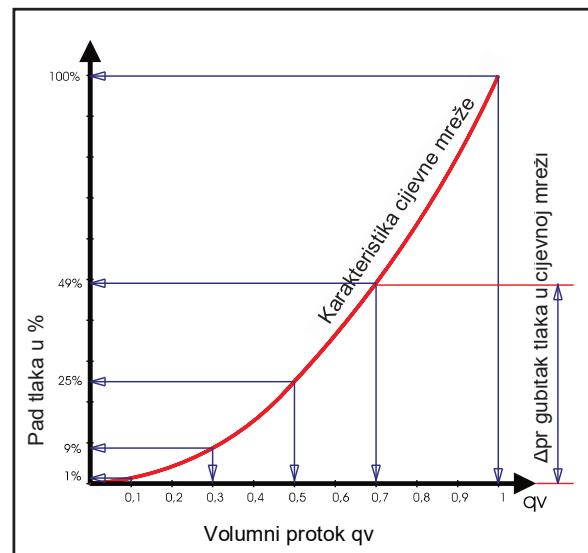
$$\begin{aligned} \Delta p &= \lambda \frac{l}{D} \frac{\rho}{2} \cdot w^2 + \sum \zeta \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = \\ &= \left( \sum \lambda \frac{l}{D} + \sum \zeta \right) \frac{\rho}{2} \frac{q_v^2}{A^2} = K \cdot q_v^2 \end{aligned}$$

Gdje su:

$\Delta p$	Pa	Pad tlaka
$\rho$	kg.m <sup>-3</sup>	Gustoća
$w$	m.s <sup>-1</sup>	Brzina
$\zeta$	-	Koef. gubitka
$\lambda$	-	Koef. trenja cijevi
$l$	m	Dužina cijevi

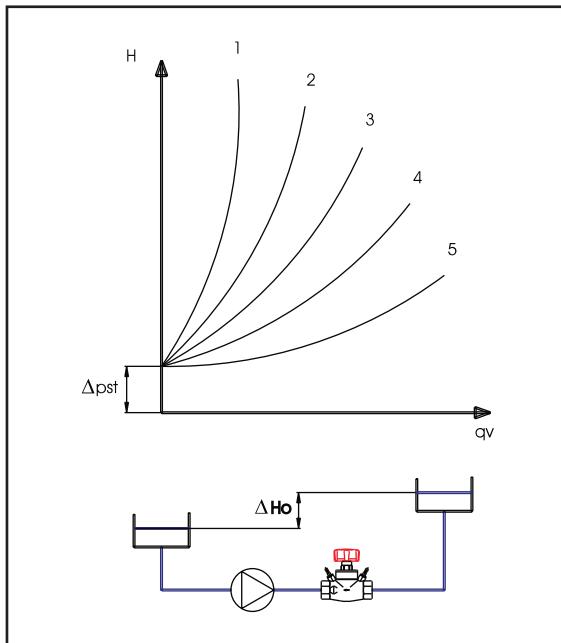
$A$	$m^2$	Presjek strujanja
$D$	m	Unutarnji promjer cijevi
$q_v$	$m^3.s^{-1}$	Volumni protok
$K$	$Pa.s^2.m^{-6}$	Konstanta cijevne mreže
$\Delta p_v$	Pa	Pad tlaka na regulacijskom i prednamjestivom ventilu
$\Delta p_{st}$	Pa	Hidrostatski tlak
$g$	$m.s^{-2}$	Gravitacija = 9,81 m.s <sup>-2</sup>
$H_0$	mvs	Visina vodenog stupca

Krivulja je kvadratna parabola prikazana na slici 1-8.



Sl. 1-8 Karakteristika sustava

Karakteristika **otvorenog** sustava prikazuje komponentu statickog tlaka koji mora savladati crpka da bi podigla vodu na visinu vodenog stupca  $H_0$ . Slika 1-9 prikazuje karakteristiku otvorenog sustava. Paraboličke krivulje za različite položaje prigušivanja (1 do 5) ventila započinju na visini statickog tlaka  $\Delta H_0$ .

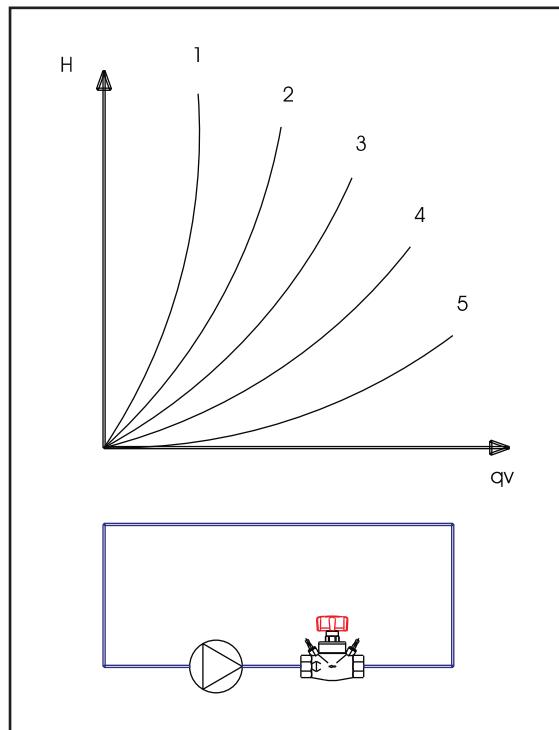


Sl. 1-9 Karakteristične krivulje otvorenog sustava

Sustav grijanja je u zatvorenem krugu, tj. ista količina vode pokretana crpkom ide polaznim vodom od kotla do ogrjevnih tijela i potom se povratnim vodom vraća u kotao. Uvijek se vraća ista količina vode koja se cirkulacijskom crpkom dobavlja. Staticka visina ovđe se ne uzima za savladavanje određene visinske razlike. Cirkulacija vode za grijanje pokretana crpkom općenito je podržana utjecajem gravitacije - ohlađena voda u povratnom vodu teža je od tople vode u dovodnom vodu.

Ovaj utjecaj gravitacije uzima se u obzir samo ako čini zamjetan dio tlaka crpke. To može biti slučaj s vrlo niskim tlakom pumpe ili sa sustavima u visokim zgradama.

U zatvorenom sustavu parabolična karakteristika mreže prolazi iz nulte točke. To se može vidjeti na slici 1-10. Karakteristika cijevne mreže pokazuje povezanost visine dizanja i protoka u cijevnoj mreži. Za cirkulaciju 70% ukupne količine, potrebno je samo 49% maksimalnog tlaka, s 50% količine samo 25% itd. U radnim dijagramima proizvođača crpki karakteristike cijevne mreže vrlo se često crtaju kao familija krivulja ili kao ravne crte u dvostrukom logaritamskom dijagramu.



Sl. 1-10 Karakteristične krivulje zatvorenog sustava

Sustav grijanja ima neograničen broj radnih stanja tijekom sezone grijanja. Svakom od ovih radnih stanja pripada odgovarajuća karakteristična krivulja sustava. Slika 1-10 prikazuje familiju krivulja karakterističnu za zatvoreni sustav grijanja. Kad je ventil otvoren, karakteristična krivulja 5 prikazuje otpore za promjenjive volumne protoke. Stanja djelomičnog opterećenja u sustavima grijanja postižu se prigušnim ventilima, npr. termostatskim ventilom. Time se povećava otpor. Nagib krivulje raste dok se ne postigne vertikalna crta kod protoka 0.

### 1.2.12 Paralelni spoj cijevne mreže

U paralelnom hidrauličkom povezivanju cjevovoda, protoci vode dijele se na pojedine protoke  $q_{m1}$  i  $q_{m2}$ . Ovo se dijeljenje strujanja odvija u stanju ravnoteže u kojem je pad tlaka na dionici 1 i 2 jednak. Razlika tlakova odgovara **razlici tlaka u čvoru KDD** (Knotendruck-differenz KDD) prisutnoj na čvorovima A i B. Za svaku granu vrijedi iz karakteristike cijevne mreže:

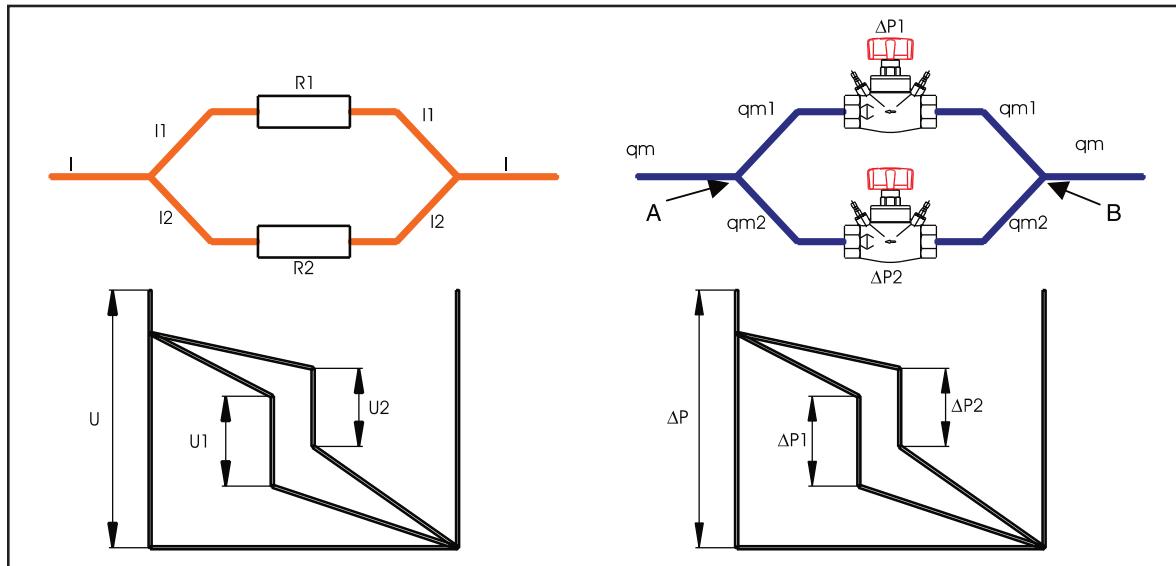
$$\Delta p_1 = K_1 \cdot q_{m1}^2$$

$$\Delta p_2 = K_2 \cdot q_{m2}^2$$

U ravnotežnom stanju povećava se razlika tlaka čvora.

$$KDD = \Delta p = K_1 \cdot q_{m1}^2 = K_2 \cdot q_{m2}^2$$

Usporedba električnih i hidrauličkih paralelnih veza može se vidjeti na slici 1-11.



Sl. 1-11 Usporedba električnog i hidrauličkog paralelnog spajanja otpora

Zbroj svih napona – odnosno padova tlaka mora biti jednak u čvorovima paralelnih grana

- Liniju treba postaviti vertikalno u ciljanu radnu točku BP (2)
- Dvije su točke presjeka (1) (2) s linijom koja prolazi kroz točku (2)
- Razlika u visini između gornje (2) i donje točke (1) je ona koji se uklanja ventilom
- Pad tlaka  $\Delta p_{VE}$  pri  $q_{m1}$ .

#### Dijagram podešavanja:

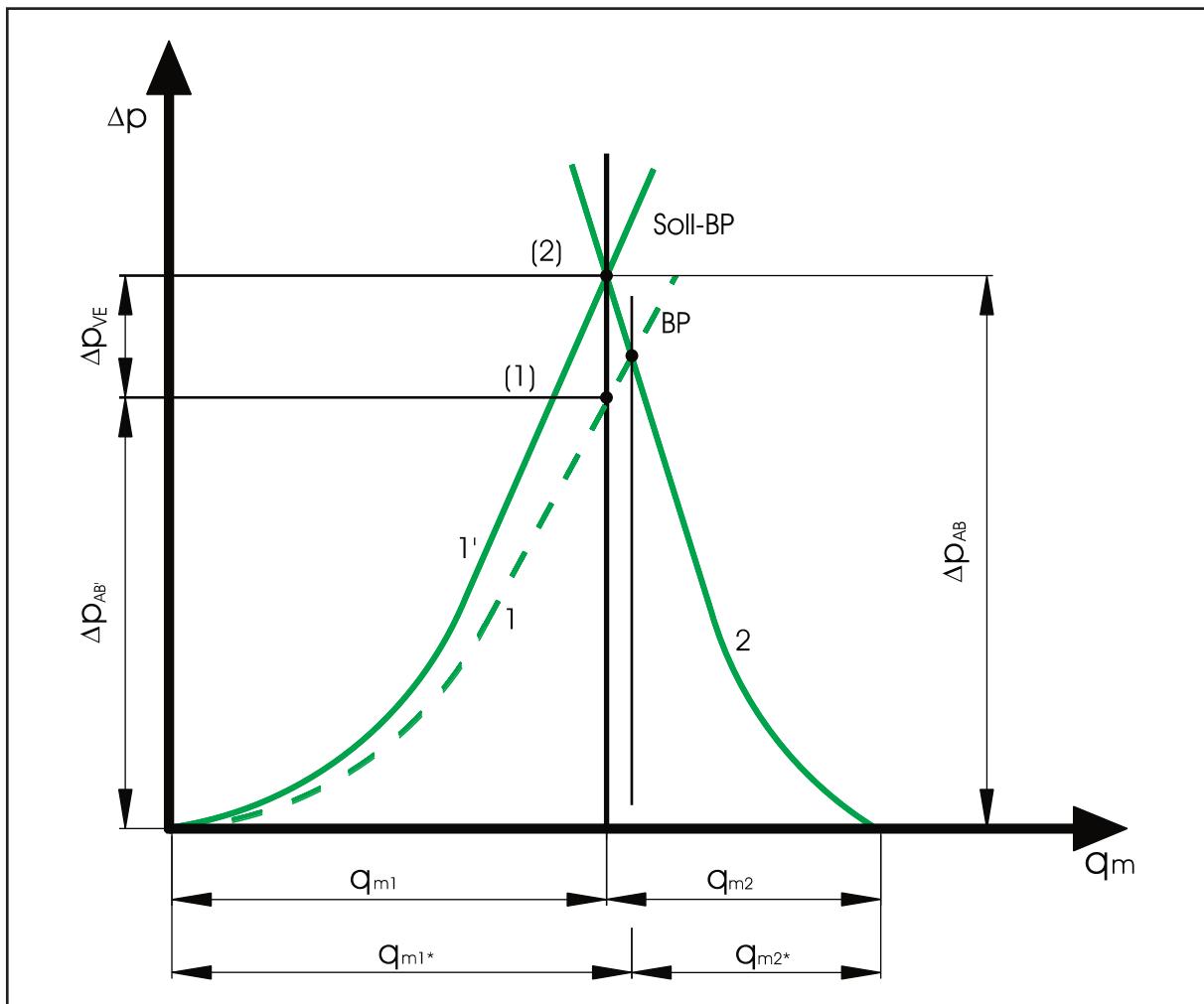
Jednostavan grafički prikaz stanja tlaka moguće je prikazati u dijagramu podešavanja (slika 1-12).

Izrada dijagrama podešavanja odvija se prema sljedećim koracima:

- Maseni protok  $q_{m1} + q_{m2}$  nanosi se na x- os.
- Treba ucrtati dvije karakteristične krivulje paralelnih grana (parabola 1 i 2)

Ako se ovaj gubitak tlaka na ventilu  $\Delta p_{VE}$  također ugradи u krug 1, za kontrolirani sustav rezultira novom karakterističnom krivuljom (1\*).

Sjecište ove linije 1\* s karakteristikom paralelno povezanih grana 2 ciljana je radna točka (2).



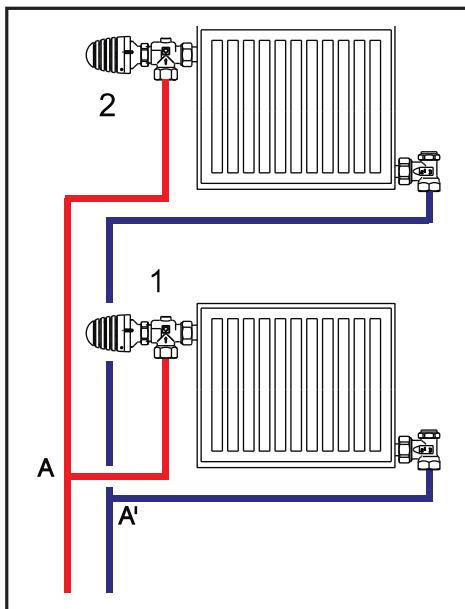
Sl. 1-12 Dijagrama podešavanja paralelno spojenih grana

Bez podešavanja:

Kada se  $\Delta p_{VE}$  ne bi regulirao na ventilu, uspostavilo bi se ravnotežno stanje BP između dvije paralelne grane cijevi. To bi rezultiralo raspodjeljom masenog protoka  $q'_{m1}$  i  $q'_{m2}$ .

Međutim, zadana vrijednost je (2) i odstupanje masenih protoka od tražene vrijednosti može se uzeti izravno iz dijagrama.

Primjer: paralelna veza 2 ogrjevna tijela



Sl. 1-13 Dva paralelno spojena ogrjevna tijela

Dva radijatora spojena su paralelno, a omjeri tlaka trebaju se podešiti pomoću regulacijskog radijatorskog ventila.

Radijator 1: izlazna snaga radijatora  $\Phi_1 = 1600\text{W}$   
pad tlaka na priključnom vodu radijatora A- A' = 250Pa

Radijator 2: izlazna snaga radijatora  $\Phi_2 = 800\text{W}$   
pad tlaka na priključnom vodu A- A' = 60Pa

Pad temperature je 10 K

Oba ventila  $\frac{1}{2}"$  moraju se podešiti tako da pad tlaka na svakom radijatoru bude jednak. Može se pretpostaviti da će pad tlaka na radijatoru 1 biti veći od pada tlaka na radijatoru 2, pa se stoga ventil na radijatoru 1 treba uzeti da je potpuno otvoren.

Ventil radijatora 2 treba postaviti na razliku tlaka u čvoru A-A'.

Proračun masenih protoka

$$q_{v1} = \frac{\Phi_1}{c \cdot \Delta \theta} = \frac{1600}{4200 \text{ s} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10} = 0,038 \quad \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} = 0,038 \quad \text{l} \cdot \text{s}^{-1} = 136,8 \quad \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$q_{v2} = \frac{\Phi_2}{c \cdot \Delta \theta} = \frac{800}{4200 \text{ s} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 10} = 0,019 \quad \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} = 0,019 \quad \text{l} \cdot \text{s}^{-1} = 68,4 \quad \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

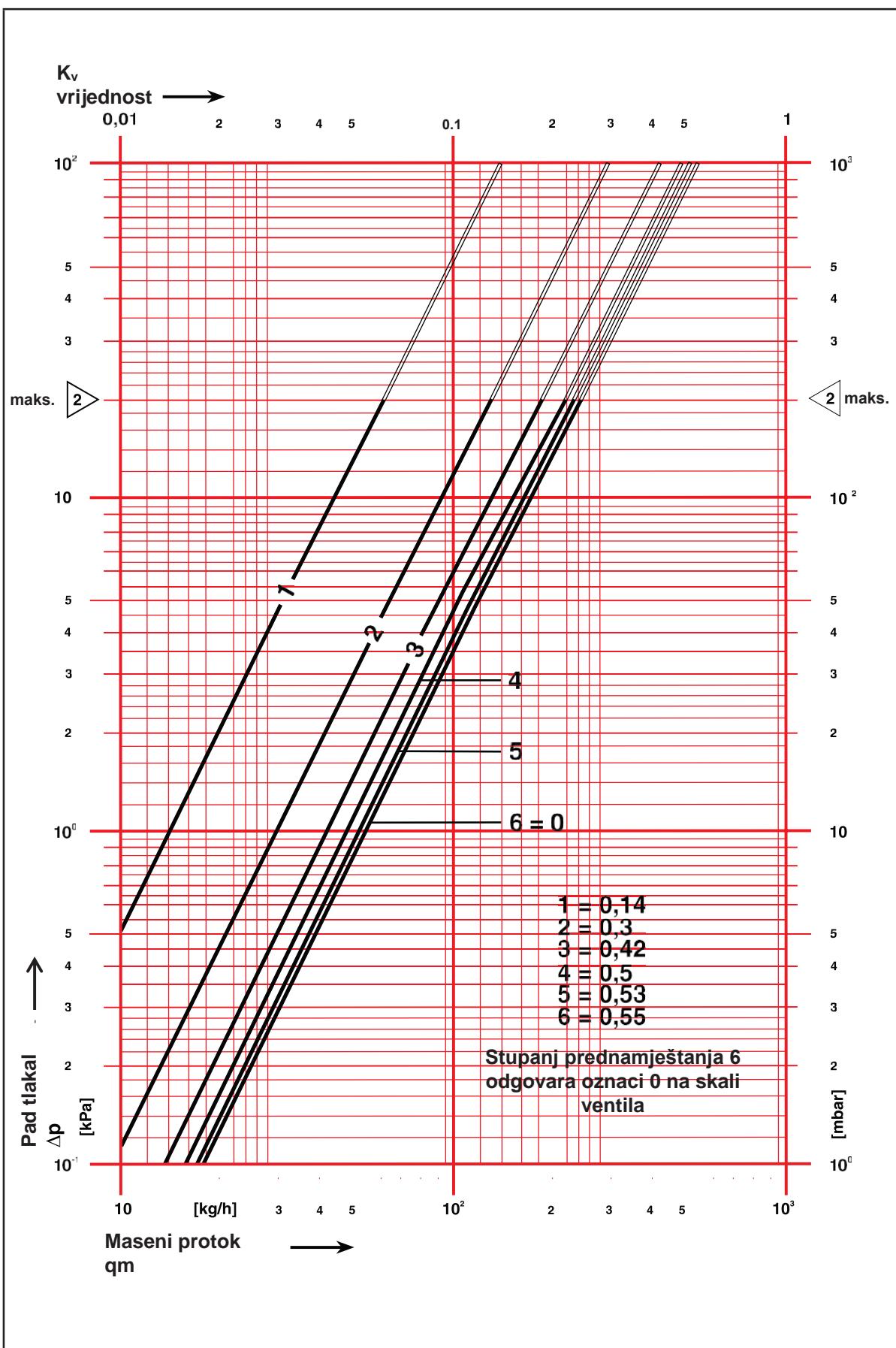
Odabran je radijatorski ventil HERZ TS-98-V  $\frac{1}{2}"$

Pad tlaka na radijatorskom ventilu 1:

$\Delta p_{HRV1} = 1500 \text{ Pa}$  za potpuno otvoreni ventil

Pad tlaka na radijatorskom ventilu  $\Delta p_{HRV2}$ :  $\Delta p_1 = \Delta p_2$

$$250 \text{ Pa} + 1500 \text{ Pa} = 60 \text{ Pa} + \Delta p_{HRV2} \longrightarrow \Delta p_{HRV2} = 1690 \text{ Pa} \quad \text{VE (prednamještenost)} = 5$$



## 2 Cirkulacijske crpke

### 2.1 Osnove i pojmovi

Cirkulacijska crpka u zatvorenom krugu grijanja ima zadatku cirkulirati toplo vodu iz generatora topline (npr. kotla) do potrošača topline, a ohlađenu vodu od potrošača natrag do generatora topline.

#### 2.1.1 Kapacitet crpke

Kapacitet crpke je korisni volumni protok koji crpka isporučuje kroz izlazni presjek.

Brzina protoka sustava računa se iz potrebne količine topline potrošača i gubitaka u distribuciji topline.

$$q_v = \frac{\Phi_H + \Phi_V}{\rho.c.\Delta\theta}$$

Gdje su:

$\Phi_H$	W	Potrebna količina topline potrošača
$\Phi_V$	W	Toplinski gubici
$\Delta\theta$	K	Temperaturna razlika polaznog i povratnog voda
$c$	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	Spec. toplinski kapacitet (Voda $c=4,196 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ )
$\rho$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Gustoća (voda na $80^\circ\text{C}$ $\rho=971,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

Napomena:

U tehnologiji grijanja gustoća se može s dovoljnom točnošću uzeti  $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

#### 2.1.2 Visina dizanja $H$

Visina dizanja crpke u sustavu je energija koju crpka prenosi na kapljevinu u odnosu na njezinu težinu. Jedinica je m.

$$H = \frac{\sum(l.R + Z)}{\rho.g}$$

Gdje su:

$l$	m	Dužina cijevi
$R$	[Pa/m]	Pad tlaka po metru cijevi
$Z$	[Pa]	Lokalni otpor
$\rho$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Gustoća (voda na $80^\circ\text{C}$ $\rho = 971,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
$g$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	Gravitacija = $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

#### 2.1.3 Korisna snaga

Korisna snaga crpke je snaga potrebna za ostvarenje tražene visine dizanja.

$$P = \rho.g.q_v.H$$

Gdje su:

$q_v$	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Volumni protok ( $\dot{V}$ )
$P$	W	Snaga
$g$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	Gravitacija = $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
$\rho$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Gustoća
$H$	mvs	Visina dizanja

## 2.1.4 Električna snaga $P_{el}$ i stupanj djelovanja $\eta_p$

Gdje su:

$$\frac{q_v}{\Delta p_p} \quad \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{Potreban volumni protok}$$

$$\text{Pa} \quad \text{Visina dizanja 1 mvs}$$

= 10 kPa

= 10 000 Pa

Stupanj djelovanja

=  $\eta_M \cdot \eta_P$

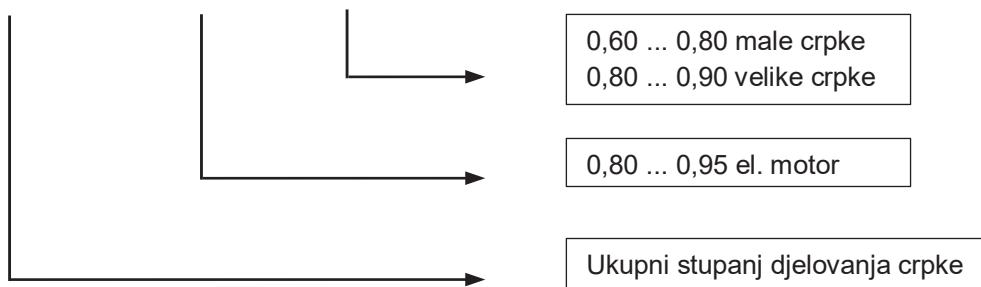
Električna se snaga računa pomoću sljedećeg izraza:

$$\eta_{ges} \quad -$$

$$P_{el} = \frac{q_v \cdot \Delta p_p}{\eta_{ges}}$$

Za cirkulacijske crpke s električnim pogonom vrijedi:

$$\eta_{ges} = \eta_M \cdot \eta_P$$



## 2.1.5 Potrebna visina dizanja

Potrebna visina dizanja  $H =$   
NSPH("Net Positive Suction Head" – neto pozitivna visina dizanja)  $=$  razina energije umanjena za razinu tlaka isparavanja na ulaznom presjeku crpke.

$$H = \frac{p_d - p_{st}}{\rho \cdot g} + \frac{w_d^2 - w_s^2}{2g} + (h_d - h_s)$$

Gdje su:

$p_d$	Pa	Dinamički tlak
$p_{st}$	Pa	Statički tlak
$\rho$	$\text{kg.m}^{-3}$	Gustoća
$g$	$\text{m.s}^{-2}$	Gravitacija = $9,81 \text{ m.s}^{-2}$
$w_d$	$\text{m.s}^{-1}$	Brzina u polaznom priključku
$w_s$	$\text{m.s}^{-1}$	Brzina u povratnom priključku
$h_d$	m	Geodetska visina polaznog priključka
$h_s$	m	Geodetska visina povratnog priključka

Tlak u sustavu mora biti viši od vrijednosti NSPH crpke koju je odredio proizvođač kako bi se izbjegla kavitacija.

## 2.1.6 Zakon sličnosti

Sljedeći se zakoni primjenjuju na svaku crpku kao dobra aproksimacija (zakoni proporcionalnosti ili sličnosti).

Volumni protoci proporcionalni su brojevima okretaja crpke.

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Visina dizanja proporcionalna je kvadratu broja okretaja.

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

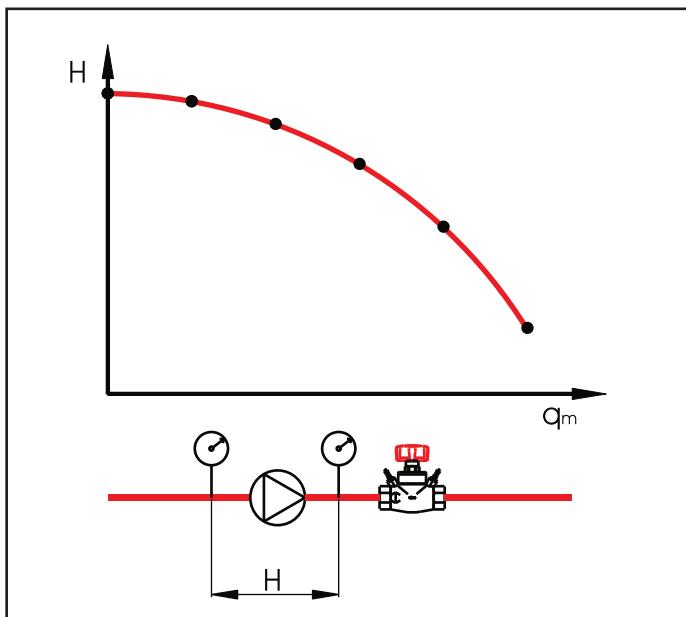
Električna priključna snaga proporcionalna je sa trećom potencijom broja okretaja.

$$\frac{P_{EI1}}{P_{EI2}} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

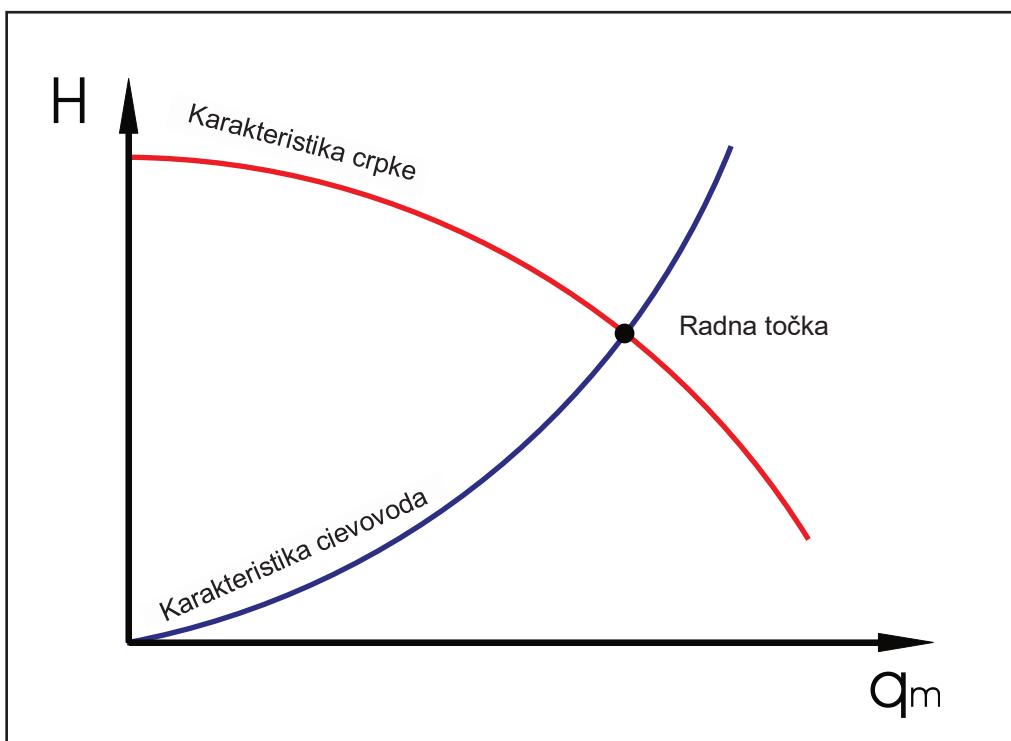
### 2.1.7 Karakteristika crpke i radna točka

Ova karakteristična krivulja prikazuje vezu između protoka i tlaka pri konstantnoj brzini vrtnje. Definira se na ispitnom stolu prigušivanjem protoka, a naziva se i karakteristika crpke.

Kada je ventil zatvoren, tj. kod protoka = nula, postiže se najviši tlak- nulta visina dizanja. Ova se vrijednost (visina dizanja) često koristi za identifikaciju crpke. Točka presjeka sustava (cjevovoda) i karakteristične krivulje crpke predstavlja radnu točku.



Sl. 2-1 Karakteristika crpke

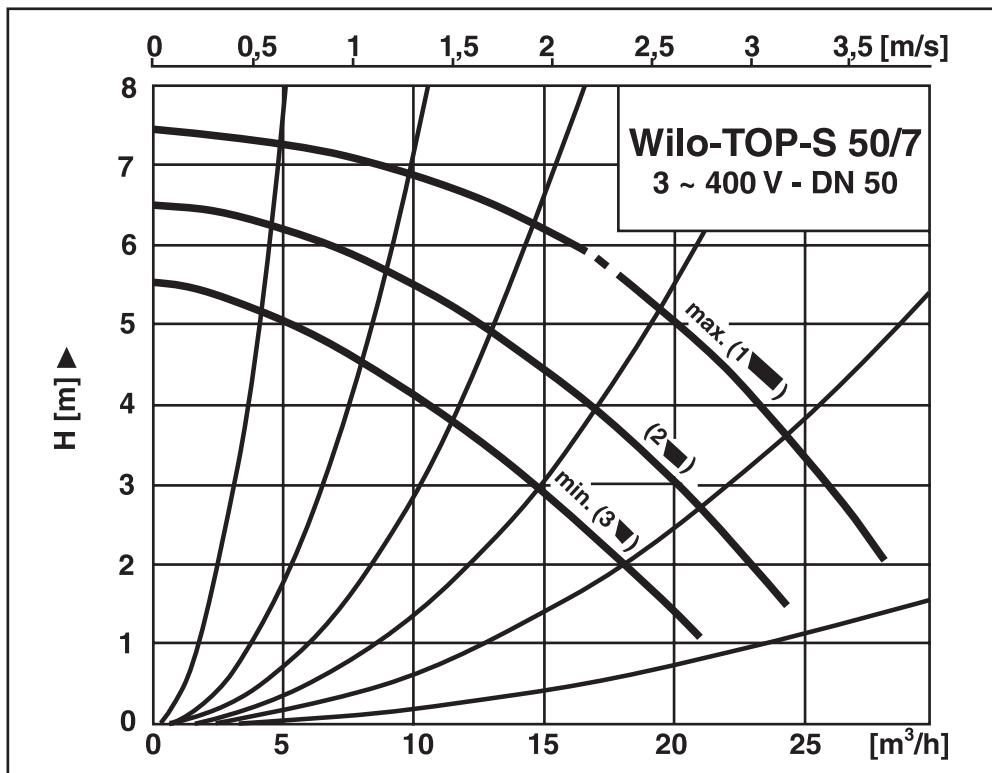


Sl. 2-2 Radna točka

## 2.1.8 Familija karakterističnih krivulja

Kako bi se olakšala prilagodba jedne te iste crpke različitim cjevnim mrežama ili radnim uvjetima, razvijene su crpke s familijom karakteristika. To također dovodi do smanjenja broja tipova crpki. U slučaju crpki s 3 brzine, najniža razina je odabrana tako da iznosi oko 50% najviše visine dizanja.

Karakteristična krivulja prikazuje odnos između volumnog protoka i visine dizanja pri konstantnoj brzini. Definira se na ispitnom stolu prigušivanjem protoka i naziva karakteristikom crpke. To omogućuje dobro prilagođavanje crpke cjevnoj mreži. Preduvjet za to je konstrukcija crpke za maksimalnu brzinu vrtnje. Samo se na taj način, za vrijeme manjih toplinskih opterećenja, brzina može dovoljno smanjiti kako bi se prilagodila potrebama.

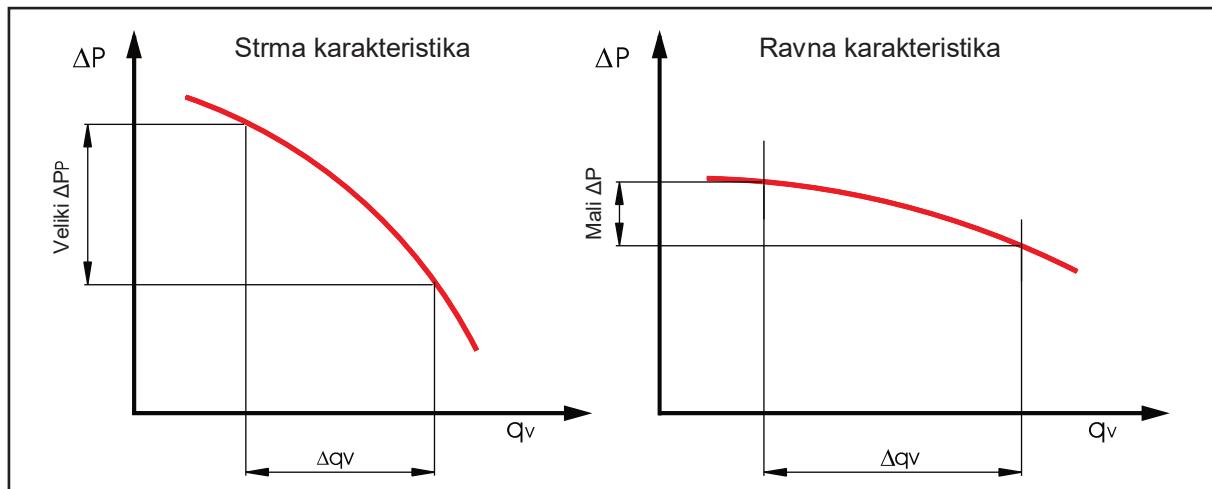


Sl. 2-3 Karakteristika crpke s 3 brzine vrtnje

## 2.2 Oblici karakteristika crpki

Međutim u slučaju strme karakteristike crpke, kada se mijenja protok, visina dizanja se značajno mijenja. Vidi sliku 2-4.

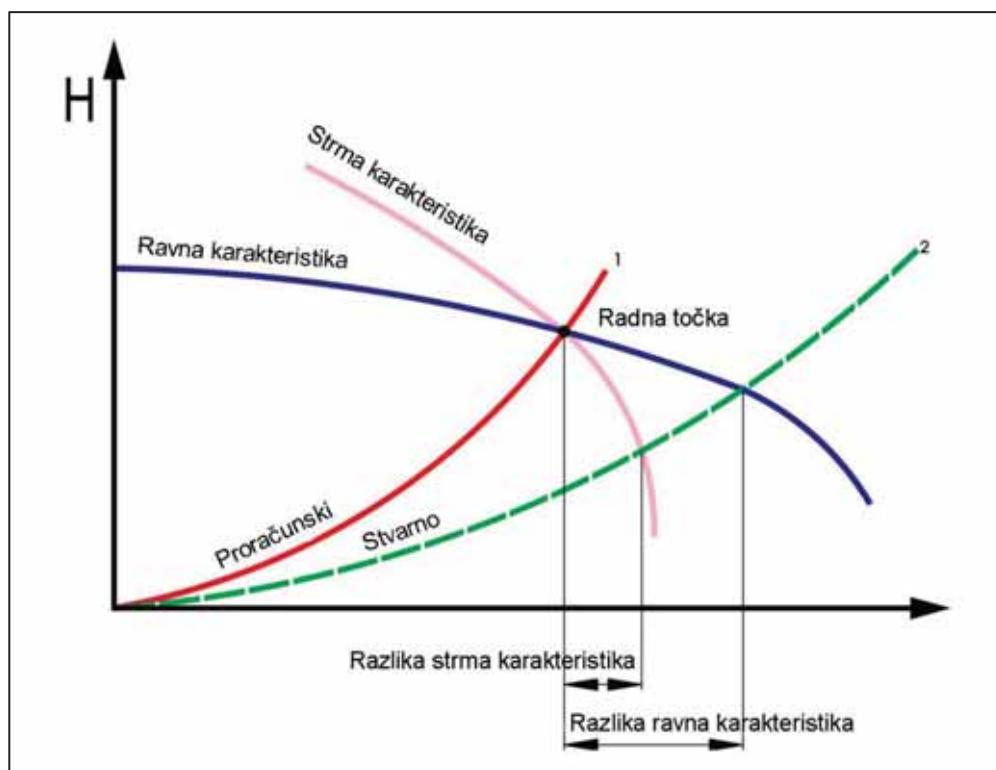
S ravnom karakteristikom crpke visina dizanja se malo mijenja s protokom.



Sl. 2-4 Strma i ravna karakteristika crpke

Različite karakteristike sustava 1 i 2 rezultiraju različitim radnim točkama (BP).

Na slici 2-5 vidi se da je odstupanje manje kod strme karakteristike nego kod ravne.



Sl. 2-5 Odstupanja pri različitim karakteristikama

## 2.2.1 Crpke s regulacijom

Crpka je uvijek dimenzionirana za najveće moguće opterećenje grijanja, ali je stvarno opterećenje u većini slučajeva niže (u 60% vremena grijanje je manje od 30% nazivnog), pa je ekonomičnije tome prilagoditi snagu crpke. Kada se opterećenje grijanja podešava prigušivanjem protoka, a ne podešavanjem temperature polaza, ekonomičnije je i tiše regulirati crpku pomoću upravljačkih uređaja, a ne na temelju krivulje prigušivanja (automatski). To uključuje postupno upravljanje promjenom promjera radnog kola ili brzine, podešavanjem lopatica (vrtložno upravljanje), spajanjem ili odvajanjem crpki u grupi crpki ili postupnu promjenu brzine promjenom frekvencije. Promjene frekvencije mogu se postići pretvaračem frekvencije.

### 2.2.1.1 Podešavanje električne snage

Smanjena hidraulička snaga crpke dovodi do smanjene potrošnje električne energije. Ovo također ima za posljedicu smanjenje buke.

#### Opcije za promjenu snage

- prebacivanjem polova
- prebacivanjem namota
- elektronički pomoću regulacije faznog kuta (tiristor)
- elektronička kontrola brzine s pretvaračem frekvencije

Elektronička regulacija faze uzrokuje neželjeno povećanje buke motora crpke. Kontrola s faznom regulacijom ili pretvaračem frekvencije imaju prednost jer se mogu kontinuirano provoditi.

### 2.2.1.2 Vrste regulacije

#### Regulacija tipa $\Delta p\text{-c}$

Kod regulacije  $\Delta p\text{-c}$ , elektronika održava diferencijalni tlak konstantnim, koji generira crpku u zadanim području protoka na zadanim diferencijalnom tlaku  $H_s$ .

#### Regulacija tipa $\Delta p\text{-v}$

Kod regulacije  $\Delta p\text{-v}$ , elektronika mijenja zadatu vrijednost diferencijalnog tlaka da bi je crpka održavala linearno između  $H_s$  i  $1/2 H_s$ . Zadana vrijednost diferencijalnog tlaka  $H$  mijenja se s protokom  $Q$ .

### 2.2.1.3 Promjena brzina vrtnje crpke

Podešavanje snage crpke u sustavu transporta topline moguće je reguliranjem brzine motora. Budući da je, ovisno o vrsti upravljanja sustavom grijanja, puna snaga crpke potrebna samo nekoliko dana, crpka može ostatak vremena raditi smanjenom brzinom. Tada je potrošnja energije znatno niža.

Danas se nude kompaktne, elektronički upravljane crpne grupe. Sastoje se od crpke, motora, pretvarača frekvencije s integriranim generatorom zadanih vrijednosti, kao i potrebnih radnih i pokaznih jedinica sa sučeljima za izlaz radnih podataka. Karakterizira ih jednostavnost upotrebe. Prilikom odabira treba imati na umu da optimalnu učinkovitost treba postići na području gdje se uglavnom upravlja količinama. Nadalje, za točku preopterećenja mora se zajamčiti dovoljna rezerva snage motora. Vrijednost NPSH sustava mora biti dovoljno velika da spriječi kavitaciju pumpe.

Ovaj način rada ne samo da štedi električnu energiju, već voda za grijanje ne cirkulira nepotrebno. Na taj se način može izbjegći i neugodna buka.

## 2.2.2 Dimenzioniranje crpke (električno regulirane crpke)

### 2.2.2.1 Općenito

Električno upravljane crpke ili crpke s regulacijom brzine postupno se reguliraju zahvaljujući električnom upravljanju, što znači da prilagođavaju brzinu isporuke trenutnim zahtjevima potrošača, što predstavlja glavnu ulogu kada je u pitanju ušteda energije. Imaju širok spektar primjene. Koriste se posebno kao cirkulacijske crpke za grijanje ili za rashladne sustave. Prije nekoliko godina u sustave su ugrađene jedno ili višestupanjske crpke bez regulacije. U većini slučajeva to se moglo regulirati između 1-3 stupnja i stoga raditi na konstantno visokom učinku, što je rezultiralo većom potrošnjom energije. Obzirom da nemaju informaciju o promjeni u mreži grijanja, poput zatvorenih radijatora, nastavljaju raditi s nesmanjenom izlaznom snagom.

Danas se nude i ugrađuju kompaktne, električni upravljane jedinice (crpke s regulacijom brzine). Sastoje se od crpke, motora, pretvarača frekvencije s integriranim generatorom zadanih vrijednosti, kao i potrebnih radnih i prikazanih jedinica sa sučeljima za izlaz radnih podataka. Karakterizira ih jednostavnost upotrebe. Međutim, prilikom odabira mora se uzeti

u obzir da se u svakom području treba postići optimalna učinkovitost. Uz to, trebala bi postojati dovoljna rezerva snage motora za točku preopterećenja. Vrijednost NPSH ("Net positive suction head"- neto pozitivna usisna visina): veličina za procjenu ponašanja centrifugalne crpke na usisu mora biti dovoljno velika da spriječi kavitaciju. Kod ovakvog načina rada voda za grijanje ne cirkulira nepotrebno u sustavu i također se izbjegavaju neugodni šumovi, poput buke u sustavu grijanja.

Crpka s regulacijom brzine automatski prilagođava svoju karakteristiku trenutnoj radnoj točki sustava grijanja. Promjenom brzine, visina dobave i volumni protok automatski se podešavaju.

### 2.2.2.2 Područje primjene

Crpke s regulacijom brzine koriste se u raznim sustavima, uglavnom kao cirkulacijske crpke za grijanje. U manjim sustavima crpka također može preuzeti i funkciju regulatora diferencijalnog tlaka kako bi zadana vrijednost diferencijalnog tlaka u sustavu ostala linearna. Zadana vrijednost diferencijalnog tlaka mijenja se s protokom.

Uz idealnu prilagodbu zahtjevima, kada se koristi pumpa s regulacijom brzine, naglasak je na štednji energije. Uobičajeni radni vijek duži od 10 godina određuje osnovne troškove energije s udjelom od približno 90%, visine troškova životnog ciklusa. Troškovi održavanja čine samo djelić troškova od oko 3%. To znači da podešavanje brzine nudi najbolju mogućnost smanjenja pogonskih troškova crpke.

Automatska promjena snage crpke i povezane uštede energije ovise isključivo o sustavu. Količina medija koju crpka za grijanje mora transportirati ovisi o potrebi za toplinom zgrade koja se grieje. Međutim, visina dobave ovisi o postojećem otporu trenja cijevi. Kada se obnavljaju postojeći sustavi grijanja, potrebno je provesti grubi proračun kako bi se utvrdili potrebni podaci o načinu izvedbe.

### 2.2.2.3 Vrste kontrola

Za crpke s električnim upravljanjem mogu se postaviti različiti načini rada i upravljanja. Razlikuju se dvije vrste regulacije, koje crpka može provesti neovisno i načini rada u kojima se crpka ne regulira samostalno, već mora biti podešena na odgovarajuću radnu točku. Veliki broj podataka može se obraditi i prenijeti pomoću dodatnih regulacijskih uređaja i kontrola.

#### 2.2.2.3.1 Konstantan diferencijalni tlak $\Delta p_c$

Elektronika održava diferencijalni tlak, koji generira crpka, konstantnim u željenom području protoka na prethodno postavljenoj zadanoj vrijednosti diferencijalnog tlaka  $H_s$ .

### 2.2.2.3.2 Promjenjiv diferencijalni tlak $\Delta p$ -v

Elektronika pretvara zadalu vrijednost diferencijalnog tlaka kako bi je crpka održavala linearno između  $H_s$  i  $1/2 H_s$ . Zadana vrijednost diferencijalnog tlaka mijenja se s protokom  $Q$  na gore ili na dolje.

### 2.2.2.3.3 Regulacija diferencijalnog tlaka s regulacijom temperature $\Delta p$ -T

Ovom vrstom upravljanja elektronika mijenja zadalu vrijednost diferencijalnog tlaka koju treba održavati crpkom, ovisno o izmjerenoj temperaturi medija. Dvije su postavke moguće s ovom vrstom kontrole:

- Upravljanje s pozitivnim učinom djelovanja (gradijent) - porastom temperature medija, linearno raste zadana vrijednost diferencijalnog tlaka. Područje primjene je npr. standardni kotao s kliznom temperaturom polaznog voda.
- Upravljanje s negativnim smjerom djelovanja (gradijent) porastom temperature medija, linearno pada zadana vrijednost diferencijalnog tlaka. Područje primjene su, između ostalog, uljni i plinski kotlovi, gdje se mora održavati određena minimalna temperatura povrata kako bi se postigao najveći mogući stupanj iskorištenja topline ogrijevnog medija. Crpu je potrebno instalirati u povratni vod instalacije.

### 2.2.2.4 Tumačenje

#### 2.2.2.4.1 Nova instalacija

Kada se instalira novi sustav grijanja podaci o učinku sustava (količina, tlak) mogu se izračunati uz pomoć računalnih programa, kako bi se mogla odabrati crpka.

#### 2.2.2.4.2 Saniranje

Pri obnovi postojećeg sustava grijanja potrebno je izvršiti približni proračun kako bi se utvrdili podaci o potrebnom kapacitetu.

Ukoliko nije dostupan nijedan program za odabir crpke, visina dizanja  $H$  i protoka  $Q_{PU}$  mogu se odrediti sa samo nekoliko podataka, a crpka se može dizajnirati pomoću podataka na web stranici proizvođača crpke ili aplikaciji za pametne telefone. Ovisno o svom izlazu, crpka mora stvoriti određeni tlak kako bi prevladala sve otpore ugrađene u sustav grijanja, kako bi ogrijevna tijela i / ili sustav podnog grijanja mogla opskrbljivati ogrjevnim vodom.

### 2.2.2.4.2.1 Protok

Volumni protok na izlazu iz tlačne strane crpke naziva se protokom ili količinom. Ako je u sustav grijanja ugrađena nova cirkulacijska crpka, njezina veličina određuje se prema protoku koristeći sljedeći izraz:

$$\text{Protok: } Q_{PU} = \frac{Q_N}{\rho \cdot c \cdot \Delta \theta} \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

Gdje su:

$Q_N$	W	Toplinska snaga
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Gustoća vode [1 kg/l]
$c$	Wh/kg.K	Spec.toplinski kapacitet
		Za vodu [1,163 Wh/kg.K]
$\Delta \theta$	K	Temperaturna razlika $\Delta \theta = (\theta_V - \theta_R)$ obično 20 K

### 2.2.2.4.2.2 Visina dizanja

Da bi crpka mogla transportirati medij do bilo koje točke u sustavu, ona mora savladati sve ugrađene otpore. Budući da je vrlo teško odrediti točno razvođenje cijevi i njihove nazivne promjere, za približni izračun visine dizanja primjenjuje se sljedeći izraz:

$$\text{Visina dizanja: } H = \frac{R \cdot L \cdot ZF}{10000} [mvs]$$

Gdje su:

$R$	Pa/m	Gubici trenja cijevi (50-150 Pa/m) (ovisno o godini gradnje zgrade; starije zgrade imaju manji gubitak tlaka, npr. 50 Pa/m, zbog korištenih većih nazivnih promjera)
$L$	m	Dužina najnepovoljnijeg voda
$ZF$		Dodatak za armaturu i fazonske komade

- Fazonski komad i armatura  $\approx 1,3$
  - Termostatski ventili  $\approx 1,7$
  - Miješajući/ nepovratni ventil  $\approx 1,2$
  - Fazonski komad i armatura + termostatski ventil  $\approx 2,2$
  - Fazonski komad i armatura + termostatski ventil + mijesajući/ nepovratni ventil  $\approx 2,6$
- 10.000 ... faktor za pretvaranje metara vodenog stupca (mvs) u paskale (Pa).

### 2.2.2.5 Primjer primjene

Prema dokumentaciji, generator topline u starijoj višestambenoj kući ima snagu od 60 kW.

S temperaturnom razlikom  $\Delta\theta$  od 20 K (temperatura polaza 70°C / temperatura povrata 50°C), to rezultira protokom  $Q_{PU}$ :

$$Q_{PU} = \frac{Q_N}{c \cdot \Delta\theta} = \frac{60}{1,163 \cdot 20} = 2,57 \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

Kada bi se ista zgrada grijala nižom temperaturnom razlikom npr. 15 K, crpka bi trebala isporučiti 1,5 puta veći volumni protok, tj. približno 3,9 m<sup>3</sup>/h kako bi mogla isporučiti potrebnu toplinsku energiju od generatora topline do potrošača topline.

U našem primjeru, gubitak tlaka zbog trenja u cijevi  $R$  trebao bi biti 50 Pa/m, duljina cijevi  $L$  za protok i povrat iznosi 170 m, a dodatak je  $ZF$  2,2, obzirom ovdje nisu ugrađeni mijesajući i nepovratni ventil. To rezultira visinom dizanja  $H$ .

$$H = \frac{R \cdot L \cdot ZF}{10.000} = \frac{50 \cdot 170 \cdot 2,2}{10.000} = 1,87 \text{ mvs}$$

#### 2.2.2.6 Učinak približnog proračuna crpke

Ako se potreba za toplinom zgrade s nepoznatim cijevnim sustavom može utvrditi samo grubim proračunom, postavlja se pitanje stvarnih učinaka. Ako se protok  $Q$  crpke smanji za 10 %, toplinska snaga radijatora smanjiti će se samo za 2 %. Isto vrijedi i ako se protok  $Q$  poveća za oko 10 %, radijatori će odavati samo oko 2 % više toplinske energije. Čak i kad bi se protok udvostručio, snaga grijanja povećala bi se samo za oko 12 %. To je zato što brzine vode u radijatorima izravno ovise o protoku. Veći protok znači kraće vrijeme zadržavanja vode u radijatoru. Pri manjem protoku, medij ima više vremena za odavanje topline prostoru.

Čak i značajno smanjenje protoka imalo bi samo manje posljedice. Na primjer, s protokom od 50 %, radijatori bi još uvijek davali oko 83 % toplinske energije u prostoru.

I uz prepostavke da potrošači dobivaju premalo toplinske energije, nije nužno predimenzionirati crpku.

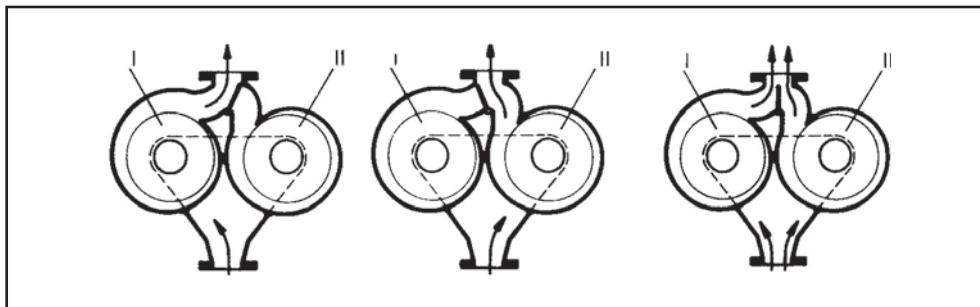
#### 2.2.2.7 Određivanje visine dizanja za potpuno nepoznate sustave

Trenutno dostupne cirkulacijske crpke s elektroničkom regulacijom brzine nude vrlo jednostavan način prilagođavanja na potrebnu visinu dobave u nepoznatom sustavu. Sljedeće točke daju kratak pregled:

- Najvažniji zahtjev je da su cijevni vodovi pažljivo uravnoteženi i da je sustav pažljivo odzračen. Prilikom odzračivanja svi regulacijski ventili moraju biti otvoreni.
- Cirkulacijske crpke imaju različite mogućnosti podešavanja visine dobave. Na početku se započinje postavljanjem najniže dobave. Kod najnepovoljnije smještenog radijatora u cijelom sustavu grijanja trebala bi biti osoba koja će osobu koja regulira crpku informirati o ponašanju radijatora. Ako topla voda za grijanje nije dosegla ovu udaljenu točku, visina dizanja se polako povećava pomoću gumba za podešavanje. Pri tome, ne treba zanemariti tromost sustava.
- Podešavanje visine dobave je završeno kada toplinska energija dođe do najnepovoljnije smještenog radijatora.

### 2.2.3 Serijski i paralelni spoj crpki

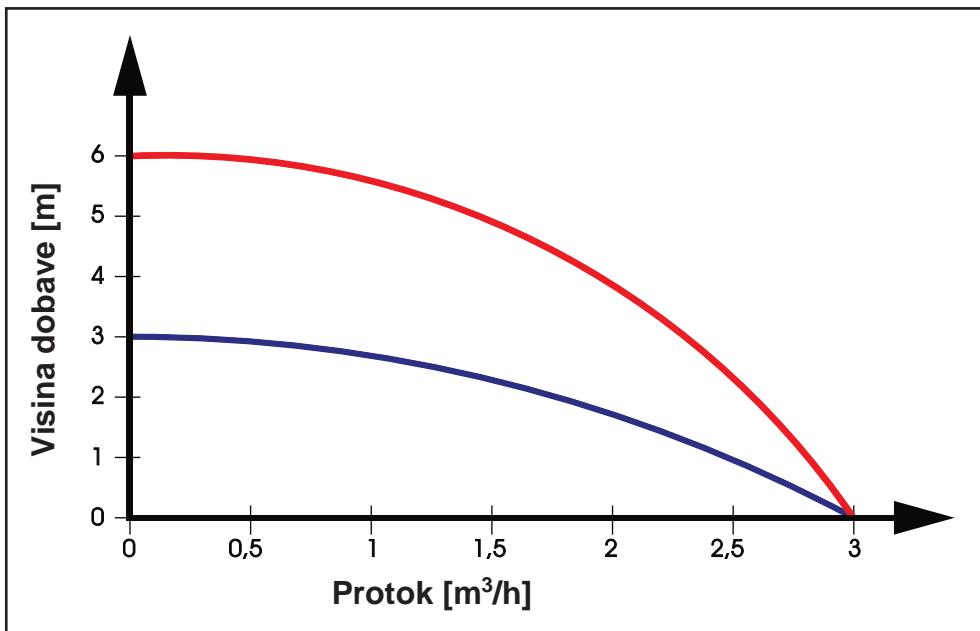
Ako je potrebna visoka razina pogonske pouzdanosti ili ako su potrebne rezerve snage, koriste se dvostrukе crpke.



Sl. 2-6 Načini rada dvostrukih crpki

Ako je visina dobave znatna uz relativno mali protok, 2 crpke se spajaju u seriju. Karakteristike crpki se zbrajaju kako je prikazano na slici 2-7. Kod nulte visine dobave ( $V = 0$ ), npr. kad 2 crpke rade uz zatvoren ventil,

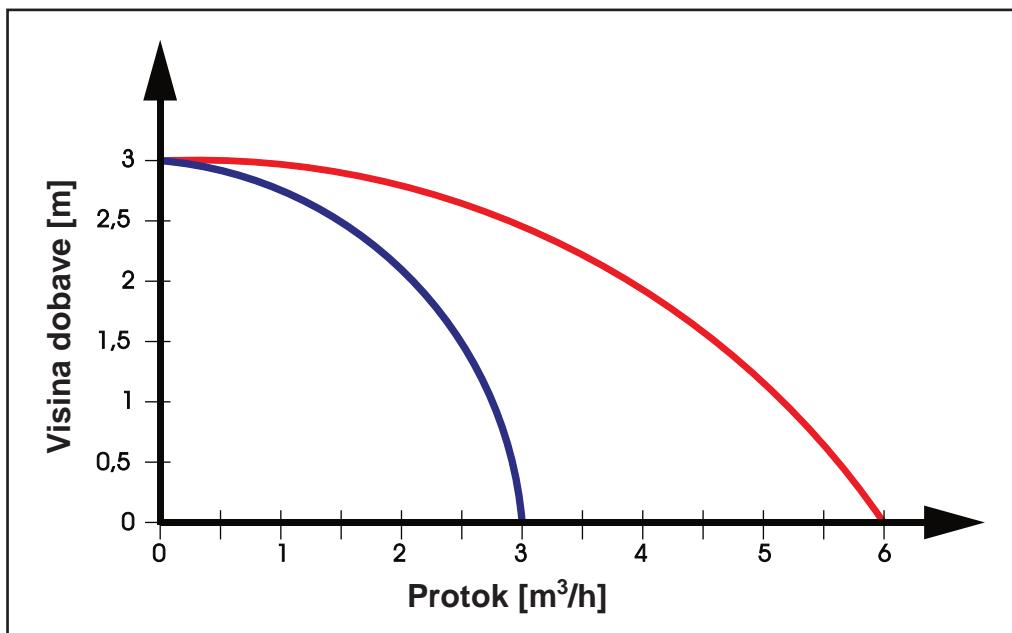
2 se visine dobave zbrajaju. U drugoj krajnoj točki, kad imamo dobavu ali bez tlaka ( $H = 0$ ), obje crpke ne mogu isporučiti zajedno više nego jedna sama.



Sl. 2-7 Serijski spoj 2 crpke

Ako je potreban veliki protok s relativno niskom visinom dobave, paralelno se koristi nekoliko crpki. Ukoliko se koriste dvije crpke istog tipa, njihove se karakteristike zbrajaju kao što je prikazano na slici 2-8.

Samo kod visine dobave ( $H = 0$ ) protok se udvostručuje. Analogno serijskom spoju, na drugoj krajnjoj točki (kad nema protoka) obje crpke zajedno nemaju veću visinu dobave od jedne same.

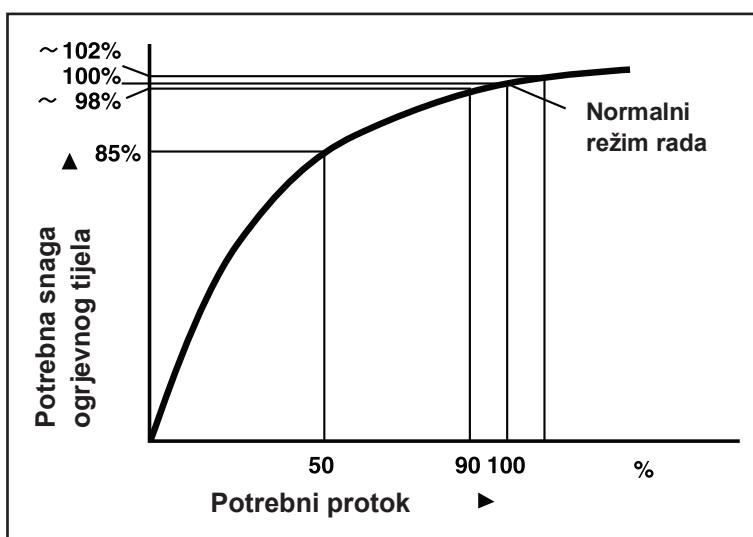


Sl. 2-8 Paralelan spoj 2 crpke

### 2.3 Izbor crpke i snaga ogrjevnog tijela

Kao što se može vidjeti iz krivulje, promjena volumnog protoka od 10% pri projektnoj temperaturi znači samo  $\pm 2\%$  promjene u izlaznoj snazi radijatora.

Slika 2-9 prikazuje tipičnu krivulju radijatora. Dijagram pokazuje kako se mijenja izlazna snaga radijatora s protokom.



Sl. 2-9 Karakteristika ogrjevnog tijela

## Primjer:

Ako se volumni protok smanji za polovicu (na 50%), to još uvijek rezultira izlaznom snagom radijatora od  $\approx 85\%$  snage grijanja  $\Phi_{100}$ .

S projektnim vrijednostima, potrebna vrijednost izračunava se iz:

Volumni protok

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} = \frac{\Phi}{c \cdot \rho \cdot \Delta\theta}$$

$$q_v = \frac{\Phi}{1,163 \cdot 0,972 \cdot \Delta\theta} = \frac{\Phi}{1,13 \cdot \Delta\theta} \quad m^3 \cdot h^{-1}$$

Za vodu 80°C

Gdje su:

$q_v$	$m^3 \cdot h^{-1}$	Volumni protok
$q_m$	$kg \cdot h^{-1}$	Maseni protok
$\Phi$	W	Toplinski tok = toplinska snaga P
$\rho$	$kg \cdot m^{-3}$	Gustoća
$c$	$Wh \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	Spec. toplinski kapacitet
$\Delta\theta$	K	$= (\theta_V - \theta_R)$ temperaturna razlika

## Primjer: odabir crpke za stambeni blok

Potrebna snaga za stambeni blok  $\Phi = 613 \text{ kW}$ ,  
 Temperature tople vode, polaz:  $\theta_V = 90^\circ \text{C}$ , povrat:  $\theta_R = 70^\circ \text{C}$   
 $\Delta\theta = 20 \text{ K}$ ,  $\rho = 0,9716$  pri  $80^\circ \text{C}$

$$q_v = \frac{\Phi}{c \cdot \Delta\theta \cdot \rho} = \frac{613}{1,16 \cdot 20 \cdot 0,9716} = 27,2 \text{ } m^3 \cdot h^{-1}$$

Visina dobave H mora pokriti ukupni gubitak tlaka u grani grijanja s najvećim padom tlaka.

Gubitak tlaka u cijevnoj mreži sastoji se od:

- **ravna cijev**                       $R \cdot l$

- **lokalni otpor**       $\sum \Delta p_E = \sum \zeta \frac{\rho}{2} w^2$

- **izvršni član, regulacijski ventil**       $p_v = 10^5 \left( \frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2$

**Ukupni pad tlaka**       $\Delta p = R \cdot l + \sum p_E + p_v$

Usvaja se:

Gubitak tlaka računa se pomoću najnepovoljnije grane sustava (obično one do najudaljenijeg potrošača) s  $R = 100 \text{ Pa/m}$ .

Za pojedinačne otpore, osim za regulacijske ventile, uzima se udio između 40-60% ukupnog pada tlaka.

Dužina sustava, polaz i povrat  $l = 223 \text{ m}$

Pad tlaka	Pa
Za dužinu cijevi $223\text{m} \cdot 100 \text{ Pa/m} = 22300 \text{ Pa} (= 60 \%)$	
Ukupni pad tlaka $100\% = \frac{22300}{60} 100 =$	37.167
3-putni mješajući ventil $k_{vs} = 200, \text{DN } 125$	
$p_v = 100 \cdot \left( \frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 = 100 \left( \frac{27,2}{200} \right)^2 = 1,85 \text{ kPa} =$	1.850
Potrebna visina dobave $\Delta p_P$	39.017
	= 3,9 mvs

Karakteristika cijevne mreže       $K^* = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}} = \frac{27,2}{\sqrt{3,9}} = 13,8$

Svaka radna točka leži na paraboličnoj karakteristici cijevne mreže.

$$q_v = K^* \sqrt{\Delta p}$$

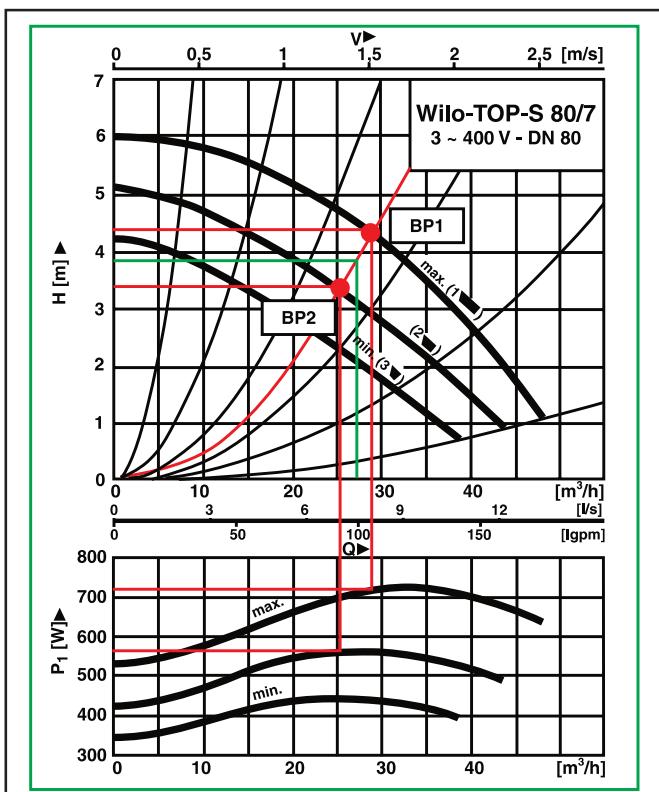
U dvostrukom logaritamskom dijagramu parabola je pravac. Budući da crpka može raditi samo duž svoje karakteristične krivulje, stvarna radna točka biti će na sjecištu dvaju pravaca.

**P**rimjer: odabir crpke

Odabir crpke:

Radna točka određuje se za prethodni primjer.

Odabrana crpka: WILO TOP-S 80 / 7



Sl. 2-10 WILO TOP-S 80 / 7 / 21 /

Određivanje radne točke za stupanj 1:

$$q_v = 29 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$H = 4,15 \text{ mvs} = 41,5 \text{ kPa}$$

$$P_{el} = 710 \text{ W}$$

Određivanje radne točke za stupanj 2:

$$q_v = 25,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$H = 3,2 \text{ mvs} = 32 \text{ kPa}$$

$$\text{Stupanj 2: } P_{el} = 570 \text{ W}$$

Potrebna električna energija:

Za stupanj 1, u 220 dana grijanja bez ljetnog isključenja slijedi za  $P_{el} = 710 \text{ W}$  i  $n = 1450 \text{ o/min}$

$$W = P_{el} \cdot t = 0,71 \cdot 5280 = 3949 \text{ kWh}$$

U pravilu, kada se sustav grijanja pusti u rad, ispostavlja se da je karakteristika cijevne mreže položitija nego što je izvorno izračunato. Uzrok je često uporaba različitih dimenzija i duljina cijevi, kao i modificirana instalacija. Ovome se dodaje ponekad izdašna upotreba približnih vrijednosti i sigurnosnih faktora u izračunu cijevne mreže.

Protok potreban sustavu prema projektu općenito se može postići manjom pumpom. Ovakav izbor rezultira nizom prednosti.

1) niži investicijski troškovi i manja potrošnja energije

2) nižom razinom buke same crpke

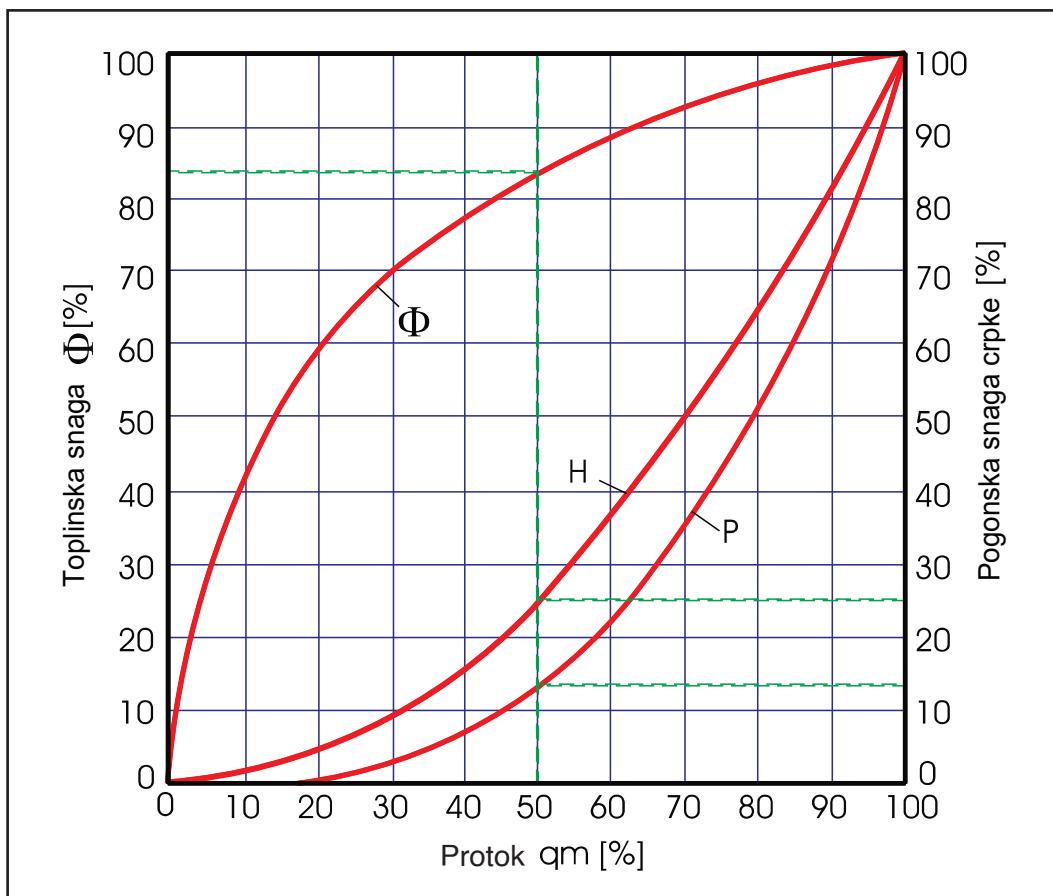
3) izbjegavaju se šumovi koji se mogu pojaviti

zbog intenzivnog protoka kod pretjerano velike crpke, posebno na termostatskim ventilima na radijatorima.

Crpu treba odabrati tako da radna točka bude u srednjoj trećini krivulje crpke. Crpka ima svoje optimalne radne karakteristike u tom području. Tu će se nalaziti točke s najvećom učinkovitošću na karakteristikama crpke.

U slučaju dvojbe, za sustave grijanja treba uvijek odabrati manju crpku.

Na slici 2-11 prikazana je toplinska snaga ogrjevnog tijela  $\Phi$ , visina dobave crpke  $H$  i pogonska snaga električne crpke  $P$  u postocima.



Sl. 2-11 Toplinska snaga i snaga crpke kao funkcija protoka

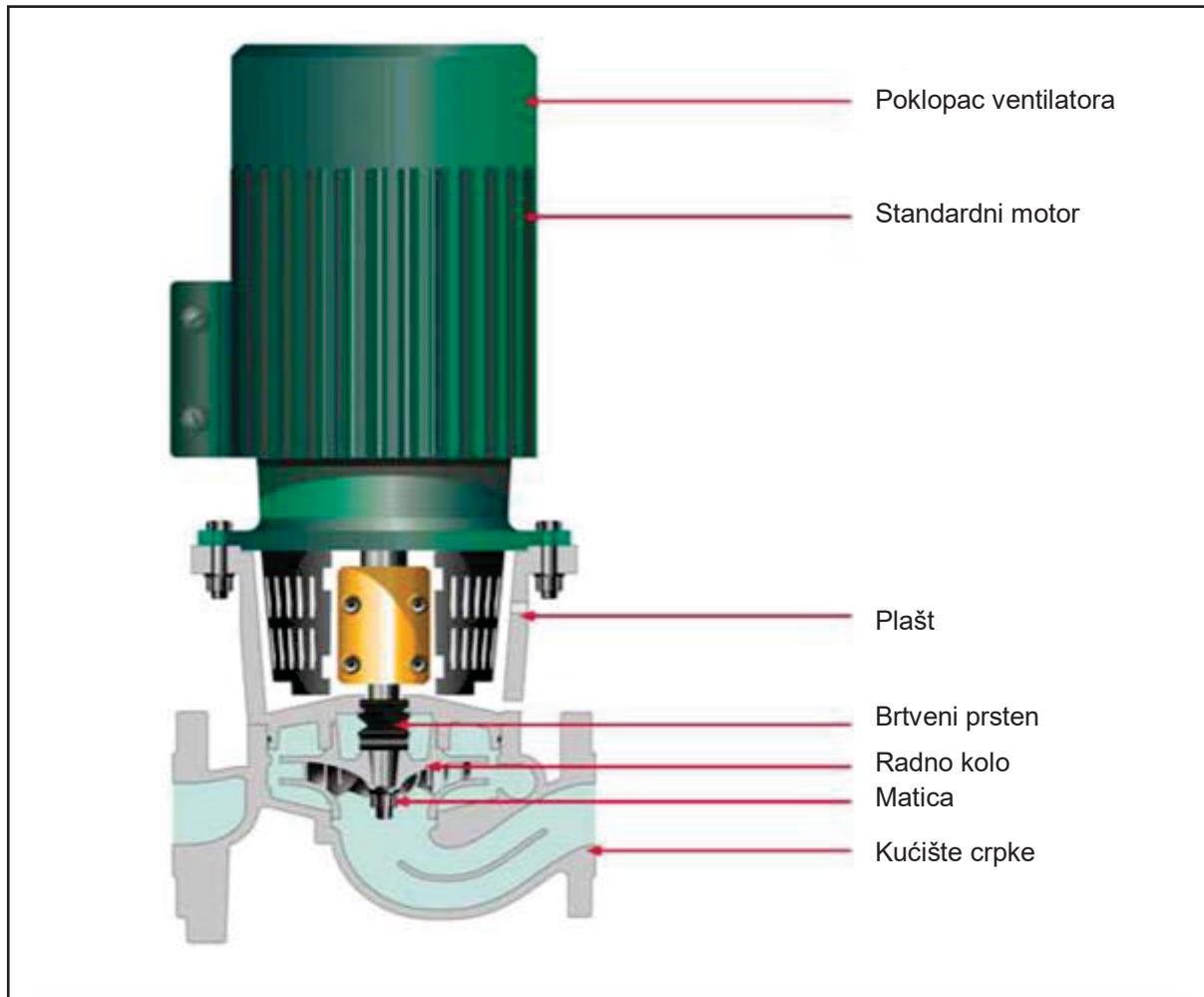
Primjer sa slike 2-11: za 50% protoka potrebno je svega 12,5% snage crpke.

Toplinska snaga ogrjevnog tijela reducira se na 82,5%.

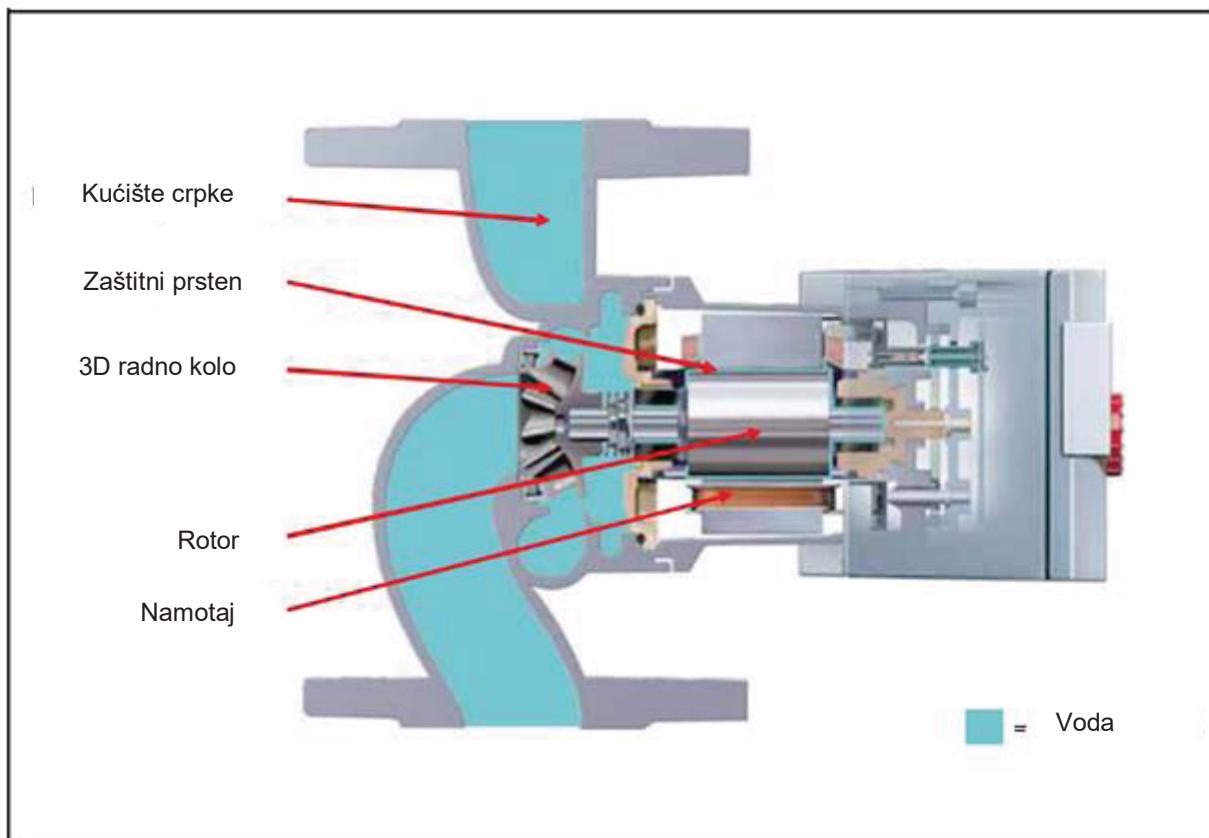
## 2.4 Vrste

U principu, crpke su pretežno konstruirane da su im usisni i tlačni priključci u liniji. U slučaju malih crpki (nazivnih širina do 100 mm), spiralno kućište crpke izrađeno je od sivog lijeva ili lima od nehrđajućeg čelika i sa prirubnicom spojenom na motor. Na kućištu mogu biti nogice za pričvršćivanje. Radna kola, izrađena od visokokvalitetne plastike, lima od nehrđajućeg čelika ili sivog lijeva, proizvedena su u različitim veličinama kako bi se mogle mijenjati visine dobave. Ovisno o potrebnoj visini dobave, aksijalne crpke se koriste za manje visine, a radikalne crpke za veće visine. Za grijanja se uglavnom koriste dvije vrste crpki; crpke sa mokrim rotorom i crpke sa suhim rotorom.

Obje su vrste dostupne i kao jednostrukе i kao dvostrukе jedinice. Kod mokrih rotora svi rotacijski dijelovi su u vodi, a brtljenje se osigurava zaštitnim prstenom. Voda za grijanje također služi za podmazivanje ležajeva rotora. Ovakve crpke su tihe i praktički ne trebaju održavanje. Raspon snage im je između 10W i 2,5kW, što približno odgovara visini dobave do 12m i protoku do 100m<sup>3</sup>/h. S druge strane, kod crpki sa suhim rotorom osovina je zatvorena mehaničkom brtvom izrađenom od visokokvalitetnih keramičkih materijala, što rezultira dugim vijekom trajanja. Nivo buke kod ovih crpki nešto je veći od buke kod onih s mokrim rotorom.



Sl. 2-12 Presjek crpke sa suhim rotorom (proizvod: Wilo)

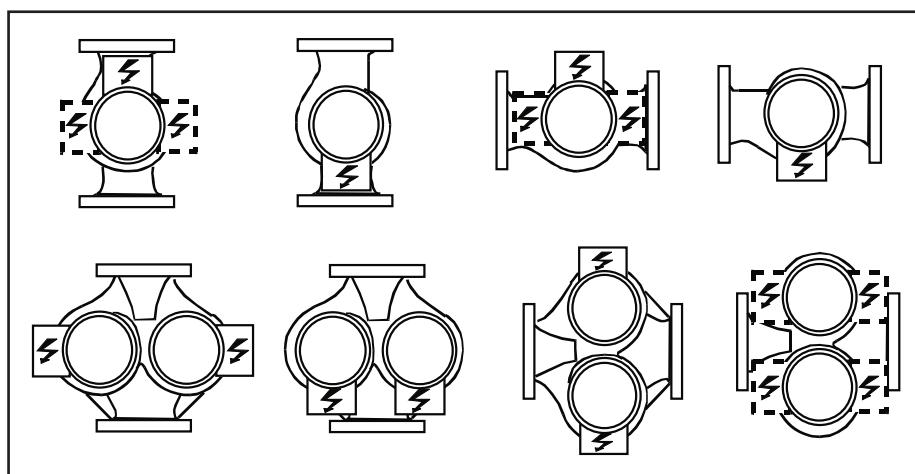


Sl. 2-13 Presjek crpke s mokrim rotorom (proizvod: Wilo)

#### 2.4.1 Ugradnja

Usisni priključak crpki trebao bi imati najmanji mogući otpor kako bi se postigli povoljni uvjeti protoka. Iz razloga održavanja, na usisnom i tlačnom priključku mora biti postavljen zaporni ventil. U osnovi se pumpe mogu ugraditi u polazni kao i u povratni vod.

Međutim, zbog zagrijavanja poželjna je ugradnja u povratni vod. Smjer ugradnje vrlo je važan za mokre rotore. Budući da voda za grijanje istovremeno služi za podmazivanje i hlađenje, osovina pumpe mora uvijek biti postavljena vodoravno kako bi se osigurao nesmetan rad. U vertikalnom položaju rad je nestabilan i to bi brzo dovelo do kvara crpke.



Sl. 2-14 Dopušteni položaji ugradnje /21/

### 3 Karakteristike radnog tlaka

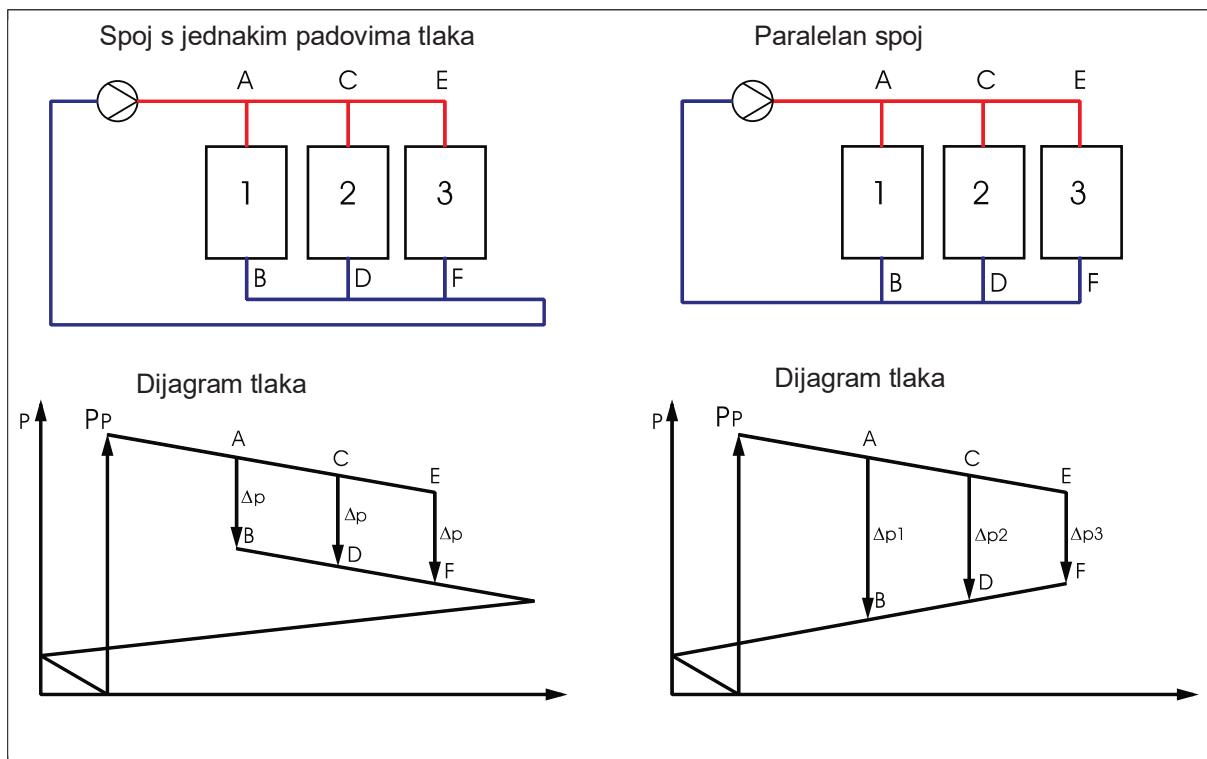
#### 3.1 Raspored tlaka u sustavu

Mesta na kojima se od polaznog i povratnog voda odvajaju ogranci nazivamo čvorovima.

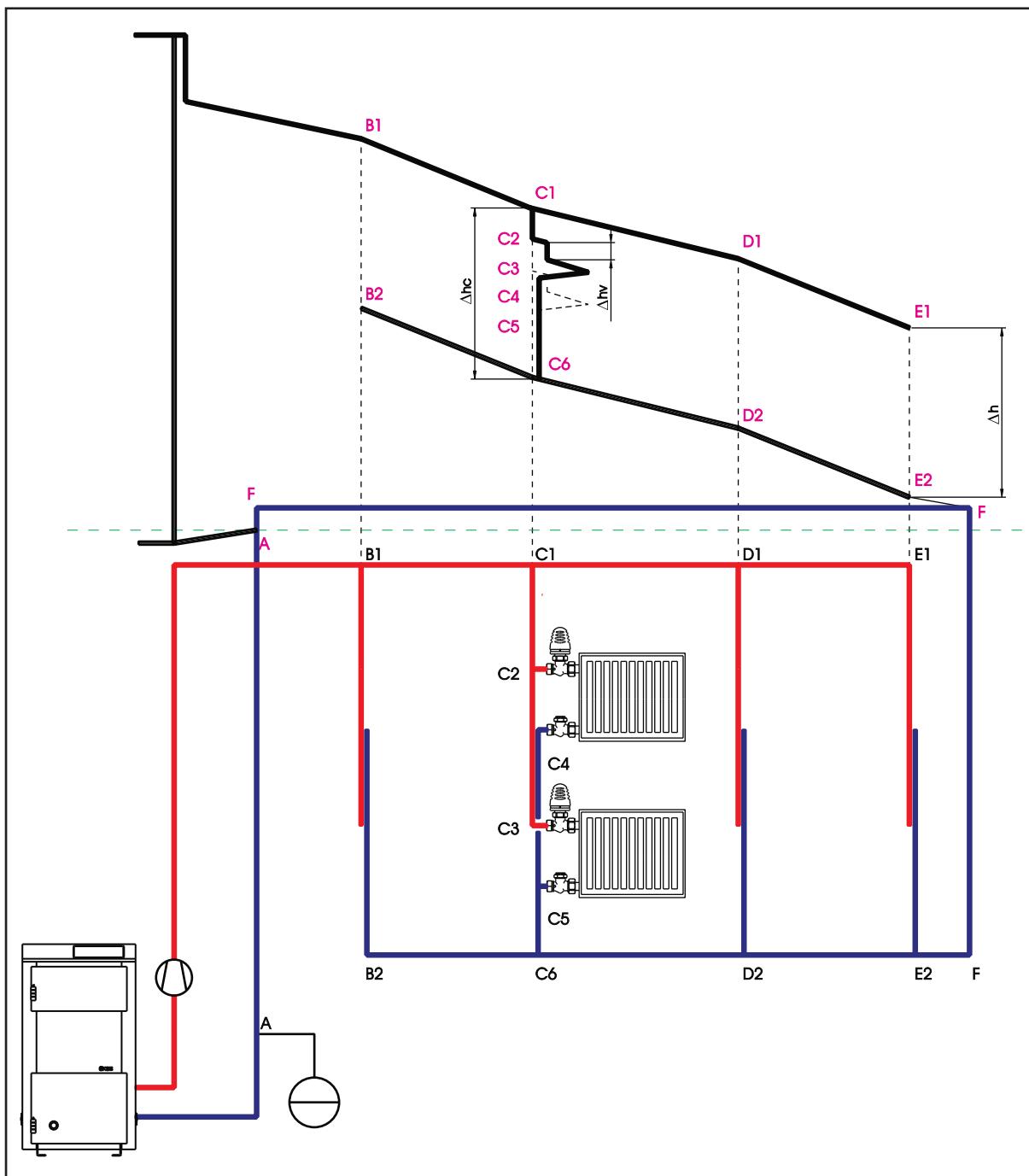
Zbog gubitaka tlaka u vodovima, postoji razlika tlaka u čvorovima.

Za svaki se sustav može nacrtati dijagram tlaka. Diferencijalni tlak u čvoru KDD može se uzeti iz karakteristike radnog tlaka. To je prikazano na slici 3-1 s konvencionalnim paralelnim priključkom i paralelnim spojem prema Tichelmannu (spoj sa jednakim padovima tlaka).

Analogno vrijedi i za priključke ogrjevnih tijela.



Sl. 3-1 Raspodjela tlaka u toplovodnom grijanju

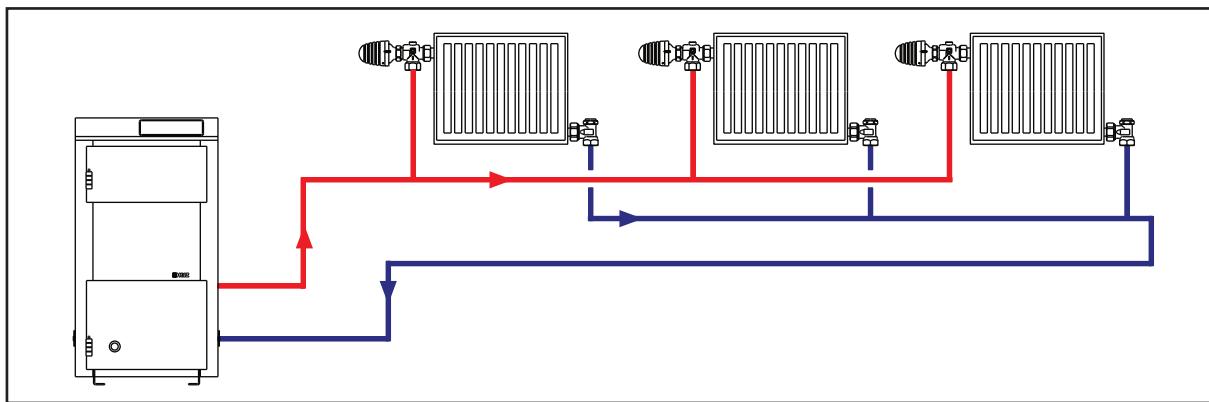


Sl. 3-2 Raspodjela tlakova u 2-cijevnom grijanju izvedenog prema Tichelmann-u

#### Spoj s jednakim padovima tlaka prema TICHELmann-u:

A. Tichelmann je predložio poseban način razvoda kod kojeg svaki radijator ima od kotla jednaku duljinu kruga. Međutim, isti gubitak tlaka u svakom radijatoru događa se samo ako su svi radijatori iste snage.

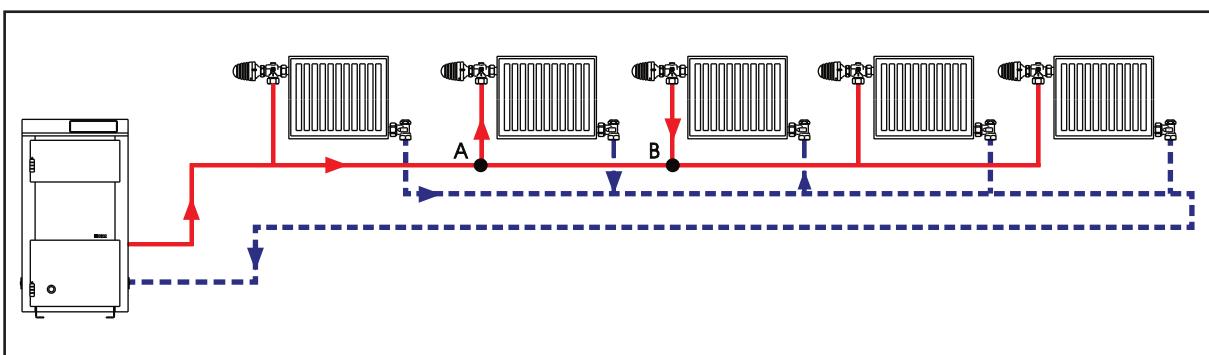
Samim tim su i protoci kroz ogrjevna tijela jednaki. Stoga bi proračun cijevne mreže u ovom slučaju bio pojednostavljen i uz ispravan raspored bile bi potrebne samo manje prilagodbe.



Sl. 3-3 Spoj prema Tichelmann-u – raspored cijevi

Može biti problema i s Tichelmannovim sustavom; kada je gubitak tlaka s jedne grane na drugu veći nego kroz radijatore. U tom slučaju može doći do natražnog strujanja kroz radijatore.

Na slici 3-4, cirkulacija u ogrjevnim tijelima kruga grijanja nije ispravna ako pad tlaka između A i B postane prevelik. Radijator ima natražno strujanje. Međutim, ovo je cisto teoretsko razmatranje i gotovo se nikada ne događa u praksi.

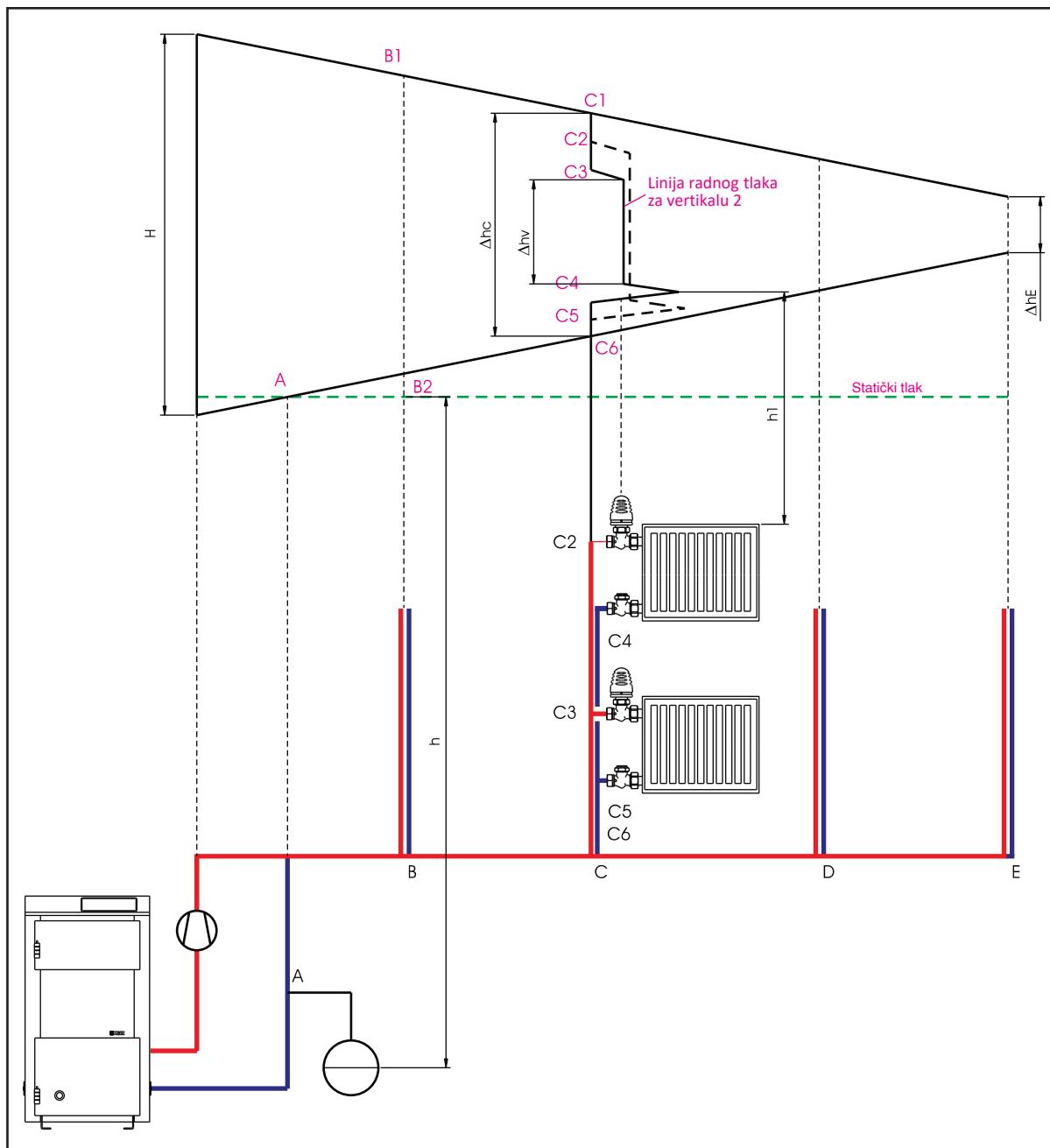


Sl. 3-4 Mogući načini cirkulacije u spoju prema Tichelmann-u

#### Primjena:

Iako primjena sustava Tichelmann omogućuje ravnomjernu raspodjelu tlaka, ovaj primjer pokazuje da gubitak tlaka treba izračunati i za jednostavne hidrauličke mreže. Sustav prema Tichelmann-u u biti pokazuje svoju prednost tamo gdje sve jedinice za pretvorbu energije ili uređaji daju ili odaju istu snagu.

To bi mogao npr. biti slučaj kod spajanja nekoliko kotlova ili izmjenjivača topline na jedan glavni vod, kod spajanja potrošača topline u prstenasti sustav ili kod napajanja sustava površinskog grijanja ili zračećih panela i solarnih kolektora.

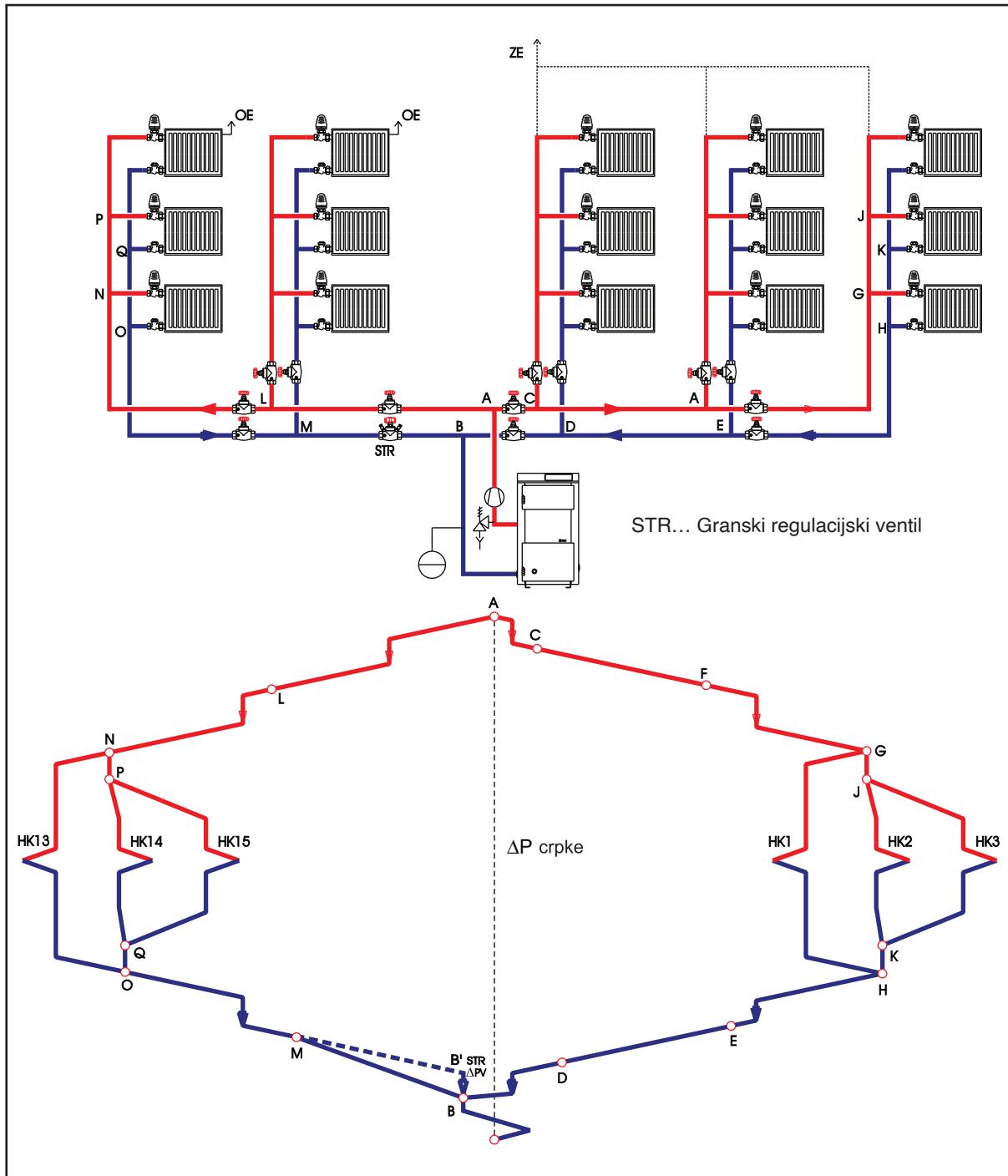


Sl. 3-5 Raspored tlaka za 2-cijevno grijanje s donjim razvodom

U točkama B, C, D, E dižu se vertikale 1 do 4 pri čemu se točke C1 ..... C6 odnose na vertikalnu 2

$\Delta h_E$  = Diferencijalni tlak u čvoru KDD za vertikalnu 4  
 $h_1$  = Potreban tlak za radijator HK 1

- $H$  = Visina dobave crpke
- $\Delta h_C$  = Diferencijalni tlak u čvoru KDD za vertikalnu 2
- $\Delta h_V$  = Pad tlaka koji se mora ostvariti na ventilu radijatora 1



Sl. 3-6 Raspored tlaka za sustav toplovodnog grijanja s donjim razvodom (zatvoreni sustav: desno s centralnim odzračivanjem, lijevo s pojedinačnim odzračivanjem)

Za 2-cijevni sustav grijanja s donjim razvodom na sl. 3-6 prikazan je dijagram raspodjele tlakova.

Prvo je opisana desna strana gledano od točke A. Padovi tlaka na pojedinim granama  $\overline{AC}, \overline{CF}, \overline{FG}, \overline{GJ}$  smanjuju narinuti tlak  $\Delta P$ . Hidrostatski tlak sustava ne uzima se u obzir. Unosi se pad tlaka na ogrjevnem tijelu kruga grijanja HK 3. On mora biti isti kao na krugu grijanja HK 2. Zato za ogrjevno tijelo kruga grijanja HK 1 imamo KDD od G do H koji se mora ostvariti preko ugrađenog regulacijskog ventila na ogrjevnem tijelu HV (prikazano na zrcalnoj slici).

Sada su za dijelove cjevovoda uneseni padovi tlaka u dijelu  $\overline{HE}, \overline{ED}$  i  $\overline{DB}$ . To isto se radi za lijevi dio počevši od A i završavajući na B'. Ostaje razlika tlaka od B'-B, koja se postiže u dijelu cjevovoda  $\overline{MB}$  ugradnjom regulacijskog ventila. Kompenzaciju tlaka možete vidjeti pomoću balansirajućeg ventila u dijelu cjevovoda  $\overline{MB}$  (vidi sliku 3-6).

## 4 Sustavi za zagrijavanje prostora

### 4.1 Potrebni podaci

Za dimenzioniranje sustava grijanja mora se uzeti u obzir sljedeće:

- (1) Svrha (npr. korištenje prostora i temperatura prostora)
- (2) Sustav ogrjevnih tijela (npr. člankasti ili pločasti radijatori, konvektorsko ili integrirano grijanje)
- (3) Sustav opskrbe toplinom (npr. kotlovi, izmjenjivači topline, dizalice topline, solarni kolektori)
- (4) Energetski optimirani sustavi (npr. niskotemperaturni sustav, sustav s povratom otpadne topline)
- (5) Predviđene temperature medija nosioca topline.

### 4.2 Dimenzioniranje sustava za zagrijavanje prostora

Sljedeće se definicije primjenjuju na pojedinačne elemente sustava:

#### (1) Člankasti i pločasti radijatori

Standardne snage radijatora čine osnovu za dimenzioniranje. Moraju se uzeti u obzir faktori koji mijenjaju učin radijatora; način spajanja, način ugradnje ili vrsta boje.

Preračunavanje standardnih snaga grijanja na druge temperature prostora i / ili druge srednje korigirane temperature medija nosioca topline (temperature medija grijanja) mora se provesti u skladu s ÖNORM M 7513.

#### (2) Konvektori

Dimenzioniranje se mora provesti u skladu s proizvođačevim specifikacijama, pri čemu se moraju uzeti u obzir promjene izvedbe (npr. srednja korigirana temperatura nosioca topline, ugradnja u otvore).

#### (3) (Integrirano) grijanje - podno grijanje

Pri dimenzioniranju podnog grijanja moraju se koristiti standardizirane metode proračuna koje se nadopunjaju relevantnim podacima proizvođača.

#### (4) (Integrirano) grijanje – ostali sustavi

Za dimenzioniranje se moraju koristiti podaci proizvođača i / ili podaci u odgovarajućoj stručnoj literaturi. Pri dimenzioniranju stropnog grijanja zračenjem moraju se uzeti u obzir temperatura zračenja, geometrijski parametri, namjena i stambena površina.

#### (5) Druge vrste ogrjevnih tijela

Za dimenzioniranje moraju se koristiti podaci proizvođača ili, ako nisu dovoljni, podaci u odgovarajućoj stručnoj literaturi. Kada se koriste posebne vrste uređaja, kao što su na primjer, ventilatorski konvektori moraju se uzeti u obzir sljedeće karakteristike: nivo buke, toplinska udobnost (vidi ÖNORM H 6000-3), udio vanjskog zraka, povrat topline.

Većina tvrtki danas nudi računarske programe za dimenzioniranje svojih sustava grijanja. To često može uvelike pojednostaviti projektiranje. Ipak, važno je znati teorijsku pozadinu na kojoj se temelje programi.

### 4.3 Odabir temperature

Pri odabiru temperature sustava moraju se uzeti u obzir i izvor toplinske energije i potrebna energija za grijanje. Budući da su kondenzacijski kotlovi danas vrhunski i zahtijevaju niske temperature povrata, uvijek treba težiti održavanju temperature sustava što nižim.

Kada se koriste dizalice topline, treba dimenzionirati toplinski sustav tako da nisu potrebne pretjerano visoke temperature polaza.

Preporučuju se sljedeći odabir temperatura prema ÖNORM H 5150-1:

- sustavi grijanja dizalicom topline  
≤ 50 °C temperatura polaza
- sustavi grijanja kondenzacijskim kotlom  
35 °C temperatura povrata
- za ostale sustave grijanja  
75°C temperatura polaza.

### 4.4 Napomene za projektiranje

Svaki element sustava za odavanje topline (člankasti radijatori, pločasti radijatori, konvektori, krug grijanja integriranog sustava grijanja, npr. podno grijanje, zidno grijanje) treba imati

- mogućnost regulacije,
- odvajanje s mreže s obje strane,
- mogućnost pražnjenja
- mogućnost odzračivanja  
(DIN 18380)

- (1) S integriranim grijanjem, posebno s podnim grijanjem, može se kombinirati ispuštanje i odzračivanje nekoliko krugova grijanja (npr. u razdjelniku kruga grijanja).
- (2) U slučaju različitih sustava za odavanje topline (kao što su radijatori, integrirani grijaci i drugi tipovi radijatora), potrebno je ugraditi zasebne elemente regulacije.

- (3) Ako su korištene jedinice neovisne jedna o drugoj, povezane na sustav odavanja topline, potrebno je ugraditi zasebne elemente regulacije za svaku uporabnu jedinicu.
- (4) Ako se planira naplata troškova grijanja na temelju potrošnje, trebaju se ugraditi razdjelnici topline. Uz to se moraju poštivati zakonske odredbe i relevantni zahtjevi ÖNORMEN M 5920, M 5921, M 5922 i EN 835.
- (5) U slučaju priključka na daljinsko grijanje, također se moraju poštivati smjernice odgovarajuće tvrtke za opskrbu toplinom daljinskim grijanjem.

### 4.5 Osnove proračuna

Opterećenje grijanja (zahtjev za toplinskom snagom) utvrđeno po prostoriji u skladu s ÖNORM M 7500-1 (nacionalni dodatak ÖNORM EN 12831) treba koristiti - bez dodataka i odbitaka - za izračun toplinske snage sustava za odavanja topline. Dodaci mogu biti potrebni za povremene gubitke topline zbog utjecaja vjetra (npr. za prostorije na sjeverozapadnom položaju). U slučaju dogovorenih dužih prekida rada, mora se uzeti u obzir dodatak za prekid rada.

Ako se uvjeti rada promijene, učin radijatora će se promijeniti u odnosu na standardni učin.

Zahtjev:

Toplinski učin koji stvarno daju individualne ogrjevne površine i površine podnog grijanja u radnim uvjetima  $\Phi$  mora biti veći ili jednak potrebnom opterećenju grijanog prostora  $\Phi_n$ .

$$\Phi \geq \Phi_n$$

Pomoću potrebnog toplinskog opterećenja  $\Phi_n$  može se odrediti broj članaka za člankaste radijatore ili dužnog metra za pločaste radijatore.

$$N \geq \frac{\Phi_n}{\Phi_{1N} \cdot f_g}$$

$\Phi_{1N}$  in W/članak ili W/metar = spec. nazivni učin ogrjevnog tijela određena normom ÖNORM EN 442-2.

$f_g$  je ukupan faktor korekcije u odnosu na standardne vrijednosti dobivene ispitivanjem.

Međutim, obično se ne daje izlazni učin po elementu ili m, već učin cijelog radijatora, ovisno o tipu, duljini i visini.

Za pločaste radijatore možemo učin  $\Phi$  odrediti sa slike 4-1.

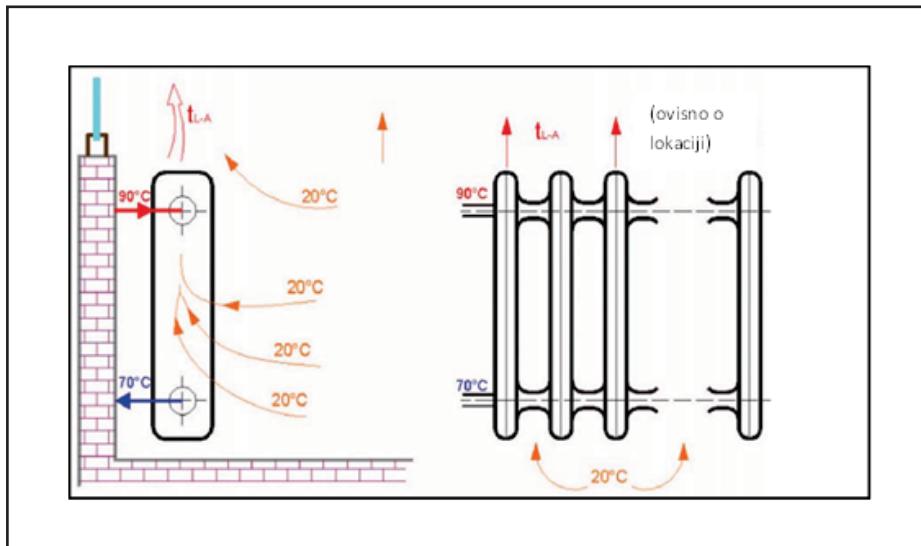
Ugradbena visina [mm]	300			400			500				600			
Ugradbena duljina [mm]	Typ 22	Typ 33	Typ 11	Typ 22	Typ 33	Typ 11	Typ 21	Typ 22	Typ 33	Typ 11	Typ 21	Typ 22	Typ 33	
<b>400</b>						<b>333</b>				<b>392</b>	<b>538</b>	<b>693</b>	<b>956</b>	
<b>500</b>			<b>338</b>	<b>623</b>		<b>417</b>	<b>577</b>	<b>747</b>		<b>490</b>	<b>673</b>	<b>866</b>	<b>1.195</b>	
<b>600</b>	<b>589</b>	<b>809</b>	<b>406</b>	<b>747</b>	<b>1.027</b>	<b>500</b>	<b>692</b>	<b>896</b>	<b>1.234</b>	<b>588</b>	<b>807</b>	<b>1.039</b>	<b>1.433</b>	
<b>700</b>			<b>473</b>	<b>872</b>		<b>583</b>	<b>807</b>	<b>1.046</b>	<b>1.439</b>	<b>686</b>	<b>942</b>	<b>1.212</b>	<b>1.672</b>	
<b>800</b>	<b>786</b>	<b>1.079</b>	<b>541</b>	<b>996</b>	<b>1.369</b>	<b>666</b>	<b>922</b>	<b>1.195</b>	<b>1.645</b>	<b>784</b>	<b>1.076</b>	<b>1.386</b>	<b>1.911</b>	
<b>900</b>	<b>884</b>	<b>1214</b>	<b>608</b>	<b>1.121</b>	<b>1.540</b>	<b>750</b>	<b>1.038</b>	<b>1.345</b>	<b>1.850</b>	<b>882</b>	<b>1.211</b>	<b>1.559</b>	<b>2.150</b>	
<b>1000</b>	<b>982</b>	<b>1.349</b>	<b>676</b>	<b>1.245</b>	<b>1.711</b>	<b>833</b>	<b>1.153</b>	<b>1.494</b>	<b>2.056</b>	<b>980</b>	<b>1.345</b>	<b>1.732</b>	<b>2.389</b>	
<b>1100</b>	<b>1.080</b>	<b>1.484</b>	<b>744</b>	<b>1.370</b>	<b>1.882</b>	<b>916</b>	<b>1.268</b>	<b>1.634</b>	<b>2.262</b>	<b>1.078</b>	<b>1.480</b>	<b>1.905</b>	<b>2.628</b>	
<b>1200</b>	<b>1.178</b>	<b>1.619</b>	<b>811</b>	<b>1.494</b>	<b>2.053</b>	<b>1.000</b>	<b>1.384</b>	<b>1.793</b>	<b>2.467</b>	<b>1.176</b>	<b>1.614</b>	<b>2.078</b>	<b>2.867</b>	
<b>1400</b>	<b>1.375</b>	<b>1.889</b>	<b>946</b>	<b>1.743</b>	<b>2.395</b>	<b>1.166</b>	<b>1.614</b>	<b>2.092</b>	<b>2.878</b>	<b>1.372</b>	<b>1.883</b>	<b>2.425</b>	<b>3.345</b>	
<b>1600</b>	<b>1.571</b>	<b>2.158</b>	<b>1.082</b>	<b>1.992</b>	<b>2.738</b>	<b>1.333</b>	<b>1.845</b>	<b>2.390</b>	<b>3.290</b>	<b>1.568</b>	<b>2.152</b>	<b>2.771</b>	<b>3.822</b>	
<b>1800</b>	<b>1.768</b>	<b>2.428</b>	<b>1.217</b>	<b>2.241</b>	<b>3.080</b>	<b>1.499</b>	<b>2.075</b>	<b>2.689</b>	<b>3.701</b>	<b>1.764</b>	<b>2.421</b>	<b>3.118</b>	<b>4.300</b>	
<b>2000</b>	<b>1.964</b>	<b>2.698</b>	<b>1.352</b>	<b>2.490</b>	<b>3.422</b>	<b>1.666</b>	<b>2.306</b>	<b>2.988</b>	<b>4.112</b>	<b>1.960</b>	<b>2.690</b>	<b>3.464</b>	<b>4.778</b>	
<b>2200</b>	<b>2.160</b>	<b>2.968</b>		<b>2.739</b>	<b>3.764</b>	<b>1.833</b>	<b>2.537</b>	<b>3.287</b>		<b>2.156</b>	<b>2.959</b>	<b>3.810</b>		

Sl. 4-1 Standardni učini pločastih radijatora za normirane temperature 75/65/20 °C (primjer proizvod Stelrad)

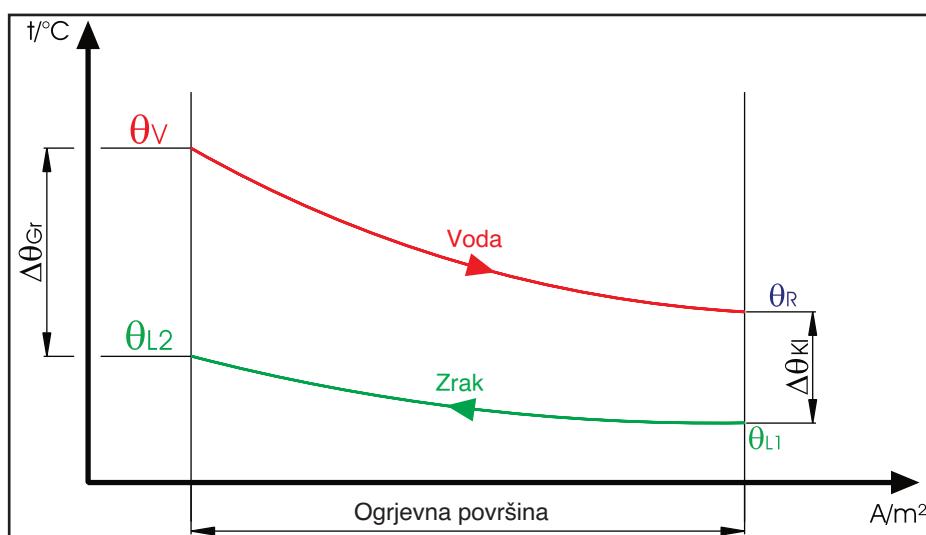
## 4.6 Ogrjevno tijelo kao izmjenjivač topline

Ogrjevno tijelo može se promatrati kao protusmjerni izmjenjivač topline.

Prepostavimo li temperaturu zraka  $\theta_L$ , konstantnom, i jednakoj temperaturi prostorije  $\theta_i$  slijedi za srednju logaritamsku temperaturu.



Sl. 4-2 Temperature ogrjevnog tijela



Sl. 4-3 Promjene temperatura na ogrjevnom tijelu

Odana toplina ovisna je o srednjoj logaritamskoj temperaturi:

$$\Phi = U \cdot A \cdot \Delta T_{ln} \quad \Delta T_{ln} = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

Srednja logaritamska temperatura

Za normirane temperature 75/65/20 °C biti će  $\Delta T_{ln} = 49,83$  K.

A	$m^2$	Površina ogrjevnog tijela (idealna površina, faktor rebra za konvekcijski dio)
U	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	Koeficijent prolaza topline, ovisan je o koeficijentu prijelaza na strani zraka.
$\Delta T_{ln}$	K	Srednja logaritamska temperatura
$\theta_V$	°C	Temperatura polaza
$\theta_R$	°C	Temperatura povrata
$\theta_i$	°C	Unutarnja temperatura = temperatura prostorije
$\Phi$	W	Odana toplina s ogrjevnog tijela

$$\Delta T = \frac{\theta_V + \theta_R}{2} - \theta_i$$

Srednja logaritamska temperatura je razlika između srednje temperature vode i referentne temperature prostora.

Kako  $U$  nije lako izračunati, učin se ogrjevnog tijela određuje mjerom na ispitnoj liniji prema ÖNORM EN 442-2.

Otuda se može odrediti specifična toplinska snaga po članku ili metru ogrjevnog tijela  $\Phi_{1N}$ .

Karakteristična krivulja ogrjevnog tijela opisuje odavanje topline u funkciji njegove nadtemperature pri konstantnom protoku vode. Karakteristika je eksponencijalna funkcija s određenim eksponentom  $n$ .

Odana toplina

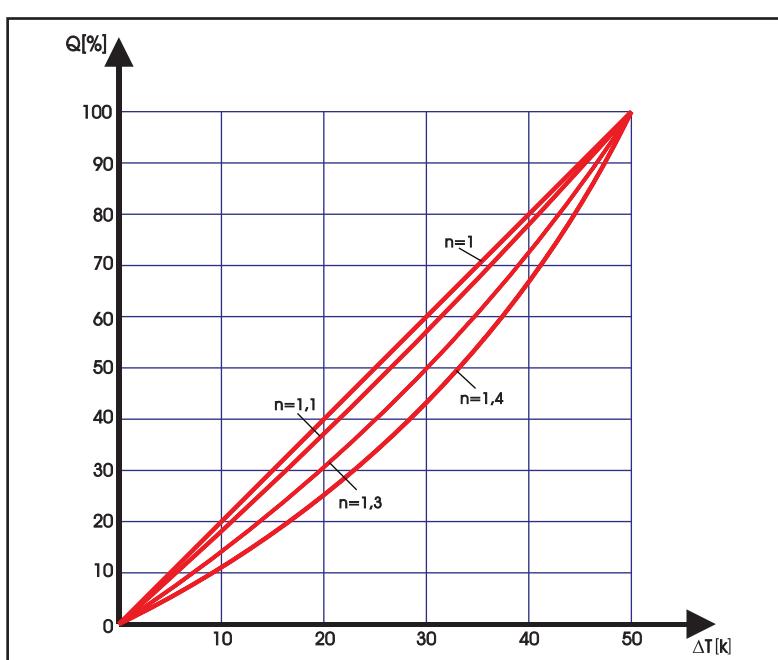
$$\Phi = K_m \cdot \Delta T^n$$

$K_m$  – konstanta modela ogrjevnog tijela

Eksponenti n krivulja snage ogrjevnog tijela mogu se naći u podacima proizvođača za odabranu vrstu radijatora.

Uobičajene vrijednosti za

Konvektori	$n = 1,4$
Radijatori	$n = 1,3$
Pločasti radijatori	$n = 1,2 \dots 1,3$
Podno grijanje	$n = 1,1$



Sl. 4-4 Krivulje učina ogrjevnog tijela  $\theta_i = 20$  °C.

Potreban protok medija dobije se iz potrebne snage  $\Phi$ .

Maseni protok je:

$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot (\theta_V - \theta_R)}$$

Gdje su:

$\theta_V$	°C	Temperatura polaza
$\theta_R$	°C	Temperatura povrata
$\Phi$	W	Učin ogrjevnog tijela
$q_m$	kg.s <sup>-1</sup>	Protok vode
$c$	kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	Spec. toplinski kapacitet

H<sub>2</sub>O pri 20 °C: c = 4,183 kJ/kgK

## 4.7 Toplinski učin ogrjevnog tijela

### 4.7.1 Standardni toplinski učin

Standardni toplinski učin  $\Phi_N$  = nazivni učin dobiven je prema postupku ispitivanja danim u ÖNORM EN 442-2 pri sljedećim parametrima:

temperatura polaza

$$\theta_V = 75^\circ\text{C}$$

temperatura povrata

$$\theta_R = 65^\circ\text{C}$$

temperatura prostora

$$\theta_L = 20^\circ\text{C}$$

srednja toplina nosioca topline

$$\Delta T_n = 50 \text{ K}$$

pri srednjoj logaritamskoj temperaturi

$$\Delta T_{ln} = 49,83 \text{ K}$$

### 4.7.2 Smanjeni učin ogrjevnog tijela

Stvarni toplinski učin ogrjevnog tijela smanjena je u odnosu na standardni učin  $\Phi_N$  zbog nekoliko utjecajnih faktora.

Toplinski učin  $\Phi$  izračunava se iz standardnog učina pomnoženog s faktorima snage, pod uvjetom da protok ogrjevnog medija nema utjecaja na izlaz topline.

$$\Phi = \Phi_N \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 = \Phi_N \cdot f_g$$

$$f_g = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$$

Tab. 7-1: Faktori učina:

	Utjecajni parametar
$f_1$	Temperatura
$f_2$	Način priključivanja
$f_3$	Pokrov, niša
$f_4$	Metalni slojevi
$f_5$	Učestalost rada
$f_g$	Sveukupni faktor

#### 4.7.2.1 Faktori učina

Faktori učina ukazuju na odstupanja u toplinskom učinu ogrjevnog tijela u radnim uvjetima u usporedbi sa standardnim uvjetima (tijekom ispitivanja).

##### f<sub>1</sub> Faktor temperature

$$f_1 = \frac{1}{NTF} = \left( \frac{\Delta T_{\bar{n}}}{49,83} \right)^n$$

Recipročna vrijednost faktora temperature naziva se niskotemperaturni faktor i označava sa NTF .

### Pojednostavljeni postupak izračuna prema ÖNORM M 7513

Izračunava se preko srednje nadtemperaturu nosioca topline pomoću izraza:

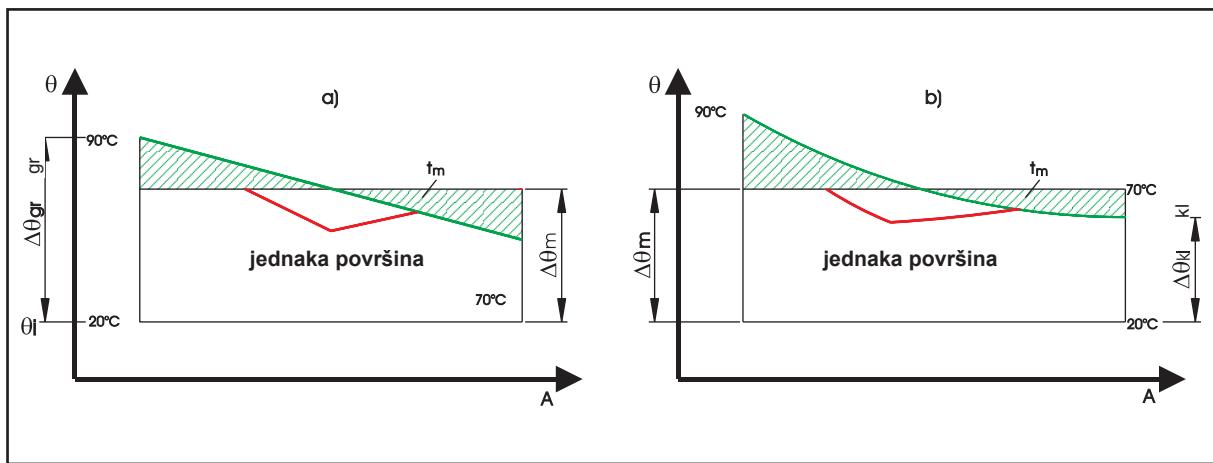
$$\Delta T_{\bar{u}} = \frac{\theta_v + \theta_r}{2} - \theta_i$$

$$f_1 = \frac{1}{NTF} = \left( \frac{\Delta T_{\bar{u}}}{50} \right)^n$$

Što znači da je jednaka srednjoj logaritamskoj temperaturi  $\Delta T_{\bar{u}} = \Delta T_{ln}$

Srednja nadtemperatura nosioca topline  $\Delta T_{\bar{u}}$  mijenja se linearno (Slika 4-5a) u području:

$$c = \frac{\theta_r - \theta_i}{\theta_v - \theta_i} \geq 0,7$$

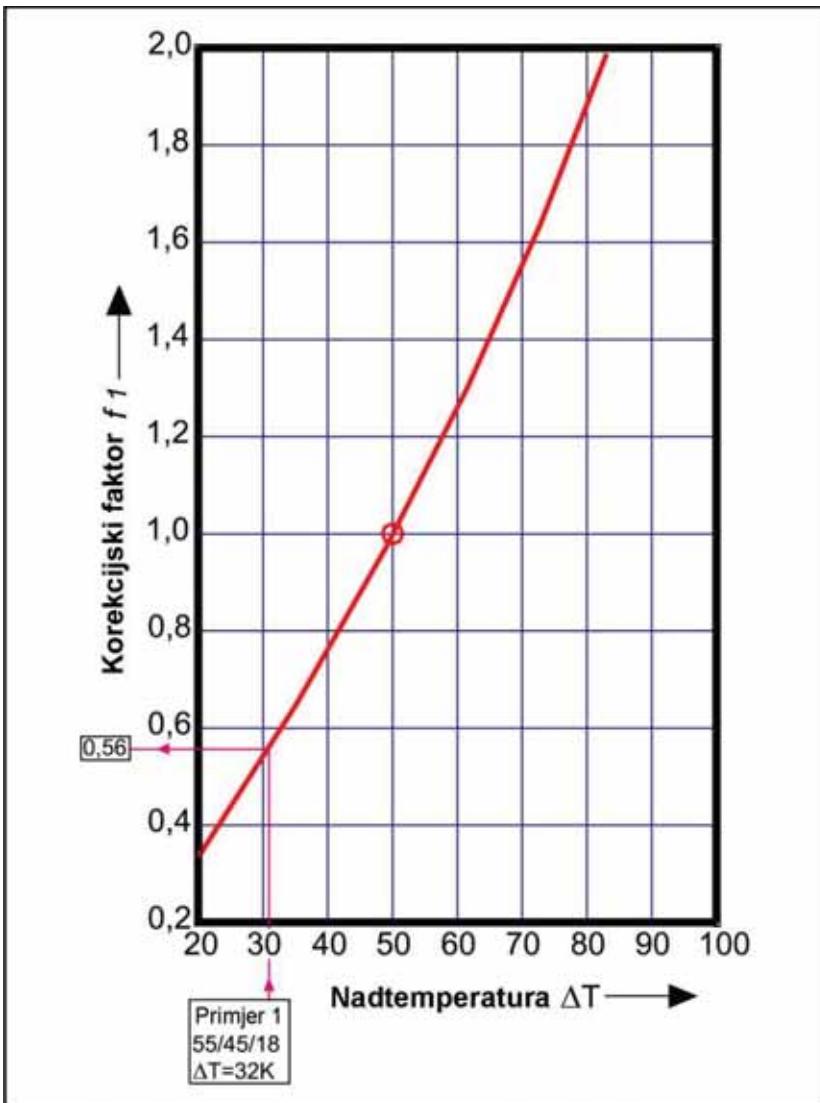


Sl. 4-5 a) pojednostavljena i b) stvarna promjena temperature ogrjevnog tijela

Niskotemperaturni faktori za pojedine temperature, mogu se uzeti iz tablice 4-2.

Tab. 4-2 Temperaturni faktor NTF za  $n = 1.3$  pri normiranom staniu  $75/65/20^\circ\text{C}$   $\text{NTF} = 1.0 / 22/$ 

Temp. polaza $t_v$ [ $^\circ\text{C}$ ]	Temp. povrata $t_R$ [ $^\circ\text{C}$ ]	Temperatura zraka $t_L$ [ $^\circ\text{C}$ ]						
		10	12	15	18	20	22	24
90	80	0,59	0,61	0,64	0,68	0,71	0,74	0,77
	75	0,62	0,64	0,68	0,72	0,75	0,78	0,82
	70	0,65	0,67	0,72	0,76	0,80	0,83	0,87
	65	0,68	0,71	0,76	0,81	0,85	0,89	0,93
	60	0,72	0,76	0,81	0,87	0,91	0,96	1,01
	55	0,77	0,81	0,87	0,93	0,98	1,04	1,10
	50	0,83	0,87	0,93	1,01	1,07	1,14	1,21
85	75	0,64	0,67	0,71	0,75	0,79	0,82	0,86
	70	0,68	0,70	0,75	0,80	0,84	0,88	0,92
	65	0,72	0,75	0,80	0,85	0,89	0,94	0,99
	60	0,76	0,79	0,85	0,91	0,96	1,01	1,07
	55	0,81	0,85	0,91	0,98	1,04	1,10	1,16
	50	0,87	0,91	0,98	1,07	1,13	1,21	1,29
80	70	0,71	0,74	0,79	0,84	0,88	0,93	0,97
	65	0,75	0,78	0,84	0,90	0,94	0,99	1,05
	60	0,80	0,83	0,89	0,96	1,01	1,07	1,13
	55	0,85	0,89	0,96	1,04	1,10	1,16	1,24
	50	0,91	0,96	1,04	1,13	1,20	1,28	1,37
75	65	0,79	0,82	0,88	0,95	1,00	1,05	1,12
	60	0,84	0,88	0,94	1,02	1,08	1,14	1,21
	55	0,89	0,94	1,01	1,10	1,17	1,24	1,32
	50	0,96	1,01	1,10	1,20	1,28	1,37	1,47
70	60	0,88	0,93	1,00	1,08	1,15	1,22	1,30
	55	0,94	0,99	1,08	1,17	1,25	1,33	1,42
	50	1,01	1,07	1,17	1,28	1,37	1,47	1,58
	45	1,10	1,16	1,28	1,42	1,52	1,64	1,79
	40	1,20	1,28	1,42	1,59	1,73	1,89	2,08
65	55	1,00	1,05	1,15	1,26	1,34	1,43	1,54
	50	1,08	1,14	1,25	1,37	1,47	1,58	1,71
	45	1,17	1,24	1,37	1,52	1,64	1,78	1,94
	40	1,28	1,37	1,52	1,71	1,87	2,05	2,27
60	55	1,07	1,13	1,23	1,35	1,45	1,56	1,68
	50	1,15	1,22	1,34	1,48	1,60	1,73	1,87
	45	1,25	1,33	1,47	1,65	1,78	1,94	2,13
	40	1,37	1,47	1,64	1,86	2,03	2,24	2,50
55	50	1,23	1,31	1,45	1,62	1,75	1,90	2,07
	45	1,34	1,43	1,60	1,80	1,96	2,15	2,37
	40	1,47	1,58	1,78	2,03	2,24	2,48	2,78
	35	1,64	1,78	2,03	2,36	2,64	2,99	3,43
	30	1,87	2,05	2,39	2,86	3,29	3,86	4,67
50	45	1,45	1,56	1,75	1,98	2,17	2,40	2,67
	40	1,60	1,73	1,96	2,25	2,50	2,79	3,15
	35	1,78	1,94	2,24	2,63	2,96	3,37	3,92
	30	2,03	2,24	2,64	3,19	3,70	4,39	5,39
45	40	1,75	1,90	2,17	2,53	2,83	3,19	3,65
	35	1,96	2,15	2,50	2,96	3,37	3,89	4,58
	30	2,24	2,48	2,96	3,63	4,25	5,11	6,38
40	35	2,17	2,40	2,83	3,41	3,93	4,62	5,54
	30	2,50	2,79	3,37	4,21	5,01	6,14	7,87
	25	2,96	3,37	4,25	5,68	7,28	10,16	17,93

 **$f_2$  Način spajanja**

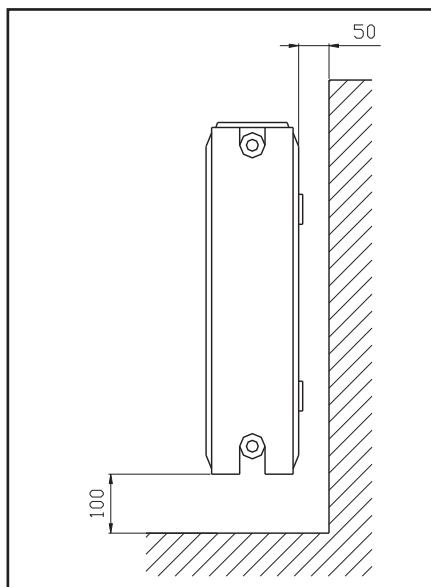
Sljedeće su vrijednosti orientacijske. Treba se pridržavati izmjerenih vrijednosti i podataka proizvođača.

1,0	Priklučci na istoj strani, polaz gore
0,9	Priklučci na istoj strani, jednocaevni ventil na polazu protok 100 %
0,85 ... (0,7)	Priklučak na istoj strani s unutrašnjim kratkim spojem protok 50 %
1,0	Naizmjence (do ca. 2m)
0,9	Priklučci polaz i povrat dolje
0,9	Priklučak u sredini, jednocaevno grijanje
0,85 ... 0,90	Jednocaevni specijalni ventil s uronskom cijevi

 **$f_3$  Pokrov, niša**

Navedene vrijednosti su orientacijske. Treba se pridržavati izmjerenih vrijednosti i podataka proizvođača.

- a) Za ispitivanje ogrjevnog tijela pri standardnim uvjetima (prema normi) ogrjevno se tijelo ugrađuje uz zid s razmakom od poda 100 mm i razmakom od zida 50 mm. Za ovako ugrađeno ogrjevno tijelo  $f_3=1,0$ . U slučaju odstupanja od standardiziranog načina ugradnje mora se uzeti u obzir smanjenje učina:



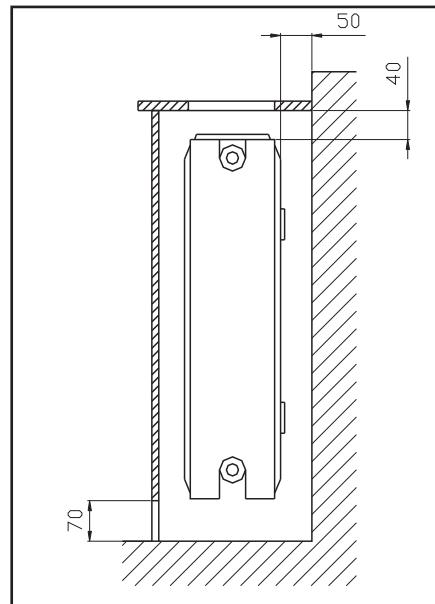
Sl. 4-7 Ugradnja ogrjevnog tijela  
prema ÖNORM M 7513  
slobodno ugrađeno ogrjevno tijelo  
 $f_3 = 1,0$

b) Pri ugradnji ogrjevnih tijela u niše, treba se pridržavati minimalnih vrijednosti utvrđenih normom. Tako se ogrjevni učin ogrjevnog tijela smanjuje najviše 4 %.

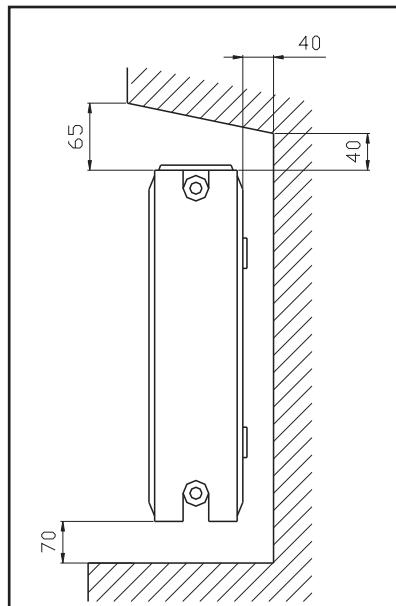
Slobodni razmaci (gore 65 mm, dolje 70 mm, od zida 40 mm).

$$f_3 = 0,99 \dots 0,96,$$

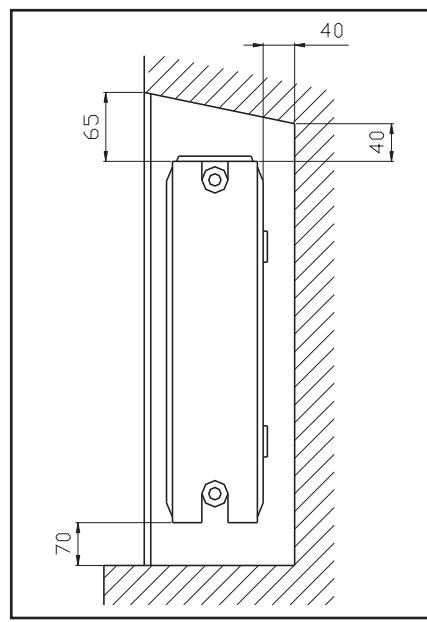
c) Ako je ispred ogrjevnog tijela **pokrov** (npr. drveni ili od keramičkih ploča), što značajno ometa protok sobnog zraka do ogrjevnog tijela i zraćenje od njega, može se očekivati smanjenje učina do oko 15%. (sa slobodnim prostorima  
 $f_3 = 0,9 \dots 0,85$  (sa razmacima prema sl. 4-9)



Sl. 4-9 Ugradnja ogrjevnog tijela  
prema ÖNORM M 7513  
rešetka ispred  $f_3 = 0,9 \dots 0,85$



Sl. 4-8 Način ugradnje ogrjevnog tijela  
prema ÖNORM M 7513,  
minimalne dimenzije  $f_3 = 0,99 \dots 0,96$



Sl. 4-10 Ugradnja ogrjevnog tijela  
prema ÖNORM M 7513

d) Povoljan raspored **ovješenih ploča** (maski) također može dovesti do povećanja performansi, povećanja učina. Spomenuto povećanje nikako se ne može poistovjetiti s dodatnim gubicima kroz vanjski zid.

e) Ako je ispred ogrjevnog tijela **rešetka**, tada se također može očekivati smanjenje učina, koje može biti i do 20%, ovisno o sužavanju istrujnog presjeka.

$$f_3 = 0,9 \dots 0,8$$

f) U slučaju pločastih radijatora, učin se smanjuje zbog gornje i bočne pokrovne ploče, približno  $f_3 = 0,95 \dots 0,90$ , ako je ispitivanje izvedeno bez pokrovnih ploča. Specifikacija učina prema EN 442 daje se za isporučene proizvode.

g) Maske ispred radijatora smanjuju udio zračenjem odane topline. Gornji i donji otvor za zrak moraju imati minimalne dimenzije: ( $0,5 \times$  dubina  $\times$  ugradbena duljina). Smanjenja odane topline uzrokuju konvekcijske gubitke (zastoj topline!)  $f_3 = 0,9$ , kada su gornji, donji i bočni prorezи jednaki širini ogrjevnog tijela.

h) Također nisko spuštene zavjese sprečavaju strujanje toplog zraka u prostor.  
 $f_3 = 0,9$

#### **$f_4$ Premazi**

Zbog niskog faktora emisije zračenjem se odaje manje topline.

$f_4 = 1,0$  Temeljna boja prema ÖNORM DIN 55900-1, elektrostatski premaz (neovisno o boji)

$f_4 = 0,85 \dots 0,9$  metalni premazi, bronca, aluminij i drugo.

#### **$f_5$ Učestalost rada**

Tijekom duljih prekida rada, učin radijatora mora se povećati kako bi se prostor mogao brzo zagrijati.

Ako se prostor želi brzo zagrijati, sustav treba predimenzionirati pomoću faktora  $f_5$ .

Na primjer za brzo zagrijavanje

$$f_5 = 0,8$$

## Primjer: pločasti radijator

Normirani učin pločastog radijatora od čeličnog lima je  $\phi_N = 1300$  vata.

Traži se učin  $\phi$  za  $\theta_1 = 55^\circ\text{C}$ ,  $\theta_2 = 45^\circ\text{C}$ ,  $\theta_i = 18^\circ\text{C}$

$$c = \frac{45 - 18}{55 - 18} = 0,729 > 0,7$$

a) U praksi može se raditi s podacima iz dijagrama sl. 4-6 (stranica 65.):

$$\Delta T = \frac{55^\circ\text{C} + 45^\circ\text{C}}{2} - 18^\circ\text{C} = 32K$$

Iz slike 4-6 (stranica 66) slijedi  $f = 0,56$   
 $\phi = 0,56 \cdot 1300 = 728 W$  stvarni toplinski učin.

b) Ili preko niskotemperaturnog faktora NTF iz tabele. 4-2 (stranica 64)  
 $NTF = 1,8$  pa je  $\phi = 1300 : 1,8 = 722 W$

**P**rimjer: radijator

Za jedan člankasti radijator nazivni toplinski učin po članku je:

$$\Phi_{1N} = 112 \text{ W pri } \theta_V = 75^\circ, \theta_R = 65^\circ, \theta_i = 20^\circ \text{C}$$

Potrebno je odrediti stvarno odanu toplinu  $\theta_V = 80^\circ \text{C}, \theta_R = 60^\circ \text{C}, \theta_i = 22^\circ \text{C}$

a) Nadtemperatura iznosi  $\Delta T_{\ddot{u}} = \frac{80+60}{2} - 22 = 48 \text{ K}$ ,  $f_1 = \left(\frac{48}{50}\right)^{1,3} = 0,948$

Iz dijagrama (sl. 4-6 stranica 65) dobivamo  $\Delta T = 48 \text{ K}$  faktor temperature  $f_1 = 0,93$ , NTF = 1,07 iz tablice 4-2 (stranica 64)

Iz toga slijedi stvarni učin:

$$\Phi = f_1 \cdot \Phi_{1N} = 0,93 \cdot 112 = 104 \text{ W.}$$

b) Izračun **faktora temperature**  $f_1$  pomoću  $\Delta T_{ln}$

Toplinski učin ovisan je o srednjoj logaritamskoj temperaturi i računa se kako slijedi:

$$\Delta T_{ln} = \frac{\theta_v - \theta_R}{\ln \frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} = \frac{80 - 60}{\ln \frac{80 - 22}{60 - 22}} = 47,3 \text{K}$$

$$f_{1,2} = \left( \frac{47,3}{49,83} \right)^{1,3} = 0,934 \quad \text{NTF} = \frac{1}{f_{1,2}} = 1,0707$$

**P**rimjer: zagrijavanje dizalicom topline

Grijanje polaz / povrat  $50/40^\circ$ , temperatura prostorije  $20^\circ \text{C}$ ,

Površina grijanja  $25 \text{ m}^2$  uz toplinsko opterećenje  $32 \text{ W/m}^2$ ,

Nazivni učin pri  $75/65/20^\circ \text{C}$  uz  $\Phi_{1N} = 77 \text{ W/članak člankastog radijatora}$

Potrebiti učin za prostoriju  $\Phi_n = 25 \cdot 32 = 800 \text{ W}$

Faktor temperature za smanjenu radnu temperaturu računa se:

$$c = \frac{\theta_R - \theta_i}{\theta_V - \theta_i} = \frac{40 - 20}{50 - 20} = 0,67 < 0,7$$

Srednju logaritamsku temperaturu računamo:

$$\Delta T_u = \frac{\theta_V - \theta_R}{2} - \theta_i = \frac{50 - 40}{2} - 20 = 25 \text{K} \quad f_1 = \left( \frac{\Delta T_u}{50} \right)^n = \left( \frac{25}{50} \right)^{1,3} = 0,406$$

$$NTF = \frac{1}{f_1} = 2,46$$

$$\Delta T_{ln} = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} = \frac{50 - 40}{\ln \frac{50 - 20}{40 - 20}} = 24,66 \text{ K}$$

$$f_1 = \left( \frac{\Delta T_u}{49,83} \right)^n = \left( \frac{24,66}{49,83} \right)^{1,3} = 0,4$$

Stvarni toplinski učin  $\Phi = \Phi_{1N} \cdot f_1 = 77 \cdot 0,40 = 30,8 \text{ W}$  po članku

$$N \geq \frac{\Phi_n}{\Phi_{1N} \cdot f_g} = \frac{800}{77 \cdot 0,4} = 26$$

Odabrani broj članaka = 26

Maseni protok  $q_m = \frac{\Phi}{c(\theta_V - \theta_R)} = \frac{800}{1,16(50-40)} = 69 \text{ kg.h}^{-1}$  za radno stanje

---



---

**P**rimjer: ogrjevne površine – dimenzioniranje

Za neku prostoriju potreban je učin od 920 W. Ogrjevno tijelo ugrađeno je u nišu. Radne temperature su 80/60/20°C

Izgled niše prikazan je slikom 4-8 (stranica 67) uz -4% smanjenja učinka.  $f_3 = 0,96$

Prema tablici 4-2 (stranica 64) je NTF faktor = 1,01

Iz tablice standardnih učina (slika 4-1) 75/65/20°C ogrjevno tijelo ima nazivni učin.

$$\Phi_N = \frac{P_n \cdot NTF}{f_g} = \frac{920 \cdot 1,01}{0,96} = 968 \text{ W}$$

Izabrano je ogrjevno tijelo tvrtke Stelrad, model Kompakt Typ 21-800-600 nazivnog učina 1076 W. (slika 4-1) stranica 60.

---

## 4.8 Površinsko grijanje i površinsko hlađenje

Posljednjih godina naglo je porasla potražnja i prihvatanje površinskih sustava grijanja i hlađenja. Kao rezultat brojnih prednosti koje ti sustavi donose sa sobom, više od trećine svih novoizgrađenih jedno- i dvo-obiteljskih kuća opremljeno je podnim grijanjem. Korištenje modernih materijala kao što je višeslojna cijev HERZ, osigurava se dug vijek trajanja sustava. Troškovi gradnje na sličnoj su razini kao i kod instalacije radijatorskog grijanja. Troškovi instalacije za hlađenje sobe jeftiniji su od uobičajenih sustava i rade tiho.

Ako se istodobno koriste površinsko grijanje i radijatorsko grijanje, treba imati na umu da se regulacija površinskog grijanja mora uvijek odvijati neovisno o regulaciji radijatorskog grijanja. Za površinsko grijanje potrebne su različite srednje temperature u odnosu na radijatorsko. Isto se odnosi i na sustave hlađenja hladnom vodom.

### Prednosti površinskog grijanja

Podno ili zidno grijanje koristi cijelu podnu ili zidnu površinu prostorije kao površinu za konvekciju, tj. za izmjenu topline. Suprotno tome, uobičajeni radijator predstavlja samo točkasti izvor topline.

- Zračenjem odana toplina uvijek rezultira ujednačenim temperaturnim profilom u prostoriji. Toplina koja se u podnom grijanju predaje zračenjem, rezultira puno manjom izmjenom topline između ljudi i površina koje ih okružuju nego kod radijatorskog grijanja. To znači da se sobna temperatura može održavati oko 2-3 °C nižom, a da se ne naruši osjećaj ugode. To rezultira značajnim smanjenjem troškova grijanja i do 12%.
- Sve površine u prostoriji su slobodne i dostupne te se mogu konfigurirati i prilagoditi potrebama djece. Manje je ograničenja prilikom opremanja prostora, jer se radijatori ne moraju uzeti u obzir.

- Nema kretanja prašine: budući da se odvijaju samo lagana strujanja zraka, turbulencija prašine ostaje niska. Izbjegavaju se turbulencije prašine uzrokovane uzdizanjem tolog zraka iz radijatora te spuštanjem hladnjeg zraka koji pada na suprotnu stranu. To znači da je zrak u sobi znatno manje prašnjav, što poboljšava kvalitetu života, posebno za alergičare. S nižom temperaturnom razlikom od 6 K između sobne temperature i temperature površine podnog grijanja, konvektivna komponenta je vrlo niska, praktički postoji samo komponenta zračenja. Ako je  $\Delta t$  veći od 6 K, konvektivna komponenta se povećava i prašina se počinje uzdizati u prostoriji.
- Površinsko grijanje zahtijeva daleko niže temperature polaza i povrata od sustava grijanja radijatorima, što znači da se postižu prednosti udobnosti i uštede energije stvarnog niskotemperaturnog grijanja. Budući da su temperature polaza niže nego kod uobičajenih sustava grijanja, površinski sustavi grijanja lako se mogu kombinirati s alternativnim izvorima topline, na primjer s dizalicama topline, solarnim kolektorima itd.

Površinsko hlađenje provodi se u obiteljskim kućama kao stropno hlađenje, u višekatnim stambenim zgradama, komercijalnim ili industrijskim zgradama unutar betonske jezgre. Prilikom gradnje punih stropova ili čvrstih zidova postavljaju se cijevi, ali i mreže od kapilarnih cijevi. Kroz cijevi teče rashladni medij i cijeli ohlađeni strop ili zid toplinski se aktiviraju kao akumulacijska masa. Temperatura hladne vode ne smije biti ispod 18 °C (rizik od pada ispod točke rosišta). Duboke bušotine ili registri cijevi u zemlji mogu poslužiti kao izvor energije. Ovisno o podzemnim vodama i uvjetima tla, tlo se može koristiti za sezonsku akumulaciju. Slobodno povratno hlađenje je također prikladno, ali ima energetski nedostatak. Maksimalni kapacitet hlađenja termoaktivnih stropova je približno 50 W/m<sup>2</sup> (sobna temperatura 26 °C), stoga se stropno hlađenje može provesti samo s fasadama koje učinkovito ograničavaju upad zračenja. Odvajanje sustava preporučuje se u svakom slučaju. Da bi se isključili problemi s kondenzacijom, mora se koristiti prikladna kontrola sa osjetnikom vlage.

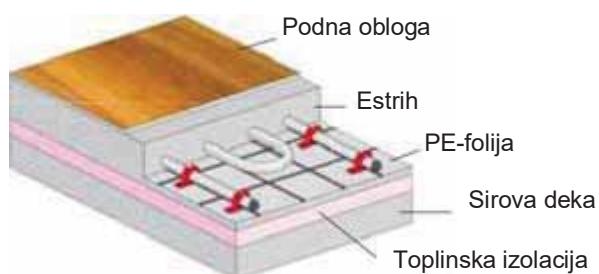
Podno grijanje se postavlja na 2 različita načina.

- Kao mokro polaganje: cijevi se polažu izravno u estrih.
- Kao suho polaganje: cijevi se postavljaju ispod suhog estriha na izolacijski materijal. Prednost: mala visina konstrukcije i mala težina.

### Mokro polaganje

U ovoj podnoj konstrukciji, cijevi za grijanje ugrađene su izravno u estrih. U ovakvom sustavu prijenos topline je vrlo dobar. Međutim, u estrih je potrebno dodati aditive, npr. prema ÖNORM B 3732, koji smanjuju udio uključina zraka. Veliki broj elemenata dostupan je kao nosači cijevi; npr. mrežaste proširke od čelične žice, potporne šinje, obujmice i ploče s izdancima. U sustavu mokrog polaganja cijevi su ugrađene izravno u estrih. Za grijani estrih mora se osigurati njegova potrebna minimalna debljina. Ako je cementni estrih, gornji rub cijevi treba prekriti najmanje 45 mm.

Ako je estrih anhidritni, gornji rub cijevi treba prekriti najmanje 35 mm. U slučaju podne obloge, posebno tepiha, važno je osigurati da su i tepih i ljepilo prikladni za podno grijanje.



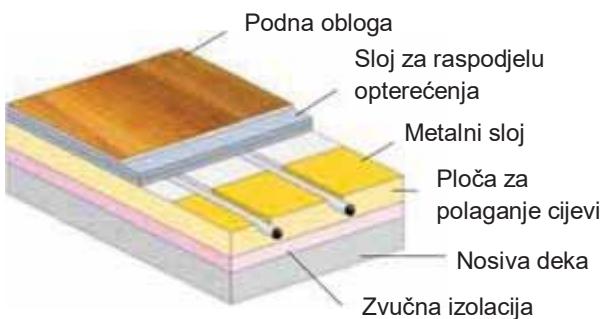
### Podna konstrukcija u mokrom sustavu ugradnje (odozdo prema gore)

- građevinska sirova deka, npr. sirovi beton, ispune pijeskom ili sličnim materijalom. U slučaju pješčanih ispuna, mora se postaviti građevinska zaštitna folija.

- ako je potrebno, izolacija preko sirove deke,
- zvučna izolacija
- PE folija
- polaganje polistirolskih ploča sa spojnicama, raster ploča s izdancima, potpornih šinja, čeličnih mrežica ili ploča za stezanje cijevi
- cijev za podno grijanje: Ø 16 x 2,0 mm do Ø 20 x 2,0 mm
- estrih
- podna oboga

### Sustav suhog polaganja

Toplinska vodljivost ovog sustava nešto je niža od one kod ostalih izvedbi. Cijevi su ugrađene u ploče za polaganje s udubljenjima za cijev za različite razmake polaganja. Sloj aluminija ili drugog metala ravnomjerno raspoređuje toplinu po površini. Pokrovni sloj za raspodjelu opterećenja izrađen je od suhih estrih ploča. Time se postižu niže građevinske visine. To je važno pri adaptacijama i naknadnoj instalaciji grijanja. Preko toga se postavlja podna obloga.



### Podna konstrukcija u sustavu suhog polaganja (odozdo prema gore)

- nosivi strop konstrukcije, npr. sirovi beton, ispune pijeskom ili sličnim materijalom. U slučaju pješčanih ispuna, mora se postaviti građevinska zaštitna folija.
- ako je potrebno, izolacija do sirove deke, zvučna izolacija itd.
- ploče za polaganje od polistirola 50 mm s laminiranim aluminijskim slojem
- cijevi za podno grijanje: Ø 14 x 2,0 do Ø 16 x 2,0 mm
- sloj za raspodjelu opterećenja (suhí estrih)
- podna obloga

### Izvedbe sustava površinskog grijanja

Mogu se koristiti različiti načini ugradnje cijevi na što utječe sljedeći čimbenici:

- Oblik prostorije
- Broj krugova grijanja
- Estrih odn. dilatacijske fuge
- Rubne zone s povišenom površinskom temperaturom
- Izvedba podnog i površinskog sustava grijanja kao cjelovitog, djelomičnog ili kombiniranog sustava grijanja
- Ujednačenost površinske temperature
- Pridržavanje minimalnog radijusa savijanja cijevi

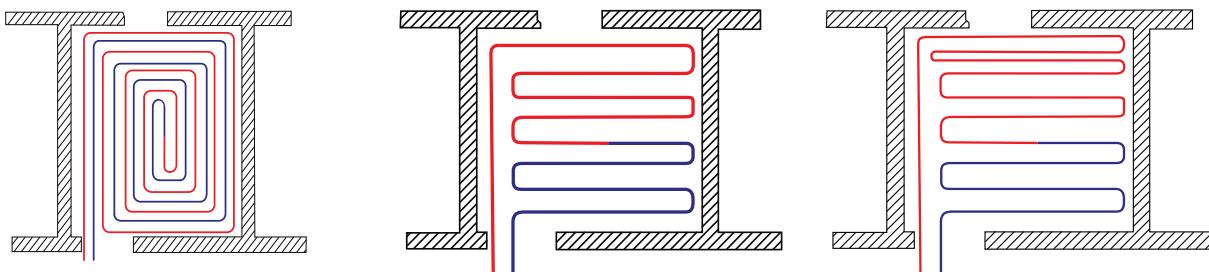
Cilj polaganja cijevi je postići što ravnomjerniju raspodjelu temperature na cijelom podu. To se postiže bifilarnim (spiralnim) polaganjem, budući da su polazna i povratna cijev položene jedna pored druge. Tako "topla" i "ohlađena" voda za grijanje naizmjenično teku.

Temperatura površine poda mjeri se neposredno iznad vrha cijevi i između cijevi. Razlika u temperaturi naziva se "osciliranje". Važno je da ono bude što manje. To znači da razmak polaganja cijevi bude što manji (maksimalno 30 cm), a temperatura polaza što niža.

U slučaju vrlo velikih površina, položenih u obliku meandra, smjer protoka vode može se mijenjati u određenim vremenskim intervalima, kako bi se postigla jednolična temperatura površine. Tada se govori o "obrnutom ili reverzibilnom" grijanju. Druga moguća vrsta polaganja je polaganje cijevi u obliku meandra, gdje cijev vijuga od vanjskog zida do unutarnjeg zida prostorije.

Pri polaganju u rubnim zonama, postavljaju se samo polazne cijevi jedna pored druge.

Za različite krugove grijanja, onaj s najvećim specifičnim opterećenjem grijanja određuje temperaturu polaza. Preostali krugovi grijanja variraju se kroz razmak polaganja cijevi za grijanje. Razmak ugradnje je između 50 i 300 mm i ovisi o izvedbi i instalacijskom priboru.



Bifilarno ili spiralno polaganje

Polaganje u obliku meandra sa/bez rubne zone

### Dimenzioniranje i izvedba površinskog grijanja

Kao i u svakom sustavu grijanja, optimalna izvedba odlučujuća je za savršen rad podnog grijanja. Treba je planirati i provoditi prema važećim pravilima i normama.

To je jedini način da se osiguraju ugodna klima u prostoriji i niski troškova rada.

Podno grijanje je dimenzionirano npr. prema ÖNORM EN 1264.

Kao osnova za izračun potrebnog učina grijanja koristi se norma ÖNORM EN 12831. Snaga potrebna za grijanje prostorije ovisi o njezinoj lokaciji, korištenim materijalima gradnje, toplinskoj izolaciji objekta, broju prozora i ostalim uvjetima. Ako je poznat toplinski učin grijanja, podno grijanje može se projektirati na relativno jednostavan način.

### Temperatura poda

Prilikom projektiranja mora se osigurati da fiziološki dopuštene temperature poda (navedene u EN 1264) ne budu prekoračene. Većina ljudi, površinske temperature grijanog poda više od 27°C dugoročno doživljava kao neugodne.

Budući da je maksimalna temperatura poda potrebna samo nekoliko dana u godini, 29°C i dalje se smatra dopuštenom u dnevnim boravcima i sličnim prostorima.

U zonama koje nisu namijenjene stalnom boravku, npr. rubne zone ili sanitarni prostori, dopuštene su temperature od 35°C. Te su vrijednosti specificirane u EN 1264 određivanjem graničnih vrijednosti za podnu temperaturu: (za stambene prostore 9 K za periferne zone 15 K pri 20 °C sobne temperature). Uz odgovarajuću izolaciju ispod instaliranih cijevi, mora se osigurati da toplinski tok prema dolje bude manji od 25% toplinske snage i manji od 20 W/m<sup>2</sup>.

### Postupci u projektiranju

Polazna točka za dimenzioniranje je toplinsko opterećenje (potreba za toplinom) PN prema EN 12831.

#### 1) Određivanje potrebne topline

U podnom grijanju gubitak topline kroz pod može se odbiti od ukupnog gubitka topline prostorije (potrebe za toplinom).

$$P_{NB} = P_N - P_{FB} \text{ [W]}$$

$P_{NB}$  prilagođena potreba za toplinom [W]

$P_N$  normirana potreba za toplinom [W]  $P_{FB}$  gubitak topline kroz pod [W]

#### 2) Određivanje specifičnog opterećenja grijanja

Specifična potreba za toplinom izračunava se iz prilagođene potrebe za toplinom i raspoložive površine za grijanje (površina poda prostorije - eventualno umanjena za razne zauzete površine).

$$q_{spez} = \frac{P_{NB}}{A_R} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$q_{spez}$  specifično toplinsko opterećenje  
[W/m<sup>2</sup>]

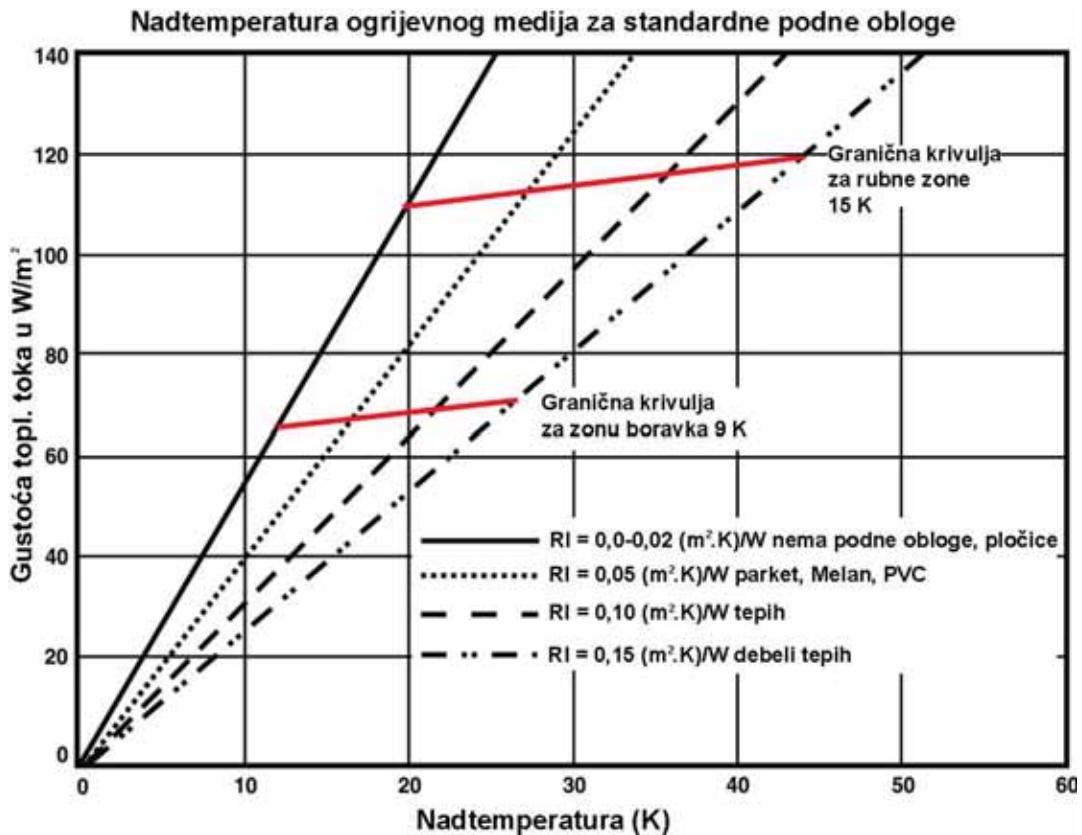
$P_{NB}$  prilagođeno toplinsko opterećenje  
[W]

$A_R$  površina [m<sup>2</sup>]

Prostorija s najvećom specifičnom potrebom za toplinom (ne kupaonica !) koristi se za izračunavanje temperature polaza. U dalnjem tekstu "referentna prostorija".

#### 3) Definiranje referentne prostorije

Za definiranje referentne prostorije (i samo za referentnu prostoriju) raspon (temperaturna razlika između polaza i povrata) odabire se prema EN 1264  $\Delta \sigma < 5$  K. Kupaonice se nikada ne uzimaju kao referentna prostorija.

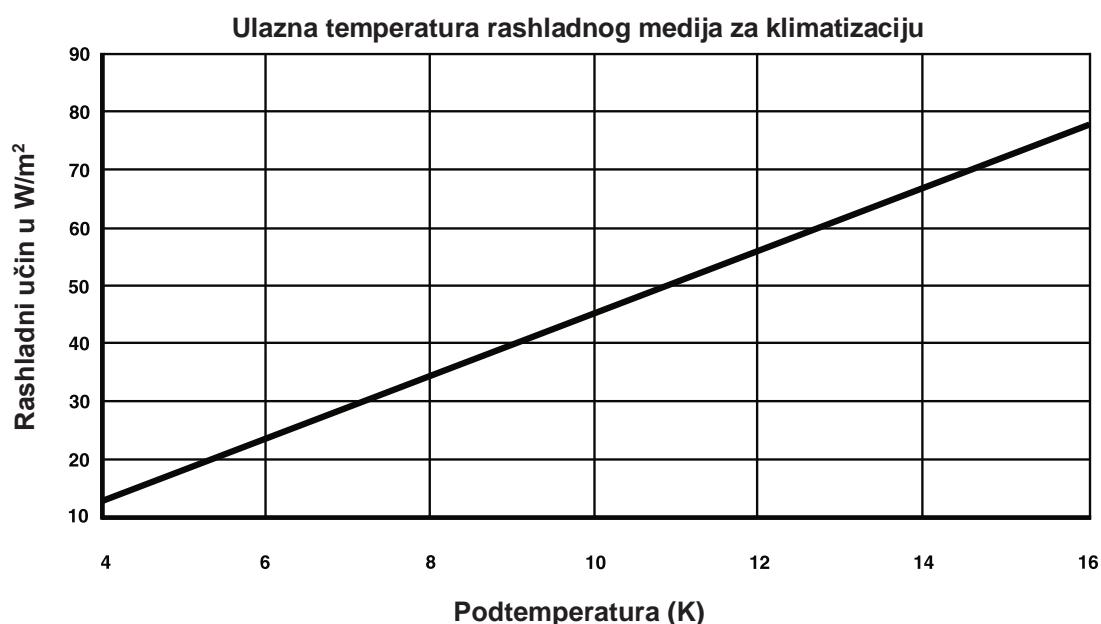


#### 4) Nadtemperatura medija za grijanje

Nadtemperatura medija za grijanje je logaritamski određena. Predstavlja srednju razliku između temperature medija za grijanje i standardne unutarnje temperature.

Za proračun referentne prostorije koristi se nadtemperatura ogrijevnog medija. Ovisi o odabranom toplinskom otporu podne obloge i projektnoj gustoći toplinskog toka. Nadtemperatura medija za grijanje može se očitati izravno iz dijagrama.

Potrebna niža temperatura rashladnog medija za hlađenje prostorije također se određuje iz dijagrama.



### Tablica s podacima toplinske vodljivosti i toplinskog otpora za različite podne obloge

Orijentacione vrijednosti za potpuno ljepljene podne obloge preko podnog grijanja

Podna obloga	Debljina (mm)	Toplinska vodljivost (W/mK)	Toplinski otpor (m <sup>2</sup> K/W)
Mozaik parket (hrast)	8	0,21	0,038
Višeslojni parket	11-14	0,09-0,12	0,055-0,076
Masivni parket (hrast)	16	0,21	0,09
Laminat	9	0,17	0,044
Keramika	13	1,05	0,012
Mramor	12	2,1	0,0057
Prirodne kamene ploče	12	1,2	0,01
Betonske ploče	12	2,1	0,0057
Tepih		-	0,07-0,17
Filc	6,5	0,54	0,12
Obloga od umjetne mase	3,0	0,23	0,011
PVC bez podloge	2,0	0,20	0,010

### 5) Određivanje temperature polaza

Raspon se može izračunati iz nadtemperature ogrjevnog medija i temperature polaza.

$$t_{VL} = t_i + t_{mH} + \frac{\sigma}{2} [{}^{\circ}\text{C}]$$

$$\frac{\sigma}{2} = t_{VL} - (t_i + t_{mH})$$

$$\sigma = 2 \cdot (t_{VL} - (t_i + t_{mH}))$$

$t_{VL}$  Temp. polaza [°C]

$t_i$  Temp. prostorije [°C]

$t_{mH}$  Nadtemperatura ogrjevnog medija [K]

$\sigma$  Raspon (polaz – povrat)

$t_{VL}$  Temp. polaza [°C]

$t_i$  Temp. prostorije [°C]

$t_{mH}$  Nadtemperatura ogrjevnog medija [K]

$\sigma$  Raspon (polaz – povrat)

Temperatura polaza ne vrijedi samo za referentnu sobu, već i za sve ostale krugove. Da bi se moglo dati točno opterećenje za svaki krug podnog grijanja, mijenja se brzina protoka i raspon (temperatura polaza - temperatura povrata).

### 6) Utvrđivanje raspona svih ostalih krugova

Uz pomoć specifičnog opterećenja grijanja i razmaka polaganja, kao u projektu referentne prostorije, određuje se nadtemperatura grijajućeg medija.

### 7) Rubne zone

Ako je potreba za toplinom prostorije toliko velika da je ne može pokriti sustav s malim razmacima ugradnje cijevi, pod uvjetom da se održava maksimalna temperatura poda od 29 °C, prvo se mora izvršiti proračun rubnih zona.

Ovdje se gleda da li je moguće pokriti potrebu za toplinom kroz rubnu zonu s podnom temperaturom do 35 °C. Ako se manjom udaljenosti ugradnje (npr. 10 cm) ne može postići potrebna gustoća toplinskog toka, mora se uzeti viša temperatura polaza od prvotno planirane. To je tada presudno i za sve ostale prostorije. Moraju se poštivati ograničenja sustava.

## 8) Dodatno grijanje

Ako se standardna potreba za toplinom u prostoriji ne može pokriti odavanjem topline sa podnih površina, uključujući jače zone rubnog grijanja, moraju se osigurati dodatni način grijanja. Prvenstveno se razmatra zidni sustav grijanja zbog iste temperature tople vode. Stropno grijanje ili radijatori različitih vrsta, kao i dodatno električno grijanje ili radiacijski grijaci su još jedna alternativa.

## 9) Određivanje protoka tople vode

Na temelju poznatog toplinskog učinka i izračunatog raspona može se izračunati projektni maseni protok.

$$m = \frac{P_{NB} + P_{FB}}{\sigma \times c} \cdot 3600 \text{ [kg/h]}$$

$m$	maseni protok [kg/h]
$P_{NB}$	traženo topl. opterećenje [kW]
$P_{FB}$	toplinski gubitak poda [kW]
$\sigma$	raspon [K]
$c$	specifični toplinski kapacitet medij – voda = 4,19 [kJ/kgK]
	3600 množitelj za pretvorbu kg/s u kg/h

## 10) Izračunavanje duljine cijevi

Ukupna duljina cijevi kruga grijanja ne smije prelaziti ukupno 100 m (krug grijanja + priključni vodovi).

$$L = \frac{A_R}{a} + 2 \cdot L_{zu} \text{ [m]}$$

$L$	duljina kruga grijanja [m]
$A_R$	površina prostorije [ $\text{m}^2$ ]
$a$	udaljenost ugradnje [m]
$L_{zu}$	duljina cijevi priključka: ulaz, izlaz

Uz to se ne smiju zaboraviti opskrbni vodovi ( $L_{zu}$ ) do razvodnika.

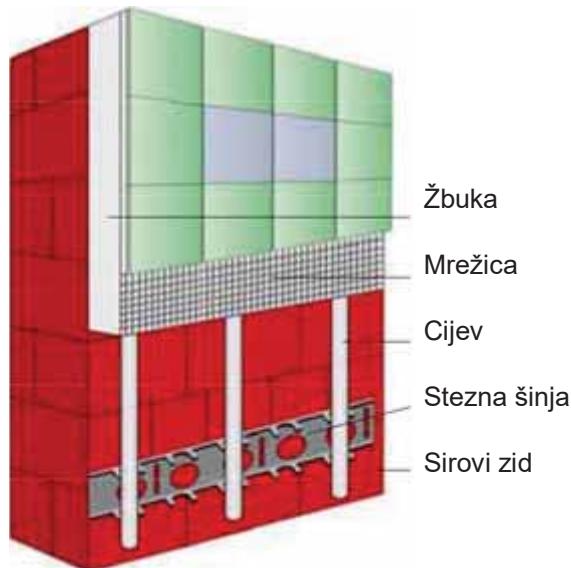
Ako je izračunata duljina cijevi veća od 100 m, mora se podijeliti u 2 kruga (npr. podjela na rubnu zonu i glavnu zonu).

## 11) Proračun pada tlaka

Pad tlaka podnog grijanja može se odrediti uz pomoć poglavlja 1.2.6 do 1.2.10. Maksimalna brzina protoka ne smije prelaziti 0,8 m/s.

## 4.8.1 Zidno grijanje

Cijevi se pričvršćuju na sirovi zid steznim šinama. Nakon grubog žbukanja zida, zid se zagrijava. To će rezultirati raspucavanjem žbuke. Zatim se nanosi fina žbuka uz ugrađivanje mrežice.



## 4.8.2 Pribor za površinska grijanja

### Dodaci za estrih

Aditiv za estrih homogenizira cementni estrih. Time dobivamo bolju toplinsku vodljivost i povećanu čvrstoću na pritisak i savijanje. Potrošnja je oko 0,25 l / m<sup>2</sup> (uz debljinu estriha od 8 cm). Dodatak za estrih je tekući i nudi se u kanisterima. Ovisno o narudžbi, estrih se isporučuje s aditivom ili se aditiv posebno uzima.

### Rubne izolacijske trake

Rubne izolacijske trake izrađene od polietilena sa spojnicama za foliju i prorezom za zvučnu izolaciju prema DIN 18560. Rubna izolacijska traka je samoljepljiva na stražnjoj i na spoju folija ili je po želji također dostupna bez ljepila. Rubne izolacijske trake stavljenе duž područja koje okružuju prostoriju omogućuju da se zagrijani estrih proširi na sve strane.

To je neophodno jer je zagrijani estrih zbog toplinskih opterećenja podložan većem širenju od negrijanog estriha. Rubne izolacijske trake osiguravaju širenje estriha jer se duž zida formira dilatacijski spoj. Rubne izolacijske trake trebaju imati minimalnu debljinu od 10 mm. Za zidove prostorije, stupove i ostale čvrste konstrukcije mora se osigurati razdvajanje grijanog estriha sa rubnom izolacijskom trakom. Ove rubne izolacijske trake trebaju biti od materijala koji se može sabiti najmanje 5 mm.



#### Dilatacijski razmaci

U slučaju razdvajanja prostorija ili dilatacijskih spojeva u estrihu, cijevi za grijanje treba voditi i zaštititi u kliznoj cijevi. Dopušteni su i gotovi pjenasti dilatacijski spojevi s plastičnim rukavcima, čahurama.

#### Cijevi za grijanje

Grijaće cijevi i grijaci vodovi ugrađuju se u estrih ili pod ili ispod njega. Oni postaju dijelom strukture i stoga moraju pružati najvišu razinu sigurnosti. Prema ugovoru o gradnji, standardizirane komponente mogu se koristiti samo ako postoje odgovarajuće norme. Uz to, komponente moraju biti kvalitetne i certificirane. U slučaju certificiranih komponenata, redoviti vanjski nadzor osigurava upotrebu samo besprijekorno usklađenih materijala, tako da su zajamčeni predviđena funkcionalnost i vijek trajanja. Prikladni i provjereni materijali za cijevi i sustavi navedeni su u međunarodnim normama EN ISO 15874 (PP), EN ISO 15875 (PE-X), EN ISO 15876 (PB), EN ISO 15877 (PVC), EN ISO 22391 (PE-RT) i EN ISO 21003 (višeslojne kompozitne cijevi). One također daju minimalne zahtjeve u pogledu otpornosti na temperaturu i tlak u toplovodnim sustavima podnog grijanja i načine označavanja. Plastične cijevi nisu podložne koroziji.

Kako bi se spriječilo da kisik ulazi u sustav grijanja kroz plastičnu cijev, prednost se daje upotrebi cijevi nepropusnih za kisik. Kod propusnosti kisika od  $\leq 0,1 \text{ g/m}^3\text{d}$  smatra se cijev nepropusnom za kisik prema DIN 4726. U tom slučaju nisu potrebne daljnje mjere poput upotrebe sredstava za zaštitu od korozije ili odvajanja sustava.

Pri korištenju aditiva za toplu vodu, moraju se poštivati podaci proizvođača cijevi i medija. U principu su primjenjive sve uobičajene tehnike spajanja, kao što su postupci radijalnog prešanja ili navojni spojevi sa steznim prstenom. Postupci zavarivanja koriste se za cijevi od polipropilena i cijevi od polibutilena.

**Odvojivi priključci u nepristupačnom području (npr. u estrihu) nisu dopušteni.**

#### 4.8.3 Regulacija površinskog grijanja ili hlađenja

Propis je detaljno obrađen u 7. poglavlju knjige. Površinsko grijanje ili hlađenje vrlo su trome sustavi u kojima se temperatura prostorije vrlo sporo mijenja zbog velike akumulacijske mase. Obično se koristi kontrola pojedinačnih krugova grijanja u 2 točke.

Ako je temperatura kruga grijanja smanjena noću, ima smisla razmotriti inerciju sustava.

Isto se odnosi na temperaturu ogrjevne vode koja je vođena vanjskom temperaturom. To možda neće imati učinka jer je sljedeća zadana vrijednost već aktivirana.

Temperatura površine također se može regulirati u osjetljivim zonama.

U slučaju površinskog hlađenja, površinsku temperaturu uvijek je potrebno provjeravati u odnosu na vlažnost zraka. Najbolji se rezultati postižu osjetnicima vlage. Za prethodni odabir parametara koristi se Molliere h-x dijagram za zrak. Aplikacije su sada dostupne i za predizbor.

#### 4.8.4 Ugradnja

Za ugradnju površinskog grijanja i hlađenja dostupan je veliki broj gotovih razdjelnika i razdjelnih stanica poput "COMPACTFLOOR". Te gotove stanice pojednostavljaju montažu i povezivanje te su dostupne sa ili bez odvajanja sustava. Svi potrebni dijelovi sustava za površinsko grijanje i hlađenje također su u programu isporuke HERZ-a.

#### 4.8.5 Tlačne probe i preuzimanja

##### Ispitivanje tlakom za podno grijanje radi se prema EN 1264-4

Cjevovodi su pod tlakom i odzračeni. Tlak vode mora se provjeriti neposredno prije i nakon radova na estrihu.

Ispitni tlak mora odgovarati 1,3 puta radnom tlaku sustava i tijekom ispitnog razdoblja može pasti za najviše 0,2 bara. Sustav mora ostati vodonepropusn. Tijekom rada na estrihu, tlak u cijevima mora se smanjiti na najveći dopušteni radni tlak.

Preporučujemo ispitivanje tlakom od 6 bara tijekom 24 sata.

O ispitivanju tlakom mora se voditi zapisnik.

##### Tlačna proba za zidno grijanje

Cjevovodi su pod tlakom i odzračeni. Razina ispitnog tlaka je 1,3 puta veća od maksimalnog radnog tlaka, ali najmanje 5 bara nadtlaka.

Nepropusnost i ispitni tlak moraju se navesti u zapisniku. Tada se namješta radni tlak i održava tijekom žbukanja.

##### Sušenje estriha upotrebom toplovodnog podnog grijanja (zaostala vлага u estrihu)

Odlučujući faktor prije nanošenja gornje obloge je zaostala vлага u estrihu. Pogotovo kad se radi o postavljanju drvenih podova.

Preostala vлага ne smije prelaziti 1,8% za cementne estrihe i 0,3% za anhidritne estrihe. Površina mora biti čvrsta i suha. Nakon izrade estriha i odgovarajućeg vremena stajanja (približno 3-4 tjedna), kao i nakon funkcionalnog zagrijavanja, utvrđivanje spremnosti za pokrivanje utvrđena pomoću CM mjerena preduvjet je za polaganje podne obloge. Vrijeme sušenja estriha razlikuje se ovisno o proizvođaču.

Ispitivanje folijom: položite PE foliju dimenzija približno 50 x 50 cm na estrih i obrubite ljepljivom trakom. Na maks. temperaturi polaza, ispod filma se ne smije pojaviti kondenzacija, prostorija mora biti prozračena. To odgovara zaostaloj vlagi od oko 0,1%.

##### Ispitivanje folijom ne zamjenjuje CM mjerjenje! Podni sloj je mjerodavan da li je potrebno daljnje zagrijavanje.

Kada je sustav grijanja spreman za pokrivanje, temperatura polaza se postupno povećava za 5 K svaki dan i nakon postizanja 2/3 opterećenja grijanja, estrih se na tom opterećenju zagrijava oko 2 tjedna. Potom se zagrijavanje brzo smanjuje u roku od 3 dana, tako da se vлага koja je bila potisnuta grijanjem može ponovno pomicati prema gore. Nakon toga se estrih ponovno zagrijava tjedan dana s 2/3 opterećenja grijanja.

Prije polaganja gornje obloge temperatura se mora sniziti.

##### Funkcionalno zagrijavanje kod zidnog grijanja

U slučaju zidnog grijanja kad imamo cementnu žbuku ili punilo, zagrijavanje ne smije započeti prije 21 dan od dana nanošenja. U slučaju gipsa ili glinene žbuke, zagrijavanjem treba započeti najranije nakon 7 dana. Svakako se treba pridržavati podataka proizvođača! Funkcionalno zagrijavanje počinje temperaturom polaza od 25 °C, koja se mora održavati 3 dana. Nakon toga temperatura polaza se povećava na maksimum i zadržava 4 dana. U slučaju zidnog grijanja zidnim oblogama, funkcionalno zagrijavanje može se započeti odmah nakon ugradnje.

Primjer: protokol zagrijavanja za estrihe kako bi bili spremni za pokrivanje

Klijent:	Izvođač:
Gradilište:	Voditelj gradnje:

- Cementni estrih, Proizvod: \_\_\_\_\_
- Anhidridni estrih, Proizvod: \_\_\_\_\_
- Ostalo., Proizvod: \_\_\_\_\_

Sustav grijanja:	cca. Debljina estriha: _____ mm
Ugradnja estriha:	Sloj iznad grijajućih elemenata: Min:                  mm                  Max:          mm

Zagrijavanje (spremno za grijanje):

Datum	Vanjska temperatura °C	Temp. polaza °C	Potpis

Ispitivanje osušenosti:

Datum	Metoda	Suho da / ne	Potpis

Snižavanje temp. polaza:

Datum	Vanjska temperatura °C	Temp. polaza °C	Potpis

Zagrijavanje završeno:

Datum	Vanjska temperatura °C	Temp. polaza °C	Potpis

Mjesto / Datum:

Potpis voditelja gradnje:

**P**rimjer: protokol zagrijavanja zidnog grijanja

Klijent:

Gradilište:

Izvođač:

Voditelj gradnje:

Cementna žbuka, Proizvod: \_\_\_\_\_

Gips, Proizvod: \_\_\_\_\_

Ostalo., Proizvod: \_\_\_\_\_

Sustav grijanja:

Ožbukano:

Debljina žbuke cca: \_\_\_\_\_ mm

Sloj iznad grijaćih elemenata

Min:                    mm                    Max:                    mm

Zagrijavanje:

Datum	Vanjska temperatura °C	Temp. polaza °C	Potpis

Funkcionalno grijanje:

Datum	Vanjska temperatura °C	Temp. polaza °C	Potpis

Mjesto / Datum:

Potpis voditelja gradnje:

**P**rimjer: protokol za tlačnu probu površinskog grijanja

Klijent:

Gradilište:

Izvođač:

Voditelj gradnje:

Izvedba, grijanje/ hlađenje (Podno/ Zidno/ Stropno): \_\_\_\_\_

Materijal cijevi /Spajanje cijevi (Proizvod / Tip): \_\_\_\_\_

Način spajanja (prešano / navojni / zavareno): \_\_\_\_\_

Sustav-, Distributer: \_\_\_\_\_

Proba tlakom:

Ispitni tlak \_\_\_\_\_ bar Početak od \_\_\_\_\_ do \_\_\_\_\_ sati

Ispitni tlak \_\_\_\_\_ bar Završetak od \_\_\_\_\_ do \_\_\_\_\_ sati

Pad tlaka za vrijeme probe tlakom \_\_\_\_\_ bar

Rezultat vizualne kontrole: \_\_\_\_\_

.....  
Mjesto / Datum:

.....  
Potpis voditelja gradnje:

.....  
Potpis klijenta:

**P**rimjer: tablica za brzi odabir razmaka polaganja podnog grijanja

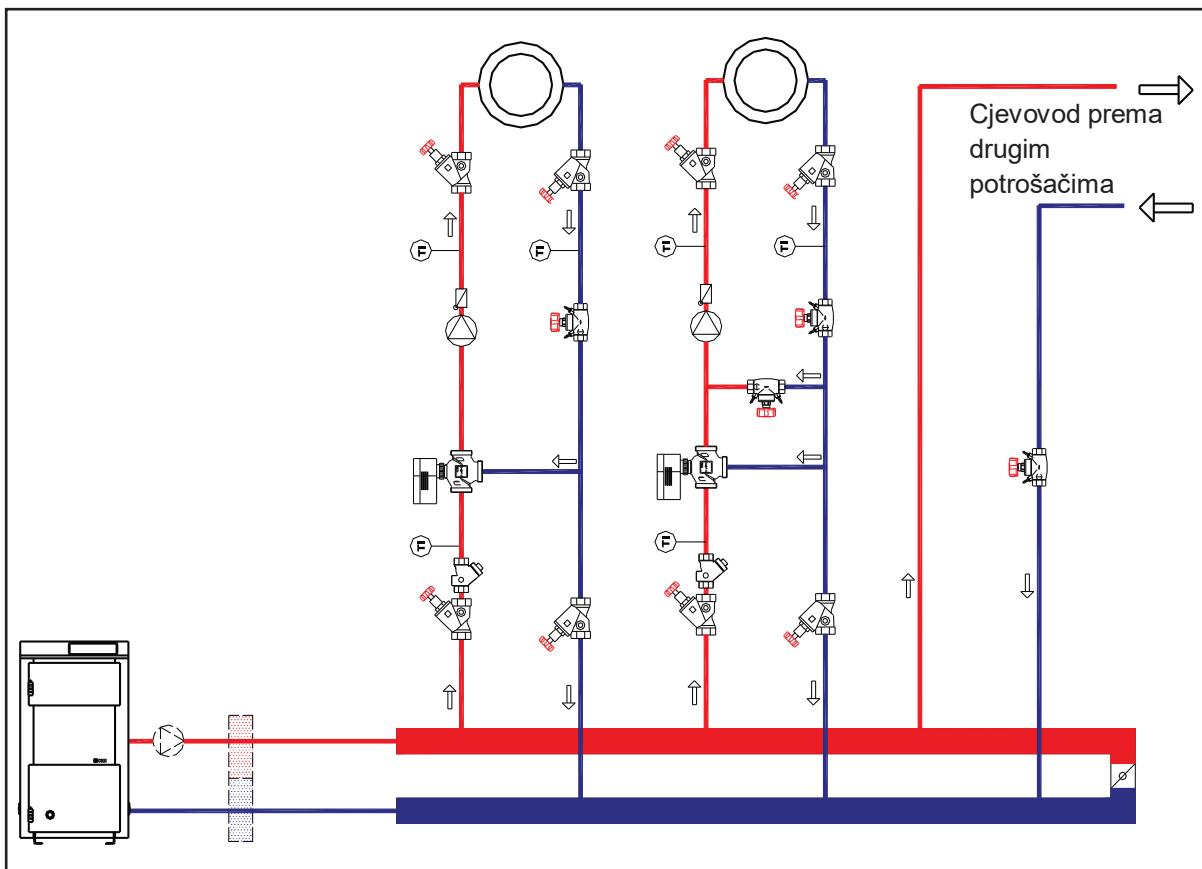
Brzi odabir / Pregled HERZ - Cijevi Dimentzije 16 x 2,0 mm		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
Toplinski operećenje površinskog grijanja W/m <sup>2</sup>		24	25	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	29	29	30	30	31	31	31
Površinska temperatura površinskog grijanja kod tempr. prostorije 20 °C		28	29	29	30	30	31	31	32	32	33	33	33	33	33	34	34	35	35	35
Površinska temperatura površinskog grijanja kod tempr. prostorije 24 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	250 36,7	200 30,3	150 22,1	100 14,3	70 8,9											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30,2	22,4	150	100	15,5	70	9,75										
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	200 28,3	150 18,9	100 12,4	70 9,8													
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	200 28,3	150 20,8	100 14,3	70 8,5													
	R <sub>a</sub> =0,15 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	200 25	150 20	100 13,5	70 8,5													
Temp. polaza 40 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 28,3	150 20,8	100 14,3	70 8,5												
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 250	200 38,1	28 28,8												
	R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 36,5	200 26,4	150 17,6	100 12,6	70 8,8												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 36	200 28,3	150 18,5	100 11,7	70 8,8												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 31,2	150 20,5	100 14,5	70 9,5												
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	250 39,3	200 39,3	22 32,2												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 40	200 34,5	150 24,8	100 15,4	70 8,4												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 33,4	150 23,9	100 23	70 8,5												
Temp. prostorije 24 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 34,5	150 24,5	100 24,5	70 9,7												
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	250 38	200 38	22 29,5												
	R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 24 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,15 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 32,3	150 23	100 15,5	70 8,5												
	R <sub>a</sub> =0,10 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih Debeli	VA in mm	250 40	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9												
Temp. prostorije 20 °C		R <sub>a</sub> =0,02 (m <sup>2</sup> K)W	Pločice	VA in mm	200 32,5	150 22,5	100 14	70 7,9	150 17,3											
	Drvno / Parket	VA in mm	Amax in m <sup>2</sup>	30	20	200 30,5	150 30,5	22 21,5												
	R <sub>a</sub> =0,07 (m <sup>2</sup> K)W	Tepih	VA in mm	250 39,4	200 															

## 5 Razvođenje nosioca topline

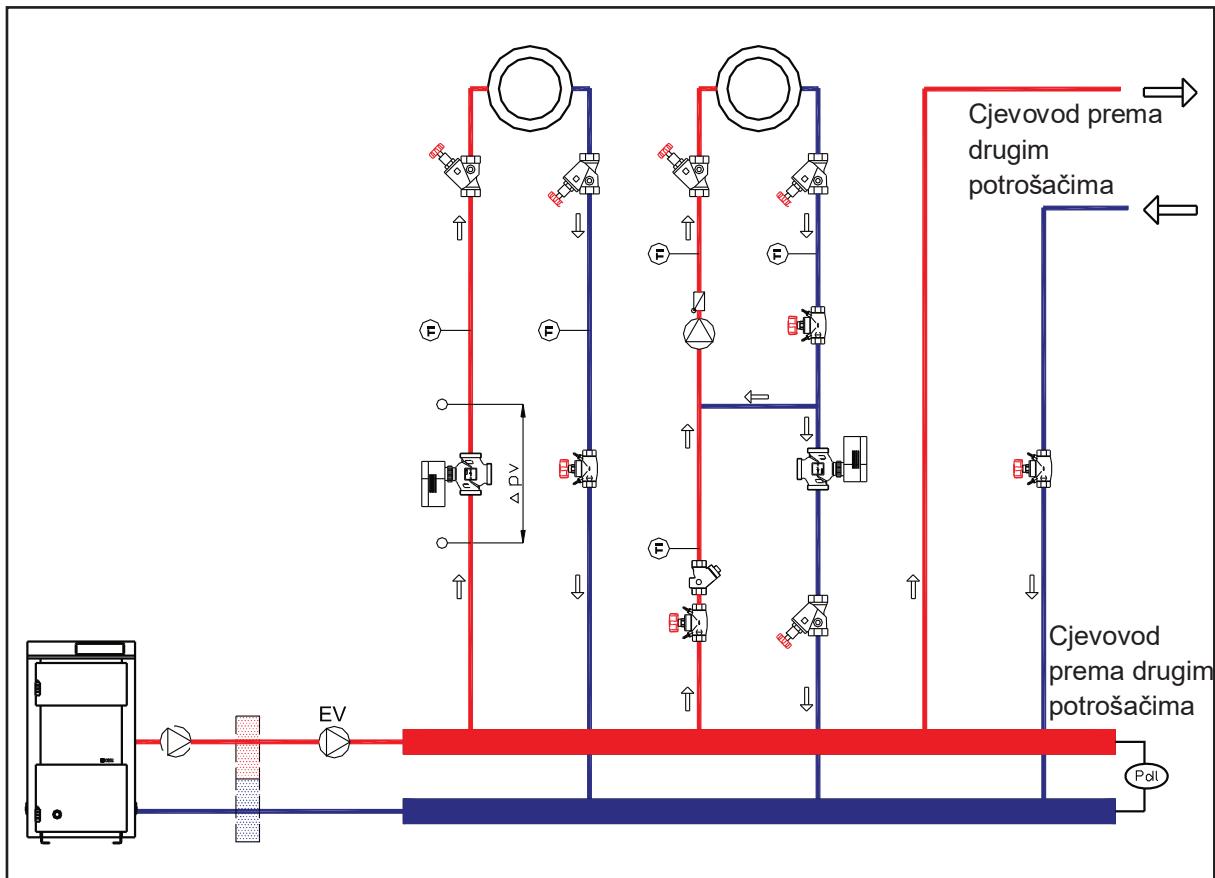
### 5.1 Dimenzioniranje

Tijekom dimenzioniranja sustava za razvođenje nosioca topline treba obratiti pažnju na:

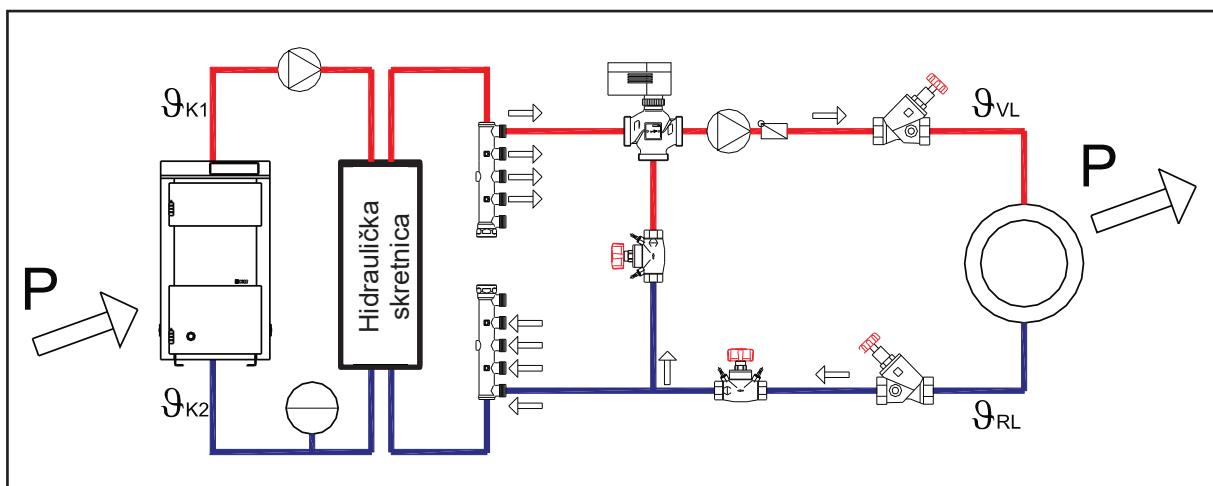
- (1) Način uporabe,
- (2) Izvedbu sustava za odavanje topline,
- (3) Dijelove sustava s različitim načinima odavanja topline. Svaka grupa ima zasebnu regulaciju,
- (4) Dijelovi sustava s posebnim radnim parametrima npr. sjeverna-južna strana, prema periodima rada, prema zahtjevima korisnika,
- (5) Istovremenost rada,
- (6) Temperatura odn. temperaturna razlika nosioca topline,
- (7) Vrsta nosioca topline (voda, mješavina vode i glikola),
- (8) Razvod medija (npr. hidraulička skretnica, razdjelnik sa ili bez održavanja diferencijalnog tlaka).



Sl. 5-1 Razdjelnik bez održavanja diferencijalnog tlaka s crpkom EV



Sl. 5-2 Razdjelnik s održavanjem diferencijalnog tlaka i crpkom EV (glavna crpka s promjenljivim protokom)



Sl. 5-3 Princip rada hidrauličke skretnice

Nadalje treba poštivati sljedeće:

- (9) Prilikom mjerjenja pojedinih volumnih protoka:  
  - Za razvod od sustava za proizvodnju topline do potrošača vrijede osnove proračuna sustava za opskrbu toplinom

- Unutar potrošača (ogrjevnog tijela) vrijede osnove proračuna za odavanje topline.
- (10) Cirkulacijske crpke treba postaviti u smislu njihovog broja, karakteristika, brzine i upravlјivosti kako bi se mogle prilagoditi promjenjivim zahtjevima sustava za odvođenje topline.

- (11) Regulacija i hidraulički krugovi moraju biti pažljivo usklađeni sa cijelokupnim sustavom.
- (12) U slučaju priključka na daljinsko grijanje, moraju se poštivati smjernice nadležne tvrtke za opskrbu daljinskim grijanjem.

## 5.2 Smjernice za projektiranje

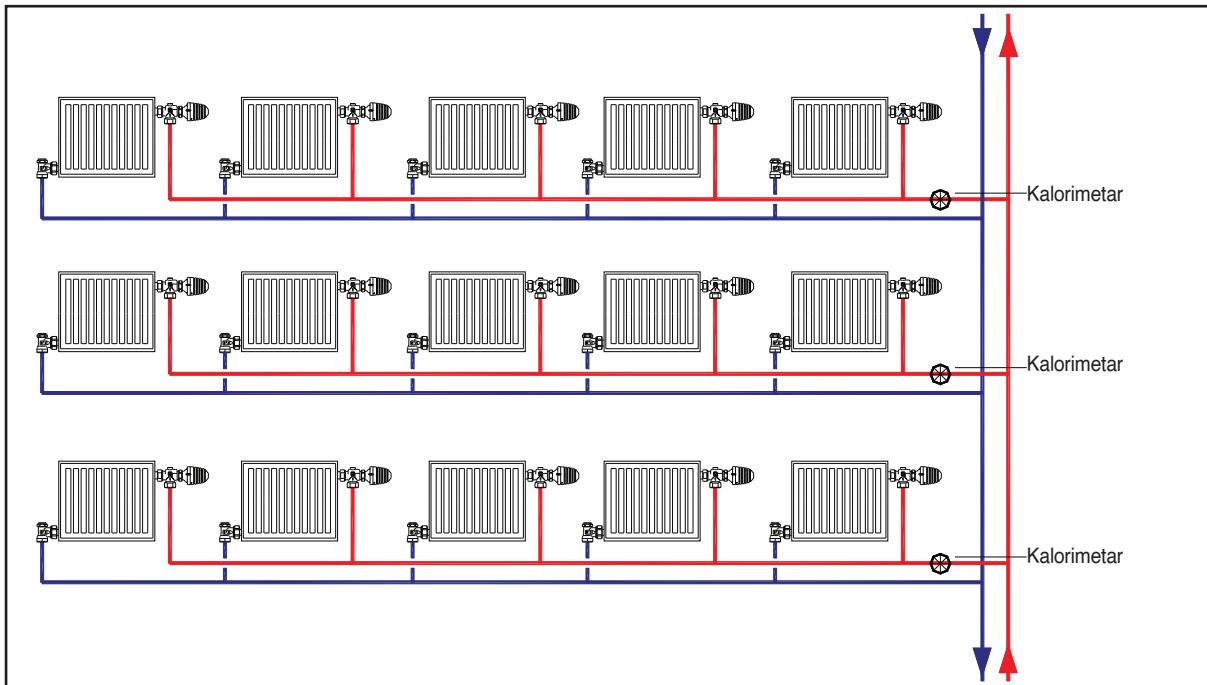
- (1) Svaka grana sustava mora se moći regulirati, zatvoriti, odzračiti i isprazniti. Zaporni elementi moraju biti za odgovarajući tlak, temperaturu i predviđenu namjenu na mjestu ugradnje i moraju dobro zatvarati (zahtjevi su dani u normi ÖNORM EN 12266, faktor propuštanja 1).
- (2) Svi uređaji za zatvaranje, ispuštanje, odzračivanje, mjerjenje i regulaciju, odvojivi priključci i kompenzatori moraju biti raspoređeni tako da budu dostupni za servis, očitavanje i održavanje.
- (3) Razvod cijevi, dimenzije i fazonski komadi (lukovi, T-komadi) moraju se odabrati prema smjernicama za dimenzioniranje sustava grijanja.
- (4) Buka mora biti u granicama propisanim normom ÖNORMEN B 8115 i H 5190.
- (5) Održavanje određenog protoka nosioca topline (maseni ili volumni protok) koji je dobiven proračunom mora se ostvariti podešavanjem i održavati (npr. pomoću prigušnica na povratu, granskih regulacijskih ventila s mjernim nastavcima, regulatorima diferencijalnog tlaka, regulatorima protoka).
- (6) Dijelovi mreže koji nisu u grijanim prostorima moraju biti izolirani u skladu s normom ÖNORM H 5155.
- (7) Kad cijevna mreža sustava za distribuciju topline (cjevovodi) prolazi prostorima koji se namjeravaju grijati treba osigurati sljedeće:

Ukupno odana toplina toplinski izoliranih i neizoliranih dijelova sustava prostorije ne smije prelaziti 20% njezinih potreba za grijanjem, određeno u skladu s ÖNORM M 7500-1 (nacionalni dodatak ÖNORM EN 12831).

Navlake, omotači, obloge i slično moraju se postaviti prema uputama proizvođača. Neizolirani dijelovi sustava ugrađeni ispod žbuke ili u srušteni strop trebaju se tretirati kao slobodno postavljeni.  
Ukupno odana toplina toplinski izoliranih dijelova, u skladu s ÖNORM H 5155, ne uzima se u obzir pri izračunu.
- (8) Sustav raspodjele topline treba imati regulaciju temperature polaza.
- (9) Cirkulacijske crpke i uređaji za održavanje tlaka moraju se instalirati u sustave grijanja na takav način da se izbjegne usisavanje zraka tijekom rada.  
Preporučuje se ugradnja rezervnih crpki.
- (10) Sustav raspodjele topline (cjevni razvod) treba biti projektiran na takav način da uslijed toplinskih dilatacija ne dođe do oštećenja sustava ili objekta i da se ne stvara buka. Problem dilatacija rješava se provlačenjem cijevi kroz prikladne vodilice (npr. dilatacijsku petlju). To je prikladnije nego ugradnja kompenzatora (aksijalnih, lateralnih, zglobovnih kompenzatora). Ako se kompenzatori ipak moraju ugraditi, treba poštivati smjernice proizvođača.
- (11) Sustav razvoda nosioca topline treba dimenzionirati na takav način da se osigura odavanje topline u prostoriji putem ogrjevnih tijela (npr. radijatora).

### 5.3 Razvođenje topline u objektu

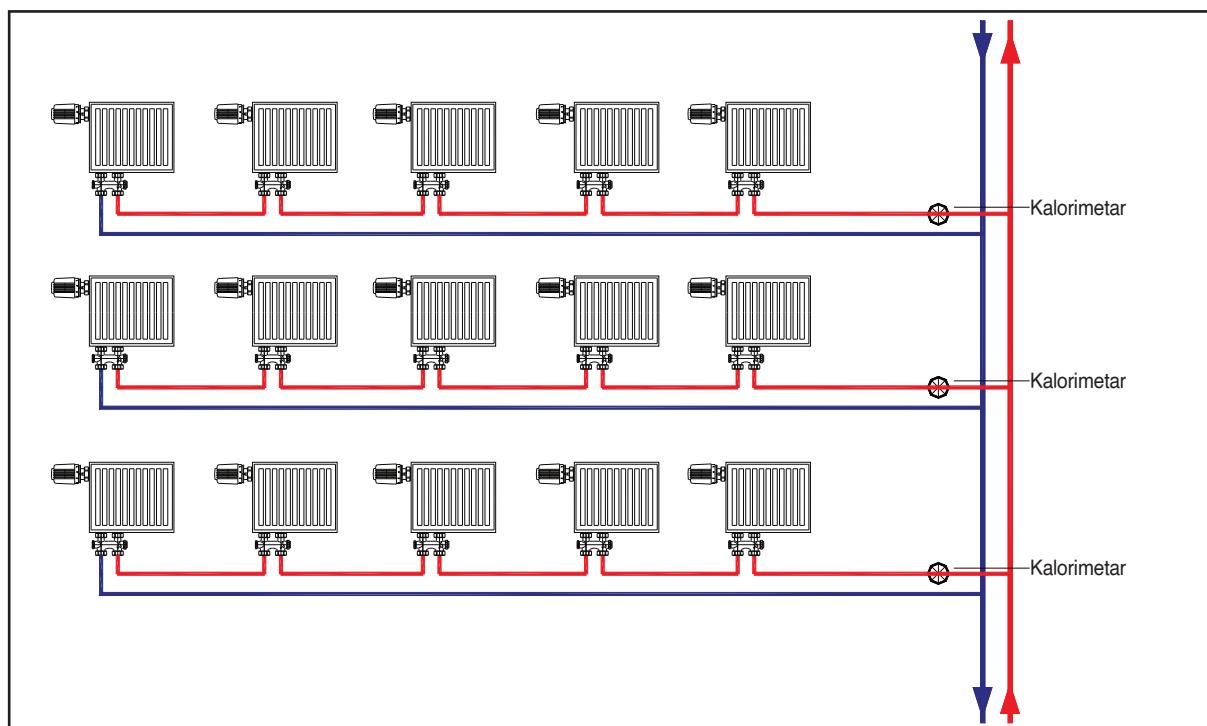
Klasični raspored cijevi za donji razvod koji je decentraliziran.



Sl. 5-4 Dvocijevni sustav grijanja s vertikalnom granom i horizontalnim razvodom

Preporučuje se centralni vertikalni razvod zbog boljih mogućnosti naplate troškova grijanja.

U tom se slučaju za svaki stan može na horizontalu ugraditi kalorimetar.



Sl. 5-5 Jednocijevni sustav s centralnom vertikalnom granom i razvodom po stanovima

## 6 Sustavi opskrbe toplinom

### 6.1 Dimenzioniranje sustava opskrbe toplinom

Toplinski učin kotla, izmjenjivača topline ili priključak daljinskog grijanja moraju biti dimenzionirani prema maksimalno potreboj toplini, pri čemu se moraju uzeti u obzir povremene istovremene potrebe za toplinom. Potrebna količina topline (potrebna snaga kotla)  $\Phi_{EB}$  dobije se kao zbroj:

$$\Phi_{EB} = \Phi_{EBH} + \Phi_W + \Phi_{EBL} + \Phi_{EBS}$$

$\Phi_{EBH}$	W	Toplina potrebna za zagrijavanje prostora
$\Phi_W$	W	Toplina potrebna za potrošnu toplu vodu
$\Phi_{EBL}$	W	Toplina potrebna za svježi zrak (izmjena zraka)
$\Phi_{EBS}$	W	Toplina za ostale potrebe

### 6.2 Određivanje potrebne topline za prostoriju

#### 6.2.1 Toplinsko opterećenje zgrade $\Phi_n$

Osnova za određivanje toplinske snage sustava za opskrbu toplinom za potrebe grijanja prostora je toplinska potreba objekta koja se određuje preko površine ovojnica objekta prema ÖNORM EN 12831. Potrebna se toplina može dobiti kao zbroj toplinskih potreba svih prostora prema normi ÖNORM M 7500-1 (nacionalni dodatak ÖNORM EN 12831). Ovaj zbroj ne mora se poklapati s količinom topline izračunatoj prema ÖNORM EN 12831.

#### 6.2.2 Snaga izvora topline

Za određivanje potrebne snage sustava opskrbe toplinom mora se uzeti u obzir sljedeće:

- Prekidi u radu
- Toplinska svojstva objekta
- Dogovorena odstupanja temperatura, kao npr. pri vanjskim temperaturama nižim od normirane, djelomično korištenje objekta, prihvatanje smanjene temperature prostora.

##### 6.2.2.1 Analiza utjecaja smanjenja temperature

Potrebno je uzeti dodatak ako imamo dulje smanjenje temperature prostora do  $+5^{\circ}\text{C}$  (zaštita od smrzavanja).

Ohlađivanje prostorija zbog prekida grijanja, kao i zagrijavanje rijetko grijanih prostorija, mora se nadoknaditi većom snagom sustava.

Vremenski tijek hlađenja prostorija ovisi o nekoliko čimbenika. Za temperaturu vanjskog zraka može se približno prepostaviti srednja temperatura tijekom cijelog razdoblja grijanja, koja je oko  $+4^{\circ}\text{C}$ , ili najniža srednja mjesečna temperatura u razdoblju grijanja, koja iznosi oko  $-2^{\circ}\text{C}$ .

### 6.2.2.2 Određivanje toplinske snage za potrebe grijanja prostora

Potrebna toplinska snaga (snaga izvora topline)  $\Phi_{EBH}$  računa se:

$$\Phi_{EBH} = f_H \cdot \Phi_n$$

Gdje su:

$\Phi_{EBH}$	W	Potrebna snaga za grijanje prostora
$f_H$		Dodatak za grijanje
$\Phi_n$	W	Nazivna, izračunata snaga grijanja

### 6.3 Potrebna toplina za potrošnu toplu vodu

Potrebna količina topline za akumulacijske ili protočne grijalice vode mora biti jednaka najmanje minimalno potrebnoj  $\Phi_{min}$ .

$$\Phi_W \geq \Phi_{min}$$

Gdje su:

$\Phi_W$	W	Snaga za potrošnu toplu vodu (snaga izmjenjivača topline)
$\Phi_{min}$	W	Minimalna toplinska snaga za zagrijavanje potrošne tople vode dobivena uz faktor N koji uzima u obzir periodičku potrebu za potrošnom toplom vodom Q2T (prema ÖNORM H5150-1)

### 6.4 Ventilacija i klimatizacija

Potrebna snaga  $\Phi_L$  određuje se za najnepovoljniji slučaj, pri čemu se uzima faktor snage kao funkcija broja priključenih potrošača topline.

$$\Phi_{EBL} = f_L \cdot \Phi_L$$

Gdje su:

$\Phi_{EBL}$	W	Potrebna snaga uređaja za ventilaciju
$\Phi_L$	W	Proračunata toplinska snaga za zagrijavanje zraka

$f_L = 1,0$  za 1 do 3 potrošača

$f_L = 0,95$  za 4 do 10 potrošača

$f_L = 0,9$  za više od 10 potrošača.

### 6.5 Drugi izvori topline (procesna toplina)

Pri određivanju učina ostalih izvora topline (procesna toplina), mora se uzeti u obzir istovremenost rada cijelokupnog sustava grijanja, npr. pri zagrijavanju vode u bazenu (sa ili bez pokrova), uzimaju se u obzir samo gubici topline.

$$\Phi_{EBS} = f_S \cdot \Phi_S$$

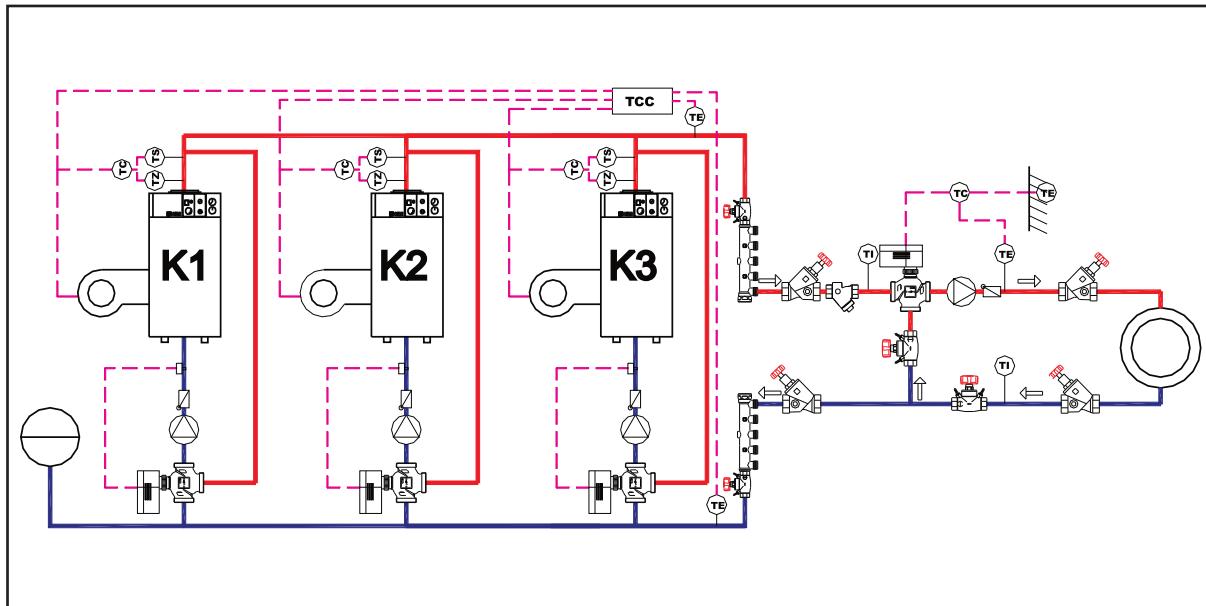
Gdje su:

$\Phi_{EBS}$	W	Snaga ostalih izvora
$f_S$		Korekcijski faktor za ostale izvore
$\Phi_S$	W	Toplinska snaga ostalih izvora, npr. procesna toplina

## 6.6 Postrojenje s više kotlova

Kako bi se postigla optimalna prilagodba potrebnoj toplinskoj snazi s visokim stupnjem iskorištenja, minimalnoj emisiji štetnih tvari i zbog operativne pouzdanosti, povoljno je koristiti sustave s više kotlova.

Shema prikazana na sl. 6-1 prikladna je samo za konvencionalne kotlove. U slučaju kondenzacijskih plinskih i uljnih kotlova, obavezno treba sprječiti podizanje temperature povrata.



Sl. 6-1 Shema sustava s više kotlova

## 6.7 Individualne toplinske podstanice za stanove

Uobičajena i do sada najčešće korištena vrsta pripreme tople vode je ona sa spremnikom tople vode. Ova vrsta uređaja zagrijava vodu puno prije nego što se ona koristi. Akumulira je na određenoj temperaturi. Zbog neizbjegnog gubitka topline tijekom razdoblja akumulacije, a ovisno o temperaturi okoline, voda se mora redovito dogrijavati. Nedostaci ovakvog načina pripreme i raspodjele tople vode dobro su poznati: gubitak topline i mogući higijenski nedostaci (razvoj legionele). Razvoj legionele treba unaprijed sprječiti konstruktivnim mjerama ili promjenom načina pripreme. One su usmjerene na izbjegavanje "akumulacije tople vode" tijekom vremena kako bi se sprječilo širenje legionele.

Uredaj koji za svoj rad ne zahtijeva nikakvu akumulaciju poznat je pod pojmom "protočna grijalica vode". Za postizanje razine udobnosti koja je danas uobičajena i potrebna ili za spremnost rada uređaja u svakom trenutku i u svakom načinu rada, potreban je kvalitetan razvoj i velika stručnost.

Nadalje, kako bi se omogućila očekivana optimalna funkcija uređaja, moraju se prilagoditi i osnovni uvjeti pod kojima uređaji rade. Tehnološki napredak ove vrste uređaja može se jasno vidjeti tijekom različitih generacija. Glavno područje primjene je uporaba u obiteljskim kućanstvima (npr. 2 odrasle osobe, 2 djece) u zatvorenim, višekatnim povezanim zgradama u centru. To je osobito slučaj za opskrbu toplinom daljinskim grijanjem. Uredaji su također prikladni za upotrebu u novim zgradama kao što su pasivna kuća, niskoenergetska kuća, kuća nulte energije i posebno su pogodni za obiteljske kuće u nizu. Ovisno o mogućnosti primarnog dobavljača, individualne toplinske podstanice imaju dovoljnu snagu ispuniti uobičajena očekivanja udobnosti korisnika. Najvažniji kriterij kvalitete za korisnika u praktičnoj upotrebni ovih vrsta uređaja je protok tople vode u jedinici vremena (litra/minuti). Osim toga, topla voda mora imati željenu ili unaprijed zadalu temperaturu tijekom cijelog vremena korištenja, a također je treba održavati.

Individualna toplinska podstanica je kompaktan uređaj, spremjan za spajanje. Namijenjena je za neovisnu opskrbu grijanjem i pripremu potrošne tople vode. Ovisno o izvedbi individualne toplinske podstanice i potrebama, izlaz tople vode izведен je tako da se istovremeno može opskrbiti nekoliko izljevnih mesta. Hladna se voda zagrijava prema potrebi kontinuiranim protokom kroz izmjenjivač topline. Toplu vodu za kućanstvo više nije potrebno spremiti u spremnike. To znači da su potrebne samo 3 dovodne cijevi: polazni i povratni vod grijanja i cijev za dovod hladne vode. Nije potrebna vertikalna za toplu vodu i eventualno za recirkulaciju. Položaj individualne toplinske podstanice je u blizini potrošača. Time se, zbog kratkih cjevovoda, također udovoljava zahtjevima Pravilnika o pitkoj vodi. Cijevi i izmjenjivač topline u individualnoj toplinskoj podstanici izrađeni su od nehrđajućeg čelika. Ako je potrebno, može se postaviti i toplinska izolacija.

Pojedinačni izvori topline kao što su npr. daljinsko grijanje, kotlovi na naftu, plin ili drvo i međuspremnik, toplinska podstanica lokalnog ili daljinskog grijanja itd. opskrbljuju individualnu toplinsku podstanicu ogrjevnim vodom preko ogranka grijanja. Individualna toplinska podstanica osigurava decentraliziranu distribuciju ogrjevne vode izravno do potrošača, regulira predaju topline i priprema potrošnu toplu vodu pomoću protočnog pločastog izmjenjivača topline. Prednosti su brza i jednostavna ugradnja individualne toplinske podstanice kao i visoka i higijenski sigurna kvaliteta potrošne tople vode. Ovisno o konfiguraciji stanice, moguće je individualno reguliranje grijanja stambenog prostora. Npr. vremenski vođena regulacija ili regulacija podnog grijanja.

Glavne prednosti su:

- Pojedinačno grijanje prostora i opskrba izljevnih mesta potrošnom toplom vodom.
  - Protočno grijanje omogućuje neprekidno snabdijevanje potrošnom toplom vodom.
  - Niski investicijski troškovi u usporedbi s konvencionalnim zidnim bojlerima.
  - Postavljanje na svim mjestima ugradnje u nadžbukne ili ugradbene ormare.
  - Mali sadržaj vode u sustavu pitke vode, pa stoga nije potreban cirkulacijski vod.
  - Nema obveze ispitivanja legionele u skladu s ÖNORM ili Pravilnikom o pitkoj vodi.
  - Niske temperature povrata.
  - Cjevovodi i izmjenjivač topline izrađeni su od visokokvalitetnog nehrđajućeg čelika.
  - Individualna toplinska podstanica kompletno je montirana na osnovnu ploču; ispitana na propuštanje i funkciju.
  - Niski troškovi održavanja.
  - Kontrola potrošnje i točna naplata potrošnje stambenih jedinica pomoći kalorimetara i vodomjera hladne vode.
  - Individualna toplinska podstanica može se pojedinačno podešiti, prema potrebi potrošača.
  - Minimalan prostor ugradnje.
  - Ne treba spremnik tople vode.
  - Održavanje konstantne temperature u izmjenjivaču topline smanjuje rizik od pojave legionele i kamenca.
  - Minimalni gubici u sustavu.
  - Jednostavan rad sustava.
  - Optimalna toplinska udobnost.
- U stanju mirovanja, ogrjevna voda uglavnom struji kroz premosnicu. Voda se održava na radnoj temperaturi pomoći graničnika temperature povrata. To znači da je ogrjevna voda odmah dostupna neposredno ispred izmjenjivača topline. Kada se topla voda otvori na nekom potrošaču, pojavi se diferencijalni tlak na regulatoru hladne vode. Regulator otvara protok tople vode; hladna voda struji kroz izmjenjivač topline, zagrijava se i odmah je na raspolaganju kao topla voda na slavini. Temperatura tople vode regulira se termostatom pomoći uronskog osjetnika, na izlazu tople vode iz izmjenjivača topline, koji upravlja regulatorom tlaka i temperature. Kako bi se spriječilo onečišćenje, u krug grijanja ugrađuje se hvatač nečistoće s mrežastim sitom.
- ### Projektiranje i podešavanje
- Glavne crpke sustava moraju biti podešene tako da najnepovoljnije smještena individualna toplinska podstanica ima dovoljan diferencijalni tlak za normalan rad. Ako je na najudaljenijoj individualnoj toplinskoj podstanici dovoljan diferencijalni tlak, može se pretpostaviti da je on dovoljan i na ostalim individualnim toplinskim podstanicama. Treba osigurati da diferencijalni tlak ne prelazi 0,5 bara (50 kPa). U protivnom mogu nastati problemi s bukom i oštećenje individualne toplinske podstanice.

Da bi se osigurao diferencijalni tlak manji od 0,5 bara, regulator diferencijalnog tlaka treba postaviti na cjevovod ispred individualne toplinske podstanice. Regulatori diferencijalnog tlaka učinkovito automatski reguliraju volumni protok kroz sustav na podešenu vrijednost. Tako je zajamčena dovoljna opskrba.

Da bi osigurala idealna raspodjela topline, pojedinačni krugovi grijanja kao i radijatori moraju biti međusobno hidraulički uravnoveženi.

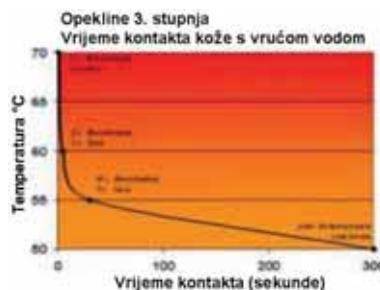
Za ukupnu količinu vode za grijanje za ugrađene individualne toplinske podstanice, treba uzeti u obzir stupanj istovremenosti.

### Primjer: HERZ-ove individualne toplinske podstanice

HERZ-ove individualne toplinske podstanice postižu visoku kontinuiranu dobavu potrošne tople vode pri konstantnih 50 ° C. Ove značajke su među najboljim na tržištu. Postižu se uz minimalan pad tlaka. Optimalne su za prije opisano osnovno obiteljsko kućanstvo. HERZ-ove individualne toplinske podstanice osiguravaju stalnu temperaturu i količinu tople vode, pa i u slučaju različitih potreba ili više intervala potrošnje. Toplinski učin uređaja također je natprosječno visok 7-19 kW.

HERZ-ove individualne toplinske podstanice imaju jedinstveni patentirani sustav montaže, što instalateru često štedi složene i dugotrajne pripreme i prilagodbe postojećim instalacijama. HERZ-ove individualne toplinske podstanice jamče brz i jednostavan način montaže zahvaljujući svojoj praktičnoj konstrukciji. Lako razumljive i trajno vidljive oznake spajanja mogu u velikoj mjeri isključiti pogreške u montaži i povezivanju.

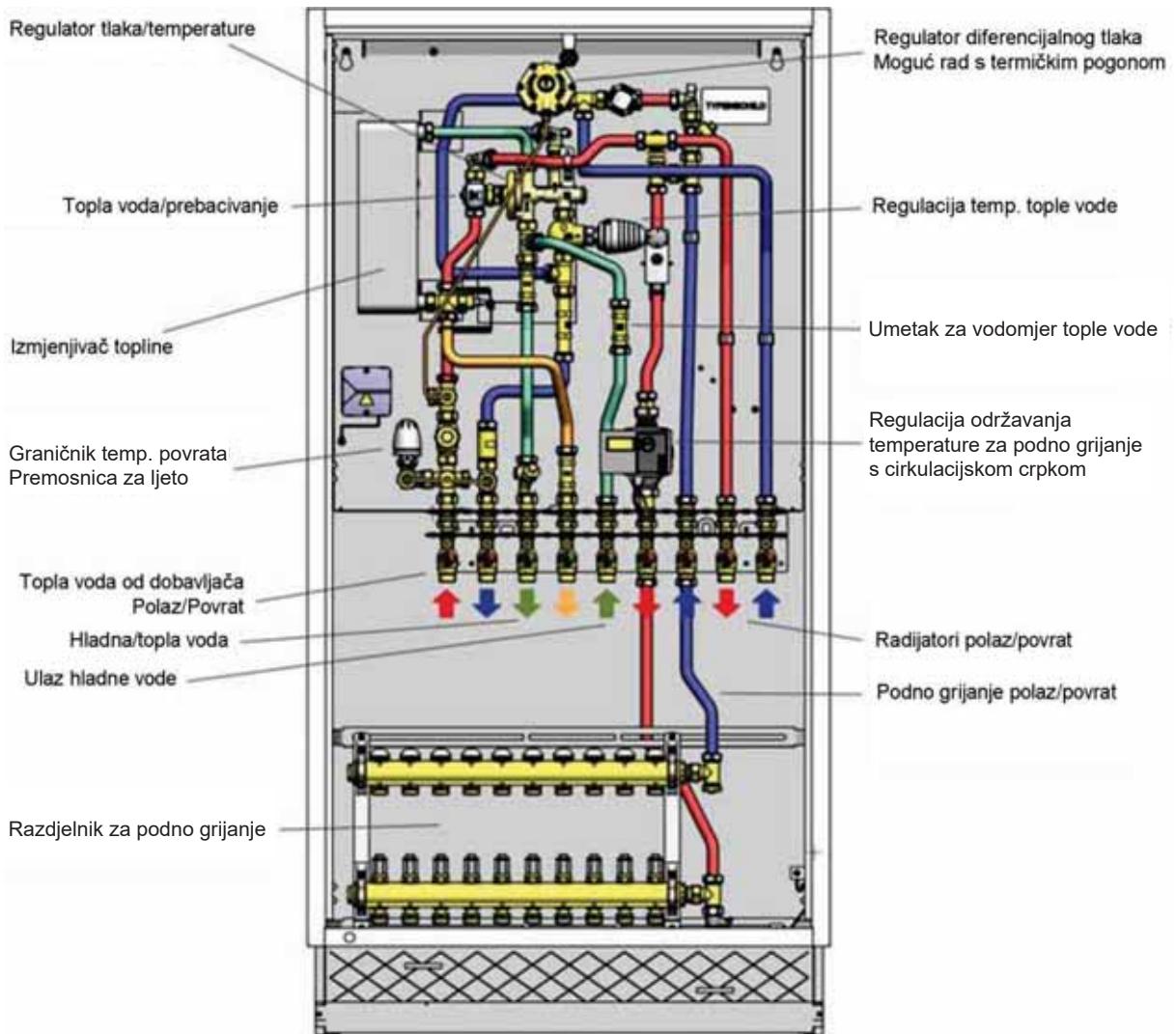
Svi modeli iz HERZ kataloga imaju trajno postavljeni HERZ-ov miješajući ventil za pitku vodu, koji ograničava najvišu temperaturu vode (maks. 50 ° C) i služi kao zaštita od opeklina.



Na raspolaganju je je široka paleta modela, prilagođenih posebnim zahtjevima za svako područje primjene.

### Primjer: HERZ-ova individualna toplinska podstanica za radijatorsko grijanje, podno grijanje i pripremu potrošne tople vode

Kompaktna individualna toplinska podstanica za protočnu pripremu potrošne tople vode i predaju topline za niskotemperaturno grijanje i priključak za radijatore s protočnim Cu tvrdo lemljenim pločastim protusmjernim izmjenjivačem topline od nehrđajućeg čelika. Centralni regulator temperature tople vode ovisno o tlaku protoka hladne vode. Priključak cijevi na individualnu toplinsku podstanicu izведен je pomoću patentiranog sustava za montažu predmontažnom konzolom. Stalna spremnost za pripremu tople vode čak i u ljetnom periodu zahvaljujući temperaturno reguliranoj premosnici na strani grijanja. Regulator diferencijalnog tlaka postavljen je na 50 kPa. Regulator diferencijalnog tlaka na sekundarnoj strani s integriranim zonskim ventilom postavljen je na 13 kPa. Umetak za vodomjer hladne vode, umetak za kalorimetar, primarni hvatač nečistoće s finom mrežicom za sustav grijanja na ulazu u stanicu, i sekundarni na povratu, 2 ventila za ručno odzračivanje, HERZ-ov komplet za regulaciju fiksnih vrijednosti s premosnicom, graničnikom temperature i crpkom, sigurnosni termostat, razdjelnik od nehrđajućeg čelika s mjeračem protoka i gornjim dijelom termostata za raspodjelu u pojedine krugove sustava niskotemperaturnih grijanja. Krugovi grijanja mogu se pojedinačno regulirati ili isključiti i po potrebi opremiti termomotornim pogonom (M 28 x 1,5 mm).



Maks. radna temperatura	90 °C
Min. radna temperatura	55 °C
Maks. radni tlak	6 bar
Min. stat. tlak hladne vode	2,5 bar
Protok potrošne tople vode	15 l/min (10/45 °C)
Maks. razlika tlaka	2 bar

## 6.8 *Tvornička rješenja za povezivanje ili centralno podešavanje*

### 6.8.1 Gotove kombinacije spojeva za ventilokonvektore (fan coil)

Za jednostavno povezivanje ventilokonvektora postoje kompaktne jedinice za spajanje koje su opremljene svim potrebnim priključcima za rad ventilokonvektora.

Te su priključne jedinice prikladne za sustave grijanja i hlađenja, prvenstveno u poslovnim zgradama koje su opremljene ventilacijskim konvektorima. Prednosti su brza montaža i jednostavno spajanje.

Ovdje se obično ugrađuju regulatori volumena protoka, multifunkcijski zaporni ventili i hvatači nečistoća. Za bespriječljivo funkciranje regulatora volumena protoka mora se poštivati potreban minimalni diferencijalni tlak prema tehničkim podacima proizvođača.

Na regulatore volumena protoka mogu se montirati električni pogoni.

Ovisno o odabranom pogonu, moguća je regulacija sobne temperature sobnim termostatom pa i centralnim regulacijskim sustavom. To omogućuje regulaciju neovisnu o tlaku i konstantnu brzinu protoka, koja je neovisna čak i kod kolebanja tlaka. Uz to, energetska učinkovitost cijelog sustava je maksimalna.

Ostale funkcije su ispiranje ili odvajanje sustava. Ispusni ventil na hvataču nečistoća omogućuje nasuprotno ispiranje hvatača nečistoća bez uklanjanja sita.

Regulator volumena protoka treba samo jednom podesiti na potrebnu količinu vode.

Navedene kombinacije spajanja nude se i s gotovom toplinskom izolacijom. Za uporabu u rashladnim krugovima, toplinska izolacija mora biti oblikovana tako da bude nepropusna za difuziju vodene pare zbog sprječavanja kondenzacije.

**P**rimjer: Herz CON u dimenzijama DN 15 do DN 32 (slika 6-2)

Uobičajeni razmaci među cijevima za izravni priključak na ventilokonvektore

DN 15 i DN 20 imaju razmak cijevi 65 mm

DN 25 ima razmak cijevi 90 mm

DN 32 ima razmak cijevi 110 mm

Količine vode 20 - 2500 l / h

Maksimalni radni tlak 25 bara

Područje temperatura -20 ° C do 130 °

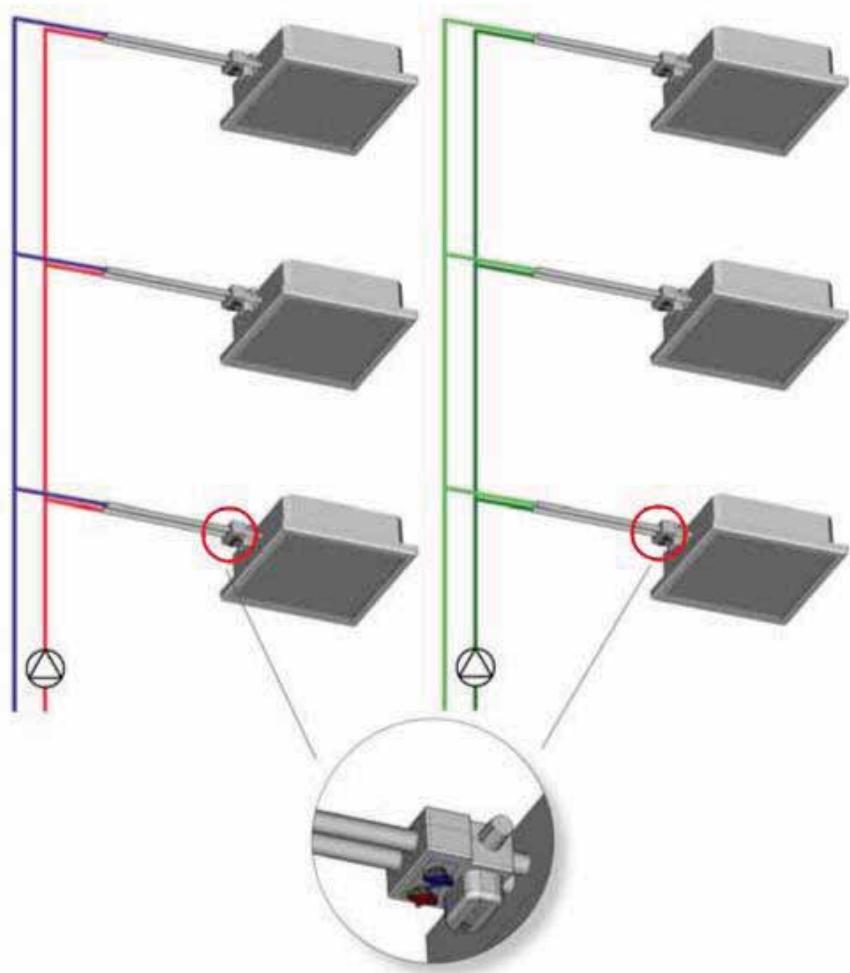


Sl. 6-2 HerzCON komplet tvrtke Herz

**P**rimjer: ugradnja za grijanje i hlađenje

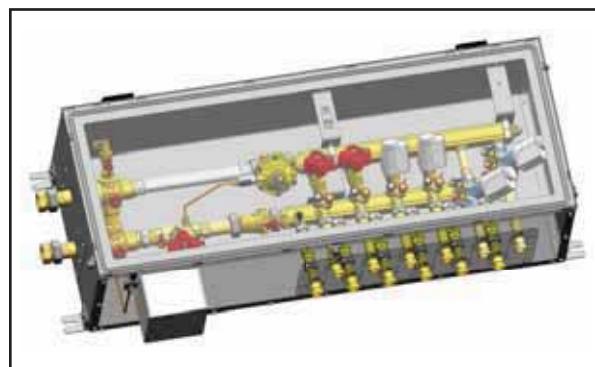


**P**rimjer: primjena za grijanje i hlađenje

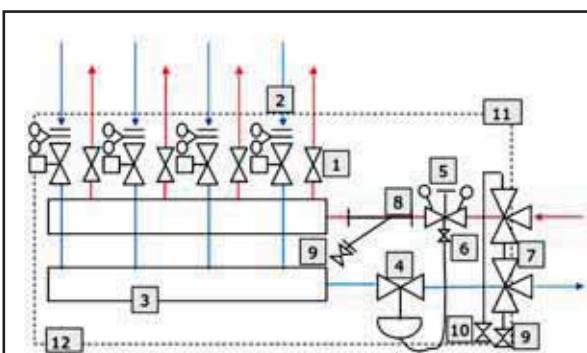


## 6.8.2 Jedinica za upuštanje

Takozvana "Jedinica za upuštanje" tvrtke Herz predstavlja ekonomičan način kontrole termotehničkih instalacija potrošača. Razvijena je s ciljem da se dobije centralno mjesto za puštanje u rad nekoliko potrošača, npr. ventilokonvektora, rashladnih panela itd., za ogrjevnu i rashladnu vodu. Jedinica za upuštanje isporučuje se u izoliranoj čeličnoj kutiji nepropusnoj za difuziju vlage. Može se koristiti za sustave hlađenja. Regulator diferencijalnog tlaka ugrađen je na primarnoj strani jedinice za upuštanje. Osigurava stalni diferencijalni tlak za pojedinog potrošača. Upotrebom u termotehničkim sustavima s promjenjivim protocima, moguće su značajne uštede energije. Regulatore diferencijalnog tlaka važno je koristiti na ograncima ukoliko se na kućanskim aparatima koriste statički regulacijski i balansirajući ventili. Treba naglasiti da se ušteda energije u sustavima s promjenjivim protocima može uvelike povećati postavljanjem regulatora diferencijalnog tlaka što bliže regulacijskim ventilima potrošača. Preporučuje se uporaba ventila poput regulatora diferencijalnog tlaka koji su smješteni blizu regulacijskih ventila potrošača. Osiguravaju održavanje konstantne razlike tlaka u svim ograncima potrošača.



Sl. 6-3 Jedinica za upuštanje (Herz)



Br.	Artikal	HERZ art.
1	Kuglasti ventil	2190
2	Granski regulacijski ventil	4017
2	Regulacijski i balansirajući ventil	7217-V
2	Kombiventil- regulator volumena protoka	4006 SMART
3	Razdjelnik	nije raspoloživ
4	Regulator diferenc. tlaka	4002
4	Regulator diferenc. tlaka s integriranim zonskim ventilom	4002 Fix TS
4	Mjerni zaslon	4000
5	Granski regulacijski ventil	4217
6	Kuglasti ventil s kapilarom	4007-87
7	3-putni kuglasti ventil	2414
8	Hvatač nečistoće	4111
9	Ventil za ispust	2512
10	Odzračni ventil	N/A
11	Kućište	N/A
12	Izolacija	N/A

Stavke 2, 4 i 5 su opcije, ovisno o korištenoj varijanti

Sl. 6-4 Dijelovi jedinice za upuštanje

## 7 Regulacija i hidraulički sustavi

### 7.1 Osnove i pojmovi

#### 7.1.1 Što je regulacija?

Odgovor na ovo pitanje najbolje je prikazati primjerom u praksi.

Otvorimo li ventile hladne i tople vode na slavini, naša osjetila na površini kože, preko perifernog živčanog sustava, prenose do mozga informaciju o temperaturi vode. U mozgu se donosi odluka da li je trenutna temperatura vode ona željena. Ukoliko postoji razlika između stvarne i željene temperature vode mozak donosi odluku i preko živčanog sustava daje nalog mišićima da izvrše promjenu odnosa miješanja vruće i hladne vode na ventilima slave.

Na ovom primjeru zorno je prikazana priroda regulacije.

Zadatak regulacije je da se nekoj fizikalnoj veličini kao što je npr. tlak, nivo tekućine, temperatura, vlažnost, masena ili energetska veličina, izvrši promjena prema unaprijed danim vrijednostima. U našem primjeru to je postizanje željene temperature tople vode.

Zadatak automatske kontrole je automatsko upravljanje bilo kojom fizikalnom varijablom. Ona preuzima zadatak koji su prije izvršavali ljudi. Koje komponente mora imati takav uređaj za automatsko upravljanje da bi mogao izvršavati svoj zadatak?

Zadatak regulacije temperature polaza povezan s regulacijom prikazan je na slici 7-1. Prije svega, zasigurno je potreban uređaj s kojim se može podešiti željena temperatura. To je takozvani podešivač zadane vrijednosti (SW) vanjski temperaturni osjetnik. Uz to, potreban je element koji mjeri temperaturu vode, takozvani mjerni osjetnik. Vanjski temperaturni osjetnik i mjerni osjetnik (MF) prenose svoje vrijednosti na regulator (TC).

#### 7.1.2 Dimenzioniranje i pojmovi

##### Reguliranje / regulacija

Proces u kojem se kontinuirano jedna varijabla, kontrolirana varijabla x (varijabla koju treba kontrolirati), uspoređuje s drugom varijablom, ulaznom varijablom w. Djelovanjem na nju približava se referentnoj vrijednosti. Upravljanje karakterizira zatvoreni krug djelovanja, u kojem kontrolirana (regulirana) varijabla kontinuirano utječe na sebe preko regulacijske petlje.

##### Automatska regulacija:

Svi procesi u regulacijskoj petlji odvijaju se bez ljudske intervencije. (Dodatak "automatski" koristi se samo ako je potrebno razlikovanje od ručne regulacije.)

##### Ručna regulacija:

Zadatak barem jedne veze u regulacijskoj petlji preuzimaju ljudi.

##### Regulacijska petlja:

Čine je svi elementi regulacijskog zatvorenog kruga koji sudjeluju u djelovanju regulacije. Regulacijski se krug sastoji se od regulacijske staze i regulacijskog uređaja.

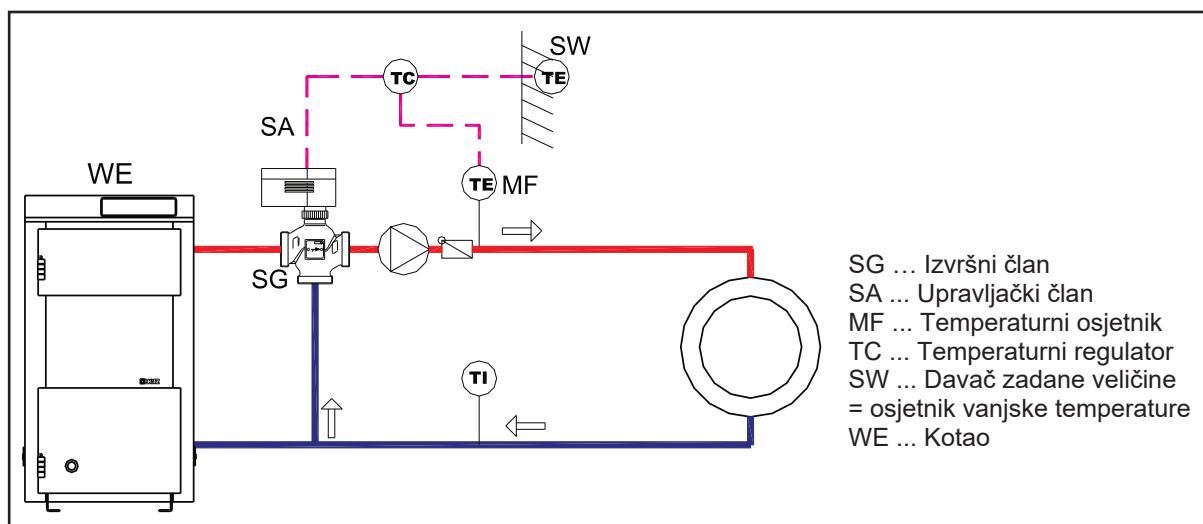
Veličine regulacijskog kruga su:

- x kontrolirana varijabla
- w referentna varijabla
- y upravljačka, ulazna, varijabla
- y<sub>R</sub> izlazna regulirana
- r varijabla povratna veza
- z poremećaj

Zadatak regulatora je međusobno usporediti zadalu i stvarnu vrijednost (stvarna vrijednost = vrijednost osjetnika) i pomoći drugog elementa regulacijskog kruga promjeniti omjer miješanja hladne i tople vode.

To se radi na sljedeći način:

Izlazni signal regulatora (TC) djeluje na pogon (SA), koji je mehanički povezan s izvršnim članom (SG). Promjenu omjera miješanja provodi izvršni član (SG). U našem primjeru on može biti 3-putna slavina ili 3-putni ventil.



Sl. 7-1 AT upravljanja regulacijom

Kratak opis postupka:

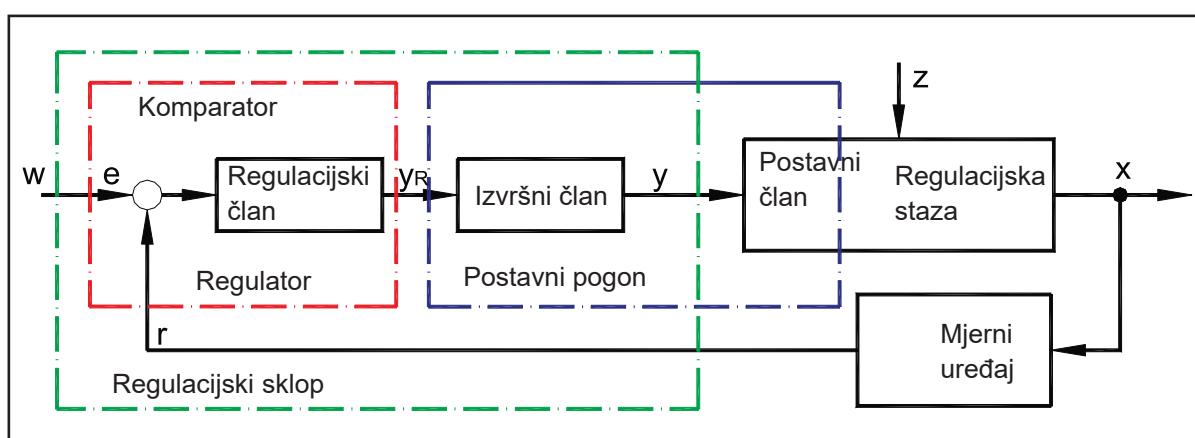
Temperaturni regulator daje regulacijsko odstupanje (zadana vrijednost umanjena za stvarnu vrijednost). Ovisno o veličini regulacijskog odstupanja, upravljački signal šalje se u upravljački dio (SA) i uzrokuje promjenu u omjeru miješanja kotlovske vode i povratne vode. Promjena u omjeru miješanja uzrokuje promjenu kontrolirane varijable, u našem primjeru temperature vode u polazu. Ova nova vrijednost kontrolirane varijable se prijavljuje regulatoru putem mjernog osjetnika, pa propisani slijed djelovanja može ponovno započeti.

Kad govorimo o zatvorenom krugu, govorimo o takozvanoj regulacijskoj petlji (slika 7-2).

Regulacijski, kontrolirani sustav dio je sustava na koji se utječe u skladu sa zadatkom. Pogon (ulazna varijabla  $y$ ) nalazi se na početku regulacijske staze, a na kraju je merno mjesto s mernim osjetnikom (izlazna varijabla  $x$ ).

#### Područje proporcionalnosti $X_P$ :

je raspon u kojem se odstupanje ( $x$ ) mora uspoređivati s fiksnom vrijednošću referentne varijable kako bi se promjenjiva varijabla promjenila u odnosu na područje podešavanja  $Y_h$ .

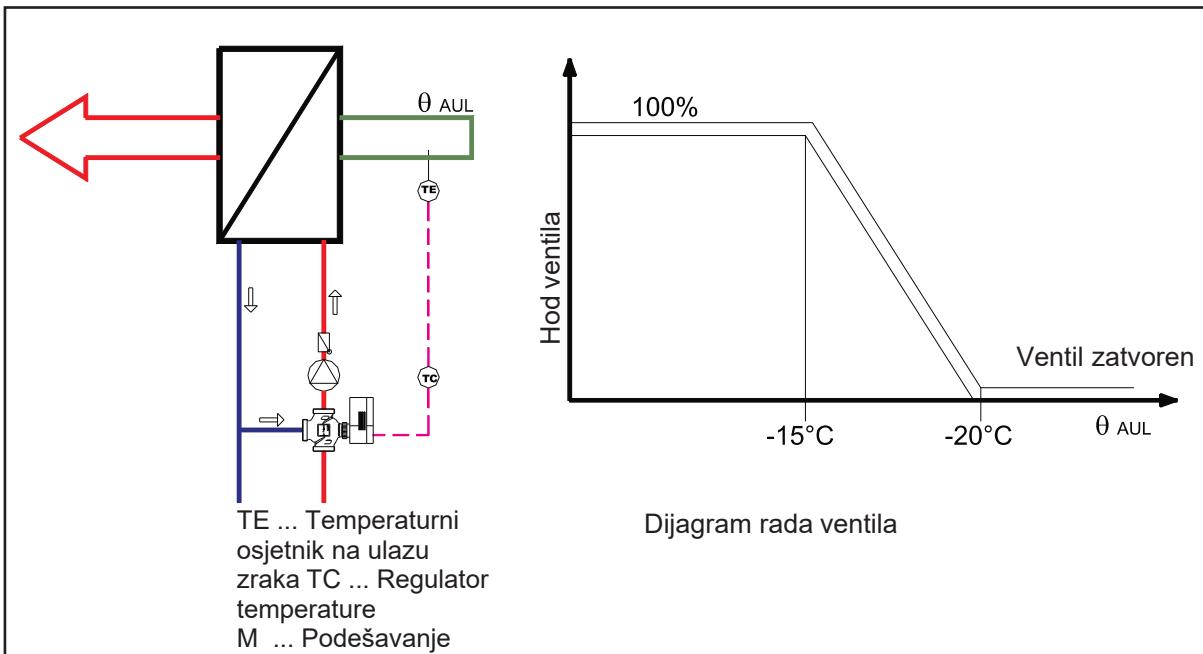


Sl. 7-2 Sljed radnji u regulacijskoj petlji (uobičajeni plan aktivnosti)

### 7.1.3 Što je upravljanje?

Za regulaciju govorili smo kao o zatvorenom krugu aktivnosti. Suprotno od zatvorenog kruga aktivnosti je otvoreni krug aktivnosti, koji karakterizira upravljanje.

Regulacija i upravljanje stoga nisu identični pojmovi. Tijekom regulacije, regulacijska varijabla trajno se prijavljuje regulatoru (TC). Tijekom upravljanja ne provjerava se upravljačka varijabla. To je objašnjeno na primjeru upravljanja grijачem zraka prema slici 7-3.



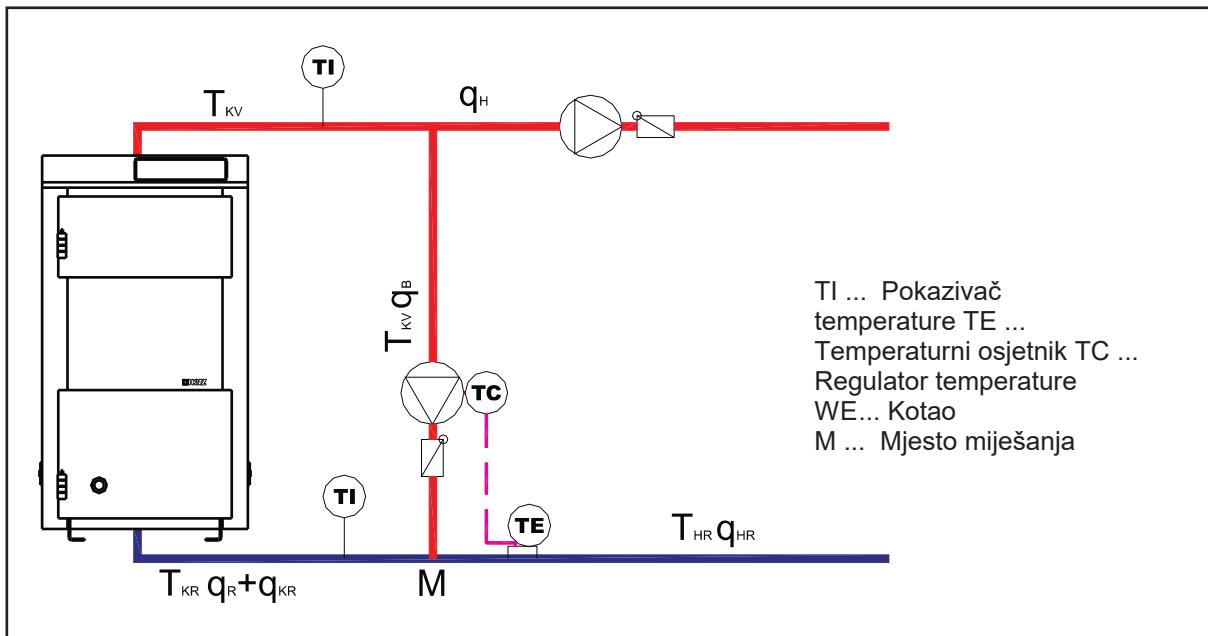
Sl. 7-3 Upravljanje zagrijачem zraka

Temperaturni osjetnik (TE) mjeri temperaturu zraka na ulazu  $\theta_{AUL}$  i šalje informaciju regulatoru (TC). Zadatak regulatora je odrediti vrijednost temperature vanjskog zraka  $\theta_{AUL}$  i pretvoriti ga u upravljački signal prema točno određenoj funkciji, npr. dijagramu funkcije ventila prikazanom na slici 7-3 desno.

Kontrolirana varijabla, temperatura dovodnog zraka, međutim, ne šalje se upravljačkoj jedinici (TC).

To znači da se ne stvara zatvorenna regulacijska petlja.

Važna primjena je kontrola premosnice crpke za povišenje temperature povratne vode u kotao, kako bi se izbjegla korozija dijelova kotla na strani dimnih plinova. (sl. 7-4). U regulator temperature TC šalje se podatak minimalne temperature povrata u kotao.



Sl. 7-4 Upravljanje temperaturom povratne vode u kotao

#### Povećanje povratne temperature

Ovo je potrebno:

- kako bi se izbjegla korozija na niskim temperaturama u čeličnim kotovima,
- kako bi se izbjeglo stvaranje pukotina u kotovima od lijevanog željeza
- kako bi se osigurala minimalna količina vode u kotlu.

#### Potrebna temperatura povrata:

Lako lož ulje >55 °C

Lako lož ulje 60... 65 °C

Pirolički kotao

(rasplinjavanje drva) 65°C

Loženje plinom

Snaga >100kW 35... 45°C

**P**rimjer: povišenje temperature povratne vode pomoću kotlovske crpke preme slici 7-4 (str. 98.)

Snaga kotla 100 kW pri polaznoj temperaturi kotlovske vode  $\theta_{KV} = 80^\circ\text{C}$   
Radi sprječavanja korozije na strani dimnih plinova minimalna temperatura povratne vode u kotao je  $55^\circ\text{C}$  za ekstra lako loživo ulje. Temperatura miješanja u točki M računa se iz toplinske bilance za temperaturu povratne vode od  $\theta_{HR} = 50^\circ\text{C}$   
Sadržaj topline premosnica + sadržaj topline povrata = sadržaj topline povratne vode u kotao.

$$q_B \cdot c \cdot \theta_{KV} + q_H \cdot c \cdot \theta_{HR} = (q_B + q_H) c \cdot \theta_{KR}$$

Potrebni protok vode u premosnici može se izračunati kako slijedi:

$$q_H + q_B = \frac{100}{4,2 \cdot 25} = 0,95 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,95 \frac{\text{l}}{\text{s}} \text{ Krug kotla}$$

$$q_H = 0,95 - q_B$$

$$q_B \cdot 80 + (0,95 - q_B) \cdot 50 = 0,95 \cdot 55$$

$$30 \cdot q_B + 47,5 = 52,25$$

$$30 \cdot q_B = 52,25 - 47,5$$

$$q_B = 0,158 \frac{\text{l}}{\text{s}} \text{ u premosnici}$$

$$q_H = 0,95 \frac{\text{l}}{\text{s}} - 0,158 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 0,792 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 3,21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Crpka za premosnicu :

Približno se može izračunati:

Potreban protok

$$q_V = \frac{\Phi_K}{1,16 \cdot \Delta\theta}$$

$$\Delta\theta = 30\text{K}$$

Lijevano željezni kotao

$$\Delta\theta = 50\text{K}$$

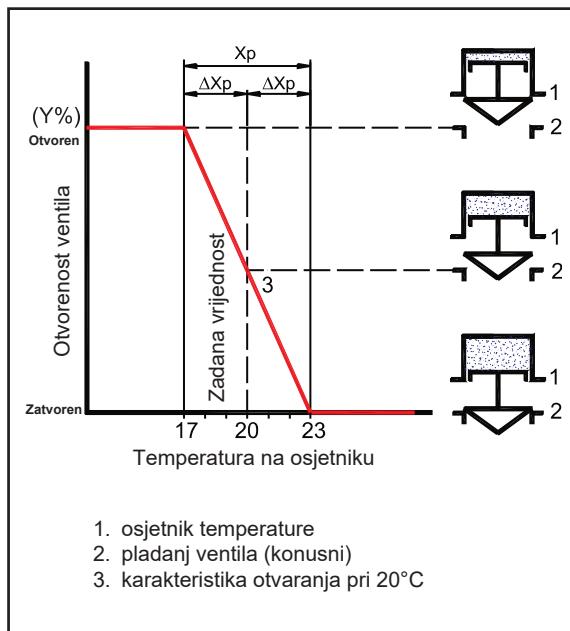
Čelični kotao

Visina dizanja crpke = zbroj pada tlaka kroz cijevi + pojedinačni otpori u krugu kotla = cca. 20 kP

### 7.1.4 Termostatski ventil, funkcija i ugradnja

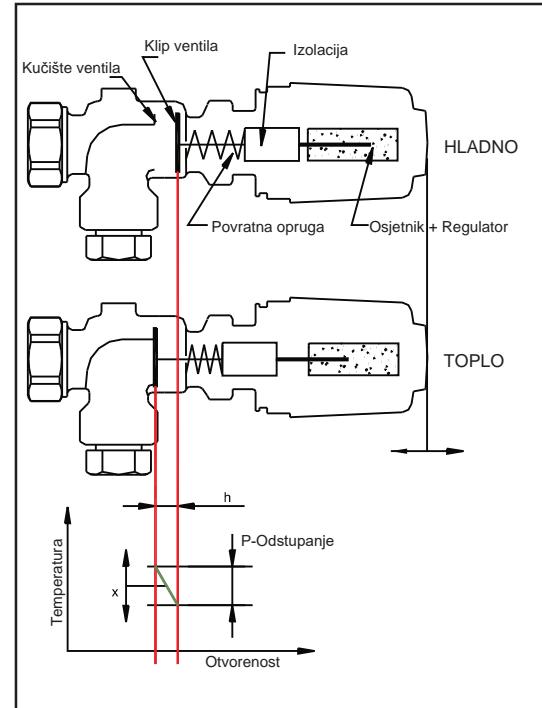
#### Proporcionalni regulator

Termostatski ventil je element s **proporcionalnim regulatorom** bez pomoćne energije. Treba se pažljivo odabrati i instalirati. U proporcionalnom regulatoru, izlazna varijabla je proporcionalna ulaznoj varijabli, tj. za termostatski ventil, svakoj promjeni sobne temperature (kontrolirana varijabla  $x$ ) dodjeljuje se proporcionalna promjena hoda ventila (izvršna varijabla  $y$ ). Ova promjena hoda izravno uzrokuje **promjenu protoka vode za grijanje**.

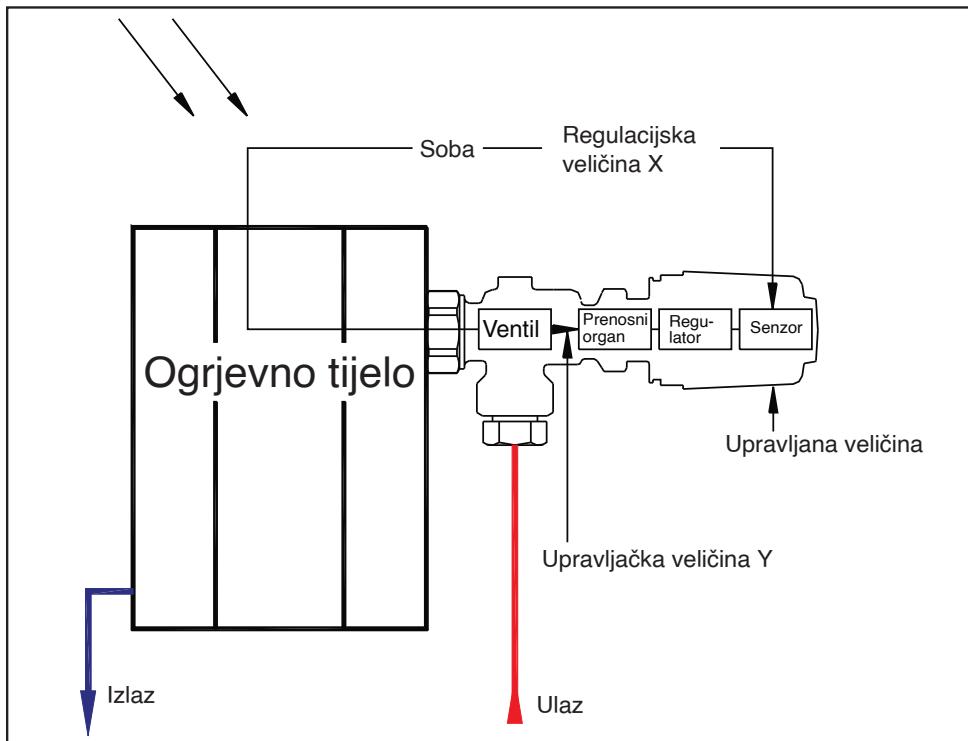


Sl. 7-5 Princip rada: termostatski ventil

To rezultira kontrolom učina radnjata. Slika 7-5 prikazuje funkcionalni princip u pojednostavljenom obliku. Ako je zadana vrijednost postavljena na 20 °C, ventil je potpuno zatvoren na 23 °C (hod pladnja ventila = 0 %) i potpuno otvoren na sobnoj temperaturi od 17 °C (hod pladnja ventila = 100 %). Osjetnik (1) može biti punjen kapljevinom, plinom ili voskom. Kad temperatura poraste, dolazi do povećanja volumena kapljevine ili voska ili do povećanja tlaka plina, pri čemu se konusni pladanje ventila pomiče u smjeru zatvaranja. Ako temperatura padne, pladanje se pomiče u smjeru otvaranja.



Sl. 7-6 Princip rada termostatskog ventila /Herz/



Slika 7-7 Termostatski ventil kao regulator / Herz/

Termostati se proizvode kao termostatski ventili s ugrađenim osjetnikom, kao termostatski ventili s ugrađenim podešivačem zadane vrijednosti i daljinskim osjetnikom, te kao termostatski ventili s kombiniranim daljinskim podešivačem zadane vrijednosti i daljinskim osjetnikom. Osjetnik termostata obično je punjen kapljevinom, iako se ponekad koriste i plin ili vosak.

Proporcionalni regulatori bez pomoćne energije, pa tako i termostatski ventili, imaju nepromjenjiv proporcionalni raspon ( $x_p$ ) npr.  $x_p = 4 \text{ K}$

Premali proporcionalni raspon  $x_p$  dovodi do osciliranja, a prevelik do neprihvatljivih odstupanja regulacije.

Termostatski ventil radijatora tvornički je kalibriran do točke zatvaranja u proporcionalnom rasponu od  $\Delta x_p = 2 \text{ K}$ .

To znači da je nominalni protok kroz ventil na zadanoj vrijednosti od  $20^\circ\text{C}$ , a ventil se zatvara na sobnoj temperaturi od  $22^\circ\text{C}$ .

Poremećaji koji utječu na promjenu temperature prostora i traže automatsku regulaciju su:

- a) Utjecaj vanjske temperature
- b) Zračenje sunca i vjetar
- c) Dodatni izvori topline (el. uređaji, osobe, rasvjeta, cjevovodi tople vode i drugo)

Ako se promjena vanjske temperature kompenzira pomoću vremenski kompenzirane regulacije temperature polaza, termostatski ventili praktički moraju samo regulirati dobitak topline u sobi. Treba izbjegavati svaki porast temperature u odnosu na ciljanu temperaturu. Drugim riječima, mora se samo prigušiti protok vode za grijanje, tj. podešavati od 50 % - 0 %, što uvijek rezultira pozitivnim proporcionalnim odstupanjem. Ventil u našem primjeru ostao bi u položaju pomaka od 50% (srednji položaj) sa svakom trenutnom vanjskom temperaturom ako je krivulja grijanja vanjske regulacije optimalno odabrana i ako nema dodatnih smetnji (vjetar, sunce itd.), uz **traženi protok vode**. Traženi protok vode dobiva iz dimenzioniranja radijatora, gdje je  $\Delta\theta = \theta_V - \theta_R$  i  $\theta_R$  stvarna temperatura povrata.

### 7.1.5 Regulacijski ventili, značajka (autoritet)

Značajka regulacijskog ventila definirana je padom tlaka na ventilu. Za potpuno otvoren ventil pad tlaka se određuje preko diferencijalnog tlaka u čvoru KDD, kad se isti umanji za padove tlaka u cjevovodu i drugim elementima.

Tada je pad tlaka na ventilu najmanji  $\Delta p_{V\min}$ . Kod zatvorenog ventila nema protoka pa tako ni pada tlaka u cjevovodu i ostalim elementima pa je pad tlaka na ventilu maksimalan i ima vrijednost KDD.  $\Delta p_{V\max} = \text{KDD}$ .

Pad tlaka na regulacijskom ventilu nije konstantan i mijenja se sa svakim pomakom vretena. Stoga postoji karakteristika protoka, koja ovisi o hidrauličkim uvjetima i geometrijskim karakteristikama kontroliranog sustava.

Te odnose opisuje značajka ventila  $a_v$ :

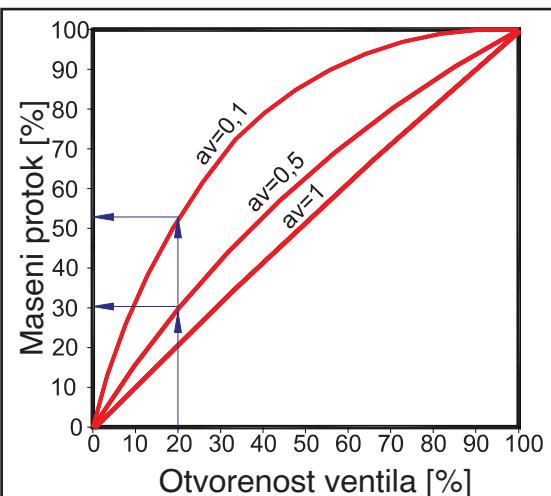
$$a_v = \frac{\Delta p_{V\min}}{\Delta p_{V\max}}$$

Gdje su:

$a_v$	Značajka ventila
$\Delta p_{V\min}$ Pa	Pad tlaka kod potpuno otvorenog ventila
$\Delta p_{V\max}$ Pa	Pad tlaka kod zatvorenog ventila

Ako je ventil poznatih karakteristika konstruiran tako da ima nominalni protok pri potpunoj otvorenosti uz značajku  $a_v = 0,1$  prema slici 7-8 pri 20 % otvorenosti imati će protok 50 % nominalnog. Za usporedbu, regulacijski ventil značajke  $a_v = 0,5$  pri 20 % otvorenosti imati će 30% nazivnog protoka. Ovo pokazuje da je značajka  $a_v = 0,5$  povoljna za konstrukciju regulacijskih ventila. Navedena usporedba pokazuje lošu stranu predimenzioniranosti regulacijskih ventila u smislu same regulacije.

Ako je ventil predimenzioniran,  $\Delta p_{V\min}$  se smanjuje, a  $\Delta p_{V\max}$  ostaje nepromijenjen. To pogoršava značajku ventila, a time i kvalitetu regulacije. Značajka ventila bi stoga trebala biti u području  $a_v = 0,25 \dots 0,75$ .



Sl. 7-8 Značajke ventila pri različitim vrijednostima autoriteta za jedan regulacijski ventil s linearom karakteristikom

#### Dimenzioniranje regulacijskog ventila

Dimenzioniranje regulacijskog ventila radi se na osnovi pada tlaka potpuno otvorenog ventila pri nazivnom protoku. Nazivni se protok određuje proračunom prema zahtjevima projekta.

$$k_V = \frac{q_V}{\sqrt{\Delta p_{V\min}}}$$

Gdje su:

$k_V$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	Volumni protok kroz ventil pri padu tlaka 1 bar (karakteristika ventila)
$q_V$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	Volumni protok kroz ventil

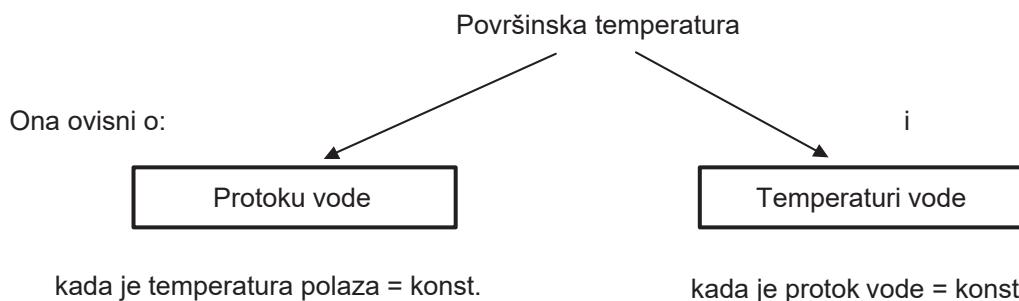
$\Delta p_{V\min}$  bar Pad tlaka potpuno otvorenog ventila

Vrijednost  $k_V$  izračunata iz gornje jednadžbe čini osnovu za odabir ventila. Regulacijski ventil sa sljedećom nižom  $k_V$  vrijednošću odabire se iz kataloga tvrtke. Tako dobijemo veću vrijednost značajke ventila. Izračunata vrijednost  $k_V$  rijetko će se podudarati s onom iz kataloga tvrtke. Kontrolni ventili su često neizbjegno preveliki, što povećava volumeni protok.

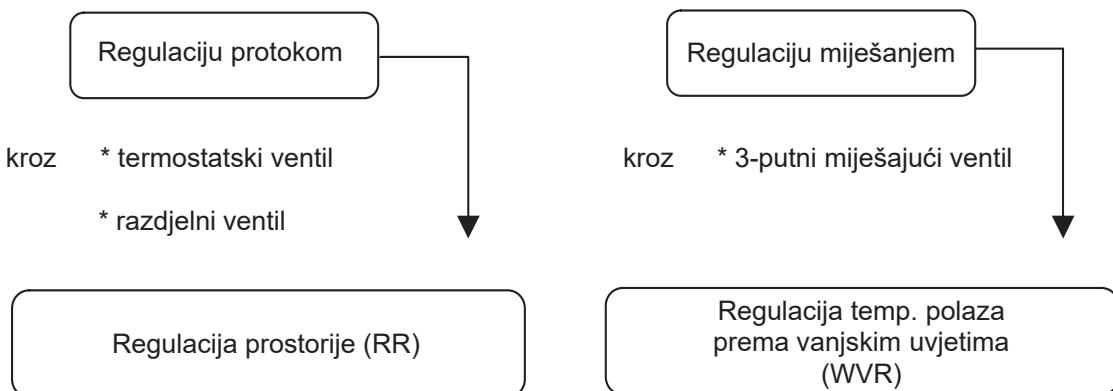
Da bi se to izbjeglo i da se sprijeći smanjenje protoka kroz druga ogrjevna tijela, uz regulacijski se ventil postavlja ventil za podešavanje protoka kako bi se podesio nominalni protok. Pri tome kvaliteta upravljanja regulacijskim ventilom ni na koji način nije narušena.

## 7.2 Regulacija učina

Odavanje topline s ogrjevne površine (npr. pločastog radijatora, podnog grijanja) ovisi o sljedećim parametrima:



Dakle imamo



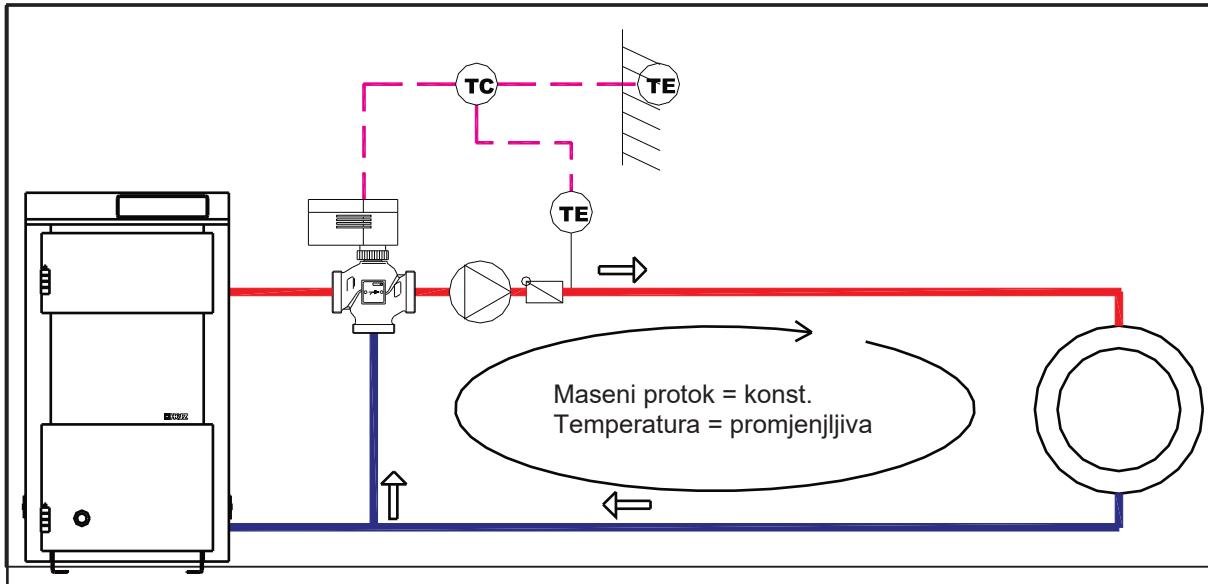
### 7.2.1 Regulacija miješanjem

Promjenljiva temperatura polaza, konstantan maseni protok kroz potrošač.

Shema spajanja, slika 7-9 prikazuje sustav s miješanjem polazne kotlovske vode i povratne vode iz potrošača. Promjenljiv protok imamo npr. u krugu kotla. Potrošači (radijatori) imaju konstantan protok vode preko cirkulacijske crpke.

Regulacija učina ogrjevnog tijela odvija se preko promjenjive temperature polaznog voda. Ovakav je način spajanja pogodan za niže temperature povratne vode npr. za kondenzacijske kotlove, priključke na daljinsko grijanje i dizalice topline. Minimalna se temperatura povratne vode osigurava dodatnim cirkulacijskim krugom, npr.

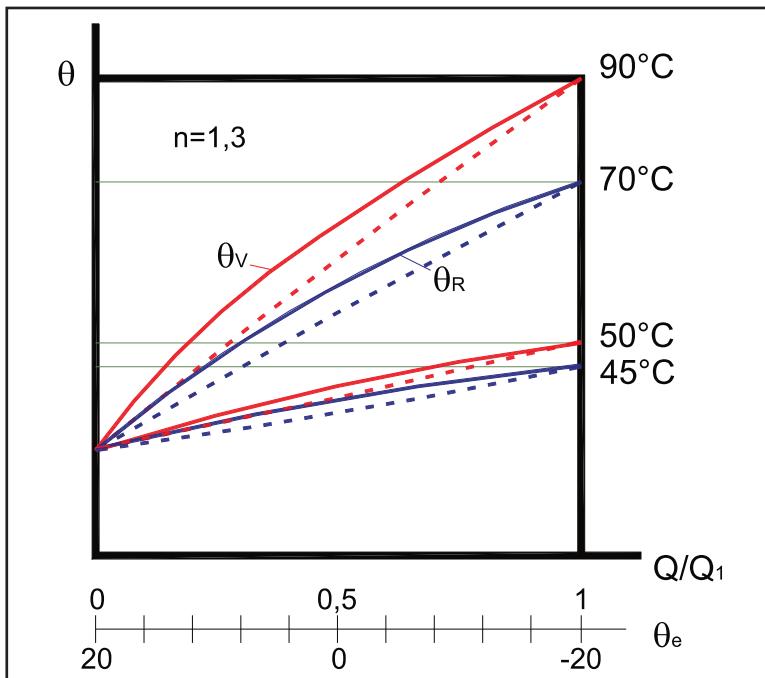
- Kotlovskom crpkom premosnice
- Termostatskim ventilom



Sl. 7-9 Shema regulacije polaznog voda preko vanjske temperature i Herz 3-putnog ventila (1 4037 xx) s pogonom (1 7712 xx)

Grafički prikaz, krivulja, koja povezuje temperaturu polaza  $\theta_V$  i snagu kotla  $\Phi$  preko vanjske temperature naziva se **krivulja grijanja**.

Oblik krivulje ovisi o eksponentu  $n$  krivulje učina ogrjevnog tijela.

Slika 7-10 Krivulje grijanja za 90/70 °C i 50/45 °C i  $n=1,3$ 

Prikazane krivulje grijanja na slici 7-10 dane su za odnose temperature polaznog i povratnog voda 90/70°C i 50/45°C do vanjske projektne temperature  $\theta_{min} = -20^{\circ}\text{C}$ .

Srednja temperatura vode (polaz i povrat) umanjena za temperaturu prostora daje nam nadtemperaturu  $\Delta T$ . Što je ona veća, veća je i odana količina topline.

Ova je ovisnost dana karakterističnom krivuljom na slici 7-10. Povučemo li pravac kroz krajne točke krivulje (crtkane linije) može se za neku vanjsku temperaturu  $\theta_x^{\circ}\text{C}$  odrediti potrebni učin ogrjevnog tijela preko njegove nazivne snage  $\Phi_{100}$ .

$$\Phi_x = \Phi_{100} \frac{\theta_i - \theta_x}{\theta_i - \theta_{min}}$$

### Primjer: djelomično opterećenje

Za radijatorsko grijanje potrebno je odrediti potrebnu količinu topline pri vanjskoj temperaturi  $0^{\circ}\text{C}$  i temperaturu radnjatora ako su projektne vrijednosti

$$\theta_{emin} = -20^{\circ}\text{C}, \quad \Phi_{100}(90/70/20) = 800\text{W}$$

za sobnu temperaturu  $\theta_i = 20^{\circ}\text{C}$  toplinsko je opterećenje  $\Phi = 0$ .

Za vanjsku temperaturu  $0^{\circ}\text{C}$  biti će

$$\Phi_x = \Phi_{100} \frac{20 + 0}{20 + 20} = \Phi_{100} \cdot 0,5$$

Također pri  $0^{\circ}\text{C}$  potrebno je samo pola snage. Iz krivulje grijanja na slici 7-10  
očitavamo  $\theta_v = 68^{\circ}\text{C}$  i  $\theta_R = 59^{\circ}\text{C}$

Porast temperature je  $\Delta T = 43,5\text{K}$ , a izračunata temperatura ogrjevnog tijela  $63,5^{\circ}\text{C}$ .

$$\Delta T = \frac{\theta_v + \theta_R}{2} - 20 = \frac{68 + 59}{2} - 20 = 43,5\text{K}$$

## 7.2.2 Regulacija protokom

**Konstantna temperatura polazne vode, promjenljiv protok kroz potrošač.**

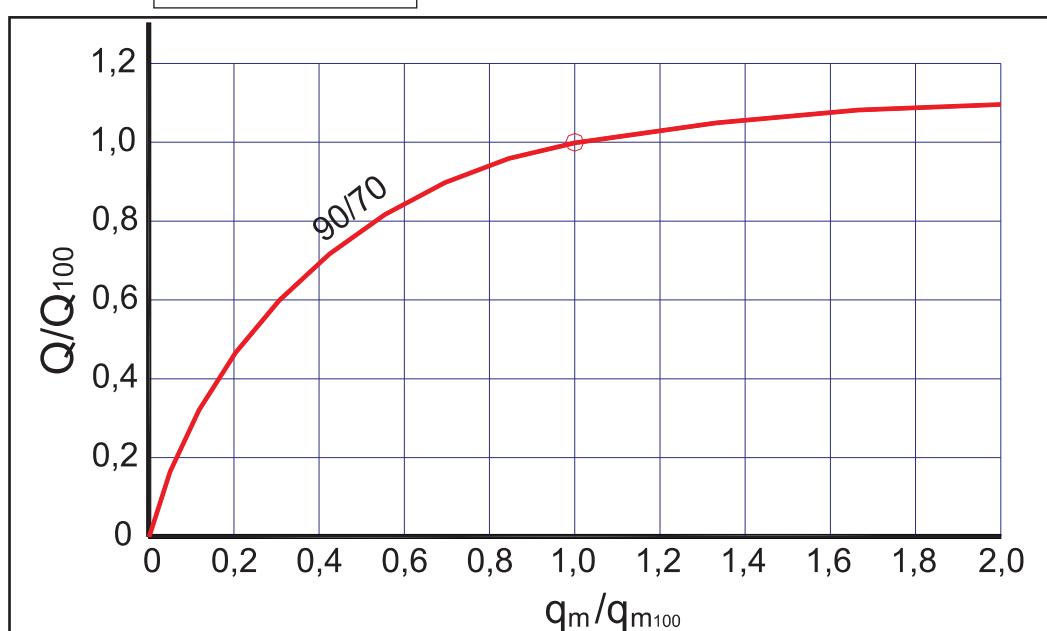
Regulacija snage u krugu grijanja regulira se prigušivanjem protoka vode.

Uz smanjenje protoka grijajućeg medija

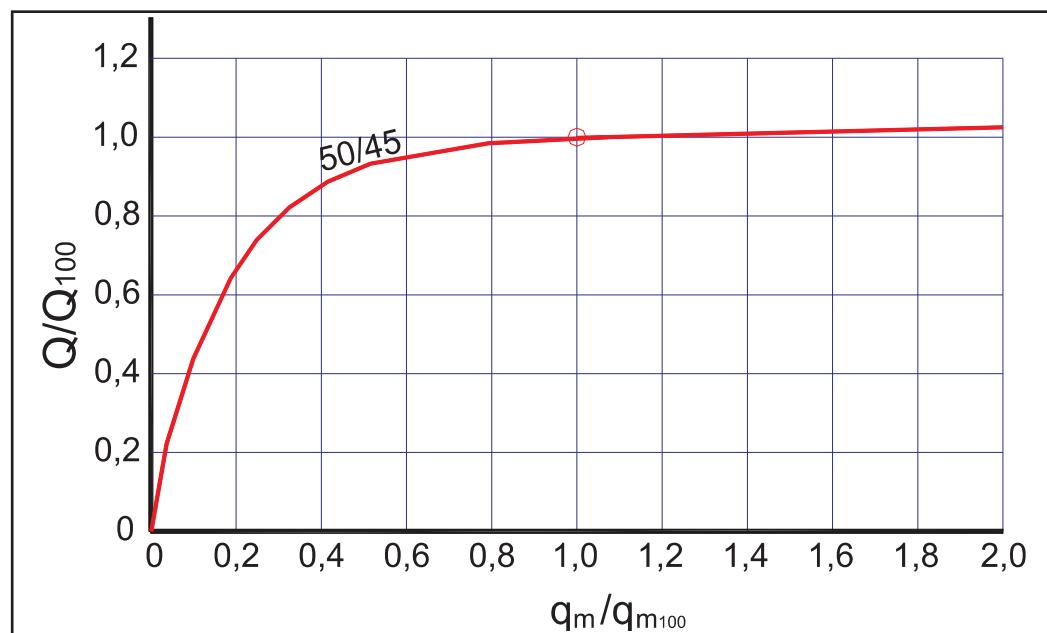
$$q_m = \frac{\Phi}{c(\theta_v - \theta_R)}$$

dodatno se povećava vrijeme prolaska vode kroz ogrjevno tijelo. To ima za posljedicu veće ohlađivanje vode. Povećanje temperaturne razlike na ogrjevnem tijelu djelomično poništava efekt smanjenja protoka ogrjevnog medija.

To znači da se snaga grijanja ne smanjuje proporcionalno protoku vode. Ovisnost je prikazana u sljedećim krivuljama prigušivanja.



Sl. 7-11 Krivulja prigušivanja za radijator, za temperature 90/70 °C



Sl. 7-12 Krivulja prigušivanja za radijator, za temperature 50/45 °C

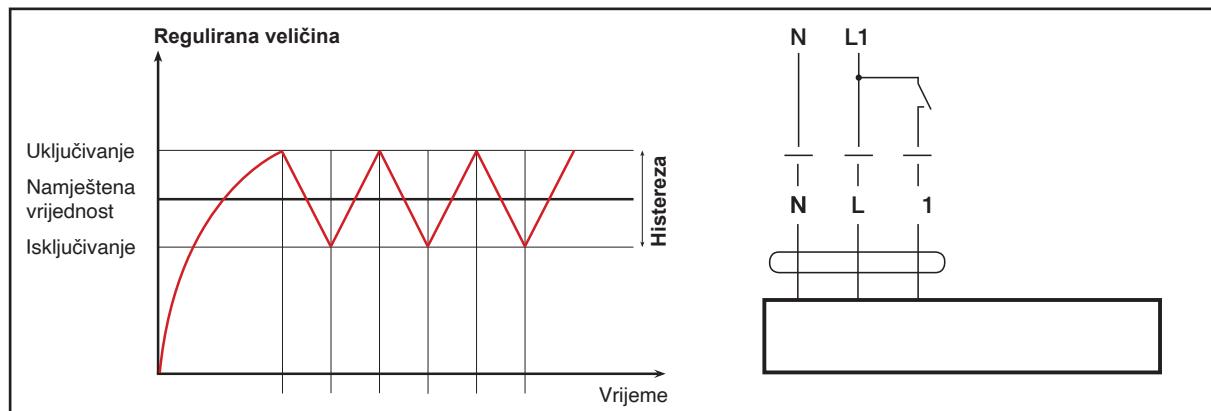
Krivačica prigušivanja pokazuje da ako se protok vode u radijatoru (zagrijaču zraka, itd.) smanji za pola, odana toplina se smanjuje na 80 %. Za ostvarenje polovice toplinske snage potrebno je samo 10 do 20 % smanjenja nominalnog protoka vode. Predimenzionirani regulacijski ventil mora raditi s još manjo otvorenosti ventila. Stoga treba kod regulacije promjenom protoka obavezno ugraditi **ventile s prednamještanjem** i podesiti ih na nazivni protok pri potpunoj otvorenosti ventila.

### 7.2.3 Vrste regulacije

U tehnici grijanja razlikujemo regulaciju u 2 točke, 3 točke i kontinuiranu. Ovisno o području primjene mora se odabrati točan tip regulacije. Pojedini tipovi regulacije opisani su u sljedećim pododjeljcima.

#### 7.2.3.1 Regulacija u 2 točke

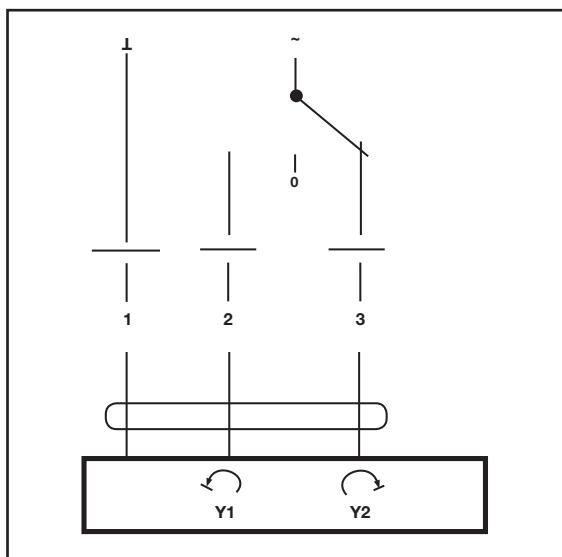
Regulacija u 2 točke, kao i regulacija u 3 točke, je nekontinuirana vrsta regulacije. Regulator prebacuje svoju izlaznu varijablu u fazama, a broj mogućih preklopnih točaka ovisi o vrsti regulatora (upravljanje u 2, 3 ili više položaja). Kao što i samo ime govori, regulacija u 2 točke ima samo 2 položaja, uključeno ili isključeno. Što se tiče ventila, to znači otvoreni ili zatvoreni položaj ventila. Nedostatak ove vrste regulacije je što se radni vijek ventila može smanjiti zbog učestalih prebacivanja. Prednosti su niski troškovi nabave i jednostavna konstrukcija regulatora. Razlika vrijednosti uključivanja i isključivanja poznata je kao histereza. Ova vrsta regulacije koristi se npr. za kontrolu sobne temperature. Regulator prima signal od temperaturnog osjetnika za otvaranje ili zatvaranje regulacijskog ventila.



Sl. 7-13 Dijagram i prikaz rada regulacije u 2 točke

### 7.2.3.2 Regulacija u 3 točke

Kao što je već rečeno, ovo je također nekontinuirana vrsta regulacije. I ovdje se nalazi položaj uključivanja i isključivanja, s tim što 3-položajni regulator ima i treći položaj. Primjerice, takav se regulator koristi u sustavima grijanja s 2-položajnim uključivanjem (položaj 1, položaj 2, isključeno) ili u klimatizacijskim sustavima koji se mogu grijati i hladiti (grijanje, isključeno, hlađenje) ili za regulaciju temperature polaza pomoću 3-putnog miješajućeg ventila (otvoren, isključen, zatvoren).



Sl. 7-14 Prikaz rada regulacije u 3 točke

### 7.2.3.3 Kontinuirana regulacija

U kontinuiranoj regulaciji regulator može zauzeti bilo koji položaj između 0 - 100 %. Regulacija se odvija uspoređivanjem stvarne i zadane vrijednosti. Signal se kontinuirano šalje na ventil tj. na njegov pogon, čime se osigurava trajna funkcija upravljanja.

Ova vrsta regulacije ima kontinuirano podešavanje i kratko vrijeme odziva. Koristi se npr. za regulaciju protoka u sustavima ventilokonvektora.

S kontinuiranim pogonom ventila (npr. Herz art. 7990), regulacijski ventil se može pomaknuti u bilo koji položaj. Ovisno o upravljačkom naponu, ventil se kontinuirano podešava između 0 - 10 V. Ovom kontinuiranom regulacijom mogu se izbjegići tlačni udari uzrokovani naglim prebacivanjem, poput onih pri upravljanju u 2 točke.



Sl. 7-15 Termički pogon (Herz art. 7990)

Postoje regulatori s proporcionalnim djelovanjem (P regulatori) i s integralnim djelovanjem (I regulatori), kao i regulatori koji mogu raditi kao proporcionalni i integralni regulatori (PI regulatori).

### 7.3 Hidraulička spajanja i dimenzioniranje

Primarni cilj podešavanja sustava grijanja ili hlađenja, je osigurati nominalne protoke svim potrošačima. Nadalje, diferencijalni tlak u svim krugovima gotovo da se ne mijenja. Protoci bi trebali ostati kompatibilni u čvornim točkama sustava.

Hidrauličko povezivanje primarnog i sekundarnog kruga moguće je različitim brojem krugova. Izbor prave opcije za ovo povezivanje ovisi o mnogim čimbenicima. To uključuje, između ostalog, upotrebu odgovarajućeg sustava, kao i izvor toplinske energije koji je potreban za opskrbu toplinom.

Ako u distribucijskoj mreži postoji diferencijalni tlak između polaza i povrata, treba koristiti elemente koji imaju priključke za održavanje diferencijalnog tlaka. U slučaju hidraulički odvojenih razdjelnika, kod protoka kroz spremnik ili hidrauličku skretnicu, nema diferencijalnog tlaka. To je razdjelnik bez dif. tlaka, pa treba koristiti elemente bez priključaka za održavanje diferencijalnog tlaka.

U nastavku su opisane najvažnije sheme spajanja, uz prikaz osnova proračuna.

#### NAPOMENA:

U svim radnim uvjetima, nominalni protoci moraju biti osigurani u svim dijelovima sustava.

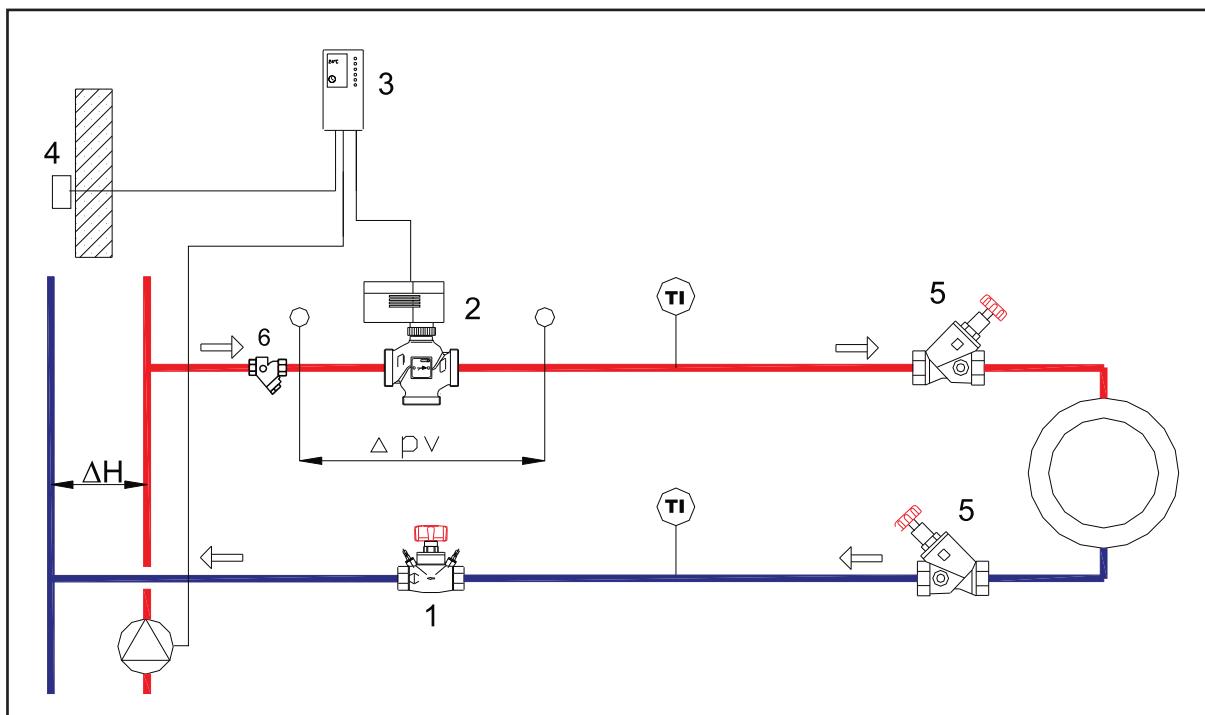
TIP GRIJANJA	SHEMA				Razdjelnik s diferencijalnim tlakom		Bez dif. tlaka	
	Sa prigušivanjem	Sa razdvajanjem	Sa dodavanjem	Sa dodavanjem	Sa mješanjem	Sa mješanjem		
			Prolazni ventil	Prolazni ventil	Jednostruko	Dvostruko		
Daljinsko grijanje	♥							
Kondenzacijski uređaji	♥							
Sustav s ogrjevnim tijelima			♥	♥	♥			
Podno grijanje			♥					
Niskotemperaturno grijanje			♥	♥				
Niskotemperaturno grijanje sa visokotemp. razdjelnikom			♥			♥		
Zagrijivač zraka		♥	♥		♥			
Hladnjak		♥						
Regulacijska zona	♥	♥						

Sl. 7-16 Matrica za odabir

Priključci		Krug daljinskog grijanja		Krug potrošača		Osobitosti
		Porast povrata	Maseni protok	Porast povrata	Maseni protok	
Razdjelnik pod tlakom	S prigušivanjem	Ne	Promjenjiv	Konstantan	Promjenjiv	Utjecaj na potrošače
	S preusmjeravanjem	Da	Konstantan	Promjenjiv	Promjenjiv	Bez utjecaja na ostale potrošače
	S dodavanjem i prolaznim ventilom	Ne	Promjenjiv	Konstantan	Konstantan	Moguća kombinacija podnog i radijatorskog grijanja
	S dodavanjem i troputnim ventilom	Da	Konstantan	Promjenjiv	Konstantan	Uvijek temperatura daljinskog grijanja na ventilu, dobra mogućnost regulacije
Razdjelnik bez tlaka	S jednim mješanjem	Ne	Promjenjiv	Promjenjiv	Promjenjiv	Uvijek temperatura daljinskog grijanja na ventilu, dobra mogućnost regulacije
	S dvostrukim mješanjem	Ne	Konstantan	Promjenjiv	Konstantan	Kombinacija Mogućnost podnog ili radijatorskog grijanja

Sl. 7-17 Pregled spajanja

### 7.3.1 Shema s prigušivanjem



Sl. 7-18 Shema s prigušivanjem

1	Granski regulacijski ventil	4217
2	Regulacijski ventil s pogonom	4037+7712
3	Regulator grijanja	7793
4	Temperaturni osjetnik	7793
5	Zaporni ventil	4115
6	Hvatač nečistoće	4111

#### Karakteristike:

Potreban diferencijalni tlak.

Protoci primara i sekundara promjenjivi.

Temperatura primara promjenjiva, a sekundara konstantna. Regulacija učina vrši se promjenom protoka.

#### Prednosti:

Rezultat je velika razlika temperature polaza u odnosu na povrat. Zbog toga je ova shema pogodna za kondenzacijske kotlove i za daljinsko grijanje.

#### Nedostaci:

Ako je u cijevnoj mreži nekoliko krugova s prigušivanjem, promjena hoda ventila i rezultirajuća promjena tlaka pomjeraju radnu točku crpke. Promjena diferencijalnog tlaka koja se događa djeluje na pojedine potrošače.

#### Uporaba:

- Za raspodjelu iz toplana daljinskog grijanja
- Za povezivanje na akumulacijski spremnik
- Za povezivanje sekundarnog kruga na kondenzacijske uređaje.
- Zonska kontrola za radijatorske i podne sustave grijanja s temperaturom polaza reguliranim prema vanjskoj temperaturi, također za male dogrijače
- Za rashladnike zraka svih veličina

Regulacijski ventil u polazu koristi se za podešavanje diferencijalnog tlaka i za ograničavanje protoka.

Ovom vrstom hidrauličkog kruga, učin se podešava prigušivanjem volumnog protoka. U tom slučaju ventili za podešavanje preuzimaju zadatak promjene volumnog protoka u regulacijskoj petlji, kako bi npr. utjecali na toplinski učin izmjenjivača topline.

Prigušivanje se koristi svugdje gdje su potrebne niske temperature povrata i promjenjivi volumni protoci. Toplinsko ponašanje karakterizira pad temperature povrata uz pad opterećenja.

## Opis oznaka

Slijedeće oznake primjenjuju se u svim shemama i primjerima izračuna:

$\Delta p_L$  Pad tlaka na potrošaču [kPa]

$\Delta p_V$  Pad tlaka na regulacijskom ventilu [kPa]

$\Delta p_{SRV}$  Pad tlaka na regulacijskom ventilu grane [kPa]

$\Delta p_{ab}$  Pad tlaka na zapornom ventilu [kPa]

$\Delta p_{Schmu}$  Pad tlaka na hvataču nečistoća

$q$  [kPa] Maseni protok u primarnom krugu [l/h]

$p$  Maseni protok u sekundarnom krugu [l/h]

$tq_{vs}$  Temperatura polaza sekundarnog kruga [°C]

$t_R$  Temperatura povrata [°C]

$t_P$  Temperatura polaza u primarnom krugu [°C]

$\Delta H$  Pad tlaka na razdjelniku [kPa]

$\Delta p_{mv}$  Pad tlaka u dionici promjenljivog protoka [kPa]

(Ako je ugrađeno nekoliko artikala istog tipa, i vrši se indeksiranje)

*Osnovni podaci o izračunu:*

Za proračun hidrauličkih krugova koriste se samo

ugrađeni artikli (regulacijski balansirajući ventili), jer su gubici u cjevovodima (zbog kratkih duljina vodova) praktički zanemarivi, za razliku od ugrađenih artikala.

*Značajka ventila prema definiciji:*

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_{mv} + \Delta p_V}$$

**P**rimjer: dimenzioniranje sheme s prigušivanjem

Parametri za projektiranje:  $Q = 70 \text{ kW}$

$$t_V = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_R = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta p_L = 10 \text{ kPa}$$

$$\Delta H = 30 \text{ kPa}$$

Traženo: - minimalni pad tlaka

- odabir regulacijskog ventila

- odabir granskog regulacijskog ventila

$$Q = q_s \cdot (t_V - t_R) \quad \rightarrow \quad q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)} \quad c_{Wasser} = 4,19 \text{ kJ/kgK}$$

$$q_s = \frac{70}{4,19 \cdot (90 - 50)} \cdot 3600$$

$$q_s = 1504 \text{ l/h}$$

Da bi shema s prigušivanjem mogla funkcirati, sustav mora zadovoljiti 2 zahtjeva.

Zahtjev 1:  $\Delta p_V \geq \Delta p_L$  Pad tlaka na regulacijskom ventilu mora biti veći ili jednak padu tlaka na potrošaču.

Zahtjev 2:  $\Delta H \geq \Delta H_{min}$  Pad tlaka na razdjelniku mora biti veći ili jednak minimalnom potrebnom diferencijalnom tlaku !

Korak 1: proračun minimalnog diferencijalnog tlaka  $\Delta H_{min}$

$$\Delta H_{min} = \Delta p_{Vmin} + \Delta p_L + \Delta p_{SRV} + 2 \cdot \Delta p_{Ab} + \Delta p_{Schmu}$$

$\Delta p_{Vmin} = 10 \text{ kPa}$  (vidi zahtjev1)  
 $\Delta p_L = 10 \text{ kPa}$  (zadano)

Podaci proizvođača :

$\Delta p_{SRV} = 3 \text{ kPa}$   
 $\Delta p_{Ab} = 0,7 \text{ kPa}$   
 $\Delta p_{Schmu} = 1,2 \text{ kPa}$

Granski regulacijski ventil može se postaviti na minimalni pad tlaka  $p_{SRV} = 3 \text{ kPa}$ . Pad tlaka zapornog ventila (Herz art. 4115) i hvatača nečistoće (Herz art. 4111) dani su za nazivni promjer DN 25.

Tako vrijedi:  $\Delta H_{min} = 10 + 10 + 3 + 2 \cdot 0,7 + 1,2 = 25,6 \text{ [kPa]}$  \*

Zahtjev 2 je time ispunjen:  $\Delta H \geq \Delta H_{min}$   
 $30 \text{ kPa} \geq 25,6 \text{ kPa}$

Korak 2: odabir regulacijskog ventila pomoću  $k_{vs}$  vrijednosti

$$k_v = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{Vmin}}}$$

$$\Delta p_{Vmin} = 10 \text{ kPa} = 0,1 \text{ bar}$$

$$q_s = 1504 \text{ l/h} = 1,504 \text{ m}^3/\text{h}$$

Prije svega, mora se izračunati teoretska  $k_v$  vrijednost:

$$k_{v, theo} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{Vmin}}} = \frac{1,504}{\sqrt{0,1}} = 4,75$$

Regulacijski ventili odabiru se iz programa proizvođača (Herz art. 4037), DN 15 ( $k_{vs} = 4,0$ ) ili DN 20 ( $k_{vs} = 6,3$ ).

Napomena: u pravilu će se odabrati manja vrijednost  $k_{vs}$  kako bi se postigao potreban gubitak tlaka!

za DN 15:  $k_{vs} = 4,0$

$$\Delta p_V = \left( \frac{q_s}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{1,504}{4,0} \right)^2 = 0,141 \text{ bar} = 14,1 \text{ kPa}$$

Zahtjev 1 je ispunjen!  $\Delta p_V \geq \Delta p_L$   
 $14,1 \text{ kPa} \geq 10 \text{ kPa}$

za DN 20:  $k_{vs} = 6,3$

$$\Delta p_V = \left( \frac{1,504}{6,3} \right)^2 = 0,057 \text{ bar} = 5,7 \text{ kPa}$$

Zahtjev 1 za DN 20 nije ispunjen !

Može se uzeti regulacijski ventil DN 15.

Značajka ventila je prema tome:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta H} = \frac{14,1}{30} = 0,47$$

Napomena: značajka ventila trebala bi biti između 0,25 i 0,75. Ne smije pasti ispod 0,25, što bi dovelo do nestabilnosti sustava.

Korak 3: odabir i definicija prednamještanja granskog regulacijskog ventila.

Treba se utvrditi pad tlaka  $\Delta p_{SRV}$  i  $k_v$  vrijednost granskog regulacijskog ventila.

$$\Delta p_{SRV} = \Delta H - (\Delta p_V + \Delta p_L)$$

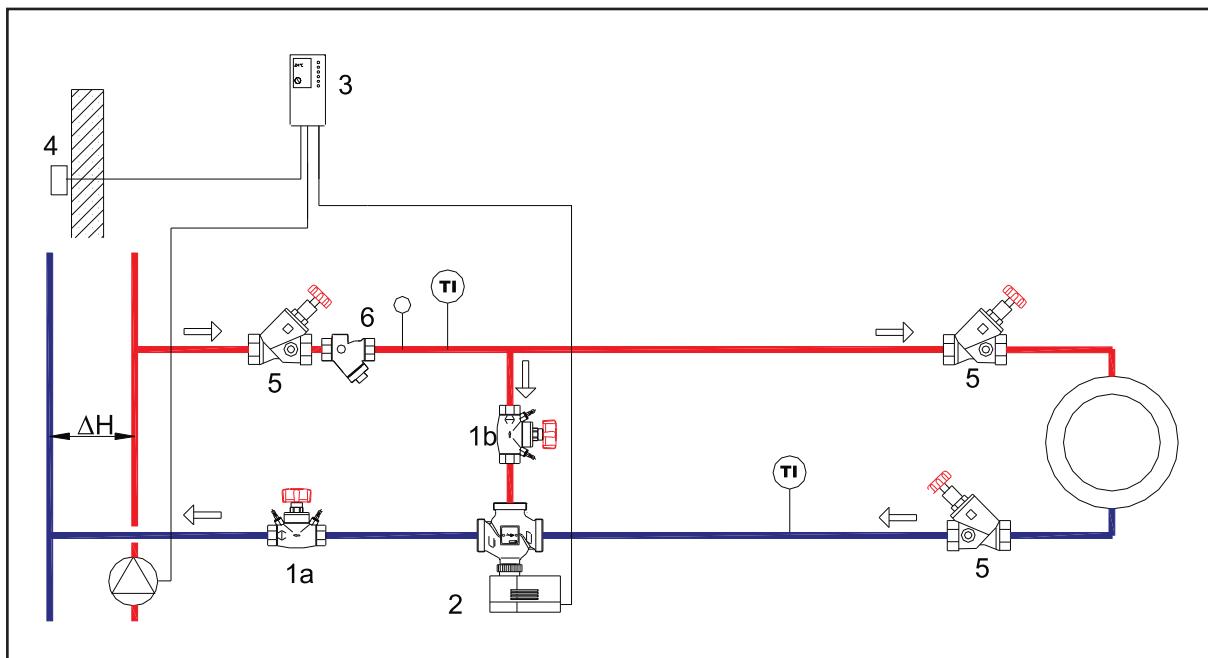
$$\Delta p_{SRV} = 30 - (14,1 + 10) = 5,9 \text{ kPa} = 0,059 \text{ bar}$$

$$k_{v,SRV} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{1,504}{\sqrt{0,059}} = 6,2$$

Pomoću podataka proizvođača može se za granski regulacijski ventil (Herz art. 4217) odabrati DN 25 ( $k_{vs} = 9,22$ ) i prednamještenost 5,1.

Napomena: dimenzije cijevi sustava, između ostalog, ovise o materijalu cijevi i dopuštenom trenju u cijevi.

### 7.3.2 Shema s razdvajanjem tokova



Sl. 7-19 Shema s razdvajanjem tokova

1	Granski regulacijski ventil	4217
2	Miješajući ventil s pogonom	4037+7712
3	Regulator grijanja	7793
4	Temperaturni osjetnik	7793
5	Zaporni ventil	4115
6	Hvatač nečistoća	4111

**Napomene:**

Potreban diferencijalni tlak.

Konstantan volumni protok vode na primarnoj strani, promjenjiv na sekundarnoj strani. Promjenjiva temperatura na primarnoj strani, konstantna na sekundarnoj strani. Kontrola učina vrši se promjenom brzine protoka.

**Prednosti:**

Zbog konstantne brzine protoka na primarnoj strani, nije potrebna crpka s regulacijom snage. Nema utjecaja diferencijalnog tlaka, tj. regulacijski ventil može se izabratи neovisno o diferencijalnom tlaku.

**Mane:**

Temperatura na potrošaču uvijek odgovara temperaturi primara.

**Primjena:**

- Zagrijači zraka
- Hladnjaci zraka
- Zonska regulacija

Ovakav spoj predstavlja modificirani krug prigušivanja. Značajka regulacijskog ventila ovisi samo o opterećenju, tj. 3-putni ventil instaliran je neovisno o distribucijskoj mreži i ne treba očekivati nikakve interakcije. Nedostatak preusmjeravajućeg spajanja je taj što maksimalna temperatura primarnog protoka uvijek dolazi do potrošača. Zbog toga nije moguće koristiti temperaturnu razliku između primarnog i sekundarnog kruga. Ovakav način spajanja je neprikladan za akumulatore topline, kondenzacijske uređaje i daljinsko grijanje, jer se kod djelomičnog opterećenja uvijek topli medij u protoku miješa. U povrat i temperatura povrata se povisuje. Brza dostupnost vrućeg primarnog medija ima veliku prednost u pogledu tehnologije upravljanja za potrošača.

Stalni protok davaoca energije, generatora topline ili rashlada, također ima s gledišta regulacije, a dijelom i pogonsku prednost. S gledišta potrošnje energije, međutim, konstantan protok u primarnom krugu ima nedostatak jer nisu moguće uštide energije za pogon crpke.

### Primjer: dimenzioniranje sustava s razdvajanjem tokova

Ulazni podaci:

$$Q = 40 \text{ kW}$$

$$t_V = 6^\circ\text{C}$$

$$t_R = 12^\circ\text{C}$$

Traženo:

- minimalni pad tlaka

- odabir regulacijskog ventila

- odabir granskog regulacijskog ventila

$$\Delta p_L = 25 \text{ kPa}$$

$$\Delta H = 70 \text{ kPa}$$

$$Q = q_s \cdot (t_V - t_R)$$

$$\rightarrow q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)} \quad c_{Wasser} = 4,19 \text{ kJ/kgK}$$

$$q_s = \frac{40}{4,19 \cdot (12 - 6)} \cdot 3600$$

$$q_s = 5730 \text{ l/h}$$

Za funkciranje kruga s razdvajanjem tokova, između ostalog, na sustav se postavljaju 2 zahtjeva.

Zahtjev 1:  $\Delta p_V \geq \Delta p_L$  pad tlaka na regulacijskom ventilu mora biti veći ili jednak padu tlaka na potrošaču!

Zahtjev 2:  $\Delta H \geq \Delta H_{min}$

Pad tlaka na razdjelniku mora biti veći ili jednak minimalno potrebnom padu tlaka!

Korak 1: proračun minimalnog pada tlaka  $\Delta H_{min}$

$$\Delta H_{min} = \Delta p_{Vmin} + \Delta p_L + \Delta p_{SRV} + 2 \cdot \Delta p_{Ab} + \Delta p_{Schmu}$$

$$\Delta p_{Vmin} = 25 \text{ kPa} \text{ (vidi zahtjev 1)}$$

$$\Delta p_L = 25 \text{ kPa} \text{ (zadano)}$$

Podaci proizvođača:

$$\Delta p_{SRV} = 3 \text{ kPa}$$

$$\Delta p_{Ab} = 1,2 \text{ kPa}$$

$$\Delta p_{Schmu} = 0,8 \text{ kPa}$$

Granski regulacijski ventil može se postaviti na minimalni pad tlaka  $\Delta p_{SRV} = 3 \text{ kPa}$ . Padovi tlaka na zapornom ventilu (Herz art. 4115) i hvataču nečistoća (Herz art. 4111) vrijede za odabranu dimenziju DN 40.

$$\text{Tako imamo: } \Delta H_{min} = 25 + 25 + 3 + 2 \cdot 1,2 + 0,8 = 56,2 \text{ [kPa]}$$

Zahtjev 2 je time ispunjen:

$$\begin{aligned} \Delta H &\geq \Delta H_{min} \\ 70 \text{ kPa} &\geq 56,2 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Korak 2: odabir regulacijskog ventila pomoću  $k_{vs}$  vrijednosti

$$k_v = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{Vmin}}}$$

$$\Delta p_{V,min} = 25 \text{ kPa} = 0,25 \text{ bar}$$

$$q_s = 5730 \text{ l/h} = 5,730 \text{ m}^3/\text{h}$$

Prije svega mora se izračunati teoretska  $k_v$  vrijednost:

$$k_{v,theo} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{V,min}}} = \frac{5,730}{\sqrt{0,25}} = 11,46$$

Regulacijski ventili odabiru se iz programa proizvođača, Herz art. 4037, DN 25 ( $k_{vs} = 10,0$ ) ili DN 32 ( $k_{vs} = 16$ ).

Napomena: u pravilu će se odabrati manja  $k_{vs}$  vrijednost, kako bi se postigao potreban gubitak tlaka!

za DN 25:  $k_{vs} = 10,0$

$$\Delta p_V = \left( \frac{q_s}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{5,730}{10,0} \right)^2 = 0,328 \text{ bar} = 32,8 \text{ kPa}$$

Zahtjev 1 je ispunjen!

$$\begin{aligned} \Delta p_V &\geq \Delta p_L \\ 32,8 \text{ kPa} &\geq 25 \text{ kPa} \end{aligned}$$

za DN 32:  $k_{vs} = 16$

$$\Delta p_V = \left( \frac{5,730}{16,0} \right)^2 = 0,128 \text{ bar} = 12,8 \text{ kPa}$$

Zahtjev 1 za DN 32 nije ispunjen!

Regulacijski ventil od DN 25 ( $k_{vs} = 10,0$ ) može se postaviti.

Značajka ventila prema tome iznosi:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_L + \Delta p_V} = \frac{32,8}{25 + 32,8} = 0,57$$

Napomena: značajka ventila trebala bi biti između 0,25 i 0,75. Ne smije biti manja od 0,25, što bi dovelo do nestabilnosti sustava.

Korak 3: odabir i prednamještanje granskog regulacijskog ventila u povratu

Mora se odrediti pad tlaka  $\Delta p_{SRV}$  i  $k_v$  vrijednost granskog regulacijskog ventila :

$$\Delta p_{SRV1a} = \Delta H - (\Delta p_V + \Delta p_L + \Delta p_{Schmu})$$

$$\Delta p_{SRV1a} = 70 - (32,8 + 25 + 0,8) = 0,114 \text{ bar}$$

$$k_{v,SRV1a} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{5,730}{\sqrt{0,114}} = 17,0$$

Granski regulacijski ventil (Herz art. 4217) može se odabrati iz kataloga proizvođača, DN 40 ( $k_{vs} = 23,3$ ) i prednamjestiti na 6,3.

Napomena: dimenzije cijevi sustava, između ostalog, ovise o materijalu cijevi i dopuštenom trenju u cijevi.

Korak 4: dimenzioniranje granskog regulacijskog ventila u premosnici

Ako potrošaču nije potrebna nikakva snaga / ako ne odaje nikakvu snagu, cjelokupni protok vode usmjerava se kroz premosnicu.

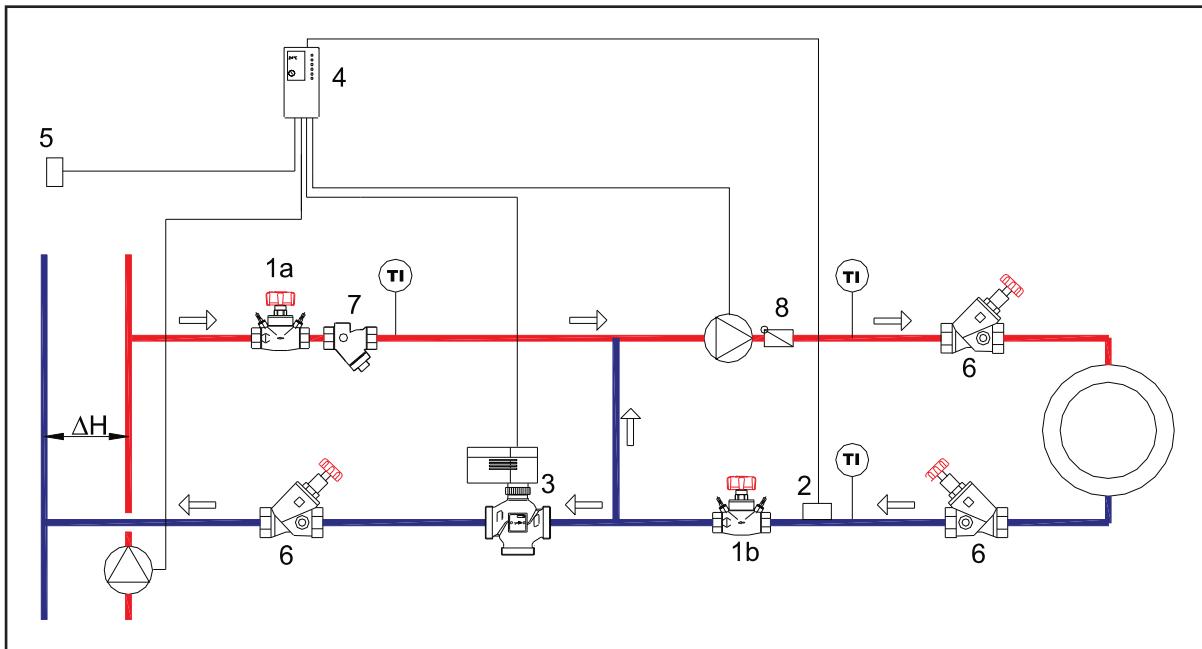
Zahtjev 3:  $\Delta p_{SRV1b} = \Delta p_L$

Zahtjev 4:  $q_{Bypass} = q_s$

$$k_{v,SRV1b} = \frac{q_{Bypass}}{\sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{5,730}{\sqrt{0,25}} = 11,46$$

Temeljem uputa proizvođača može se odabrati granski regulacijski ventil Herz art. 4217, DN 40 ( $k_{vs} = 23,3$ ) s prednamještanjem 4,8.

### 7.3.3 Shema sustava s dodavanjem povratne vode i s prolaznim ventilom



Sl. 7-20 Shema s dodavanjem povratne vode i prolaznim ventilom

1	Granski regulacijski ventil	4217
2	Nalijegajući temperaturni osjetnik	7793
3	Regulacijski ventil s pogonom	4037+7712
4	Regulator grijanja	7793
5	Temperaturni osjetnik	7793
6	Zaporni ventil	4115
7	Hvatač nečistoće	4111
8	Nepovratni ventil	2622

#### Značajke:

Potreban diferencijalni tlak.  
Volumen vode promjenjiv na primarnoj strani, a konstantan na sekundarnoj strani.  
Temperatura je promjenjiva za potrošača.

#### Prednosti:

Pogodno za sustave s niskim povratnim temperaturama (daljinsko grijanje, kondenzacijski kotlovi). Omogućene su različite razine temperature za primarnu i sekundarnu stranu (npr. od 45 °C do 90 °C).

#### Nedostaci:

Diferencijalni tlak mora biti poznat za dimenzioniranje regulacijskog ventila. Za predgrijač s dugim cjevovodima postoji rizik od smrzavanja.

#### Primjena:

- Radijatorski
- Podno grijanje
- Zagrijači zraka
- Niskotemperaturno grijanje

U ovom je sustavu, za razliku od prigušivanja u sekundarnom dijelu, količina vode je konstantna. Diferencijalni tlak crpke ne utječe na brzinu protoka niti na omjere tlakova u sekundarnom krugu. Količine vode primara i sekundara mogu se namjestiti odvojeno jedna od druge. Stoga je moguće upariti različite nivoje temperature.

**P**rimjer: dimenzioniranje sustava s dodavanjem vode i prolaznim ventilom

Ulazni podaci:

$$\begin{aligned} Q &= 25 \text{ kW} \\ t_v &= 45^\circ\text{C} \\ t_R &= 35^\circ\text{C} \quad \Delta H \\ &= 25 \text{ kPa} \\ t_{v, \text{primar}} &= 70^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Traženo:

- odabir regulacijskog ventila
- odabir granskog regulacijskog ventila
- diferencijalni tlak

Primar :

$$q_p = \frac{Q}{c \cdot (t_p - t_R)}$$

$$q_p = 3600 \cdot \frac{25}{4,19 \cdot (70 - 35)} = 614 \text{ l/h}$$

Sekundar :

$$q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_v - t_R)}$$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{25}{4,19 \cdot (45 - 35)} = 2148 \text{ l/h}$$

Za ispravan rad s dodavanjem moraju biti ispunjeni sljedeći zahtjevi:

Zahtjev 1:  $\Delta p_v \geq \Delta H$  pad tlaka na regulacijskom ventilu mora biti veći ili jednak padu tlaka na razdjelniku.

Korak 1: odabir regulacijskog ventila pomoću  $k_{vs}$  vrijednosti

$$k_V = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{V, \min}}}$$

$$\begin{aligned} \Delta p_{V, \min} &= 25 \text{ kPa} = 0,25 \text{ bar} \text{ (vidi zahtjev 1)} \\ q_p &= 614 \text{ l/h} = 0,614 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Prvo treba izračunati teoretsku  $k_v$  vrijednost:

$$k_{v, \text{theo}} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{v, \min}}} = \frac{0,614}{\sqrt{0,25}} = 1,2$$

Prema tipu ventila proizvođača, dolaze u obzir regulacijski ventili Herz art. 7760, DN 10 (kvs = 1,0) ili DN 10 (kvs = 1,6).

U ovom je slučaju bolja je veća vrijednost Preostala razlika tlaka smanjuje se na drugom granskom regulacijskom ventilu.

za DN 10:  $k_{vs} = 1,6$

$$\Delta p_v = \left( \frac{q_p}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{0,614}{1,6} \right)^2 = 0,147 \text{ bar} = 14,7 \text{ kPa}$$

Može se odabrat regulacijski v entil DN 10 ( $k_{vs} = 1,6$ ).

Značajka ventila je prema tome:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta H} = \frac{14,7}{25} = 0,59$$

Napomena: značajka ventila trebala bi biti između 0,25 i 0,75.

Ne smije biti manja od 0,25, jer bi dovelo do nestabilnosti sustava.

Korak 2: odabir i prednamještanje granskog regulacijskog ventila u polazu

Mora se odrediti pad tlaka  $\Delta p_{SRV}$  i  $k_v$  vrijednost granskog regulacijskog ventila:

$$\Delta p_{SRV1a} = \Delta H - \Delta p_V - \Delta p_{Ab}$$

$$\Delta p_{SRV1a} = 25 - 14,7 - 0,7 = 9,6 \text{ kPa} = 0,096 \text{ bar}$$

$$k_{v,SRV1a} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{SRV1a}}} = \frac{0,614}{\sqrt{0,096}} = 2,0$$

Granski regulacijski ventil (Herz art. 4217) može se odabrat iz kataloga proizvođača, DN 15 ( $k_{vs} = 6,05$ ) i prednamjestiti na 2,6.

Korak 3: odabir i prednamještanje granskog regulacijskog ventila u povratu

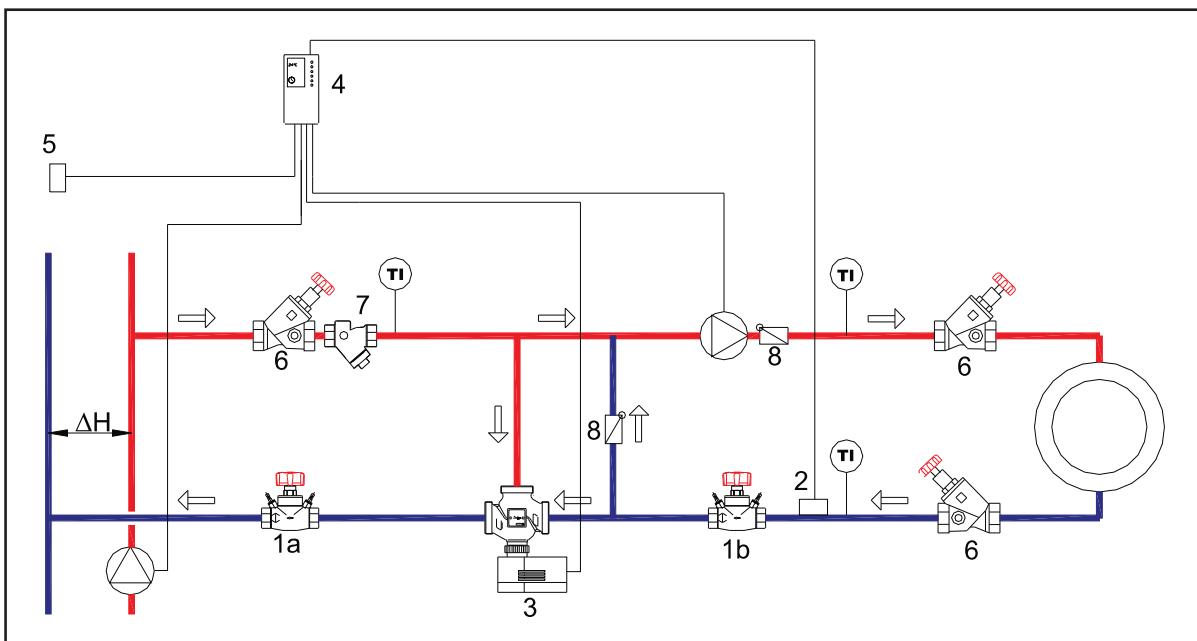
Pad tlaka može se postaviti na 3 kPa. To daje  $k_v$  vrijednost:

$$k_{v,SRV1b} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{2,148}{\sqrt{0,03}} = 12,4$$

Granski regulacijski ventil (Herz art. 4217) može se odabrat iz kataloga proizvođača, DN 32 ( $k_{vs} = 8,83$ ) i prednamjestiti na 5,6.

Napomena: dimenzije cijevi sustava, između ostalog, ovise o materijalu cijevi i dopuštenom trenju u cijevi.

### 7.3.4 Shema sustava s dodavanjem i 3-putnim ventilom



Sl. 7-21 Shema s dodavanjem i 3-putnim ventilom

1	Granski regulacijski ventil	4217
2	Nalijegajući temperaturni osjetnik	7793
3	Miješajući ventil s pogonom	4037+7712
4	Regulator grijanja	7793
5	Temperaturni osjetnik	7793
6	Zaporni ventil	4115
7	Hvatač nečistoća	4111
8	Nepovratni ventil	2622

#### Značajke:

Potreban diferencijalni tlak.  
Protok u primaru i u sekundaru konstantan.  
Temperatura u sekundaru promjenljiva.

#### Prednosti:

Stalni volumeni protok na sekundarnoj strani rezultira izvrsnom sposobnošću regulacije.  
Značajka ventila je blizu 1 tako da dio s promjenljivim protokom gotovo da nema pada tlaka. Vrlo kratko vrijeme odziva, pa je topla voda stalno na raspolaganju. Mogućnost povezivanja različitih temperaturnih nivoa.

#### Nedostaci:

Stalni porast temperature povrata, stoga nije prikladan za daljinsko grijanje i kondenzacijske sustave.

#### Primjena:

- Radijatorsko grijanje
- Niskotemperaturno grijanje
- Zagrijači zraka
- Podno grijanje

Prednosti ovog sustava je u kratkom ili potpuno izbjegnutom mrvom vremenu, pa je topla voda stalno dostupna na regulacijskom ventilu. Ova se karakteristika koristi pri instaliranju grijaćih registara, gdje se brzo traže velike količine energije. Sljedeća prednost spomenuta ranije je značajka ventila od skoro 1, budući da u dionici promjenjivog protoka, gotovo nema otpora.

Ovakvim spajanjem moguće je ostvariti različite temperaturne nivoe u primarnom i sekundarnom krugu.

Primjer: dimenzioniranje sustava s dodavanjem i 3-putnim ventilom

Ulazni podaci:

$$Q = 90 \text{ kW}$$

$$t_V = 75^\circ\text{C}$$

$$t_R = 55^\circ\text{C}$$

$$\Delta H = 40 \text{ kPa}$$

$$t_{V,\text{primar}} = 90^\circ\text{C}$$

Traženo:

- odabir regulacijskog ventila

- odabir granskog regulacijskog ventila

- razlike tlaka

Primar:

$$q_p = \frac{Q}{c \cdot (t_p - t_R)}$$

$$q_p = 3600 \cdot \frac{90}{4,19 \cdot (90 - 55)} = 2209 \text{ l/h}$$

Sekundar:

$$q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)}$$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{90}{4,19 \cdot (75 - 55)} = 3866 \text{ l/h}$$

Za rad kruga dodavanja postavljen je sljedeći zahtjev :

Zahtjev 1:  $\Delta p_V > 3 \text{ kPa}$  pad tlaka na regulacijskom ventilu mora biti veći ili jednak padu tlaka na granskom regulacijskom ventilu u povratu (najmanje 3 kPa fiksno).

Korak 1: odabir regulacijskog ventila pomoću  $k_{vs}$  vrijednosti

$$k_V = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{V,\min}}}$$

$$\Delta p_{V,\min} = 3 \text{ kPa} = 0,03 \text{ bar} \quad (\text{vidi zahtjev 1})$$

$$q_p = 2209 \text{ l/h} = 2,209 \text{ m}^3/\text{h}$$

Prvo treba izračunati teoretsku  $k_v$  vrijednost:

$$k_{v,\text{theo}} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{v,\min}}} = \frac{2,209}{\sqrt{0,03}} = 12,8$$

Prema tipu ventila proizvođača, dolaze u obzir regulacijski ventili (Herz art. 4037) DN 25 ( $k_{vs} = 10,0$ ) ili DN 32 ( $k_{vs} = 16$ ).

Napomena: u pravilu će se odabrati niža vrijednost  $k_{vs}$  kako bi se postigao potreban pad tlaka.

za DN 25:  $k_{vs} = 10,0$

$$\Delta p_v = \left( \frac{q_p}{K v_s} \right)^2 = \left( \frac{2,209}{1,0} \right)^2 = 0,049 \text{ bar} = 4,9 \text{ kPa}$$

Odabrat se može regulacijski ventil DN 25

( $k_{vs} = 10,0$ ) . Značajka ventila je prema tome:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_{sv}} = \frac{4,9}{4,9} = 1$$

... jer je dionica s promjenljivim masenim protokom ograničena na prenosnicu!

Napomena: značajka ventila trebala bi biti između 0,25 i 0,75. Ne smije biti manja od 0,25, jer bi to dovelo do nestabilnosti sustava.

Korak 2: odabir i prednamještanje regulacijskog ventila u povratu (1a, slika 7-21)

Mora se odrediti diferencijalni tlak  $\Delta p_{SRV1}$  i treba utvrditi  $k_v$  vrijednost regulacijskog ventila grane:

$$\Delta p_{SRV1} = \Delta H - \Delta p_V - \Delta p_{Ab} - \Delta p_{Schmu}$$

$$\Delta p_{SRV1a} = 40 - 4,9 - 1,2 - 0,8 = 33,1 \text{ kPa} = 0,331 \text{ bar}$$

$$k_{v,SRV1a} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{SRV1a}}} = \frac{2,209}{\sqrt{0,331}} = 3,8$$

Granski regulacijski ventil (Herz art. 4217) može se odabrat iz kataloga proizvođača, DN 32 ( $k_{vs} = 18,83$ ) i prednamjestiti na 2,7.

Korak 3: odabir i podešavanje granskog regulacijskog ventila u povratu (1b, sl. 7-21)

Pad tlaka može se postaviti na 3 kPa. To daje  $k_v$  vrijednost:

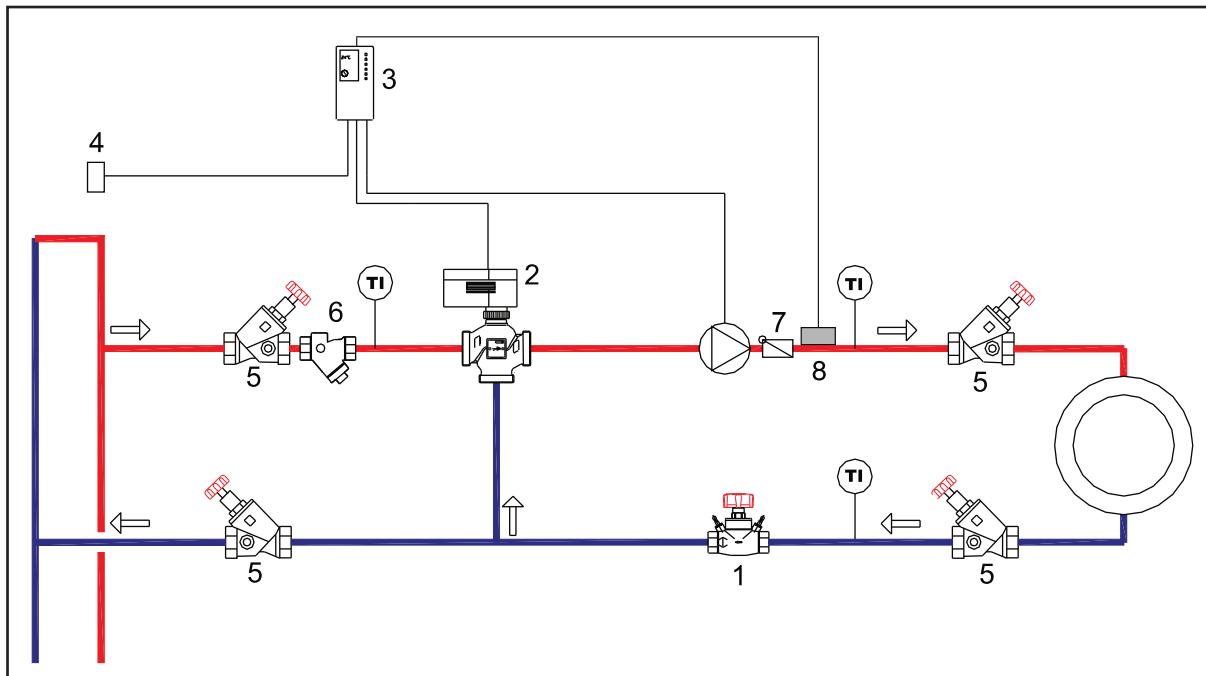
$$k_{v,SRV1b} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{SRV1b}}} = \frac{3,866}{\sqrt{0,03}} = 22,3$$

Granski regulacijski ventil (Herz art. 4217) može se odabrat iz kataloga proizvođača, DN 50 ( $k_{vs} = 35,26$ ) i prednamjestiti na 4,6.

Napomena: dimenzije cijevi sustava, između ostalog, ovise o materijalu cijevi i dopuštenom trenju u cijevi.

Obilazni vod (prenosnica) mora biti takvih dimenzija da može propustiti svu količinu vode za potrošača.

### 7.3.5 Shema s miješanjem



Sl. 7-22 Shema s miješanjem

1	Granski regulacijski ventil	4217
2	3-putni ventil	4073+7712
3	Regulator grijanja	7793
4	Temperaturni osjetnik	7793
5	Zaporni ventil	4115
6	Hvatač nečistoće	4111
7	Nepovratni ventil	2622
8	Nalijegajući temperaturni osjetnik	7793

#### Značajke:

Nije dopušten diferencijalni tlak  
Količina vode u primarnom krugu promjenjiva, a u sekundarnom konstantna. Temperatura sekundarnog kruga promjenljiva.

#### Prednosti:

Zbog konsantnog protoka sekundara moguća vrlo dobra regulacija. Značajka ventila na priključku s razdjelnikom bez pada tlaka je blizu 1.

#### Nedostaci:

Razina temperature ne razlikuje se bitno na primarnoj i sekundarnoj strani. To znači da se sustav s niskom temperaturom ne može povezati sa sustavom s visokom temperaturom. Na primarnoj strani ne smije postojati razlika tlaka.

#### Primjena:

- Radijatorski sustavi
- Zagrijači zraka

Za razliku od kruga s razdvajanjem tokova, ovaj hidraulički krug radi s promjenjivom količinom vode u primaru i konstantnom količinom ogrjevnog medija u sekundarnom krugu. Sa stanovišta regulacije, miješajući krug za potrošača predstavlja temperaturno promjenjivu i količinski konstantnu regulaciju. Ovakva vrsta hidrauličkog kruga najrasprostranjeniji je u tehnologiji grijanja jer se može vrlo jednostavno implementirati. Regulacijski ventil u povratu služi za ograničavanje protoka.

**P**rimjer: dimenzioniranje sustava s miješanjem

Ulazni podaci:  $Q = 20 \text{ kW}$   
 $t_V = 80^\circ\text{C}$

$t_R = 60^\circ\text{C}$   
 $\Delta p_L = 25 \text{ kPa}$

Traženo:

- odabir regulacijskog ventila
- odabir granskog regulacijskog ventila
- razlike tlaka

$$q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_V - t_R)}$$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{20}{4,19 \cdot (80 - 60)} = 860 \text{ l/h}$$

Sljedeći se zahtjev postavlja za funkcioniranje sustava s miješanjem:

Zahtjev 1:  $\Delta p_v \geq 3 \text{ kPa}$

Korak 1: odabir  $k_{vs}$  vrijednosti za regulacijski ventil

$$k_V = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{V \min}}}$$

$$\Delta p_{V \min} = 3 \text{ kPa} = 0,03 \text{ bar} \quad (\text{vidi zahtjev 1})$$

$$q_s = 860 \text{ l/h} = 0,860 \text{ m}^3/\text{h}$$

Prvo treba izračunati teoretsku  $k_v$  vrijednost:

$$k_{v, theo} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{v, \min}}} = \frac{0,860}{\sqrt{0,03}} = 5,0$$

Mogu se uzeti u obzir regulacijski ventili (Herz art. 4037) DN 15 ( $k_{vs} = 4,0$ ) ili DN 20 ( $k_{vs} = 6,3$ ).

Napomena: u pravilu će se odabrati niža vrijednost  $k_{vs}$  kako bi se postigao potreban pad tlaka.

za DN 15:  $k_{vs} = 4,0$

$$\Delta p_v = \left( \frac{q_s}{K_{V_s}} \right)^2 = \left( \frac{0,860}{4,0} \right)^2 = 0,0462 \text{ bar} = 4,62 \text{ kPa}$$

Zahtjev 1 je ispunjen!  $\Delta p_v \geq 3 \text{ kPa}$

za DN 20:  $k_{vs} = 6,3$

$$\Delta p_v = \left( \frac{q_s}{K_{V_s}} \right)^2 = \left( \frac{0,860}{6,3} \right)^2 = 0,0186 \text{ bar} = 1,86 \text{ kPa}$$

Zahtjev 1 za DN 20 nije ispunjen!

Može se odabrat regulacijski ventil DN 15 ( $k_{vs} = 4,0$ ) .

Značajka (autoritet) ventila je:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta H} = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_{Schmu} + 2 \cdot \Delta p_{Ab}} = \frac{4,62}{4,62 + 1,3 + 2 \cdot 0,7} = 0,63$$

Gubici tlaka zapornog ventila (Herz art. 4115) i hvatača nečistoće (Herz art. 4111) odnose se na dimenziju DN 20. Crpka također mora nadomjestiti pad tlaka 3-putnog ventila.

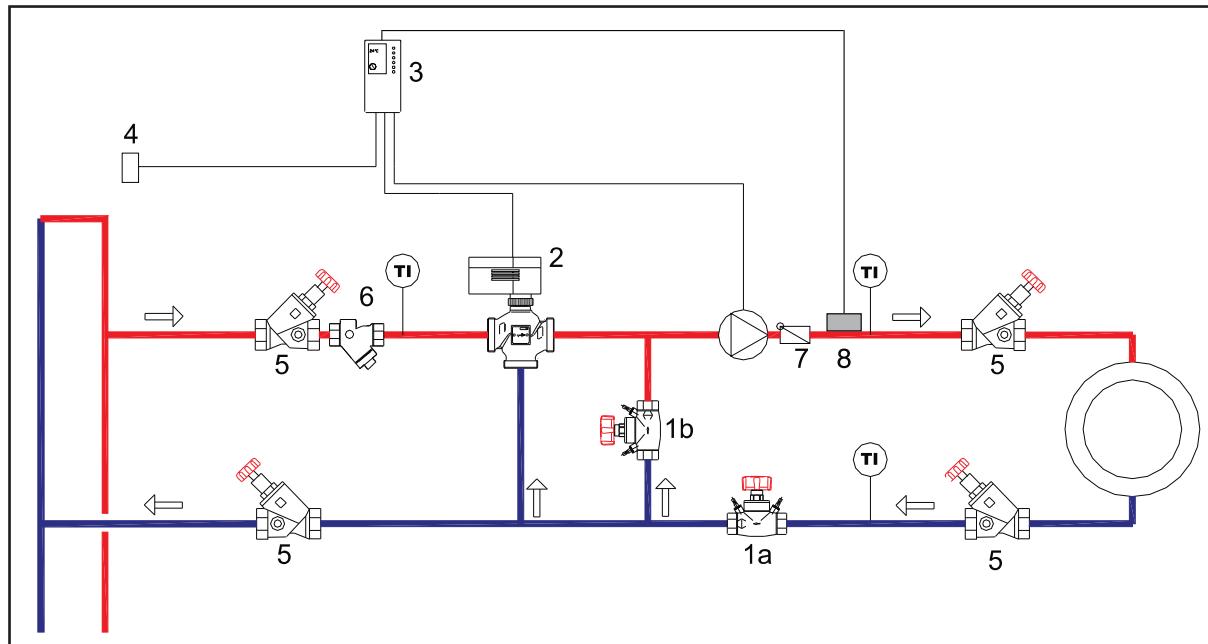
Korak 2: odabir i prednamještanje granskog regulacijskog ventila.

Budući da je u prethodnom koraku gubitak tlaka postavljen na 3 kPa, vrijednost  $k_v$  iznosi:

$$k_{v,SRV} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{0,860}{\sqrt{0,03}} = 5,0$$

Može se odabrat granski regulacijski ventil (Herz art. 4217) DN 20 ( $k_{vs} = 4,98$ ) i prednamjestiti na 4,7.

### 7.3.6 Shema s dvostrukim miješanjem



Sl. 7-23 Shema s dvostrukim miješanjem

1	Granski regulacijski ventil	4217
2	3-putni ventil	4037+7712
3	Regulator grijanja	7793
4	Temperaturni osjetnik	7793
5	Zaporni ventil	4115
6	Hvatač nečistoće	4111
7	Nepovratni ventil	2622
8	Nalijegajući temperaturni osjetnik	7793

**Značajke:**

Nije dopušten diferencijalni tlak. Maseni protoci primarne i sekundarne strane su konstantni. Temperatura sekundarne strane je promjenljiva.

**Prednosti:**

Za spoj na razdjelnik bez ili s vrlo malim padom tlaka. Značajka regulacijskog ventila je skoro 1 (dobra regulabilnost). Može se koristiti za priključke na niskotemperaturna grijanja (npr. 45 °C na 90 °C). Kratko vrijeme kašnjenja.

**Nedostaci:**

Nije dozvoljena razlika tlaka na primarnoj strani. Pri korištenju razdjelnika s diferencijalnim tlakom, svakako potrebno je osigurati miješanje bez gubitka tlaka.

**Primjena:**

- Niskotemperaturno grijanje
- Podno grijanje

Miješanje s fiksnim zaobilaznim vodom (premosnicom) koristi se u sustavima gdje postoji velika razlika temperaturnih nivoa primara i sekundara.

Premsnica se nalazi u sekundarnom krugu prije regulacijskog ventila. Kroz nju cirkulira konstantna količina medija bez obzira na položaj 3-putnog ventila.

Upotreba ovog sustava široko je rasprostranjena u podnom grijanju, kondenzacijskim kotlovima, spremnicima i sustavima daljinskog grijanja.

**P**rimjer: dimenzioniranje sustava s miješanjem i fiksnom premosnicom

Ulazni podaci:

$$\begin{aligned} Q &= 40 \text{ kW} \\ t_v &= 45^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Traženo:

- odabir regulacijskog ventila
- odabir granskog regulacijskog ventila
- razlike tlaka

$$\begin{aligned} t_R &= 35^\circ\text{C} \quad \Delta H \\ &= 25 \text{ kPa} \\ t_{v,\text{primar}} &= 90^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Primar:

$$q_p = \frac{Q}{c \cdot (t_p - t_R)}$$

$$q_p = 3600 \cdot \frac{40}{4,19 \cdot (70 - 35)} = 982 \text{ l/h}$$

Sekundar:

$$q_s = \frac{Q}{c \cdot (t_v - t_R)}$$

$$q_s = 3600 \cdot \frac{40}{4,19 \cdot (45 - 35)} = 3437 \text{ l/h}$$

Zahtjev 1:  $\Delta p_V \geq 3 \text{ kPa}$

Korak 1: odabir  $k_{vs}$  vrijednosti za regulacijski ventil

$$k_V = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{V_{\min}}}}$$

$\Delta p_{V_{\min}} = 3 \text{ kPa} = 0,03 \text{ bar}$  (vidi zahtjev 1)  $q_p = 982 \text{ l/h} = 0,982 \text{ m}^3/\text{h}$

Prvo treba izračunati teoretsku  $k_v$  vrijednost

$$k_{v,\text{theo}} = \frac{q_p}{\sqrt{\Delta p_{v,\min}}} = \frac{0,982}{\sqrt{0,03}} = 5,7$$

Mogu se uzeti u obzir regulacijski ventili proizvođača (Herz art. 4037) DN 15 ( $k_{vs} = 4,0$ ) ili DN 20 ( $k_{vs} = 6,3$ ).

Napomena: u pravilu će se odabrati niža vrijednost  $k_{vs}$  kako bi se postigao potreban pad tlaka.

za DN 15:  $k_{vs} = 4,0$

$$\Delta p_v = \left( \frac{q_p}{Kv_s} \right)^2 = \left( \frac{0,982}{4,0} \right)^2 = 0,06 \text{ bar} = 6 \text{ kPa}$$

Zahtjev 1 je ispunjen!  $\Delta p_V \geq 3 \text{ kPa}$

za DN 20:  $k_{vs} = 6,3$

$$\Delta p_v = \left( \frac{q_p}{Kv_s} \right)^2 = \left( \frac{0,982}{6,3} \right)^2 = 0,024 \text{ bar} = 2,4 \text{ kPa}$$

Zahtjev 1 za DN 20 nije ispunjen!

Može se odabrati regulacijski ventil DN 15 ( $k_s = 4,0$ ).

Značajka (autoritet) ventila je:

$$a = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_{Schmu} + 2 \cdot \Delta p_{Ab}} = \frac{6,0}{6,0 + 1,3 + 2 \cdot 0,7} = 0,69$$

Gubitak tlaka zapornog ventila (Herz art. 4115) i hvatača nečistoće (Herz art. 4111) odnose se na dimenziju DN 20. Crpka također mora nadomjestiti gubitak tlaka na 3-putnom ventilu.

Korak 2: odabir i prednamještanje granskog regulacijskog ventila.

Budući da je u prethodnom koraku gubitak tlaka postavljen na 3 kPa, vrijednost  $k_v$  iznosi:

$$k_{v,SRV} = \frac{q_s}{\sqrt{\Delta p_{SRV}}} = \frac{3,437}{\sqrt{0,03}} = 19,8$$

Može se odabratи granski regulacijski ventil proizvođača (Herz art. 4217) DN 40 ( $k_{vs} = 23,29$ ) i prednamjestiti na 7,5.

Korak 3: odabir i prednamještanje granskog regulacijskog ventila.

Protočna količina medija u premosnici iznosi:

$$q_{Bypass} = q_S - q_P = 3437 - 982 = 2455 \text{ l/h} = 2,455 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p_{SRV} = 6 \text{ kPa} = 0,06 \text{ bar}$$

$$k_{v,SRV2} = \frac{q_{Bypass}}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{SRV2}}} = \frac{2,455}{\sqrt{0,06}} = 10,0$$

$\Delta p_{SRV} = 6 \text{ kPa}$ , je gubitak tlaka regulacijskog ventila koji se mora savladati.

Može se odabratи granski regulacijski ventil proizvođača (Herz art.4217) DN 32 ( $k_{vs} = 18,83$ ) i prednamjestiti na 4,9.

---

### 7.3.7 Shema s hidrauličkom skretnicom

Jedna od mogućnosti hidrauličkog odvajanja kruga kotla i ostalih krugova grijanja je ugradnja hidrauličke skretnice.

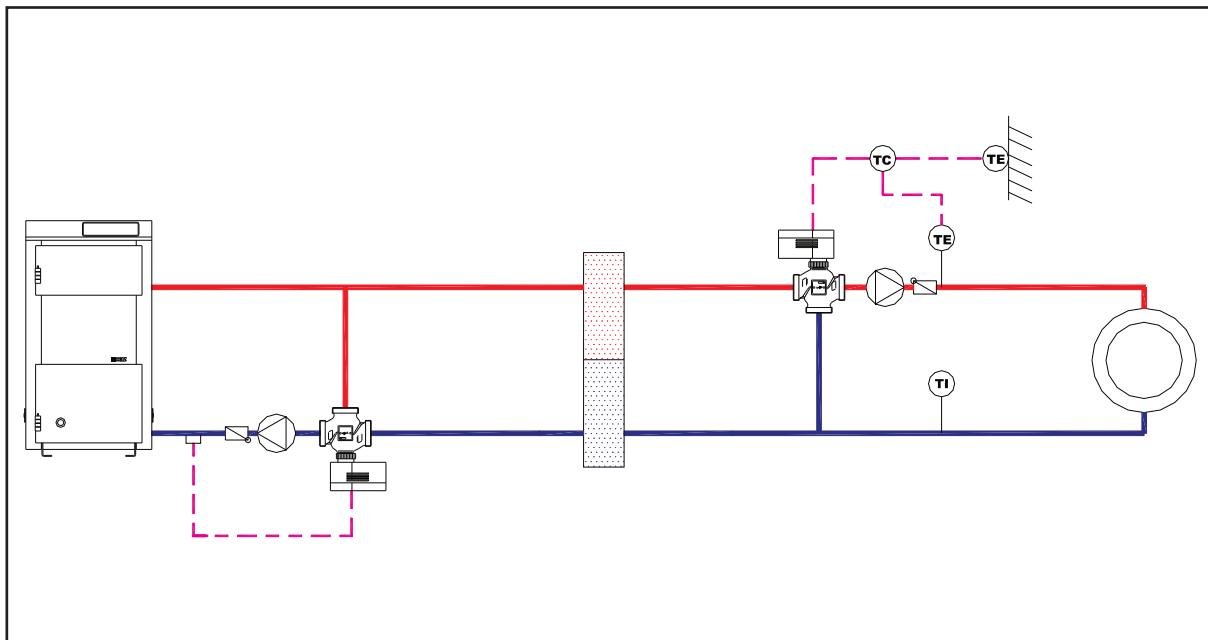
Premosnica bez pada tlaka kroz koju može biti prostrujavanje u oba smjera, omogućuje spajanje oba kruga bez međusobnog utjecaja.

To povoljno djeluje na pojedine krugove grijanja, što se može vidjeti iz sljedećeg:

- Nema hidrodinamičkog utjecaja između kotla i krugova grijanja.

- Opskrba toplinom i sustav distribucije topline opskrbliju se samo predviđenim protocima vode
- Sustav regulacije kotla je neovisan
- Podešavanje je optimalno s obje strane hidrauličke skretnice
- Jednostavno dimenzioniranje crpke u krugu kotla i regulacijskog člana

Hidraulička skretnica postavlja se između generatora topline i razdjelnika (slika 7-24). Da bi se postiglo toplinsko razdvajanje polaza i povrata, potreban je okomiti položaj ugradnje. Nadalje, razmak cijevi između dovodnih i povratnih vodova trebao bi biti najmanje 3 do 4 puta veći od promjera cijevi, tako da se može postići mirno strujanje.



Sl.-7-24 Ugradnja hidrauličke skretnice

Ugradnja hidrauličke skretnice omogućava dobro podešavanje primarnog i sekundarnog kruga (sl. 7-25 ispod). Nazivni protok primara  $q_p$  trebao bi biti jednak nazivnom protoku sekundara  $q_s$ . To se određuje kako slijedi:

Za primarni krug:

$$q_p = \frac{\Phi_p}{c(\theta_1 - \theta_2)}$$

Za sekundarni krug:

$$q_s = \frac{\Phi_s}{c(\theta_3 - \theta_4)}$$

Gdje su:

$q_p$	$\text{kg.s}^{-1}$	Nazivni protok sekundarnog kruga
$q_s$	$\text{kg.s}^{-1}$	Nazivni protok sekundarnog kruga
$\Phi_p$	kW	Toplinski učin opskrbe toplinom (primar)
$\theta_1$	°C	Temperatura polaza davaoca topline
$\theta_2$	°C	Temperatura povrata davaoca topline
$\theta_3$	°C	Temperatura polaza potrošača topline
$\theta_4$	°C	Temperatura povrata potrošača topline
$\Phi_s$	kW	Toplinski učin predane topline (sekundar)
$c$	$\text{kJ.kg}^{-1}.K^{-1}$	Specifični toplinski kapacitet

Neispravno podešavanje ili nepodešavanje može negativno utjecati na rad sustava grijanja. To je prikazano na slici 7-25 gore. U ovom je slučaju količina vode u sekundarnom krugu veća od one u primarnom krugu. Ovdje postoji manji dotok tople vode iz povrata grijanja. Ovaj će sustav stvarati probleme pri punom opterećenju jer se stvorena toplina ne može prenijeti na potrošača topline.

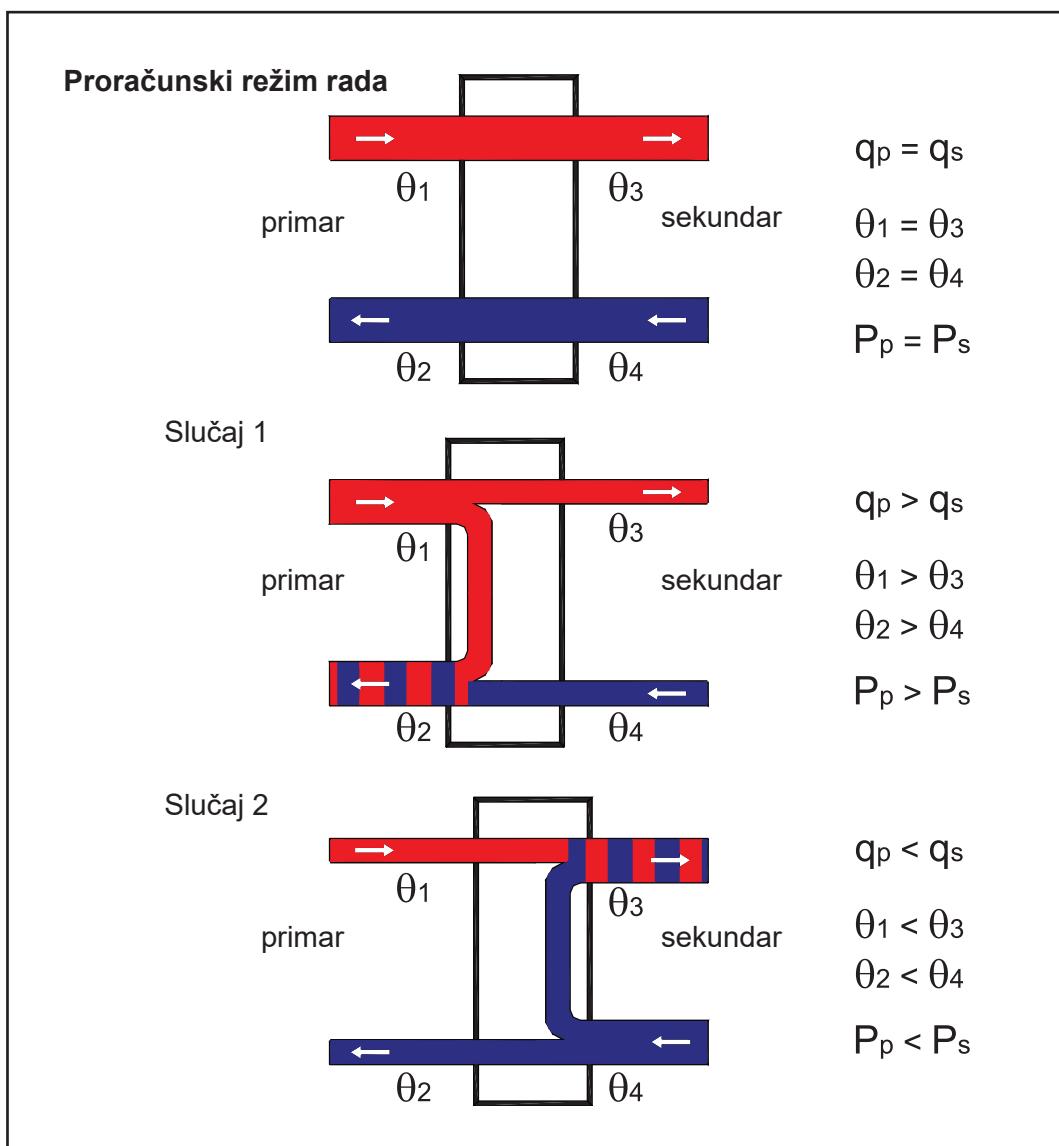
Ako je količina vode u primarnom krugu veća od one u sekundarnom krugu (slika 7-25, sredina), topla voda dodaje se iz primara generatora topline u povratni tok generatora topline. To može imati pozitivan učinak, jer se povećava temperatura povrata. Ovaj slučaj se mora izbjegavati s dizalicama topline.

#### Dimenzioniranje hidrauličke skretnice:

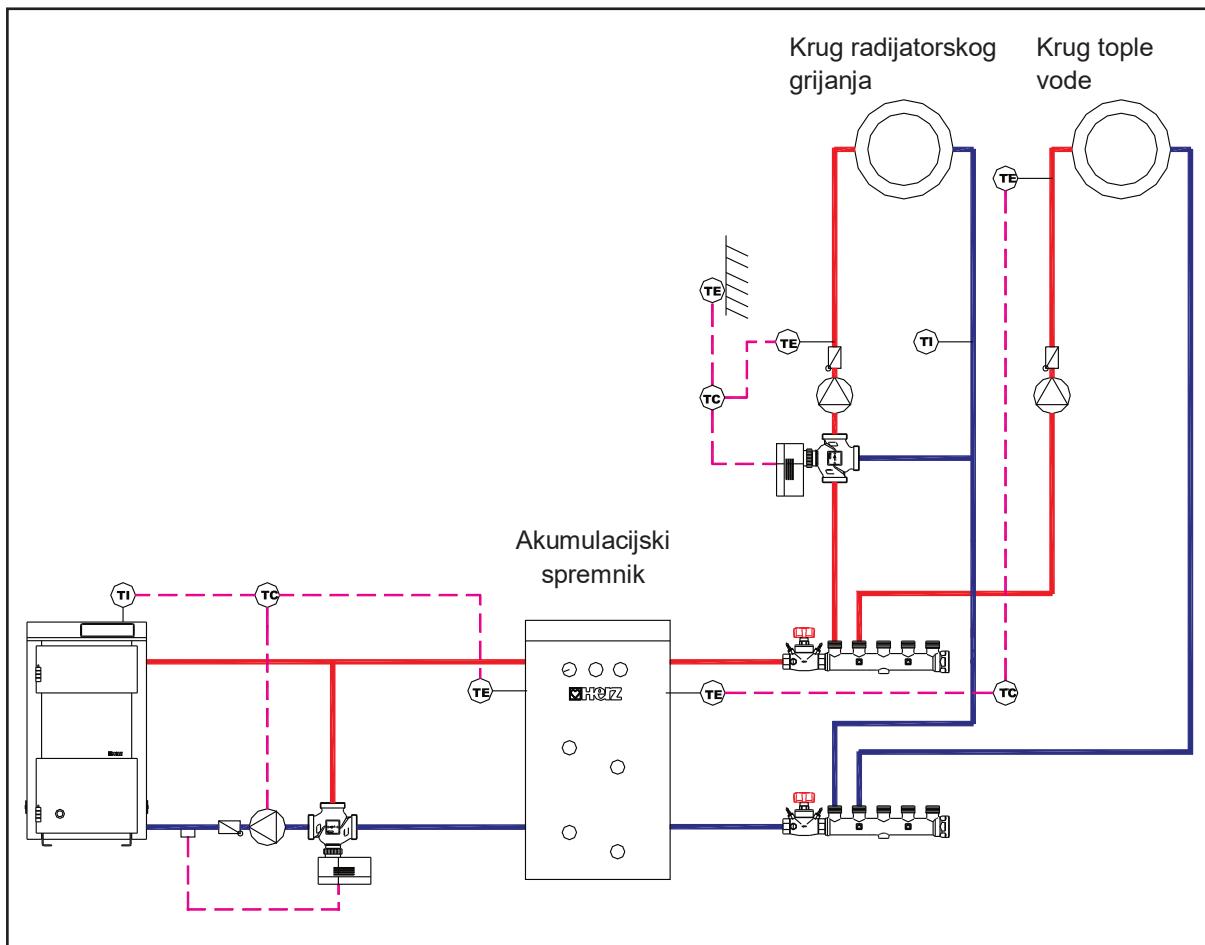
U načelu može se pojaviti neznatna razlika tlakova između polaznog i povratnog voda. Da bi se postigao tako mali pad tlaka u hidrauličkoj skretnici brzina strujanja prema ÖNORM H 5142 ne smije prekoračiti  $0,15 \text{ m.s}^{-1}$

Iz ovog zahtjeva i nominalnog protoka u primarnom krugu  $q_p$  može se izračunati promjer hidrauličke skretnice. Time su zadovoljeni hidraulički zahtjevi.

Druga je mogućnost odvojiti različite krugove grijanja uporabom akumulacijskog spremnika kao što je prikazano na sl. 7-26.



Sl. 7-25 Princip rada hidrauličke skretnice



Sl. 7-26 Sustav grijanja s akumulacijskim spremnikom kao hidrauličkom skretnicom

Glavni zadatak akumulacijskog spremnika je privremena akumulacija određene količine energije dok ista nije potrebna. Na taj se način postiže bolja učinkovitost generatora topline. Poželjno je ugrađivati akumulacijske spremnike u sve sisteme koji za grijanje koriste kruta goriva, kao i u dizalice topline i solarne sisteme. Za takve sisteme to znači poboljšanje stupnja djelovanja. Pored svoje glavne funkcije, akumulacijski spremnik je ujedno i hidraulička skretnica. Primjerice, dizalice topline rade s rasponom od oko 5 K, dok sistemi za distribuciju topline rade s rasponom od 15 do 20 K. Stoga je brzina protoka na strani generatora topline 3 do 4 puta veća od one u sistemu distribucije topline. Za hidrauličko odvajanje potrebeni su spremnik za balansiranje (međuspremnik) i crpka za krug kotla i krug za distribuciju topline.

Dimenzioniranje akumulacijskog spremnika za kotao na kruto gorivo prema normi EN 303-5:

$$V_{sp} = 15 \cdot T_B \cdot Q_N \left( 1 - 0,3 \frac{Q_H}{Q_{min}} \right)$$

Gdje su:

$V_{sp}$	l	Volumen spremnika
$T_B$	h	Vrijeme gorenja pri nazivnoj snazi
$Q_N$	kW	Nazivni učin
$Q_H$	kW	Potrebita toplina za objekt
$Q_{min}$	kW	Minimalni učin

## 7.4 Kriteriji za odabir regulacije grijanja

Regulacija jedne prostorije	RR
Obiteljska kuća s dnevnim boravkom	RR
Obiteljska kuća s više prostorija međusobno povezanih	RR
Obiteljska kuća s više jednakih prostorija za boravak i sa regulacijom polaznog voda preko vanjske temperature	WR
Višestambene kuće, škole, uredi i dr., razdvojeni krugovima grijanja ovisno o strani svijeta	WVR
RR - Regulacija prostorija WVR - Regulacija temperature polaznog voda preko vanjske temperature TV - Termostatski ventil	

### Napomene:

- a) U referentnoj prostoriji ne smije biti postavljen termostatski ventil (TV).
- b) Osjetnici topline u prostoriji reagiraju na izvore topline (sunce, osobe, toplina uređaja).
- c) U podnom grijanju, pri regulaciji sobne temperature (RR), javljaju se velika kašnjenja. To ima smisla za mokro položene sustave s 5 cm estriha.

Optimiranje grijanja kao dopunska funkcija:

- Preko dana radi kao regulacija WVR.
- Preko uklopnog sata sa sniženim radom i regulacijom RR pomoći referentne prostorije. Tražena temperatura održava se dodatnim zagrijavanjem.
- Brzo zagrijavanje provesti što je kasnije moguće. Nakon toga prebaciti na regulaciju WVR.

Ukoliko se primjeni ispravno, ova kombinacija 2 tipa regulacije daje uštedu energije.

### 7.4.1 Ispravno postavljanje sobnog osjetnika

#### a) Obzirom na tehniku regulacije

Referentna prostorija za regulaciju temperature prostora trebao bi biti dnevni boravak koji je građevinski hladniji. U osunčanim prostorijama grijanje treba regulirati termostatskim ventilima.

#### b) Obzirom na tehniku mjerena

Osjetnik u prostoriji mora ispravno mjeriti temperaturu. Temperatura prostorije ovisi o temperaturi zraka i zračenju okolnih ploha.

Mjesto postavljanja:

- Ne na sunčano mjesto
- Ne blizu izvora topline, npr. rasvjete
- Ne na tople zidove, npr. zidove u kojima su dimnjaci i ogrjevne cijevi
- Ne u niše, kutove gdje je slaba cirkulacija zraka
- Ne na vanjske zidove
- Ne blizu vrata koja vode u negrijane prostore (vanjski utjecaj hladnoće)
- Ne spajati na otvorenu elektroinstalacijsku cijev (propuh uzrokovani tlakom vjetra ili razlikom temperatura utječe na rezultat mjerjenja. Otvorenu cijev treba zatvoriti.)

## 7.4.2 Ispravno postavljanje vanjskog osjetnika

### a) Obzirom na vrstu regulacije

U prostorijama koje su izložene zračenju sunca treba postaviti termostatske ventile.

Orijentacija prostorije	Postavljanje na zid
Sjever	Sjever
Istok	Istok (osunčano u jutarnjim satima)
Jug	Zapad (zbog akumulirane topline u južnom zidu)
Zapad	Zapad
Različito	Sjeverozapad, sjever

### b) Obzirom na način mjerjenja

- Visina 1. kat
- Štiti od utjecaja dodatne topline, npr. kroz prozor
- Ne u niše već na kutove zgrada

## 7.4.3 Ispravno postavljanje osjetnika na polaznom vodu

### a) Obzirom na vrstu regulacije

Nakon točke miješanja (npr. iza miješajućeg ventila)

### b) Obzirom na način mjerjenja

- Zbog miješanja vode treba postaviti iza crpke po mogućnosti na vertikalnu cijev.
- Zbog vremenskog kašnjenja postaviti blizu točke miješanja.
- Kratke priključne nastavke i dugačke uronske osjetnike postaviti nasuprot smjera strujanja.
- Nalijegajuće osjetnike postaviti na golu cijev i toplinski izolirati.
- Za hlađenje uvijek treba koristiti uronske osjetnike.

## 7.5 Regulacija niskotemperaturnog grijanja

U slučaju niskotemperaturnih sustava grijanja, potrebno je odabrati male temperaturne razlike, kako bi srednja temperatura radijatora bila što veća, a radijator mali. To često zahtijeva 2 do 4-struki protok ogrjevnog medija u krugu potrošnje u odnosu na krug kotla, pri čemu je korisno raditi s fiksno podešenom premosnicom. Time se značajno povećava raspon podešavanja regulacijskog ventila. Tako se kut podešavanja od 90 °C postiže i npr. pri 60 °C.

U slučaju monovalentnih sustava dizalica topline, **premosnica** nije potrebna jer je temperaturna razlika na dizalici topline dovoljno mala. U bivalentnim sustavima treba ugraditi hidrauličku skretnicu.

Kombinacija regulacije miješanjem (centralno) i prigušivanjem (lokalno pomoću termostatskih ventila) može dovesti do povećanog diferencijalnog tlaka. Postoje 3 načina za rješavanje ovog problema:

- Prestrujnim ventilom
- Regulatorom diferencijalnog tlaka
- Crpkom s elektroničkom regulacijom diferencijalnog tlaka

Za: a) smanjenje grijanja tijekom noći ili  
b) smanjenje temperature polaznog voda, ima smisla ugraditi crpu s promjenjivim brojem okretaja.

One se mogu za vrijeme smanjene potrebe grijanja, prebaciti na niži broj okretaja, odnosno manji protok. Time se postiže i ušteda energije.

### **Podno grijanje i dizalica topline**

U monoivalentnoj dizalici topline namijenjene za podno grijanje, odavanje topline može se regulirati:

- ručno, podešavanjem temperature povrata na dizalici topline (zapravo upravljanje, pod službi kao spremnik) ili
- automatski, u ovisnosti o sobnoj temperaturi. Zbog inertnosti podnog grijanja, 2-položajni regulator pogodan je za regulaciju ovisnu o temperaturi prostora. Uključuje i isključuje kompresor. Međutim, crpka za cirkulaciju vode za grijanje mora ostati u pogonu kako se kompresor dizalice topline ne bi prečesto uključivao/ isključivao (maks. 6 x na sat).

Regulacija temperature povrata ovisno o vanjskoj temperaturi također se može izvesti podnim grijanjem pomoću 2-položajnog regulatora.

Odavanje topline podnog grijanja za pojedine prostorije, podešeno je na regulacijskim ventilima na razdjelniku krugova grijanja (prigušivanje). Odavanje topline pojedinih krugova grijanja također se može regulirati **sobnim termostatom** i termičkim pogonima na ventilima razdjelnika. To npr. može spriječiti pregrijavanje u prostorijama na južnoj strani.

U **bivalentnim sustavima** podno grijanje mora se kontrolirati kao u konvencionalnim sustavima grijanja. Uz regulaciju miješanjem, poželjno bi bilo postaviti i sobnu regulaciju. U takvim sustavima pod se ne koristi kao spremnik topline, već kao spremnik (spremnik za uravnoteženje opterećenja) s regulacijom temperature polaza u krugu grijanja.

## 8 Posebne armature u toplovodnom grijanju

### 8.1 Odabir izvršnog člana

#### 8.1.1 Određivanje izvršnog člana

Izvršni član:	ventili, slavine, zaklopke
Pogon:	ručni, hidraulički, pneumatski, elektromotorni, elektrotermički, elektrohidraulički
Tip pogona:	3-putni miješajući i razdjeljni ventil, 3-putna slavina, 2-putni prigušni ventil
Medij:	topla-vrela voda, rashladno sredstvo, para
Nazivni tlakovi:	PN6/10/16/25/40 bar
Radni tlak:	nazivni tlak PN 6/10/16/25/40 bar Nazivni tlakovi su radni tlakovi do 120°C. Za više temperature dopušteni radni tlakovi su niži od PN mjer RG 5 (dijelovi s navojem), sivi lijev GG 20 (dijelovi s prirubnicom GG 38 do PN 16), nodularni lijev GGG 42 do PN 25, čelični lijev GS 45,5 do PN 40
Materijal:	

Napomena:

Pri potpuno otvorenom izvršnom članu, uz protok  $q_{v100}$ , pad tlaka  $\Delta p_{100}$  na izvršnom članu mora biti minimalno tako velik koliki je kroz dio cijevne mreže s promjenjivim protokom, kako bi se postigla značajka ventila iznad 0,5

$$\Delta p_{100} \geq p_D$$

(3) - Protočna karakteristika izvršnog člana

$$k_v \leq \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_D}}$$

Željena se vrijednost računa pomoću  $p_D$  duž dionice s promjenljivim protokom.

Gdje su:

$k_v$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	Karakteristika djelomično otvorenog ventila
$\Delta p$	bar	Pad tlaka
$q_v$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	Volumni protok

(4) - maksimalni razlika tlaka koja se javlja kada je zatvoren izvršni član  $\Delta p_{max}$  (ova vrijednost odgovara maksimalnoj visini dizanja crpke)  
-  $\Delta p_{max}$  je najveća dopuštena razlika tlaka na izvršnom članu, kada pogon još uvijek potpuno zatvara izvršni član.

#### 8.1.2 Određivanje karakteristika ventila prema podacima sustava

- (1) – Nazivni volumni protok  $q_{v100}$
- (2) – Potreban diferencijalni tlak  $\Delta p_D$  na otvorenom izvršnom članu uz nazivni protok  $q_{v100}$

### 8.1.2.1 Značajka ventila i odabir

Imamo

Značajka ventila predstavlja protok u  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  uz pad tlaka na ventilu od 1 bar.

$$\text{Protok } q_v = k_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

$$\Delta p_v = \Delta p_{MV}$$

#### Značajka ventila

Značajka ventila:

$$a_v = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_v + \Delta p_{MV}}$$

Gdje su:

- |                 |                                                 |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| $\Delta p_v$    | Pad tlaka na ventilu                            |
| $\Delta p_{MV}$ | Pad tlaka kroz dionicu s promjenljivim protokom |

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}} \quad \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Važno:

$$0,3 \leq a_v \leq 0,7$$

uz  $a_v = 0,5$

**P**rimjer: ogrjevno tijelo

Ogrjevno tijelo:  $\Phi = 4,65 \text{ kW}$  pri  $\Delta\theta = 20 \text{ K}$

$$\text{Protok vode: } q_v = \frac{4650}{1,136 \cdot 20 \cdot 1} = 200 \text{ l.h}^{-1} = 0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Željeni pad tlaka  $\Delta p_D = 2 \text{ kPa} = 200 \text{ mm vs} = 20 \text{ mbar} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{p_D}} = \frac{0,2}{\sqrt{20 \cdot 10^{-3}}} = 1,41$$

HERZ TS 90 E, DN 15 kutni, ima P odstupanje > 2 K.

Željeni pad tlaka je prenizak, jer se za 2 K P odstupanje, za DN 15 traži  $k_v = 0,9$ .  
Pad tlaka bi bio:

$$\Delta p = \left( \frac{q_v}{k_v} \right)^2 = \left( \frac{0,2}{1,1} \right)^2 = 49,38 \cdot 10^{-3} \text{ bar} = 49 \text{ mbar} = 4,9 \text{ kPa}$$

**P**rimjer: termostatski ventil

Za razgranatu mrežu treba odabrati termostatski ventil TV s  $2K$   $P$  odstupanjem za ogrjevno tijelo iz prethodnog primjera, ako je preostali pad tlaka koji treba potrošiti na ventilu  $20 \text{ kPa} = 200 \text{ mbar}$ .

$$k_{vs} = \frac{q_v}{\sqrt{p_v}} = \frac{0,2}{\sqrt{200 \cdot 10^{-3}}} = 0,45$$

Odabran je: HERZ TS 90 KV, izvedba E  
 $P$  odstupanje odabranog ventila je  $< 2K$

Za t. ventil većeg  $kv = 0,6$  mora se dodatno postaviti prednamjestiv povratni ventil (prigušnica).

$$\Delta p_v = \left( \frac{q_v}{k_v} \right)^2 = \left( \frac{0,2}{0,6} \right)^2 = 111 \cdot 10^{-3} \text{ bar} = 111 \text{ mbar}$$

Uz pad tlaka na nepovratnom ventilu  $\Delta p = 200 - 111 = 89 \text{ mbar}$ , dobijemo iz dijagrama za HERZ RL 5, DN 15 kutni, prednamještanje  $V = 3,5$  ili  $kv = 0,7$ .

---

**P**rimjer: termostatska nadogradnja svih ventila

Postojeći kutni ventil TS 7724 sa  $k_{vs}=1,9$  je potpuno otvoren. Treba se nadograditi na termostatski pogon (montirati termostatsku glavu) i pri tome zadržati  $P$  odstupanje  $2K$ .

$$q_v = 200 \text{ l.h}^{-1} = 0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Prije postavljanja termostatske glave:

$$\Delta p_v = \left( \frac{0,2}{1,9} \right)^2 = 0,011 \text{ bar} = 11 \text{ mbar} = 1,1 \text{ kPa}$$

Novo s termostatskom glavom:

$$k_v = 0,6 \text{ za } 2 \text{ K} = \Delta X_P$$

$$\Delta p_{VT} = 100 \left( \frac{0,2}{0,6} \right)^2 = 11,1 \text{ kPa}$$

Ako je crpka ispravno odabrana, bit će potrebno povećati broj okretaja :  
Porast tlaka iznosi:

$$\Delta p = 10 \text{ kPa} = 1 \text{ mvs za potrebnu količinu vode.}$$

---

**P**rimjer: dogradnja za dio sustava

Kao što se može vidjeti iz prethodnog primjera, pad tlaka u ventilu povećava se 10 puta kao rezultat ugradnje termostatske glave. Paralelno spojeni radijatorski ventil do sada je imao 11 mbar i nije imao termostatsku regulaciju.

Prema tome, na mjestu odvajanja nastaje razlika tlaka od  $KDD = 11,1 - 1,1 = 10 \text{ kPa}$ . Ona se mora smanjiti (prigušiti) kako bi se dobole potrebne količine vode. Ventil na povratu (prigušnica) treba se prednamjestiti na novu  $k_v$  vrijednost.

### 8.1.3 Određivanje nazivnog promjera (DN)

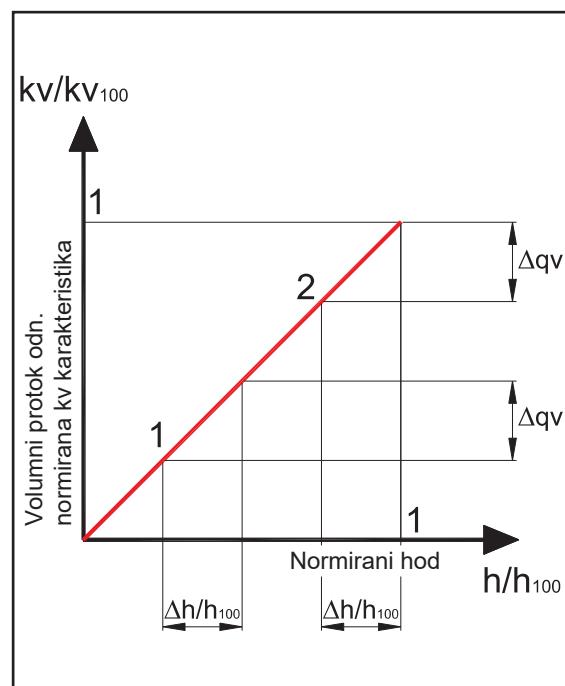
- (1)
  - Za svaki tip ventila i nazivni promjer DN postoji  $k_{vs}$  vrijednost
  - Odabire se ventil dimenzije DN, čija je  $k_{vs}$  značajka niža od nazivne vrijednosti  $k_v$
  - Stvarni pad tlaka  $\Delta p_{100}$  uz nazivni protok  $q_{v100}$ , mora se uzeti uz obzir pri izračunu visine dizanja crpke.

$$\Delta p_{100} = \left( \frac{q_{v100}}{k_{vs}} \right)^2 \cdot 100 \text{ kPa}$$

- (2) Odabir pogonskog člana: okvirno se može koristiti shema miješanja za toplovodno grijanje:  
3-putna miješajuća slavina  
 $\Delta p_v = 2 \text{ kPa}$  odn.  
4-putna miješajuća slavina uz brzinu strujanja  $1 \text{ m.s}^{-1}$   
Odabir tipa:  
1. Upravljanje: u 2 točke, u 3 točke, 0-10V  
2. napon: 230 V / 24 V  
3. vrijeme rada  
4. sa ili bez sigurnosnog položaja

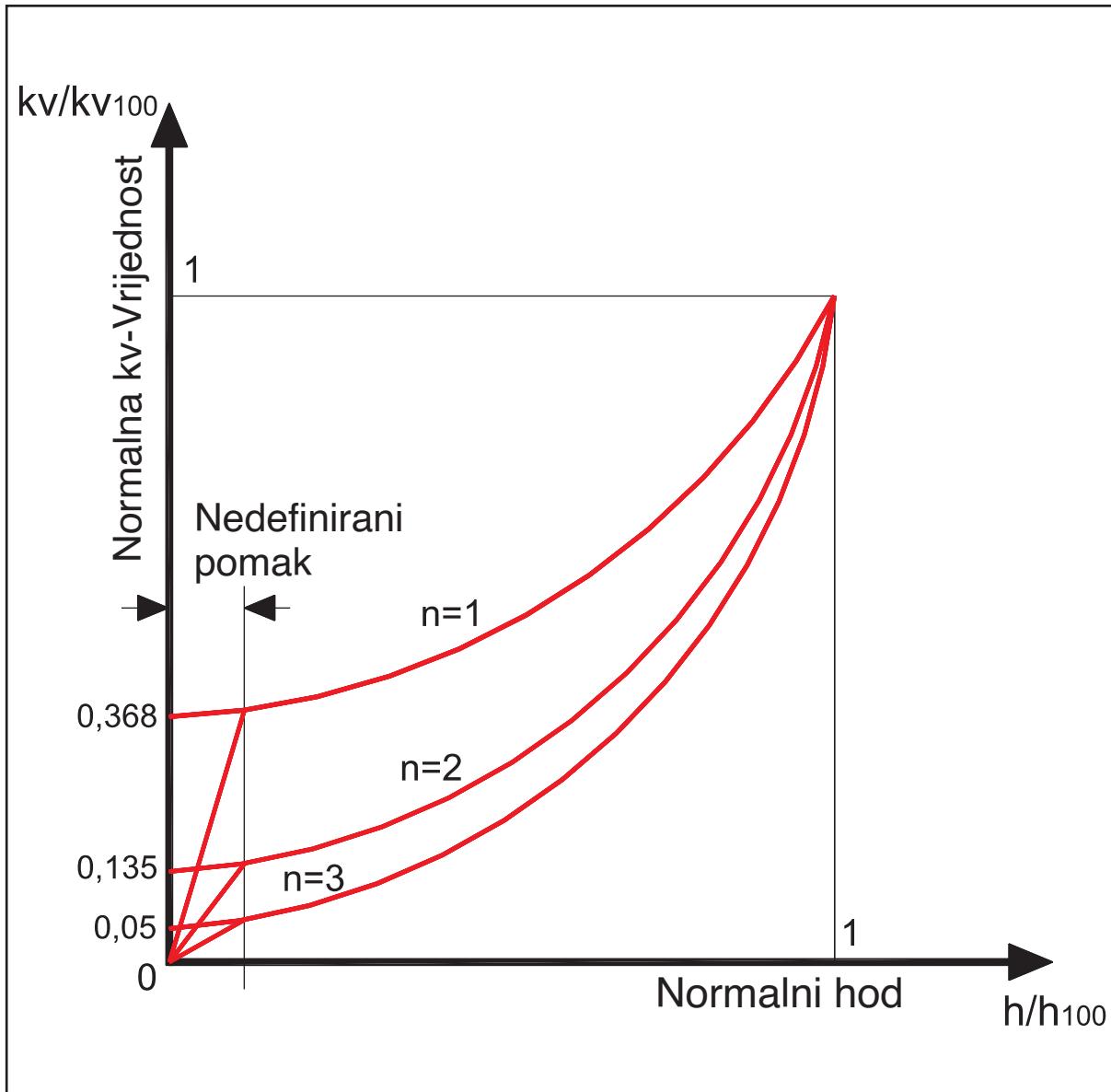
### 8.1.4 Značajka ventila

Kad se ručica ventila zakreće, mijenja se slobodni presjek. Značajka ventila predstavlja odnos volumnog protoka i otvorenosti. Može se postaviti relacija  $q_v = k_v$ .



Sl. 8-1 Linearni protok ili značajka ventila

Linearna značajka postiže se ventilima s ravnim konusnim ili tanjurastim pladnjem; do hoda =  $d/4$  s određenim izvedbama konusa. S ventilom jednakopostotne značajke, ostvaruje se jednakopostotna promjena volumnog protoka, bez obzira na otvorenost ventila.



Sl. 8-2 Jednakopostotna značajka ventila

Izgled funkcije značajke ventila

$$\frac{k_V}{k_{V100}} = e^{n(h/h_{100}-1)}$$

Prikazan je za različite vrijednosti n na slici 8-2.

U tehnici grijanja, sustavi moraju ostati upravljeni uglavnom u području malih opterećena. U tu svrhu trebaju se odabrati ventili s jednakopostotnom značajkom, za koje je omjer  $k_{vo} / k_{v100}$  dovoljno mali ( $\approx 0,04$ ).

Specifična značajka ventila može se postići oblikovanjem konusa ventila i sjedišta ventila.

## 8.2 Armature za hidrauličko uravnoteženje

U pogledu hidrauličkog uravnoteženja razlikuju se dvije vrste. S jedne strane, to uključuje statičku (ručnu) regulaciju, a s druge strane, dinamičku (automatsku) regulaciju. U principu, sve armature za hidrauličko uravnoteženje moraju imati mehanizam za prednamještanje pada tlaka u ventilu i mogućnost mjerjenja protoka.

### 8.2.1 Statičko podešavanje

Svi hidraulički elementi koji se mogu prednamjestiti i mjeriti u svrhu uravnoteženja, smatraju se elementima statičkog podešavanja. Uz to, njihova  $kv$  vrijednost mora ostati konstantna u svim radnim uvjetima nakon podešavanja. Na kraju podešavanja ovi hidraulički elementi osiguravaju odgovarajuće omjere protoka u hidrauličkoj mreži. Statičke regulacijske ventile poželjno je koristiti u sustavima s konstantnim volumnim protokom ili tamo gdje je osigurana upotreba crpke s regulacijom brzine sa ili bez regulacije razlike tlaka. Ova grupa ventila uključuje granske regulacijske ventile (npr. Herz 4017 ili 4217), kombinirane regulacijske ventile (npr. Herz 7217), kao i regulacijske ventile za ogrjevna tijela (npr. Herz TS 98 V).

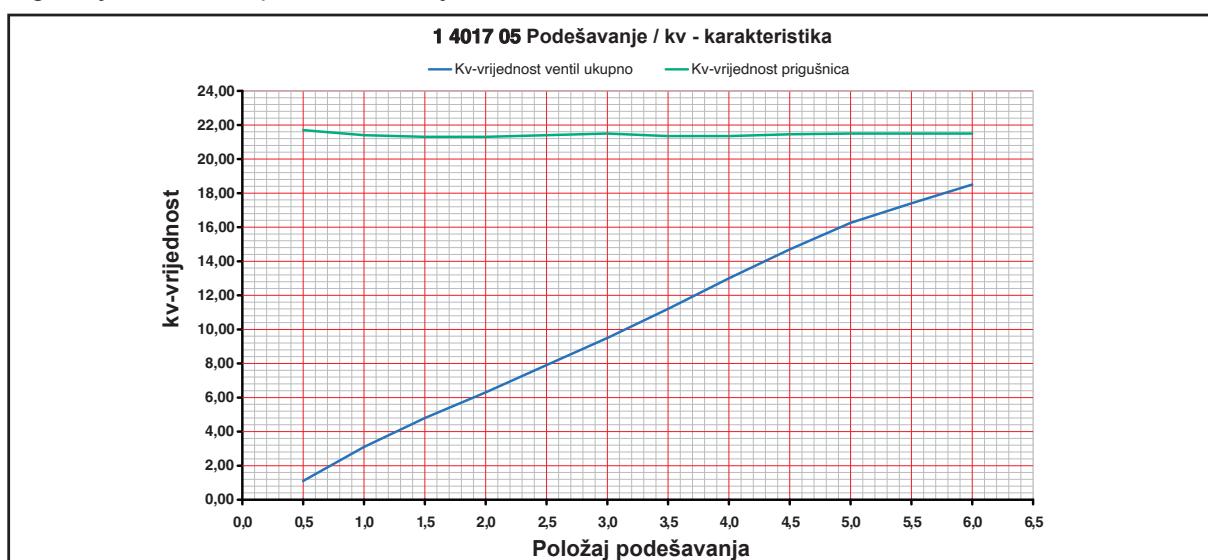
#### 8.2.1.1 Granski regulacijski ventili

Maksimalni protok podešava se pomoću granskih regulacijskih ventila i pada tlaka na njima.

To je apsolutno neophodno, jer bi u suprotnom ogranci s manjim otporom bili previše opskrbljeni. Tada bi ogranci s velikim otporom bili nedovoljno opskrbljeni. To znači da se pojedini ogranci moraju hidraulički uravnotežiti pomoću granskih regulacijskih ventila. Prednamještenost regulacijskog ventila lako je očitljiva na ručnom kolu s numeričkim zaslonom. Točnost je od jedne decimale. Regulacijski ventil tako se može vrlo precizno postaviti. Postavljeni položaj može se blokirati pomoću zaštićenog mehanizma.

Tvrta Herz ima 2 načina mjerjenja na ventilu. Jedno je, mjerjenje na ulazu i izlazu ventila (npr. Herz art. 4217). Prednost ovakvog mjerjenja je u tome što se može mjeriti razlika tlaka pri zatvaranju. To znači da se pomoću mjernog uređaja za mjerjenje diferencijalnog tlaka, u hidrauličkom sustavu mogu pronaći greške i obaviti dijagnostika sustava.

Druga vrsta mjerjenja provodi se pomoću ugrađenog mjernog zaslona u kućištu ventila (npr. Herz art. 4017) i 2 mjerna priključka na strani mjernog zaslona. Najvažnija prednost ovakvog mjerjenja je u tome što je u svakom položaju prednamještenosti konstantna  $kv$  vrijednost. To znači da se podešavanje može obaviti brzo i jednostavno. Zahvaljujući ugrađenom zaslonu za mjerjenje, razlika tlaka može se izmjeriti vrlo precizno. Podešavanje je potpuno kontinuirano.

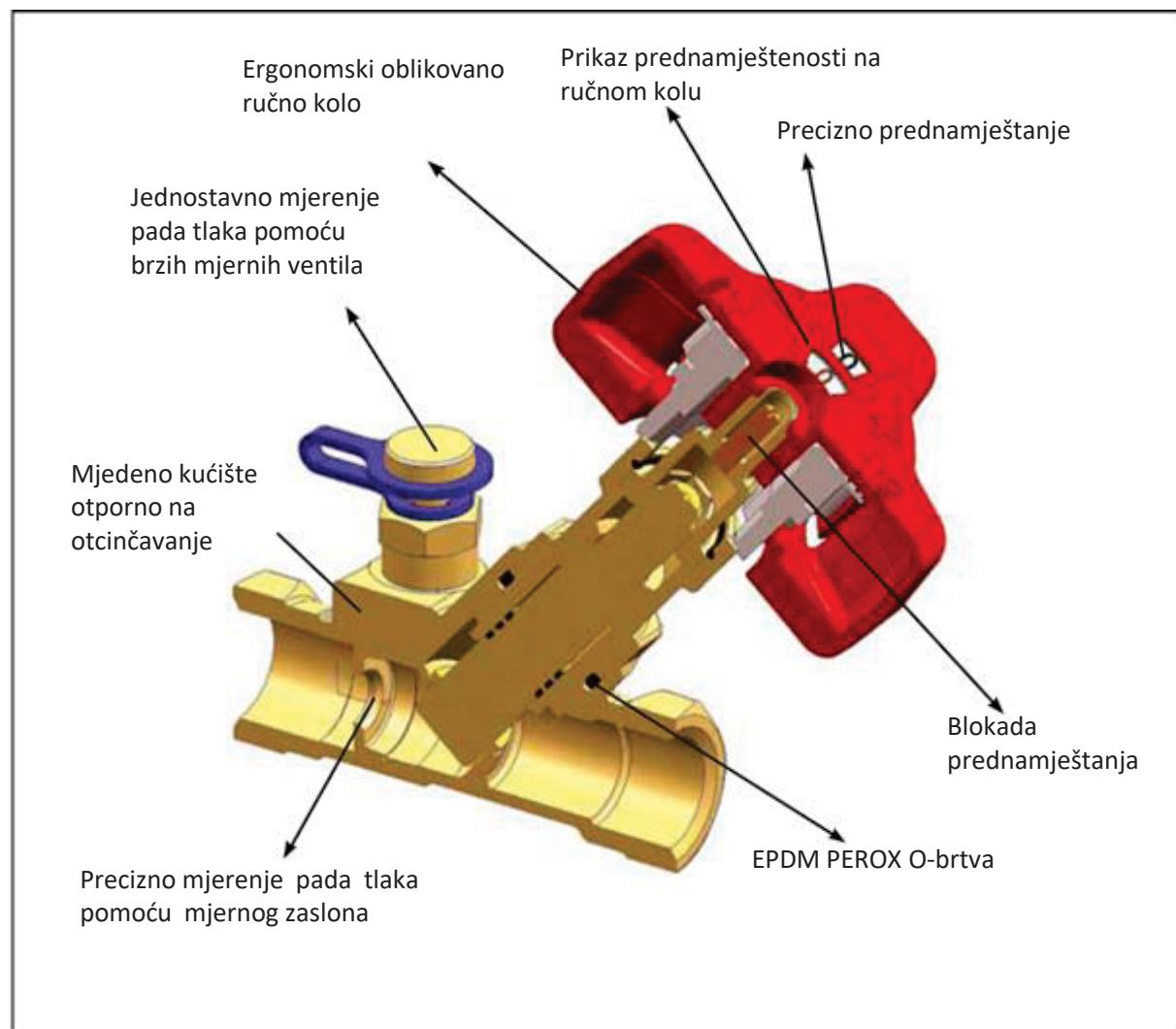


Sl. 8-3 Dijagram za prednamještanje HERZ-ovog granskog regulacijskog ventila

Da bi rezultati mjerenja bili točni, prije i poslije regulacijskog ventila trebaju biti dionice za smirivanje protoka. Dio za smirivanje na ulazu trebao bi biti dug  $10 \times$  promjer cijevi, a na izlazu  $5 \times$  promjer cijevi.

Obje vrste Herz-ovih granskih regulacijskih ventila mogu se prednamjestiti i blokirati prema protokolu obavljenog balansiranja.

U slučaju popravaka, sustav se može provjeriti i ponovno postaviti pomoću podataka od balansiranja. Dimenzioniranje se obavlja pomoću dijagrama (vidi dodatak) ili pomoću Herz-ove aplikacije. Pri odabiru regulacijskog ventila treba voditi računa da prednamještenost nije manja od  $1/4$  ukupnog hoda.



Sl. 8-4 Presjek granskog regulacijskog ventila s mjernim zaslonom (proizvod Herz art. 4017)



Sl. 8-5 Granski regulacijski ventil s mjernim zaslonom i kosim sjedalom



Sl. 8-6 Granski regulacijski ventil s ravnim sjedalom

### 8.2.1.2 Kombinirani regulacijski i balansirajući ventil

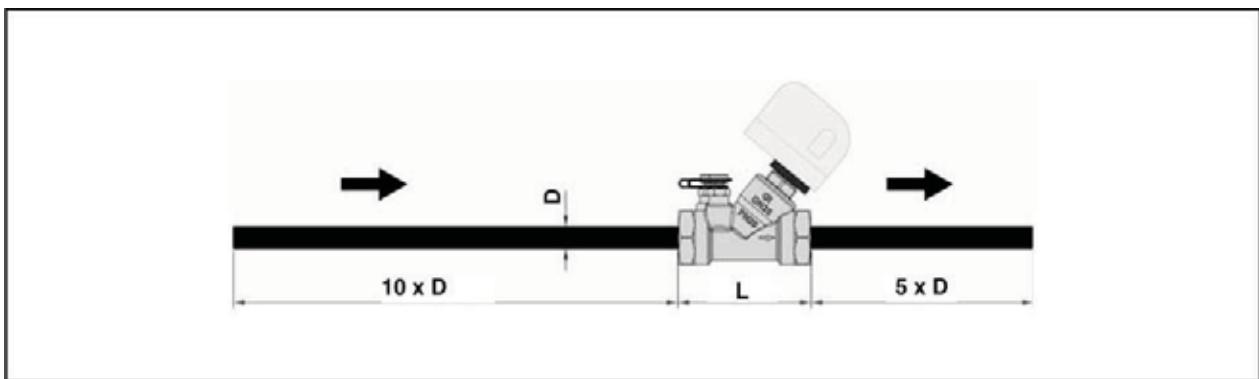
Ovi ventili (npr. Herz 7217 V) koriste se za regulaciju sustava grijanja i hlađenja, za izmjenjivače topline i registre grijanja i hlađenja. Također se mogu koristiti kao zonski regulacijski ventili. Samobravljujući mjerni priključci nalaze se na obje strane mjernog zaslona ispred sjedala ventila. Tako mjerni zaslon ima iste prednosti kao granski regulacijski ventil (npr. Herz 4017).

Oznaka "kombinirani" je zbog ugrađenog termostatskog umetka ventila. Na njega se nakon podešavanja može montirati termoelektrični pogon, koji se može povezati na sustav upravljanja zgradom. Sljedeća je prednost što je ventil kompaktan. Omogućuje podešavanje i 2-položajnu regulaciju.

Kontinuirano prednamještanje omogućuje prigušni umetak koji se nalazi između dosjeda i brtve ventila. Podešava se izvana i utječe na radni hod vretena ventila. Prednamještenost je zaštićena od neovlaštenog pristupa.

Da bi se dobili ispravni rezultati mjerena, važno je postaviti dionice za smirivanje na ulazu i izlazu ventila. Dionica za smirivanje na ulazu trebala bi biti  $10 \times$  promjer cijevi, a na izlazu  $5 \times$  promjer cijevi.

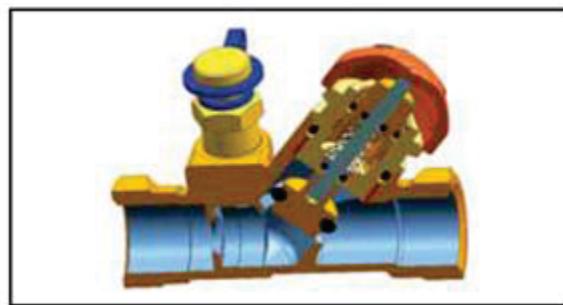
Dimenzioniranje se obavlja pomoću dijagrama (vidi prilog). Pri tome treba voditi računa da prednamještenost gornjeg regulacijskog dijela nije manja od  $1/4$  ukupnog hoda.



Sl. 8-7 Dionice za smirivanje protoka prije i nakon granskog regulacijskog ventila



Sl. 8-8 Regulacijski ventil (Herz art. 7217) s mjernim zaslonom



Sl. 8-9 Regulacijski ventil (Herz art. 7217) s motornim upravljanjem (Herz art. 7708)

## 8.2.2 Dinamičko podešavanje

U sustavima grijanja i hlađenja, pomoću automatskih regulacijskih ventila, mogu se postići velike uštede energije. Cilj je smanjiti potrošnju energije, ovisno o opterećenju i vremenu. Stoga su odabir regulacijskih ventila i definicija upravljačkih zona od presudnog značaja. Za dinamičku regulaciju koriste se npr. prestrujni ventili, regulatori diferencijalnog tlaka, regulatori volumognog protoka, kao i kombinirani regulatori protoka i diferencijalnog tlaka.

Unaprijed postavljena ograničenja protoka za kontrolne i regulacijske ventile uvijek se odnose na maks. opterećenje (puno opterećenje). Zbog toga u stvarnim radnim uvjetima pružaju nedovoljne performanse upravljanja. Ovaj nedostatak može se ukloniti pomoću automatskih regulacijskih ventila. Nakon što se upgrade, potrošačima se u svakom trenutku isporučuju samo potrebni volumni protoci. Sljedeća prednost automatskih regulacijskih ventila je što se stvari protoci u sustavu, koji odstupaju od projektiranih mogu lako uzeti u obzir prilikom prednamještanja nakon montaže. To osigurava stalni volumni protok i stalnu razliku tlaka.

### 8.2.2.1 Prestrujni ventili

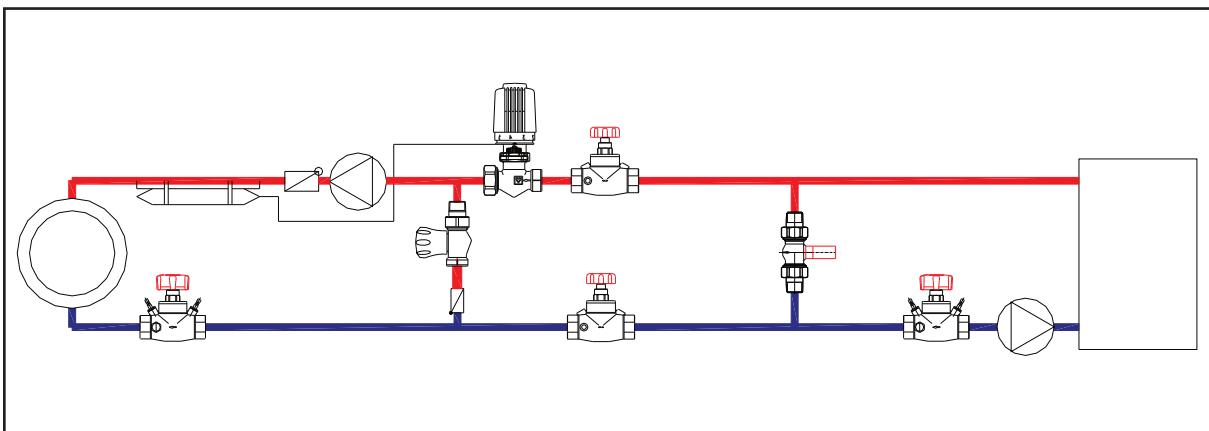
Prestrujni ventili (npr. Herz art. 4004) mogu se zbog troškova ugraditi u manje sustave, umjesto regulatora diferencijalnog tlaka. Prestrujni ventil ugrađuje se između polaza i povrata. Ako je tlak ispred prestrujnog ventila veći od zadanog maksimalnog tlaka, on se otvara i dio protoka se mijese u povrat. Time diferencijalni tlak nije reguliran, već ograničen. Kada se koristi prestrujni ventil, temperatura povrata se neizbjegno povećava. Uz to, imamo gubitke jer topla voda odlazi neiskorištena u povrat. Stoga je većim sustavima daleko razumnije koristiti regulator diferencijalnog tlaka. Prestrujni ventil diferencijalnog tlaka koristi se kada se pri projektiranju cijevne mreže ili odabira crpke, razlika tlaka ne može održavati niskom ili kada se na termostatskim ventilima želi izbjegći prevelika razlika tlaka. Uz to, prestrujni ventil diferencijalnog tlaka može se koristiti za održavanje minimalnog protoka vode koja cirkulira u sustavima s promjenjivim volumenim protokom, kako bi se osigurao minimalni volumni protok crpke s regulacijom brzine. Sukladno VDMA smjernicima termostatski ventili

trebaju biti projektirani za razliku tlaka od 5 kPa (5–10 kPa). Također treba osigurati da razlika tlaka na ogrjevnim tijelima koji se nalaze u blizini crpke ili kada protok padne, nije veća od 20 kPa.

Korištenjem prestujnog ventila, npr. u instalaciji s termostatskim ventilima i s radijatorima, može se izbjegći prevelika razlika tlaka na termostatskom ventilu ( $> 20$  kPa), a time i stvaranje buke zbog prevelike razlike tlaka.

Sljedeća važna primjena je osigurati minimalni protok radi zaštite motora i konstrukcije visokoučinkovitih crpki u sustavima grijanja i hlađenja

(obično je 5-10% nominalnog volumnog protoka). Za ovaj volumni protok prestrujni ventil treba postaviti u obilazni vod (premosnicu). Pri određivanju minimalnog volumnog protoka uvijek se mora poštivati preporuka proizvođača crpke. Obilazni vod treba biti što kraći i s malim gubicima tlaka. Prestrujni ventil je najjeftiniji regulator diferencijalnog tlaka. Međutim, ne treba zaboraviti da se pri uporabi prestrujnog ventila temperatura povrata nužno povećava. To dovodi do gubitka, jer se već topli medij koji nije korišten vraća u primarni sustav s ostalim gubicima. Stoga se u većim sustavima koristi bolje rješenje, regulator diferencijalnog tlaka.



Sl. 8-10 Primjer sheme s prestrujnim ventilom



Sl. 8-11 Prestrujni ventil (Herz art. 4004) i presjek ventila

### 8.2.2.2 Regulator diferencijalnog tlaka

#### 8.2.2.2.1 Općenito

Regulator diferencijalnog tlaka koristi se u sustavima promjenjivog diferencijalnog tlaka. Može se koristiti u stariim i u novim sustavima za decentraliziranu ili centraliziranu regulaciju diferencijalnog tlaka. Potreban je za hidrauličko uravnoteženje sustava grijanja ili hlađenja. Regulator diferencijalnog tlaka ima zadatku održavati zadani diferencijalni tlak u cijelom sustavu. To ne dovodi samo do bolje značajke ventila, već i do boljeg hidrauličkog uravnoteženja ogrjevne mreže.

Postoje dvije vrste regulatora, proporcionalni regulator (Herz art. 4007) i linearni regulator (Herz art. 4002). Oba imaju ravno sjedalo i rade bez pomoćne energije.



Sl. 8-12 Regulator diferencijalnog tlaka s linearnom regulacijom (Herz art. 4002)

Regulator diferencijalnog tlaka sastoji se od pogona i ventila. Željeni diferencijalni tlak kontinuirano se prednamješta pomoću opruge. Regulator 4002 dostupan je s područjem regulacije 50–300 mbar ili 250–600 mbar. Namješta se pomoću posebnog alata za podešavanje. Regulatori 4007 i F 4007 (prirubnička izvedba) s područjem regulacije 50–300 mbar, namještaju se zakretanjem ručnog kola.

Regulator diferencijalnog tlaka povezan je s granskim regulacijskim ventilom koji se nalazi u polazu. Regulator diferencijalnog tlaka i granski regulacijski ventil međusobno su povezani impulsnim vodom. Umjesto regulatora diferencijalnog tlaka, u manjim sustavima grijanja koristi se crpka s regulacijom broja okretaja.



Sl. 8-13 Regulator diferencijalnog tlaka s proporcionalnom regulacijom (Herz art. 4007)



Sl. 8-14 Regulator diferencijalnog tlaka za prirubnički spoj (Herz art. F 4007)

### 8.2.2.2.2 Funkcija

Sekundarni diferencijalni tlak djeluje na membranu. Viši tlak je gore, a niži dolje. Kada se diferencijalni tlak poveća, regulator diferencijalnog tlaka se proporcionalno zatvara. Zbog toga se naziva proporcionalni regulator. Ako se reg. dif. tlaka linearno zatvara, onda se naziva linearni regulator.

U pogonski dio ugrađena je opruga za podešavanje potrebne vrijednosti. Opruga je izmjenjiva, tako da regulator diferencijalnog tlaka može biti izведен s oprugama različitih karakteristika. Vanjska membranska komora spojena je na impulsni vod koji je povezan s granskim regulacijskim ventilom koji je u polazu. Impulsni vod ne smije biti priključen s donje strane kako bi se spriječilo začepljenje česticama nečistoće. Ako se diferencijalni tlak u sustavu poveća, pladanj ventila savladava silu opruge u smjeru zatvaranja, odnosno u smjeru otvaranja ako se diferencijalni tlak smanjuje. Prekomjerni diferencijalni tlak reducira se u regulatoru diferencijalnog tlaka, tako da je u mreži koja se regulira, prisutan samo postavljeni diferencijalni tlak.

### 8.2.2.2.3 Primjena i upute za ugradnju

Regulator diferencijalnog tlaka ugrađuje se samo u povrat. Položaj ugradnje regulatora diferencijalnog tlaka 4007 treba odabrati tako da je u visećem ili vodoravnom položaju, ali nikako uspravno. Za regulator diferencijalnog tlaka 4002, položaj ugradnje nije bitan. Može se odabrati ovisno o situaciji ugradnje. Uz to, mora biti instaliran u smjeru strelice na kućištu, tj. u smjeru strujanja medija. Ispred i iza regulatora diferencijalnog tlak preporučuje se ugradnja zapornih ventila. Također se preporučuje ugradnja kuglastog ventila na impulsnu cijev, kako bi se spriječili tlačni udari na membranu prilikom punjenja sustava. Da bi se osigurao čist sustav, ispred regulatora diferencijalnog tlaka preporučuje se ugradnja hvatača nečistoće.

### 8.2.2.2.4 Određivanje vrijednosti podešavanja

Da bi odredili potrebnu vrijednost podešavanja, potrebno je izračunati pad tlaka za najnepovoljniju granu. Izračun se temelji na određivanju pada tlaka pomoću formule:

$$\Delta p = \Delta p_{cijev} + \Delta p_{TV} + \Delta p_{prig.} + \Delta p_{ostalo}$$

Primjer

Zadano

Grana DN 20, 3 ogrjevna tijela

$\Delta p_{STRV} = 100 \text{ mbar}$  (pad tlaka na granskom regulacijskom ventilu na polazu)

$\Delta p_{prig.} = 13 \text{ mbar}$  (pad tlaka na povratnom ventilu-prigušnicu)

$\Delta p_{ostalo} = 0$  (nema drugih komponenata)

Traži se

Vrijednost podešavanja reg. diferencijalnog tlaka  
Izračun potrebne vrijednosti podešavanja

Pad tlaka grane

$$\Delta p_{Str} = \Delta p_{TV} + \Delta p_{prig.} + \Delta p_{cijev} + \Delta p_{ostalo}$$

$\Delta p_{STRV} = 100 \text{ mbar}$  (iz dijagrama)

$\Delta p_{prig.} = 13 \text{ mbar}$  (iz dijagrama)

$\Delta p_{cijev} = 30 \text{ mbar}$  (30 m za polaz i povrat; 1 mbar/m)

$\Delta p_{str} = 100 + 13 + 30 = 143 \text{ mbar}$  (vrijednost podešavanja regulatora diferencijalnog tlaka)

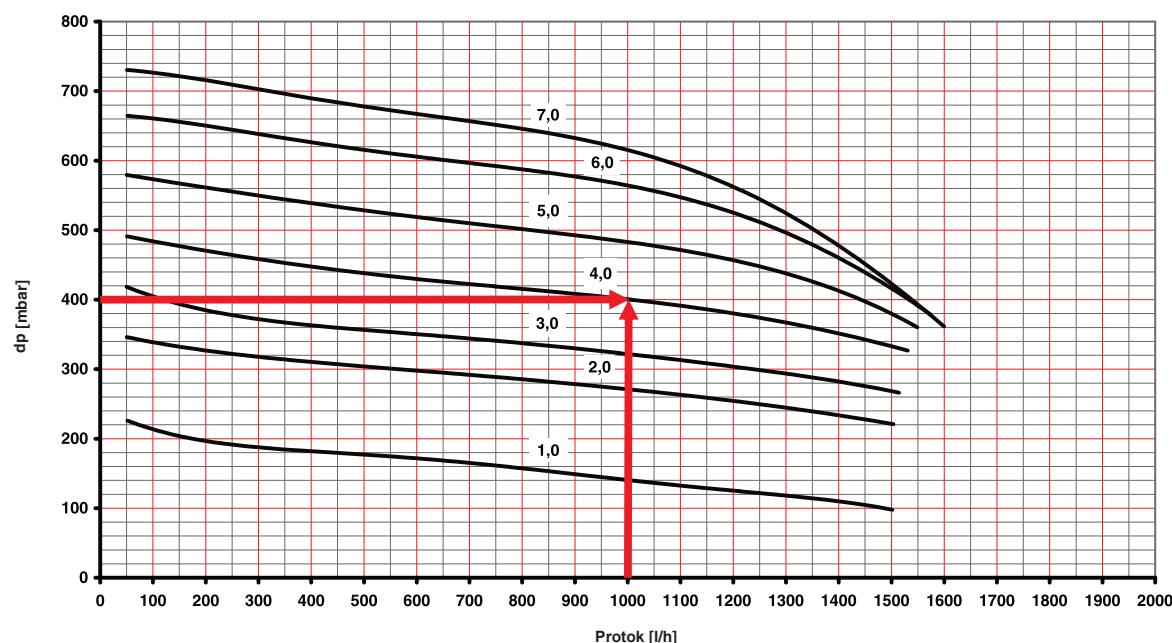
Vrijednost podešavanja regulatora diferencijalnog tlaka također se može odrediti brzim postupkom pomoću nomograma. Za to su potrebni razlika tlaka  $[\Delta p]$  i protok  $[Q]$ . Te su dvije vrijednosti označene na dijagramu, kao i njihovo sjecište. Brojčana vrijednost sjecišta je vrijednost na koju treba podesiti regulator diferencijalnog tlaka.

Primjer brzog podešavanja za regulator diferencijalnog tlaka pomoću dijagrama

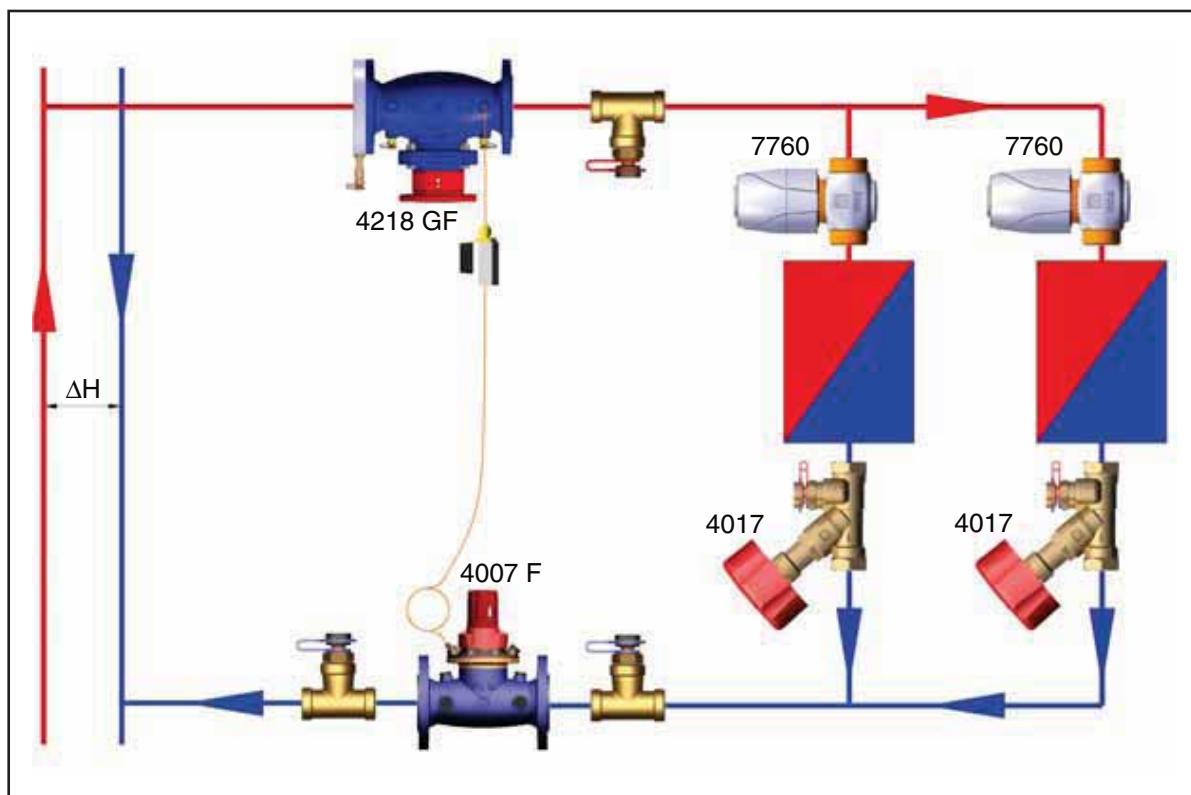
Željeni diferencijalni tlak 400mbar!

Protok 1000 l/h

Vrijednost podešavanja, krivulja 4



Sl. 8-15



Sl. 8-16 Primjer ugradnje regulatora diferencijalnog tlaka

### 8.2.2.3 Regulator volumena protoka

Upotreba kombiventila (npr. Herz 4006 Smart) uvelike pojednostavljuje projektiranje tehničkog sustava zgrade. Balansirajući ventil, regulacijski ventil, regulator diferencijalnog tlaka i zaporni ventil kombiniraju se međusobno. To rezultira tlačno neovisnim automatskim regulacijskim i balansirajućim ventilom, jednostavnog dizajna i rada. Budući da je ventil tlačno rasterećen, on automatski regulira protok, uzimajući u obzir minimalni diferencijalni tlak. Zbog toga su minimalne sile zatvaranja, a regulacija najviše kvalitete.

Regulator automatski ograničava volumni protok u odabranom dijelu sustava na vrijednost koja je jednom postavljena. Mjeri i regulira sva odstupanja tlaka. To znači da nisu potrebna mjerena. Kontrola je učinkovita u svim radnim uvjetima. Kombiventil regulira volumni protok na konstantnu vrijednost koja je prednamještena. Membrana regulira na temelju tlaka neposredno nakon i tlaka ispred regulacijskog umetka.

Projektirani volumni protok podešava se kontinuirano u % na skali ventila. Prilagodbe protoka tijekom rada obavljaju ugrađeni regulacijski ventil i pogon. Istovremeno ugrađeni regulator diferencijalnog tlaka održava značajku ventila konstantnom. Membrana kompenzira kolebanje tlaka u sustavu. Kombiventil prikladan je i za kontinuiranu ili 2-položajnu regulaciju (uključeno- isključeno) pojedinačnih prostorija u sustavima grijanja i klimatizacije. Uvijek se preporučuje kontinuirana regulacija. Zbog toga što je u sustavima koji brzo djeluju kao npr. u rashladnim sustavima ili zagrijačima zraka, neophodna stalna regulacija koja štedi energiju. Maksimalne uštede energije mogu se postići samo regulacijskim armaturama koje imaju modulirajuću regulaciju.

Kontinuiranom regulacijom, volumni protok se održava uz minimalna kolebanja između minimalne i maksimalne temperature prostorije. Na taj način zaštićene su i sve ostale komponente sustava, uključujući crpku. Druga vrsta upravljanja (2- položajna regulacija) preporučuje se za spore sustave kao što je podno grijanje. Posebno je važno i zabranjeno u 2-cijevnim sustavima u kojima su ugrađeni termostatski ventili i termostatske glave, serijski spajati ventile i kombi ventile !

*Primjer za projektiranje:*

*Prepostavlja se da potrošaču treba protok od 600 l/h. Traži se vrijednost podešavanja za HERZ-ov kombiventil 4006 DN 15 SF (vidi dodatak). Maksimalni protok na ventilu DN 15 SF je 800 l/h. To znači da je ovih 600 l/h za 100% otvorenosti ventila. Onda vrijedi da je 300 l/h 75% maksimalnog volumnog protoka. Sada je potrebno samo postaviti položaj na ventilu na 75%. Za provjeru je potrebno mjerjenje. Treba imati na umu da za ispravan rad ventila na ventilu mora biti minimalni diferencijalni tlak. Sukladno tehničkom listu.*



Sl. 8-17 Kombiventil (Herz art. 4006 Smart)

### 8.2.3 Prednamjestivi termostatski ventili s termostatskim glavama

Radijatorski termostatski ventil ima važnu regulacijsku ulogu u sustavu grijanja. Termostatski radijatorski ventil ima sljedeće zadatke:

- osjeća sobnu temperaturu...
- uspoređuje je s postavljenom vrijednošću
- ispravlja svako odstupanje promjenom položaja ventila, tako da željena sobna temperatura ostaje konstantna. Razumljivo je da se ovaj zadatak ne može rješiti ventilom, već zahtijeva visokokvalitetni regulator.

Budući da ventil mora funkcionirati kao pogon, dimenzioniranju se mora posvetiti najveća pažnja.



Sl. 8-18 Termostatski ventil (Herz art. TS 98 V)

Stoga se moraju poštivati ne samo veličina priključka, nego i kataloški podaci.

Posebno treba napomenuti da kućište ventila i ugrađeni osjetnik predstavljaju jednu cjelinu. Potrebno je prethodno prednamjestiti termostatske ventile kako bi se uparili radijatori na pojedinom ogranku. Ako termostatski ventili nisu prednamješteni, radijatori koji trebaju manje snage ili su npr. povoljnije smješteni, bit će previše napajani.

Pri tome, termostatski ventil se ponovno mora stalno zatvarati. Područje regulacije je time smanjeno. Maksimalni volumni protok može se podesiti pomoću prednamještanja. Time se sprečava prekomjerno napajanje. Ventili mogu raditi u svom cijelom području regulacije.



Sl. 8-19 Termostatska glava (Herz art. 7260)

## 8.2.4 Odabir termostatskog ventila

### 8.2.4.1 Novi sustavi

Pri odabiru radijatorskih ventila treba uzeti u obzir tehničke (količina vode, diferencijalni tlak) i strukturne uvjete (niše, parapeti, razmaci). Ventil je uvijek dimenzioniran na osnovu nominalnog protoka vode koji radijator treba. Ova vrijednost ( $l/h$  ili  $m^3/h$ ) koristi se u odgovarajućem dijagramu za dimenzioniranje. Drugi parametar u njemu je pad tlaka u barima ili mm vs. Pad tlaka trebao bi biti 2 ..... 4 kPa (200 - 400 mm vs). (Granične vrijednosti: min. 100 mm vs, maks. 800 mm vs). U mješovitim sustavima (termostatski i ručni ventili) trebaju biti dimenzionirani na minimalni pad tlaka, ili ručne ventile treba odgovarajuće prednamjestiti. Preporučuje se ugradnja premosnice sa prestrujnim ventilom i ako je moguće odabrati crpku s regulacijom broja okretaja.

**P**rimjer: novi sustav s termostatskim ventilom

Ogrjevno tijelo - učin 1000 W

Razlika polaza i povrata  $\Delta\theta = 20 \text{ K}$

TS kutni DN 15      TS 90 E

Potpuno otvoren pri prednamj. otvoreno

Uz termostatski pogon       $k_{v2} = 0,9$

RL 5 povratni ventil art. 3924,  $k_{v2} = 1,9$  otvoren

$$\text{slijedi } q_v = 0,043 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\kappa_{vs} = 2,3$$

$$\Delta p = 35 \text{ Pa}$$

$$\Delta p = 228 \text{ Pa}$$

$$\Delta p = 51 \text{ Pa}$$

Rezultat:

1. Za učin grijanja 1 kW DN 15 je prevelik, DN 10 je također zadovoljavajući, ali obično se u praksi ne koristi. Radijatori imaju standardni priključak DN 15.
2. Termostatski ventil ima približno 7 puta veći pad tlaka u usporedbi s otvorenim ventilom kako bi postigao  $x_p$  od 2 K.
3. Povratni ventil (prigušnica) je podesiv od 51 do 2840 Pa.
4. TS ventil i povratni ventil (prigušnica) s prednamještanjem imaju raspon tlaka od 100 do 2900 Pa.

### 8.2.4.2 Rekonstrukcija postojećih sustava na rad s termostatskim ventilom

Ako se postavljanjem termostatske glave ventili prebace u termostatski rad, mora se voditi računa da se funkcioniranje dobije samo ako proporcionalni raspon sobne temperature nije veći od 2 K. Npr, to znači da je na 18 °C ventil potpuno otvoren, a na 22 °C ventil potpuno zatvoren. Hod je približno 2 mm, što se postiže promjenom volumena u osjetniku (punjenje alkoholom).

Na sobnoj temperaturi od 20 °C, ventil ostaje napola otvoren pri nominalnom protoku vode.

Da se dobije dobra regulacija potrebni su relativno veliki otpori. S karakteristikom ventila  $x_p = 2 \text{ K}$  krug grijanja mora se tako podesiti da postavljanjem termostatske glave daljnja korekcija otpora grane više nije potrebna. Ako se o tome ne vodi računa područje proporcionalnosti se povećava i najbolja termostatska glava neće postići zadovoljavajuću regulacijsku funkciju. Ugradnjom samo termostatskih glava ne može se poboljšati hidrotermičko uravnotežavanje sustava grijanja. Pored toga potrebno je ugraditi i prestrujni ventil.

Zbog toga se preporučuje:

- Sve ventile namijenjene za preinaku na termostatski rad dimenzionirati na  $k_{v2}$ .
- Preostalu razliku tlaka mora preuzeti prednamjestivi **povratni** ventil ili prednamjestivi termostatski ventil.
- Da se u radu kada su radijatorski ventili djelomično zatvoreni, previše ne poveća diferencijalni tlak na ventilu, iza crpke treba ugraditi **prestrujni ventil**.

Time se, također drže na niskoj razini šumovi nastali strujanjem u termostatskom ventilu. (ca. 20 kPa)

### Rekonstrukcija postojećih sustava

Prilikom rekonstrukcije sustava sa ručnih na termostatske ventile, treba uzeti u obzir da ručni ventili imaju pad tlaka maksimalno 1 kPa.

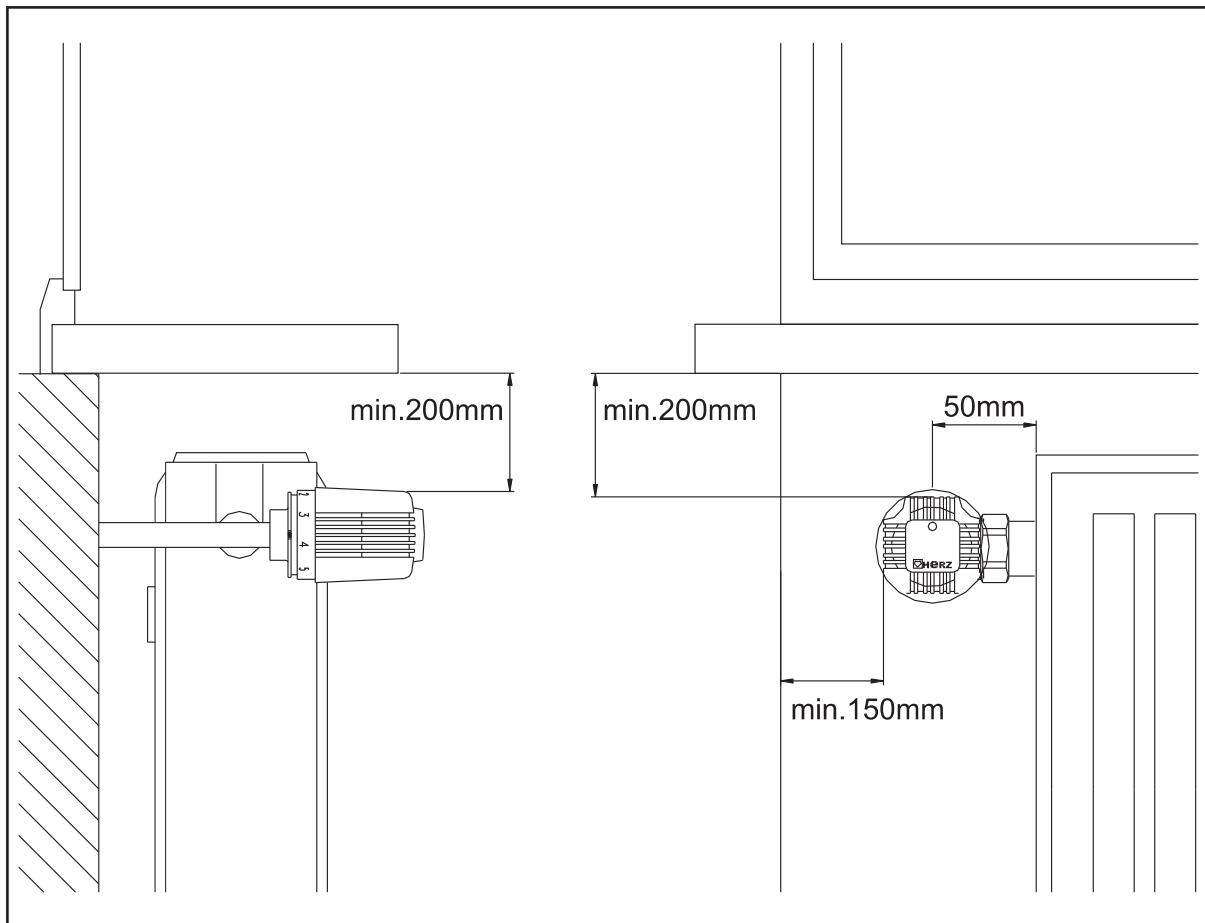
U manjim sustavima s niskim tlakom crpke treba odabrati ventil s malim padom tlaka ili većom  $k_v$  vrijednošću. To se također odnosi na klasično izvedene 1-cijevne sustave, za koje su razvijeni posebni TS ventili (Herz TS E).

U većim sustavima, posebno u novim, termostatski ventili će smanjiti protočnu količinu vode za približno 30%, tako da se bez ikakvog rizika na ventilu može očekivati pad tlaka 4 kPa.

Dodatnu razliku tlaka od 3 - 4 kPa stvara crpka kao rezultat smanjene količine vode (po potrebi podesiti zasun ili premosnicu). U slučaju samo djelomične rekonstrukcije (termostatski i ručni ventili) treba očekivati minimalni pad tlaka ili treba prilagoditi prednamještanje ručnih ventila.

### 8.2.5 Odabir i postavljanje osjetnika

U regulaciji sobne temperature s termostatskim radijatorskim ventilima, za odabir i postavljanje osjetnika, važno je pridržavati se nekoliko jednostavnih pravila.

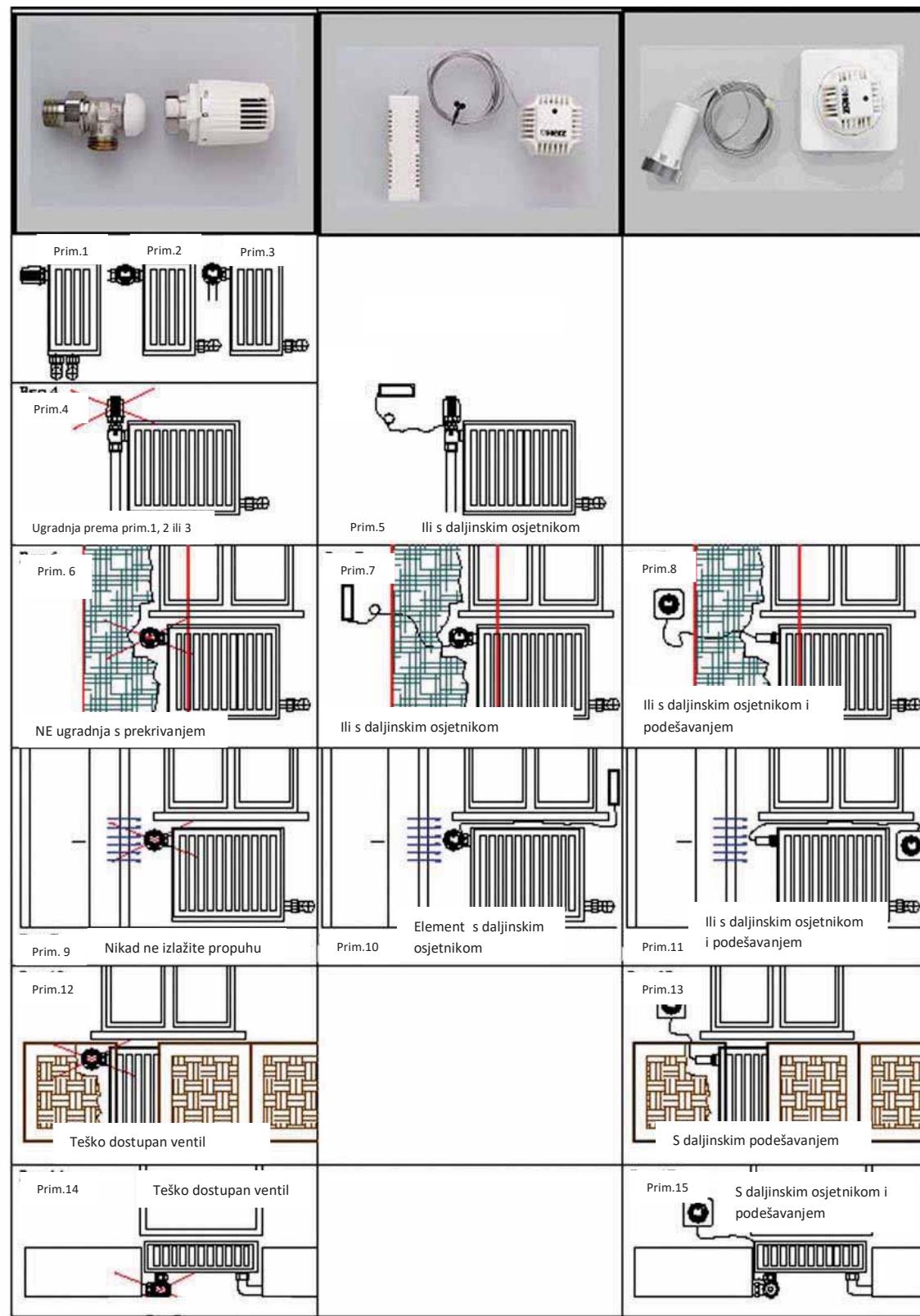


Sl. 8-20 Minimalni razmaci termostata

Ispitivanja su pokazala da treba osigurati dobro strujanje zraka oko termostata, postavljanjem termostatske glave na dovoljnu udaljenost od prepreka.

Proizvodi s ugrađenim osjetnicima moraju se postaviti u horizontalnom položaju.

Osjetnik se ne smije instalirati iznad cijevi za grijanje ili uspravno, jer bi strujanje tolog zraka pokrenulo zatvaranje, a sobna temperatura bi pri tome mogla ostati preniska.



Sl. 8-21 Postavljanje sobnih osjetnika i termostatskih glava

## Podešavanje i ograničavanje područja podešavanja

### Postavljanje osjetnika

Termostatski osjetnici standardno su tvornički podešeni i obično ne trebaju naknadno podešavanje.

Termostatski ventili trebaju se moći ograničiti prema individualnim zahtjevima. U pravilu, ograničena je maks. podesiva sobna temperatura.

Blokiranje ili fiksiranje zadane vrijednosti znači trajnu zadalu vrijednost za određeni prostor (npr. čekaonica, stubište itd.)

Ograničavanje ili blokiranje radi se kada su osjetnici postavljeni i kada su granična ili temperatura blokiranja već dostignute i izmjerene.

### Posebne napomene

#### Zaštita od smrzavanja:

U donjem području podešavanja radijatorskog termostatskog ventila postoji pozicija za zaštitu od smrzavanja (otvorenost ventila za temperature između +4°C i +8°C).

#### Točnost

Točnost regulacije ovisi o izboru proizvoda, kako je dimenzioniran i primjeni (mjestu postavljanja i odabiru osjetnika).

#### Histereza

Histereza je temperaturno odstupanje potrebno da se savlada tromost termostatskog ventila. Unutarnja tromost prvenstveno je posljedica trenja. Histereza je mjerljiva i prema EN 215 ne smije biti veća od jednog stupnja.

Što je ova vrijednost manja, regulacija je preciznija.

#### Upute:

Svakom se kupcu daju odgovarajuće upute za rad.

#### Norma:

Koristite samo termostatske ventile sukladne normi EN 215.

## Temperatura:

Ako je gornji dio radijatora topliji, a donji hladniji, to je dokaz dobre regulacije termostatskog ventila.

## Sustav:

Za održavanje ogrjevne vode čistom, preporučuje se ugradnja hvatača nečistoća.

## Rekonstrukcije:

Pri rekonstrukciji postojećih sustava s ručnim radijatorskim ventilima (HV) i regulacijom pomoću vanjske temperature, u sustave s termostatskim radijatorskim ventilima (TV), mora se poštivati sljedeće.

- da bi se u malim sustavima grijanja izbjegla naknadna zamjena crpke, TV se trebaju odabrati s približno jednakim padom tlaka kao i HV koji se zamjenjuju.
- u velikim sustavima koriste se TV s velikim padom tlaka. U velikim sustavima veći otpor TV crpka će automatski savladati zbog manjeg protoka. Zbog raznolikosti ručnih radijatorskih ventila, u montaži mogu nastati poteškoće.

## 8.2.6 Odabir crpke i buka

U sustavima grijanja s termostatskim ventilima praktički nikada ne cirkulira nazivna količina vode. U praksi protok varira između 100 % i 50 %. U ekstremnim slučajevima i manje. Uz porast visine dizanja crpke ovisno o njezinoj značajki dolazi do smanjenja protoka, a time i do pada tlaka u mreži koji je funkcija kvadrata brzine strujanja.

#### Granice buke:

Granica buke za termostatske ventile je 30 dB(A). Ne smije se prekoracići.

Ako su ventili u krugu grijanja zatvoreni, na njima je povećan pad tlaka.

Ako je pad tlaka na ventilu veći od 2 m vs (20 kPa), pojavljuju se problemi s bukom.

## 9 Dimenzioniranje 2-cijevnog toplovodnog grijanja

Cirkulacijska crpka mora savladati gubitke tlaka uzrokovane cirkulacijom vode.

Cijevna mreža može se dimenzionirati na 2 načina :

- 1) Odabirom brzine strujanja
- 2) Pretpostavkom prosječnog gubitka trenjem

### 9.1 Odabir brzine strujanja

Smjernice za odabir brzina:

Usponski vodovi  $v < 0,8 \text{ m/s}$  minimalno DN 25

Razvodi  $v < 1,0 \text{ m/s}$  do DN 65

Izvor topline (npr. kotao)  $v = 0,5 - 1,0 \text{ m/s}$

Najudaljeniji priključak

ogrjevnog tijela  $v = 0,2 - 0,3 \text{ m/s}$

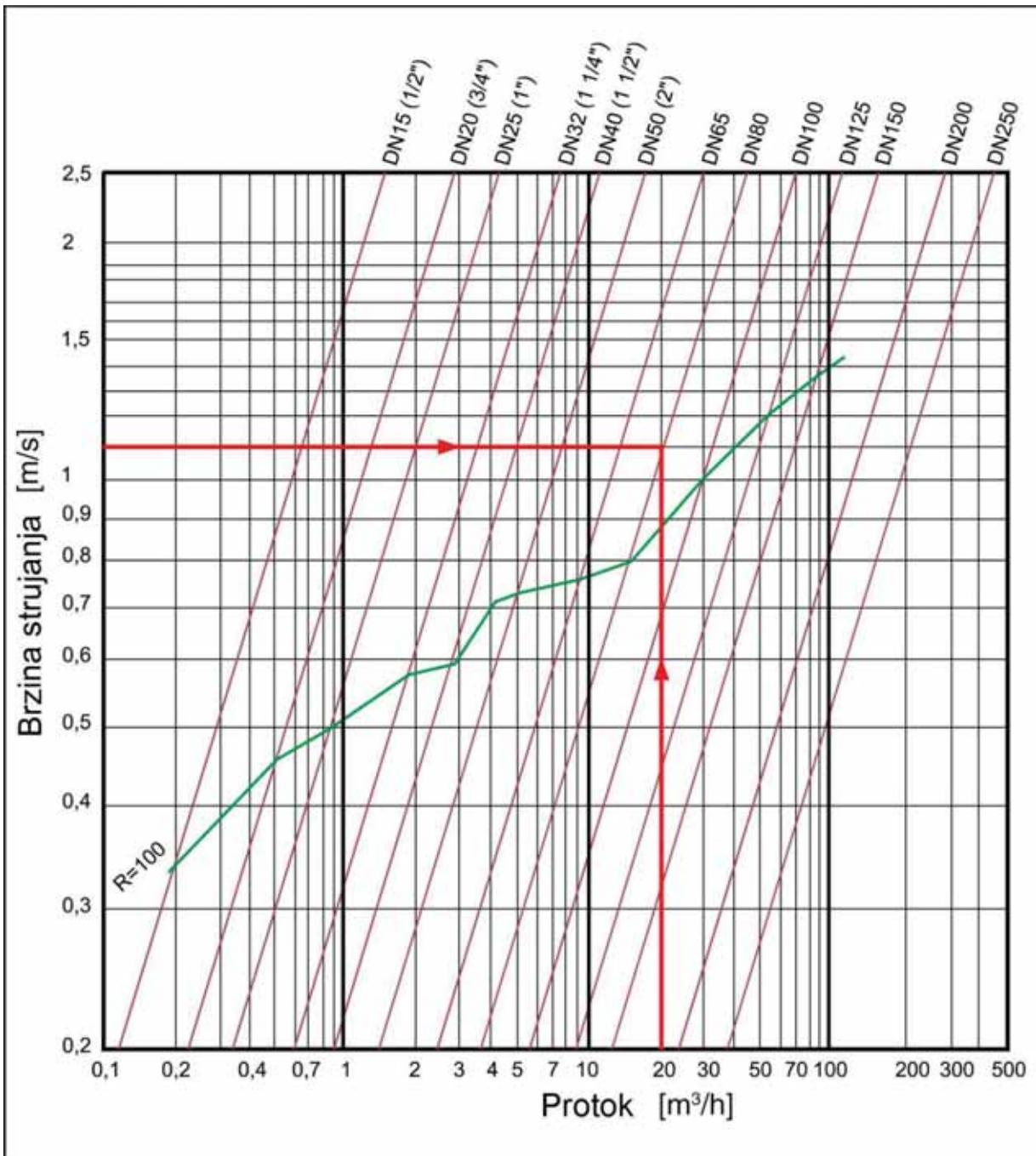
Toplovod  $v = 2,0 - 3,0 \text{ m/s}$

Na osnovi ovih podataka moguće je odrediti promjer cijevi.

Pomoću navedenih vrijednosti može se izračunati pad tlaka. Ukoliko izračunata vrijednost nije u skladu sa željenim padom tlaka, uzima se drugi nazivni promjer cijevi. Ova se metoda koristi u za cijevne mreže u kojima se udio pojedinačnih otpora u ukupnom padu tlaka ne može unaprijed precizno procijeniti, kao što to zahtijeva druga metoda.

#### Odabir cijevi za vodu

Cjevovodi koji idu od i prema crpki odabiru se sukladno proračunu cijevne mreže. Ako ne postoji proračun cijevne mreže, nazivna veličina cijevi može se odabrati iz dijagrama (Sl.9-1) i to na osnovu potrebnog protoka i odabrane brzine strujanja. Treba izbjegavati brzine protoka veće od 2 m/s.



Sl. 9-1 Dijagram za odabir cijevi

**P**rimjer: određivanje nazivne dimenzije cijevi

Potrebno je odrediti nazivni promjer cijevi za protok 20 m<sup>3</sup>/h i brzinu strujanja 1,1 m/s (vidi Sl. 9-1)

Iz dijagrama slijedi: DN 80

## 9.2 Pretpostavka prosječnog gubitka trenjem

Ova se metoda primjenjuje u razgranatim cijevnim mrežama. Visina dizanja crpke zbroj je gubitaka (pada tlaka) u cjevovodu.

$$p_P = \sum (R.l + \Delta p_E) + \Delta p_V$$

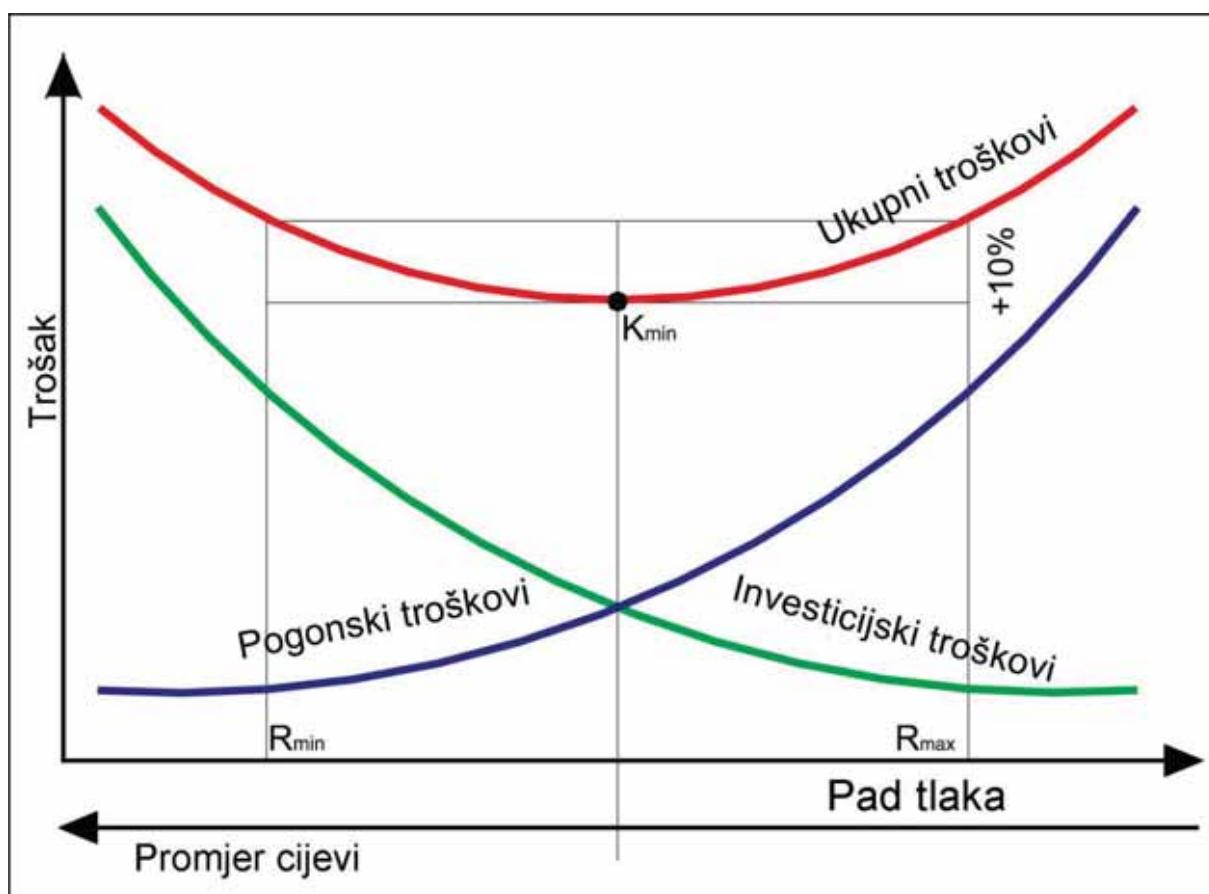
Ovo se odnosi na dionicu s najvećim padom tlaka, npr. na najudaljenijem ogrjevnom tijelu.

*Krivulja troškova*

Visok tlak crpke rezultira malim dimenzijama cijevi i samim time niskim troškovima sustava. Troškovi pogona rastu porastom potrebnog učina crpke. Suprotno vrijedi za nizak tlak crpke. Budući da je prilično teško izračunati najekonomičniji sustav s minimalnim ukupnim troškovima, može se pretpostaviti da je gradijent **ekonomičnog pada tlaka**

$$R = 100 \text{ do } 200 \text{ Pa/m}$$

u normalnim uvjetima za krug grijanja srednje veličine.



Sl. 9-2

### Smjernice za dimenzioniranje

Dimenzioniranje glavne distribucijske mreže sustava grijanja preporučuje se prema metodi "stalnog pada tlaka".

Ovisno o dimenziji cijevi, uzimaju se sljedeći parametri:

$\Delta p_R$  = pad tlaka po metru cijevi  
i

v = brzina medija u cijevi (1)

Tab. 12-1

do DN 80	$\Delta p_R = 100 \text{ Pa.m}^{-1}$	$v = 0,25 \text{ do } 1,0^{2)} \text{ m.s}^{-1}$
DN 100 do DN 200	$\Delta p_R = 70 \text{ Pa.m}^{-1}$	$v = 0,90 \text{ do } 1,5^{2)} \text{ m.s}^{-1}$
DN 250 do DN 500	$\Delta p_R = 50 \text{ Pa.m}^{-1}$	$v = 1,20 \text{ do } 2,0^{2)} \text{ m.s}^{-1}$

1) Preporučuje se za glavne distribucijske mreže. Temelji se na:  
temperaturi vode  $\theta_w = 60^\circ\text{C}$   
srednjoj hrapavosti cijevi  $k = 0,045 \text{ mm}$ , i  
kinematskoj žilavosti  $v = 0,475 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

2) **Niža** brzina odnosi se na **najmanju** odgovarajuću dimenziju cijevi, **veća** brzina na **najveći** odgovarajući promjer cijevi.

Vodovi daljinskog razvoda:

Orientacione vrijednosti :  
za brzinu 2....2,5 m/s i  
pad tlaka 250....300 Pa/m

### 9.3 Gravitacijski pogon u toplovodnom grijanju

Efektivna razlika tlaka:

U kotlu se voda zagrijava, a u ogrjevnom tijelu hlađi. U svakoj točki hlađenja javlja se efektivna razlika tlaka, kao da je u sustav ugrađena mala crpka. Tako se npr. u sustavu 90/70°C javlja razlika tlaka zbog promjene gustoće:

$$\Delta p = g \cdot h \cdot (\rho_R - \rho_V)$$

$$9,81 \cdot (977,7 - 965,2) \cdot h = 122,6 \cdot h \text{ u Pa}$$

Visina  $h$  je u m. Proračun cjevovoda se provodi kao za sustav s cirkulacijskom crpkom. U prisilnim strujanjima pomoću crpke imamo prisutnu prirodnu cirkulaciju. Ona je toliko mala, da se zanemaruje u ručnom proračunu. Ukoliko se zahtjeva cirkulacija u slučaju ispadanja crpke iz rada, cjevod se mora ispravno dimenzionirati. Pad tlaka treba u tom slučaju biti  $R = 25$  do  $30 \text{ Pa/m}$ . Brzina strujanja vode je oko  $0,3 \text{ m/s}$ .

### Etažno grijanje neizoliranim cijevima:

Ogrjevno tijelo s najdužom dionicom ima uz toplinske gubitke cijevi i najveću uzgonsku silu. Zbog toga se mora izvesti uz pad tlaka  $R = 1,5$  do  $2 \text{ Pa/m}$ . Ovakve sustave treba izbjegavati zbog loše regulabilnosti i energetskih razloga. U gravitacijskim postrojenjima na ogrjevna tijela treba ugrađivati ventile koji imaju mali pad tlaka (npr. Herz TS E).

## 9.4 Proračun paralelnih cijevnih mreža

### 9.4.1 Osnove hidrauličke ravnoteže

Pad tlaka u paralelnim dijelovima mreže mora uvijek biti jednak.

(Usporedivo sa zakonima za el. struju)

#### Preostala razlika tlaka:

Nakon što su dimenzionirane najnepovoljnije dionice, izračunavaju se preostali priključci. Npr. treba dimenzionirati ogranicak najbliži crpki.

U čvorovima grane između polaza i povrata imamo puni radni tlak crpke umanjen za tlak koji je već iskorišten do grane = **preostala razlika tlaka** ili

$$\Delta p = \text{razlika tlaka u čvoru KDD}$$

To znači da za proračun grane od čvora imamo:

$$\text{prolaz. } R = \frac{a.(KDD - p_v)}{l}$$

Gdje su l dužina cijevi od čvora do najudaljenijeg ogrjevnog tijela i natrag do spajanja. Počinje se procjenom koliki je postotak otpora trenja u cijevi u ukupnom gubitku tlaka.

Orientaciona vrijednost za dio α odnosi se na uobičajene sustave:

- Daljinski cjevovodi,  
trenje u cijevima 90 %, pojedinačni otpori  
 $10\%R . I = 0,9 . \Delta p_{ukup}$
- Sustav grijanja u obiteljskoj kući,  
trenje u cijevima 67 %, pojedinačni otpori  
 $33\%R . I = 0,67 . \Delta p_{ukup} = 2/3 . \Delta p_{ukup}$
- Toplane,  
trenje u cijevima 10 %, pojedinačni otpori  
 $90\%R . I = 0,1 . \Delta p_{ukup}$

Otpore posebnih armatura kao npr. regulacijskih ventila  $p_v$  treba oduzeti od KDD.

Dimenzioniranje cijevi paralelno postavljenih dionica može se izvesti na temelju ove prosječne R vrijednosti prema podacima iz tablice za trenje u cijevima. Prikazani su samo osnovni promjeri cijevi. Pojedine dimenzije cijevi kao 3/8" i 8x1 za priključke ogrjevnog tijela se ne preporučuju. Zbog toga se javlja **preostali tlak**  $p_R$ . Da bi se postiglo balansiranje mreže, taj preostali tlak mora se potrošiti na prednamjestivim ventilima.

#### Prednamještanje:

Ventili se pomoću posebnog ključa postavljaju na maksimalnu otvorenost tj. na najmanji pad tlaka. Tako postignuti pad tlaka trebao bi odgovarati preostalom tlaku.

Zatvaranje ili otvaranje ventila ne smije utjecati na prednamještenost (VE) koja je jednom postavljena.

#### Hidrauličko uravnoteženje:

Cijevni sustavi trebaju se prilagoditi stvarnim protocima vode. Podešavanje cijevnog sustava na potrebne protoke **može se izvršiti samo** mjerjenjem protoka. U tu svrhu se u usponske vodove ugrađuju armature s mjernim nastavcima, kao npr. Herz-ovi granski regulacijski ventili STRÖMAX GM ili STRÖMAX M.

## 9.5 Cijevna mreža s definiranom crpkom

Ako je crpka već definirana kao u npr. plinskom uređaju, cijevna mreža mora biti dimenzionirana tako da se ne prekorači maks. postojeći tlak crpke. Cijevna mreža može se dimenzionirati preliminarnom vrijednosti R (priv.R).

$$\text{priv. } R = \frac{a \cdot \Delta p_p}{l_k}$$

Gdje su:

$\Delta p_p$	kPa	Visina dizanja crpke (za plinske uređaje 2 mvs = 20 kPa = 0,2 bar)
$l_k$	m	Duljina kruga grijanja do najudaljenijeg ogrevnog tijela

- U obrazac H 105 unose se stvarne vrijednosti R i  $\Delta p_E$  iz tablice trenja u cijevima (prilog).
- Računa se zbroj  $R \cdot l + \Delta p_E = \text{stvarni pad tlaka u dionici}.$
- Pad tlaka sustava (krug potrošača)  $p_A$  je zbroj  $R \cdot l + p_E$
- Za određivanje regulacijskog ventila počinje se, kako je prije opisano, s proračunom dionice s promjenljivim protokom (npr. krug kotla s regulacijom miješanjem)  $p_D < p_V$
- zbroj u stupcu  $\Delta p$  daje potrebnu visinu dizanja crpke  $\Delta p_c = \text{pad tlaka sustava } p_A$ 
  - + pad tlaka dionice s promjenljivim protokom  $p_D$
  - + pad tlaka na regulacijskom ventilu/ventilima  $p_V$ $p_P = p_A + p_D + p_V$

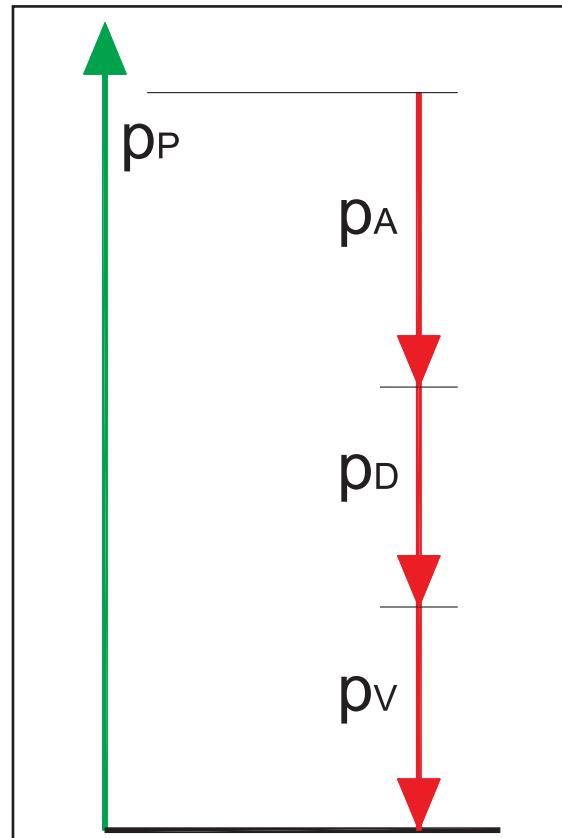
## 9.6 Postupak dimenzioniranja grijanja s cirkulacijskom crpkom

Pojedinačni koraci dimenzioniranja mogu se provesti prema sljedećem postupku. Obrazac za upis H nalazi se u sljedećem dodatku.

### 1. Određivanje potrebne visine dizanja crpke

Shematski postupak dan je na slici 9-5

- Definiranje dionica cijevne mreže.
- Opterećenje dionica u vatima odnosno  $\text{kg.s}^{-1}$  prema dimenzioniranoj ogrevnoj površini (obrazac H 104 – vidi prilog). Odavde se računa maseni protok  $q_m$  uz stvarnu temperturnu razliku na ogrevnom tijelu.
- Određivanje srednjeg kruga grijanja i unošenje njegove duljine u obrazac H 105 (vidi prilog).
- Za taj krug grijanja cijevi se dimenzioniraju sa  $R = 100 \dots 150 \text{ Pa/m}$ .
- Prema obrascu H 106 (vidi prilog) određuju se vrijednosti otpora i unose u H 105 (vidi prilog).



Sl. 9-3 Dijagram tlaka

## 2. Proračun paralelnih dijelova mreže

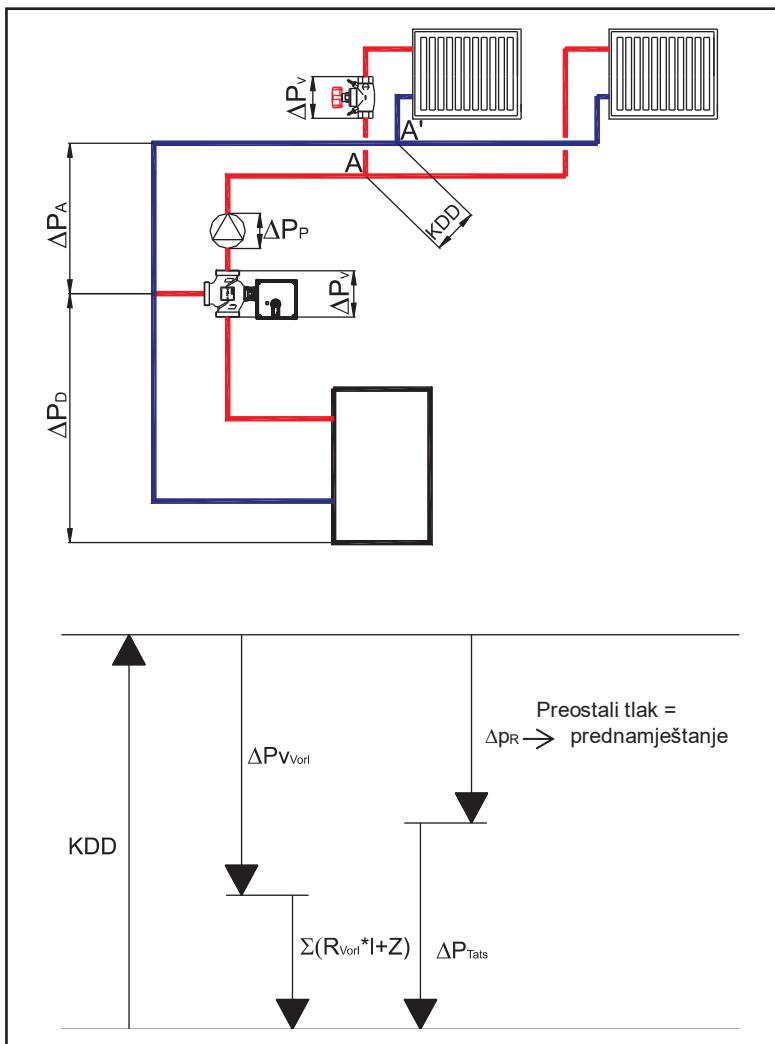
Dijagram toka dan je na slici 9-6.

- Odrediti odvojak napajanja koji je najbliži krajnjoj točki i definirati čvor spajanja.
  - Odgovarajući pad tlaka u čvoru KDD dobiven je prilikom dimenzioniranja ogranka.
- Preliminarni  $R = \frac{a.(KDD - \rho_v)}{l_A}$  za paralelno postavljene vodove za  $l_A$  = ukupnu dužinu odvojka treba odrediti i temeljem toga dimenziju cijevi.
- Nakon toga određuje se stvarni pad tlaka  $\Delta p_{stv} = R \cdot l_A + \Delta p_E$ .
- Preostali  $\Delta p_R = KDD - \Delta p_{stv}$ .

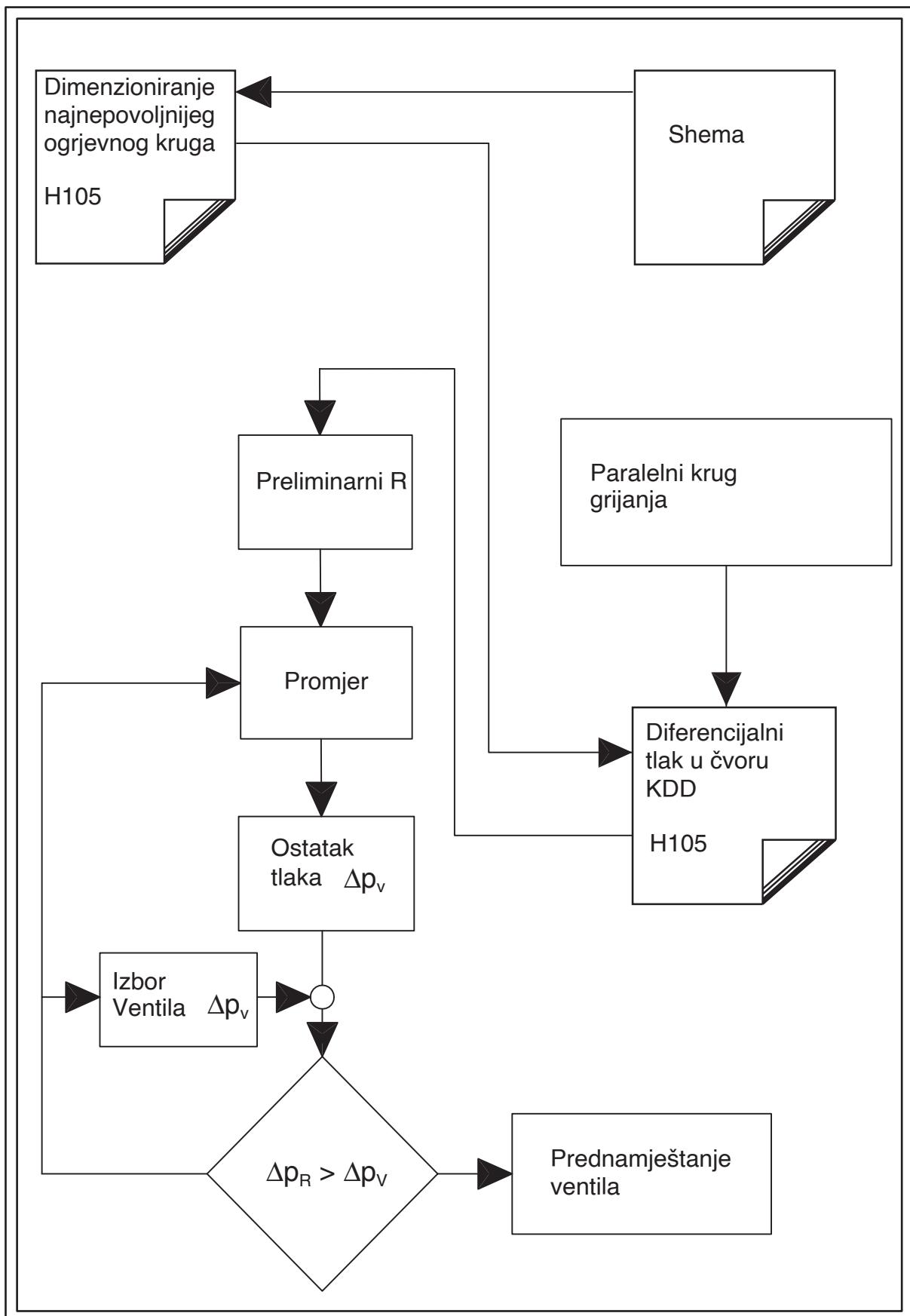
- Pad tlaka treba podesiti preko podesivog ventila tako da je  $\Delta p_V = \Delta p_R$   
Napomena:  
 a) Korisno je odrediti  $\Delta p_{stv}$  bez odabira ventila  
 b) Ako je  $\Delta p_V > \Delta p_R$ , treba povećati promjer cijevi.  
 Ako je  $\Delta p_V < \Delta p_R$ , treba smanjiti promjer cijevi.

Za sljedeći odvojak mreže  $KDD = \text{pad tlaka koji je već izračunat pod 1})$  i proračun se nastavlja kao u prethodnom slučaju.

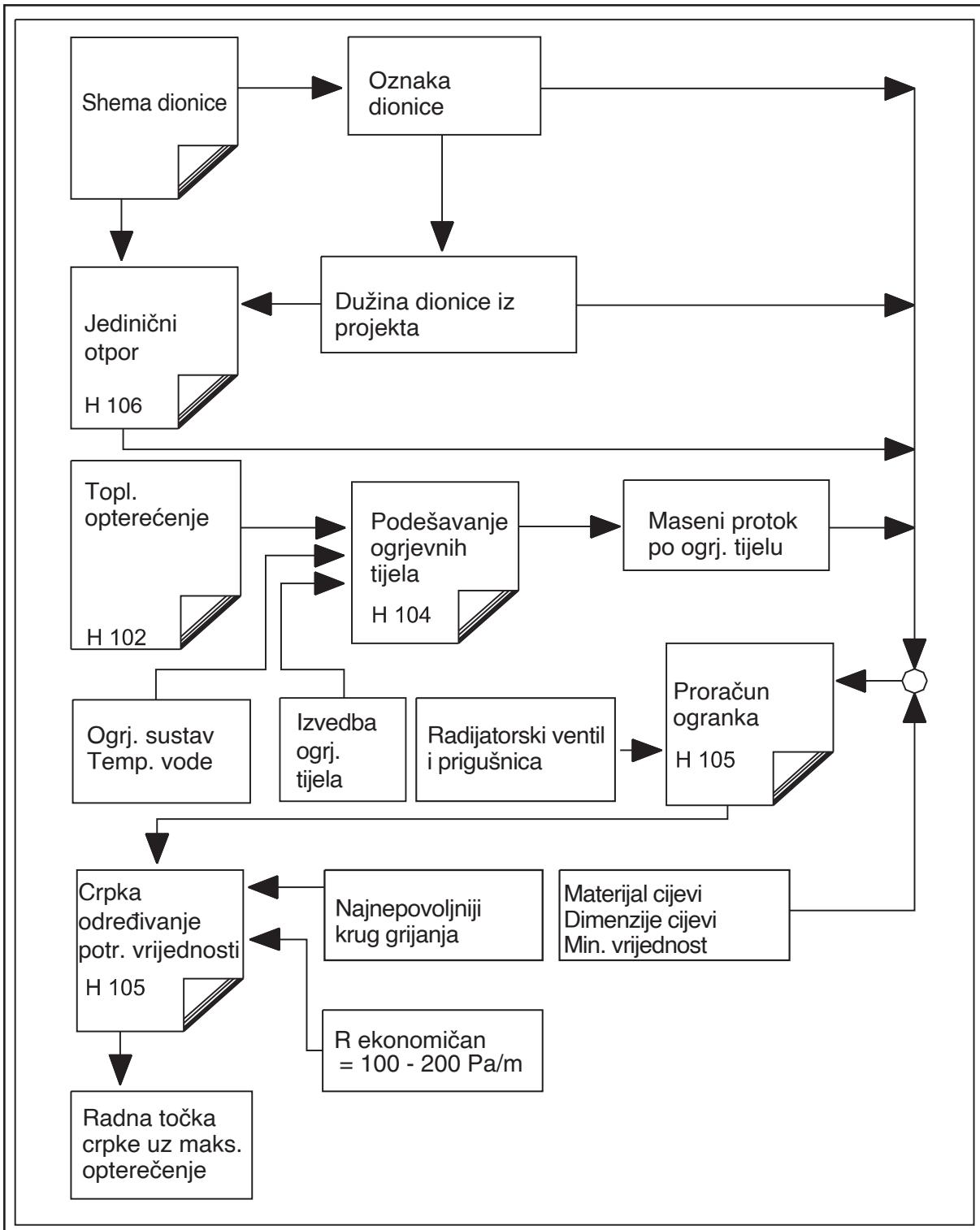
Na slici 9-4 grafički su prikazani omjeri tlakova.



Sl. 9-4 Prednamještanje ventila za preostali pad tlaka



Sl. 9-5 Dijagram toka za dimenzioniranje toplovodnog grijanja



Sl. 9-6 Dijagram toka za proračun cijevne mreže toplovodnog grijanja s paralelno položenim dionicama

## 9.7 Regulacijski ventili ogrjevnih tijela

Ventili moraju zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

Zaporni i regulacijski (slavine, ventili, zasuni):

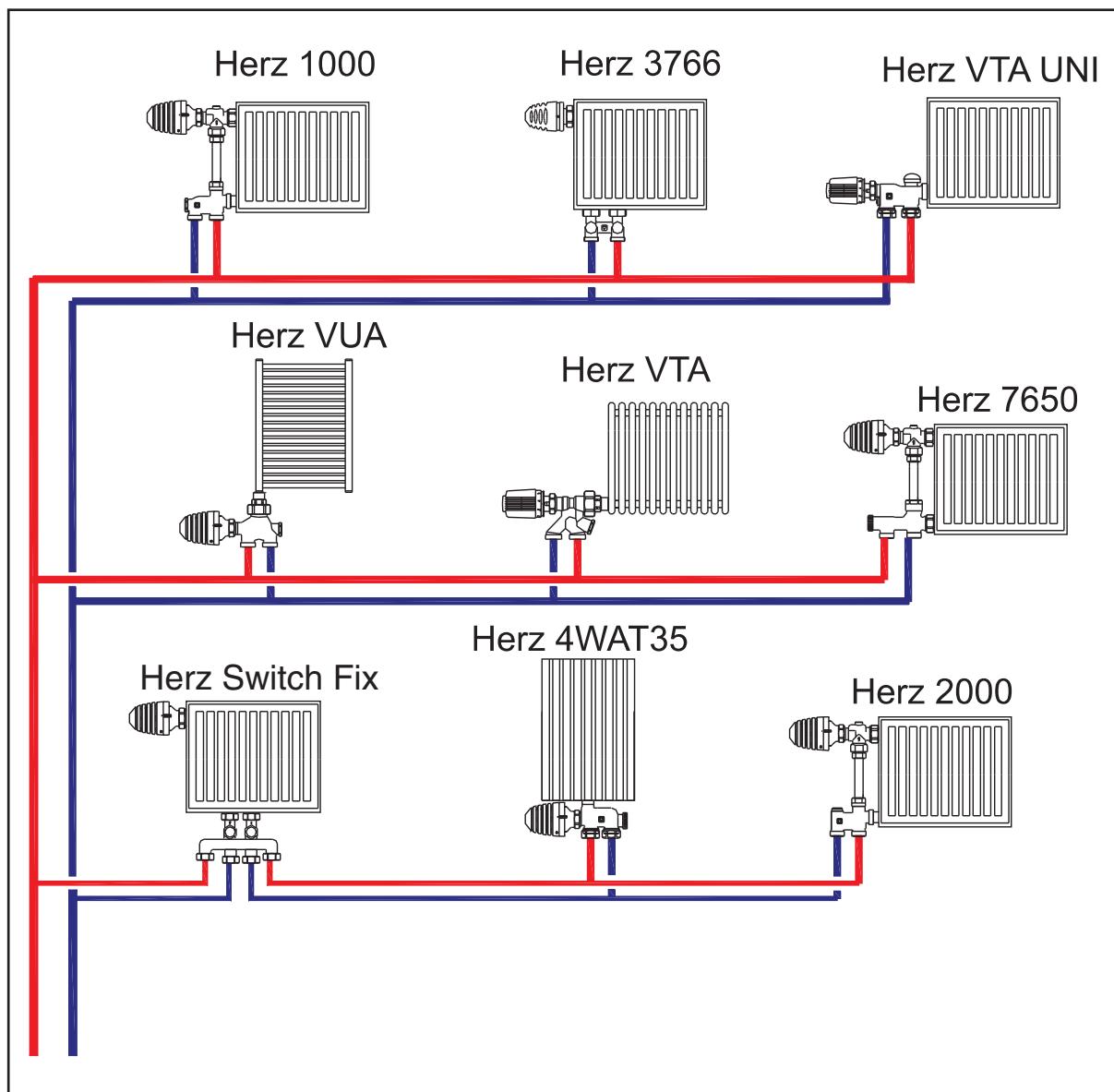
- lagano i precizno rukovanje
- materijal ručnog kola ili ručice: temperaturno otporan i male toplinske vodljivosti
- pouzdano zatvaranje i dobro brtvljenje
- brtvene površine visoke otpornosti na koroziju, mehaničke i toplinske utjecaje
- dobra pristupačnost brtvenim površinama i brtvilu

- lagana zamjena dijelova

Dodatni zahtjevi za armature ogrjevnih tijela npr. radijatorske regulacijske ventile:

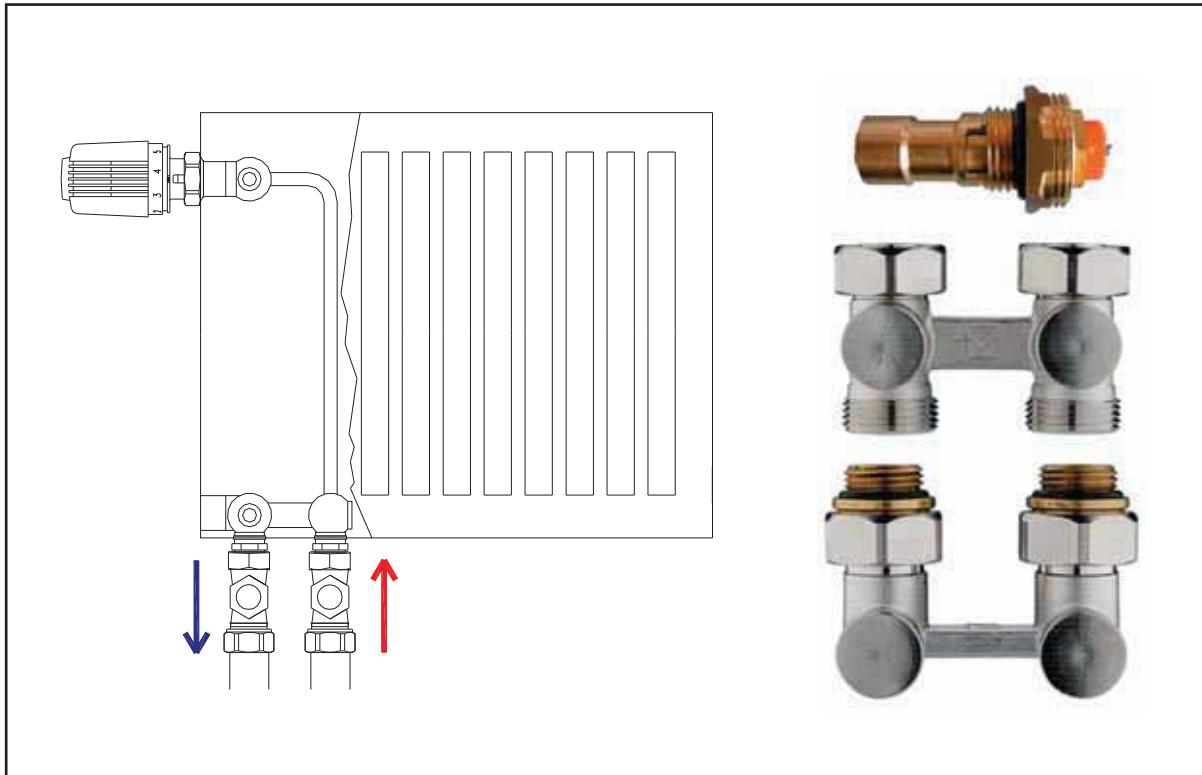
- proporcionalni pad tlaka (učina) prilikom zakreta ručnog kola ventila.
- armatura za podešavanje mora imati mogućnost prednamještanja otpora ventila s vidljivim oznakama, kao i lagano i brzo upravljanje.

Na slici 9-7 prikazani su načini priključivanja ogrjevnih tijela pomoću Herz-ovih armatura.



Sl. 9-7 Armature za ogrjevna tijela u 2-cijevnim sustavima

Ogrjevno tijelo s integriranim ventilskim kompletom namijenjeno za 2-cijevni sustav prikazano je na slici 9-8



Sl. 9-8 Priklučak ogrjevnog tijela pomoću integriranog ventilskog kompleta za 2-cijevno grijanje

## 9.8 Razdjelnik i sabirnik

Služe za centralno spajanje više potrošača. To mogu biti krugovi podnog grijanja ili pojedinačni priključci radijatora prema "sistemu špageta".

Na razdjelniku se za svaki krug grijanja postave posebni ventili ili podesivi umetci, za regulaciju količine vode, npr. tzv. topmetri (sl. 9-9).

Protokomjer („flowmeter“) se postavlja na razdjelnik ili sabirnik. Koristi se za ručno podešavanje količine vode. Protok se podešava zakretanjem protokomjera. Na njegovoj skali može se očitati protok.



Sl. 9-9 Granski razdjelnik (Herz art. 8532)

Razdjelnici i sabirnici mogu biti granski i kompaktni.

Granski razdjelnici izrezani su od ekstrudiranog profila. Mogu se proizvesti u bilo kojoj duljini.

Kompaktni razdjelnici su lijevani. Imaju definiran broj izlaza i ulaza. Nije ih moguće promijeniti.



Sl. 9-10 Kompaktni razdjelnik (Herz art. 8451)

### Distribucijski sustav

Distribucijski sustav je 2-cijevni sustav u kojem je svaki radijator povezan izravno s razdjelnikom.

## 10 Dimenzioniranje cijevi za 1-cijevno grijanje

Polaz i povrat ogrjevnih tijela spaja se na istu cijev. U paralelnom spoju dio protoka ide kroz ogrjevno tijelo. U serijskom spoju 100% vode iz ogranka prolazi kroz ogrjevno tijelo. (npr. konvektorsko, parapetno ili zidno grijanje). Radi boljeg raspoznavanja temperature u ogranku označene su sa  $\theta$ , a u ogrjevnim tijelima sa  $t$ . Projektiranje obuhvaća hidraulički i termotehnički dio (ogrjevne površine u ovisnosti o temperaturnim gradijentima).

### 10.1 Jednocijevno grijanje u paralelnom spoju

#### Jednocijevni sustav – polaz i povrat dolje

Jednocijevno grijanje s kratko spojenim razvodom i spajanjem polaza i povrata na radijator s donje strane, pogodno je za stare zgrade ali i za nove kao etažno grijanje. Preporučuje se i za različite zone grijanja (Sl. 10-1)

#### Prednosti:

- Ušteda na cijevima
- Prigušivanjem na ogrjevnim tijelima ostaje konstantna količina vode u optoku.
- Ne zahtjeva prodore u podu i stropu
- Najjednostavniji i najjeftiniji sustav grijanja

#### Nedostaci:

- Potrebna veća visina dizanja crpke
- Učin svakog ogrjevnog tijela mora se posebno regulirati

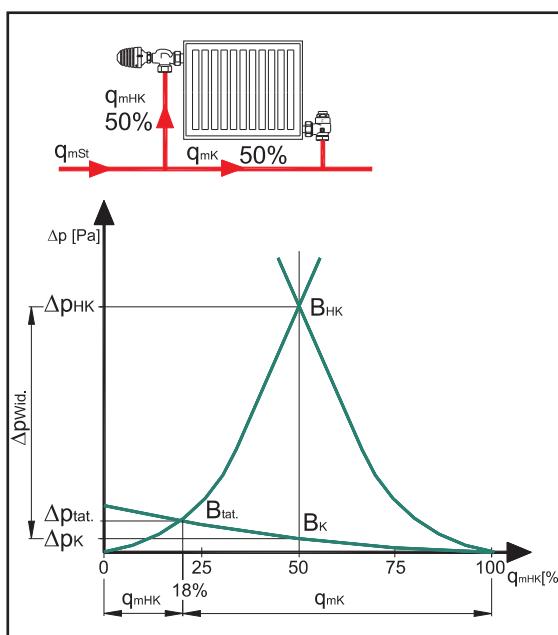
**Dimenzioniranje** sustava može se raditi pomoću 3 metode:

1. Aproksimativna metoda „Reichow postupak“
2. Proračun prema „jednadžbi uravnoteženja“
3. Grafički prema „Helmkeru“

U sva 3 slučaja mora biti ispunjen uvjet ravnoteže paralelno spojenih otpora.

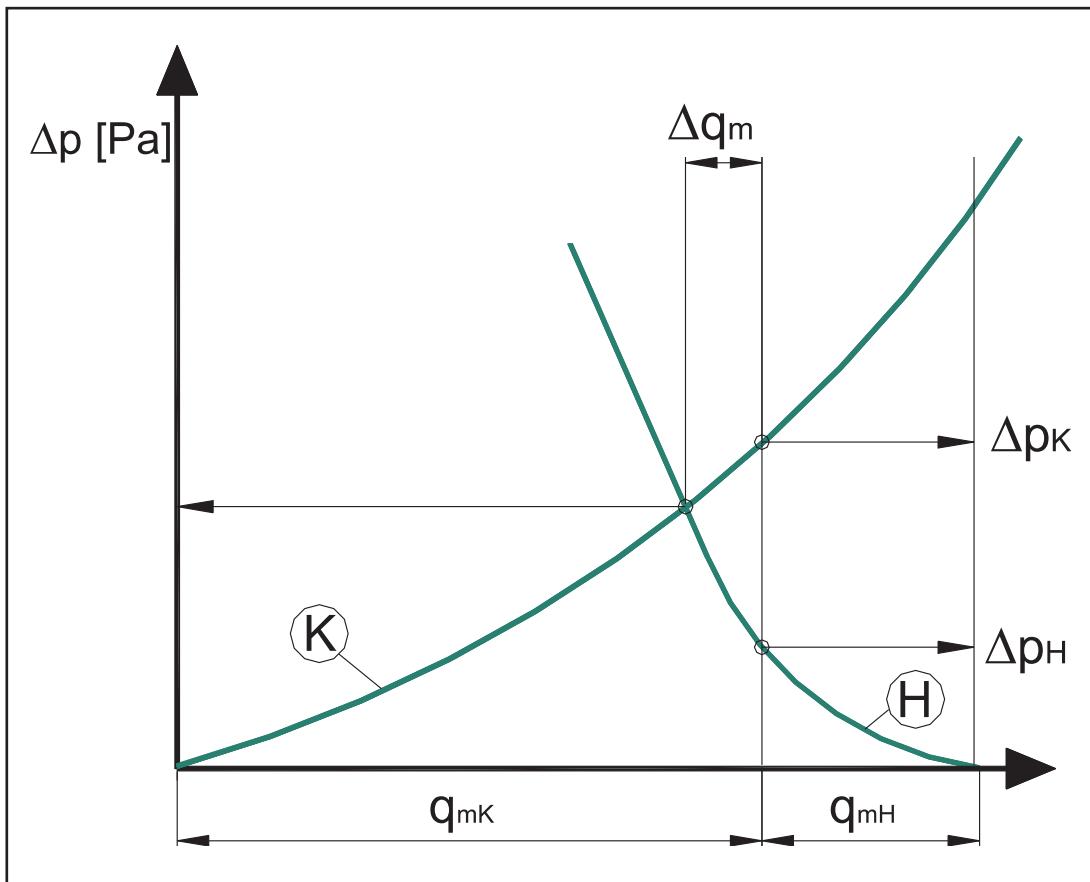
Hidraulička ravnoteža prikazana je na slici 10-1.

Raspodjela vode definirana je omjerom 50/50 %. U ovom dijagramu prema Helmkeru uneseni su padovi tlaka za kratko spojenu dionicu  $B_K$ , kroz ogrjevno tijelo s ventilom  $B_{HK}$  uz protok od 50% vode u ogranku. Na osnovi karakteristika tih cijevnih dionica (parabola) dobiva se sjecište  $B_{tat}$ . Ono pokazuje da je stvarna količina vode kroz ogrjevno tijelo 18 %. Obzirom da to nije dovoljno mora se u spojnu dionicu ugraditi dodatni otpor  $B_{HK} - B_K$ . Time se ostvaruje tražena raspodjela od 50/50 %.



Sl. 10-1 Hidraulička ravnoteža

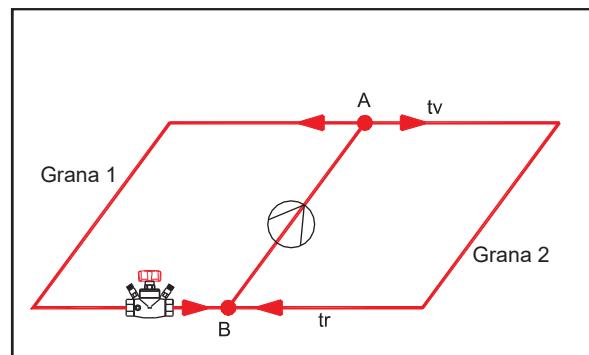
Prema jednadžbi uravnoveženja može se izračunati odgovarajuća razlika u protoku  $\Delta q_v$ .



Sl. 10-2 Jednadžba uravnoveženja

Pad tlaka u 1-cijevnom sustavu grijanja 2-4 puta je veći nego u konvencionalnom cijevnom grijanju. Učin grijanja od cca. 10 - 15 kW potrebno je razdijeliti u dvije ili više zona. Pri tome moraju padovi tlaka u svakoj zoni biti jednaki. Prema dostupnim dimenzijama ventila treba po zoni, uz temperaturni pad od 15 K, ostvariti maksimalno učin od 6-8 kW. Za veće učine ogrjevni se krug dijeli u 2 ili više krugova. (Sl. 10-3)

Uravnoveženje pojedinih krugova radi se pomoću granskih regulacijskih ventila.



Sl. 10-3 Uravnoveženje pomoću regulacijskog ventila

### Dimenzioniranje kruga grijanja:

Potrebna količina vode u krugu grijanja dobije se na osnovi toplinskog učina kruga grijanja:

$$m_R = \frac{\Sigma \Phi_{HK}}{c(\theta_V - \theta_R)_R}$$

Temperaturnu razliku na ogrjevnom tijelu treba održavati između 10-15 K. Uz to treba odabrati i brzinu vode koja nije preniska, jer bi to dovelo do nedovoljnog protoka vode kroz ogrjevno tijelo. To bi značilo da bi potreban pad tlaka u premosnici bio prenizak. Međutim, brzina vode veća od 1 m/s može dovesti do stvaranja buke uslijed strujanja. Stoga je poželjno projektirati uz  $v = 1$  m/s i  $R = 100$  Pa/m.

Korištenje regulacijskih ventila u krugu omogućuje izjednačavanje tlaka na razdjelniku. Cijevi se mogu voditi vodoravno i okomito. Ako su cijevi postavljene okomito, rasprodjela može biti gore, dolje ili kombinirano.

Ako su cijevi postavljene horizontalno, često je potrebno raditi prolaze ispod vrata. Pad temperature na ogrjevnim tijelima treba biti što je moguće veći, kako bi se postigla dobra regulacija učina grijanja.

### Prednosti horizontalnog vođenja cijevi:

- Moguće zatvaranje i regulacija po katu (mjerjenje)
- Manje prodora kroz deke
- Olakšava naknadne izmjene

Za npr. plinske uređaje s ugrađenom crpkom, potrebno je provjeriti da li crpka ima potrebnu visinu dizanja (radna točka sustava) npr. termoblok osigurava 25 kPa ostatnog tlaka za priključeni krug grijanja.

Pad tlaka kruga grijanja određuje se pomoću izraza:

$$\Delta p = R \cdot l + \Delta p_E + \Delta p_V$$

### Gdje su:

$R$	$\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$	Gradijent tlaka = f (m,D)
$l$	m	Dužina prstena
$\Delta p_E$	Pa	Pad tlaka pojedinog elementa
$\Delta p_V$	Pa	Pad tlaka kroz ventil

$$\Delta p_E = \zeta \frac{\rho w^2}{2}$$

Za posebne ventile određuje se prethodna vrijednost otpora  $R$  za određivanje promjera cijevi u krugu.

$$\text{preth. } R = \frac{a \cdot (\Delta p - \Delta p_V)}{l}$$

Ako je visina dizanja crpke  $H$  dobijemo

$$\text{preth. } R = \frac{H}{2l}$$

ako se za pojedinačne otpore koristi 50 %.

### Odabir priključivanja ogrjevnog tijela

Kako srednja temperatura ogrjevnog tijela ne bi previše padala, a time i njegov učin postajao sve manji, potrebno je održavati temperaturni pad na ogrjevnom tijelu na  $\Delta \theta_{HK} = \theta_{VHK} - \theta_{RHK}$  ca. 15 K.

Željeni će odnos protoka tada biti:

$$\begin{aligned} \frac{q_{mHK}}{q_{mR}} &= \frac{\Phi_{HK} \cdot c \cdot (\theta_{VR} - \theta_{RR})}{\Sigma \Phi_{HK} \cdot c \cdot \Delta \theta_{HK}} = \\ &= \frac{\Phi_{HK}}{\Sigma \Phi_{HK}} \frac{\theta_V - \theta_R}{\Delta \theta_{HK}} = \\ &= \frac{\text{Protok kroz ogrjevno tijelo}}{\text{Protok kroz krug grijanja}} \end{aligned}$$

Protok kroz ogrjevno tijelo:

Zbog ravnoteže, pad tlaka između premosnice i ogrjevnog tijela mora biti jednak

$$\sum (R \cdot l + \Delta p_E + \Delta p_V)_{HK} = \sum (R \cdot l + \Delta p_E)_R$$

i uspostaviti će određeni omjer.

$$\frac{q_{mHK}}{q_{mR}}$$

Tablica: 10-1 i 10-2 odnos  $\frac{q_{mHK}}{q_{mR}}$  za različite kombinacije cijevi.

(HK – ogrjevno tijelo; STR – grana)

Otuda proizlazi pad temperature na ogrjevnom tijelu

$$\Delta\theta = \frac{\Phi_{HK}}{c \cdot q_{mHK}}$$

Ako je  $\Delta\theta$  osjetno veći od 10...15 K, znači da promjer priključka za ogrjevno tijelo treba povećati.

Temperatura povrata  $\theta_R = \theta_V - \Delta\theta$

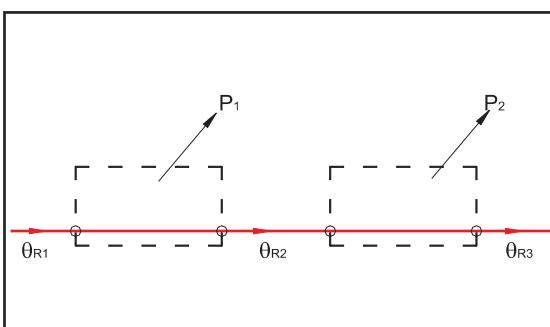
Temperatura polaza za ogrjevno tijelo računa se iz ohlađivanja u krugu.

$$\Delta\theta = \frac{\Phi_{HK}}{\sum \Phi_{HK}} \cdot (\theta_V - \theta_R)$$

Temperatura polaza za sljedeće ogrjevno tijelo je polazna temperatura prethodnog ogrjevnog tijela  $\theta_{V1}$  umanjena za temperaturni pad  $\Delta\theta$

$$\theta_{V2} = \theta_{V1} - \Delta\theta$$

Na slici 10-4 grafički je prikazan postupak.



Sl. 10-4 Ohlađivanje vode u krugu grijanja

Tablica: 10-1 čelične cijevi

d	HK/STG	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"
15,5	3,8	1/6	1/10	1/15	1/30
16	1/2"	1/3	1/7	1/10	1/15
21,6	3/4"		1/3	1/6	1/10
27,2	1"			1/3	1/7

Tablica 10-2: bakarne cijevi ÖNORM M 3548, mekočelične cijevi DIN 2394

d	HK/STG	12 x 1	15 x 1	18 x 1	22 x 1sd
10	12 x 1	1/3	1/5	1/7	1/11
13	15 x 1		1/3	1/4	1/7
16	18 x 1			1/3	1/5

Plave brojke u stupcu su dimenzije priključka ogrjevnog tijela.

Crvene brojke u stupcu su dimenzije cijevi u krugu grijanja.

Za svaku dimenziju priključka i cijevi dan je odnos protoka (zeleno).

d je promjer u mm

Gornje tablice vrijede

za  $\sum \zeta_{HK} \approx 10$ ,  $\sum \zeta_K = 0,5$ ,  $l_K \approx 1,5$  m,

$l_{HK} \approx 0,5$  m

(vidi Wellsand, IKZ 19/1970 i Brünner)

#### Određivanje ogrjevnih tijela:

Nakon što su definirani promjeri i temperature, još se trebaju, prema nazivnoj temperaturi, izračunati učini ogrjevnih tijela.

Koeficijent smanjenja učina =  $f_1 \cdot f_5$

Pri nižim nadtemperaturama ogrjevnog tijela, njegov učin će također biti manji u odnosu na nazivni učin uz parametare 75/65/20 °C.

$$\Delta T_{ln} = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

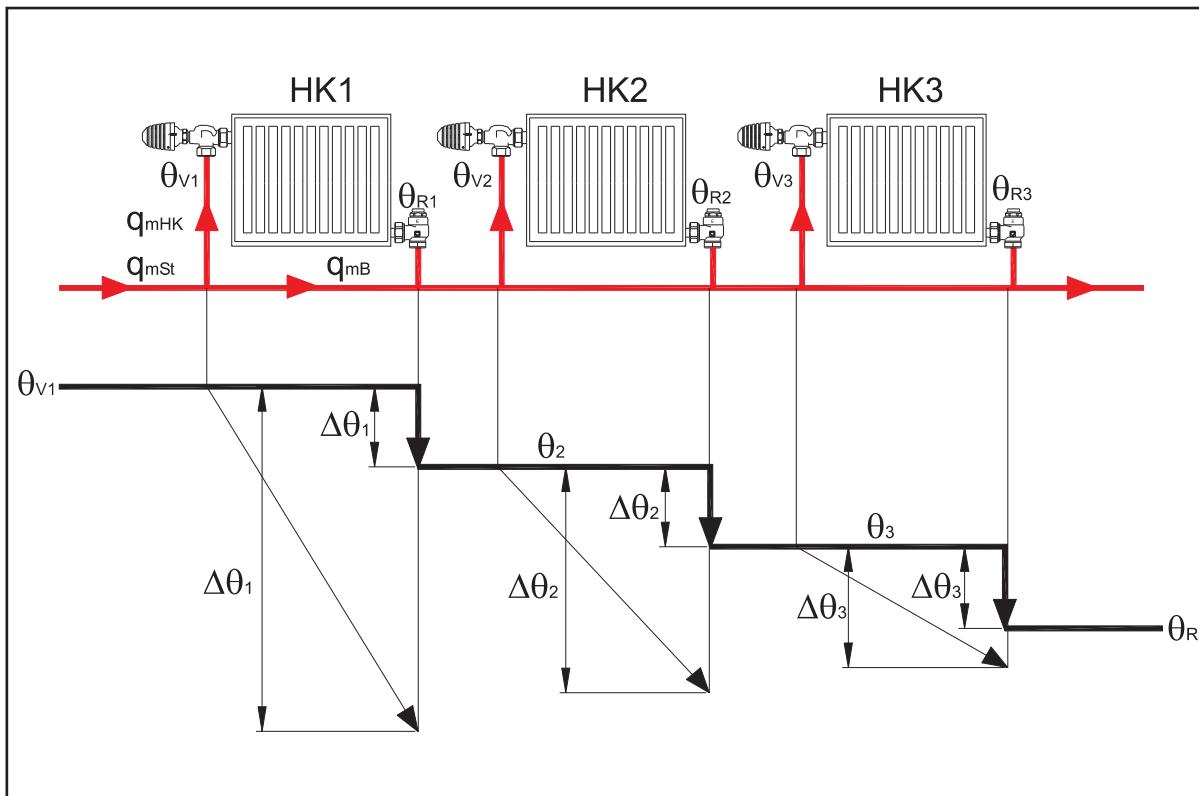
$\Delta T_{ln}$  = log . nadtemperatura

$$\varPhi_{100} = \frac{\varPhi}{\left(\frac{\Delta T_{ln}}{\Delta T_{ln100}}\right)^n} = \frac{\varPhi}{f_1}$$

$$f_1 = \left( \frac{\Delta T_{ln}}{60} \right)^2$$

Miješanjem uz donji priključak (s uronskom cijevi):

$\theta_V - \theta_R = \Delta\theta$	$f_5$
= 20K	= 1,07 ... 1,08
= 10K	= 1,04
= 04K	= 1,02



Sl. 10-5 Jednocijevno grijanje – promjena temperature

**U sustavu paralelnog spoja**, čak i kad je ventil potpuno otvoren, samo dio protoka grane prolazi kroz ogrjevno tijelo, a ostatak prolazi obilaznom granu.

- **U sustavu serijskog spoja**, 100% protoka grane prolazi kroz ogrjevno tijelo. Pri protoku 100%, kroz ogrjevno tijelo prolazi više vode. Ono se manje hlađi uz istu odanu toplinu. Dakle,  $\theta_m$  se povećava. Prvo ogrjevno tijelo u krugu je zato manje, sljedeća su veća. Stoga bi veliki radijatori trebali biti prvi priključeni u polaznom vodu.

Tako postignute više temperature medija grijanja znače da su potrebne nešto manje ogrjevne površine (4 do 6%).

Centralna regulacija temperature polaza neophodna je za bolju regulaciju učina.

#### Odabir crpke:

Jednocijevnom sustavu grijanja potrebna je crpka za savladavanje najvećeg pada tlaka (najduži krug grijanja).

**Količina vode** je zbroj svih količina u krugovima grijanja.

**Otpor** u cijevnoj mreži određuje se za najnepovoljniji krug. Prilikom odabira crpke moraju se uzeti u obzir povećani otpori ventila.

$$\Delta p = R \cdot l + Z = R \cdot l + \sum \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

$\Delta p_E$  mogu se dati u jednakovrijednim duljinama cijevi.

$$\Delta p = R \cdot (l + l_{äqu})$$

**Preporučene vrijednosti:**

Ventili i usponski vodovi:  
 $R = 100$  do  $150$  Pa/m

**Krug grijanja:**

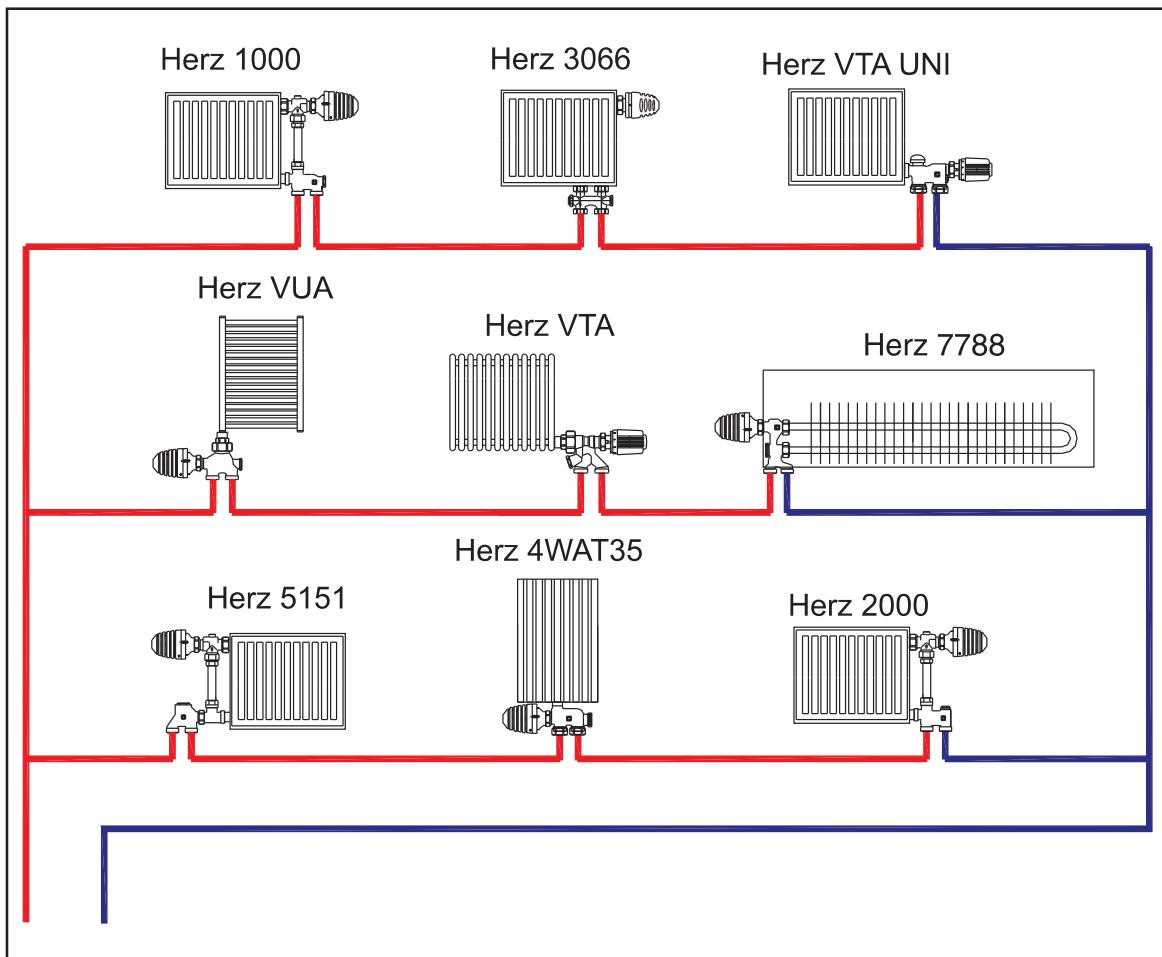
$\omega = 0,5$  do  $1$  m/s odn. prema priključku ventila  
 promjera  $15$  do  $18$  mm  
 $(R = 200$  do  $700$  Pa/m za  $6$  do  $10$  kW)

Pad tlaka u ventilima ogrjevnih tijela može se  
 očitati iz dijagrama za ventile.  
 $(\Delta p_v = 500$  do  $1000$  Pa)

Obično se u krug ugrađuje najviše do  $7$  ogrjevnih  
 tijela. Cijevi dimenzije  $18 \times 1$  mogu se obložiti radi  
 smanjenja buke ili položiti u pokrovne profile u  
 podu.

## 10.2 Posebni ventili za 1-cijevno grijanje

Protok vode dijeli se u ventilu na dio koji  
 prolazi kroz ogrjevno tijelo i dio koji prolazi  
 paralelnom granom. Ovaj omjer može se  
 podešiti na ventilu. Ventil je tvornički  
 predpodešen na jednu vrijednost, npr.  $35\%$   
 protoka kroz ogrjevno tijelo.

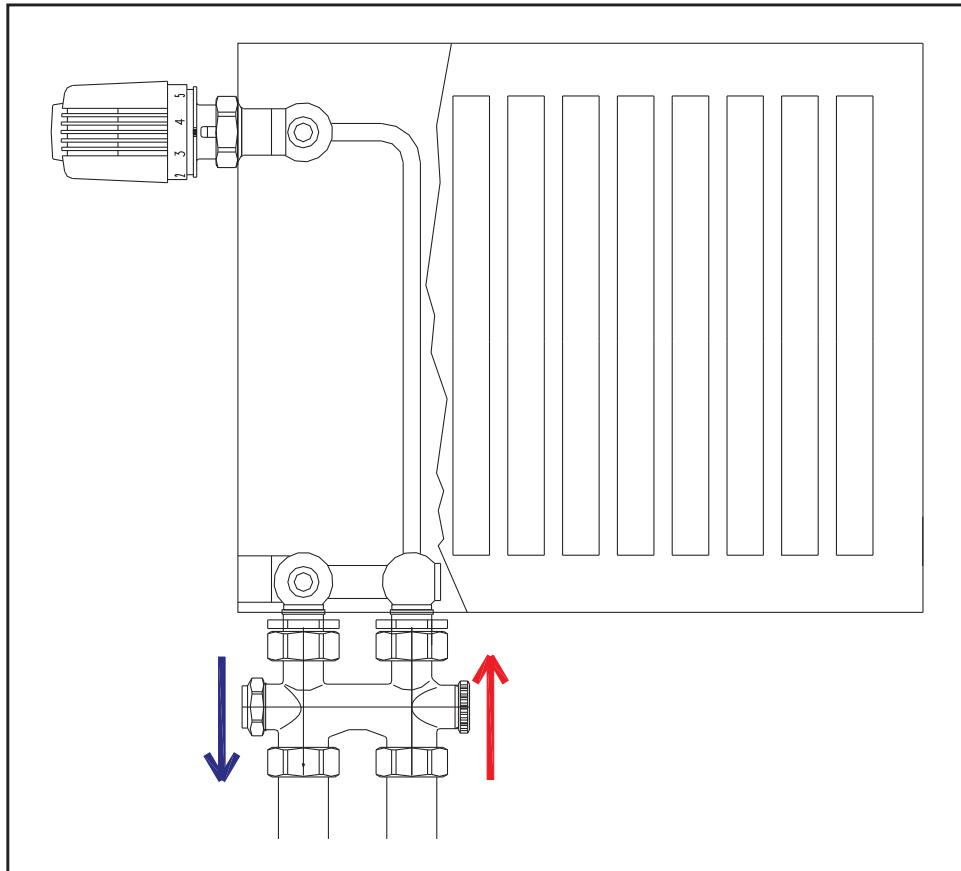


Sl. 10-6 Armature za ogrjevna tijela u 1-cijevnom grijanju

**Ventilski radijatori**

Ogrjevno tijelo opremljeno je kompletom za spajanjem i unutarnjom usponskom cijevi do ventila ogrjevnog tijela.

Ogrjevna tijela spajaju se pomoću priključka HERZ 3000 Bypass. Pomoću vretena za podešavanje može se prebaciti sa 1-cijevnog na 2-cijevni pogon.



Sl. 10-7 Ventilski radijator s priključkom Herz 3000 Bypass (Herz art. 3066)

Proračun je identičan kao za spajanje s donje strane. Prolazni vod (premosnica) smješten je u ventilu. Podešen je za fiksni omjer protoka. Postoji izvedba u kojoj se prolazni vod može podešavati.

## 11 Hidrauličko uravnoteženje

### 11.1 Prednamještanje radijatorskih ventila

Kako se ponaša protok u odnosu na otvorenost ručnog kola? Raste li protok odmah naglo ili ostaje mali, a naglo poraste pri kraju otvaranja?

$$\theta_m = \frac{\theta_v + \theta_r}{2}$$

$$\Phi = U \cdot A \cdot (\theta_m - \theta_i) = U \cdot A \cdot \Delta\theta$$

Pod  $\theta_m$  podrazumijevamo srednju temperaturu medija u ogrjevnim tijelima.

Kako se ogrjevna tijela uvijek proračunavaju prema srednjoj temperaturi, u praksi se na ogrjevnim tijelima mora postići ta srednja temperatura (npr. 80°C).

Kako se utječe na ovaj  $\theta_m$  i koliko negativno utječe na nejednakost pojedinog  $\theta_m$ ?

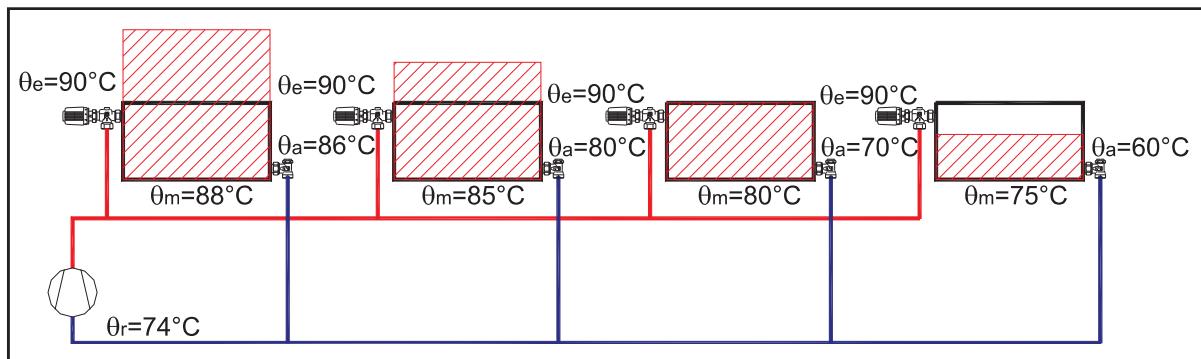
1. Temperaturom polaza odnosno ulaznom temperaturom. ( $\theta_v$  ili  $\theta_E$ )
2. Brzinom protoka vode u jedinici vremena koja prolazi kroz ogrjevno tijelo. To opet ovisi o tlaku crpke odn. otporu ogrjevnih tijela ili ventila.

Budući da u praksi većina ugrađenih regulacijskih ventila još uvijek nije prednamještena, veća količina vode prolazi kroz prvo ogrjevno tijelo nego kroz posljednje. Na taj se način prva prostorija pregrije a zadnja ostaje hladna. Odavanje topline prikazano je šrafirano na slikama.

U principu, veliki i mali sustavi rade na isti način. Za razmatranje uzimaju se u obzir samo 4 prostorije s jednakim zahtjevima za toplinom, pa time i ogrjevna tijela iste veličine i istih dimenzija priključaka.

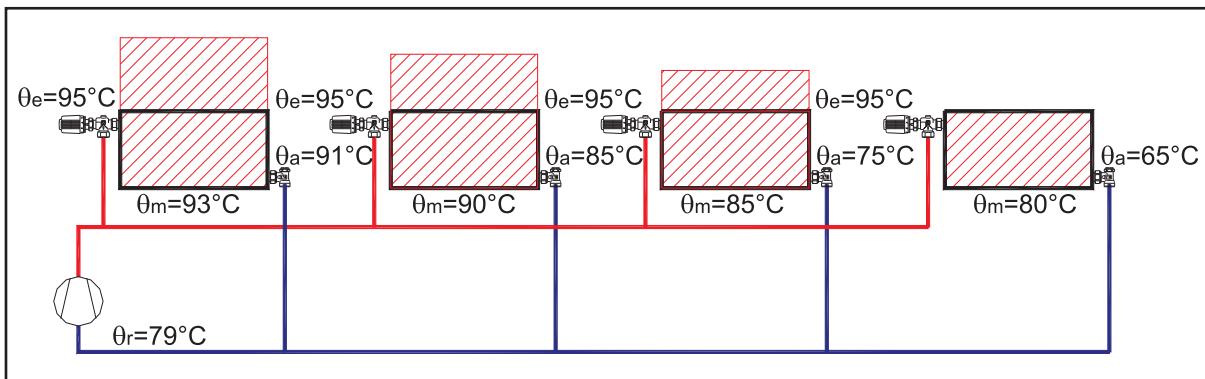
Tlok koji stvara crpka troši se u cjevovodu.

Dakle, zadnja prostorija ne postiže željenu temperaturu. Kroz prva 2 radijatora struji previše vode. Što se u praksi najčešće poduzima u takvim slučajevima?



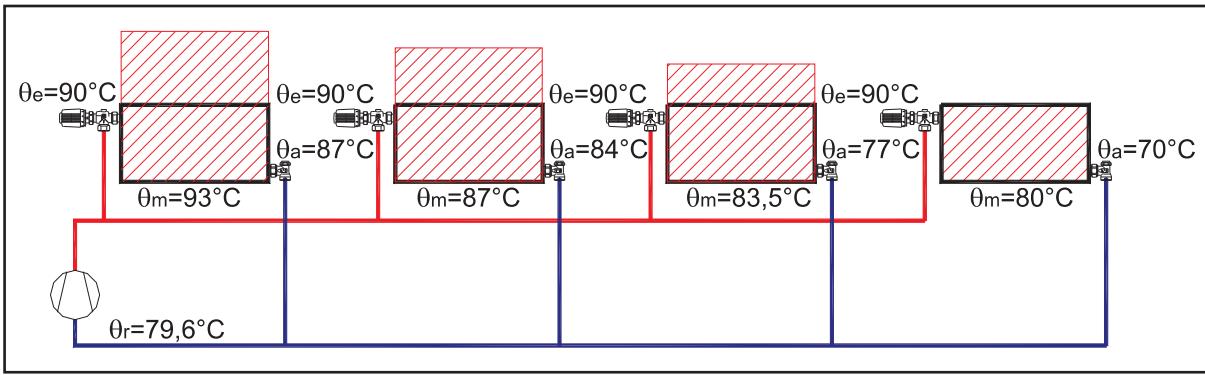
Sl. 11-1 Četiri ogrjevna tijela bez prednamještanja

a) Povećanje temperature polaza



Sl. 11-2 Četiri ogrjevna tijela pri povećanoj temperaturi polaza

b) Povećanje visine dobave crpke



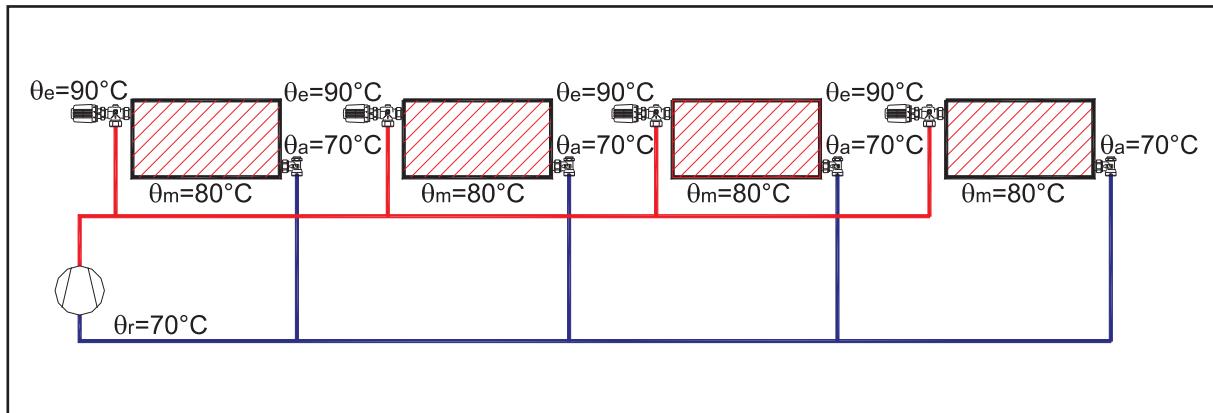
Sl. 11-3 Četiri ogrjevna tijela pri povećanoj visini dizanja crpke

Rezultat je:

U zadnjoj prostoriji postiže se potrebna količina topline, a ostale prostorije se pregrijavaju. Često i do  $6^{\circ}\text{C}$  iznad proračunske temperature. Dragocjena energija grijanja preusmjerava se na najskuplji način regulacije; otvaranje prozora.

Vidi se koliko je nužno u svako ogrjevno tijelo dovoditi točnu količinu vode. To znači da se nametnutim otporom mора smanjiti prekomjerni tlak crpke tamo gdje je protok prevelik. Na taj način udaljenja ogrjevna tijela gdje je tlak crpke niži dobivaju veću količinu vode.

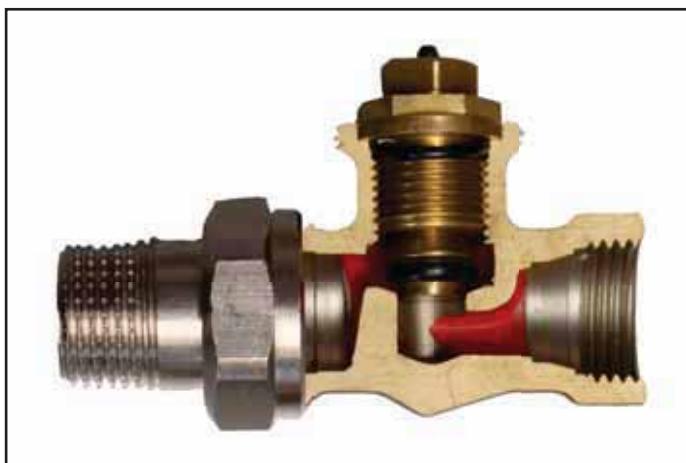
Kako bi se omogućila usporedba bez komplikiranih izračuna, potrebno povećanje otpora u ogrjevnim tijelima može se vidjeti preko zeta vrijednosti.



Sl. 11-4 Ispravno podešen protok kroz ogrjevna tijela

Na taj se način dobiva željeno odavanje topline s ogrjevnih tijela. Kako se u praksi promjenom dimenzije cijevi ne postižu zadovoljavajući rezultati u pogledu povećanja otpora, ovaj dodatni otpor mora se narinuti prednamještanjem ventila na ogrjevnem tijelu. Postoji više načina prednamještanja, a najefikasnija je mikro prednamještanje dvostrukim vretenom.

Zatvaranjem regulacijskog konusa smanjuje se presjek otvora ventila u sjedalu. To omogućuje vrlo precizno, sigurno i brzo prednamještanje.



Sl. 11-5 Presjek ventila s prednamještanjem za ogrjevno tijelo (Herz TS 98 V)

Prednamještanje pomoću regulacijskog konusa ima prednost u tome što promjena prednamještenosti ne utječe na upravljanje ručnim kolom. Zbog izvedbe prednamještanja pomoću konusa, oblik konusa može se mijenjati, a time i "karakteristična krivulja ventila". To se ne odnosi na ventile s ograničenjem hoda.

Nakon podešavanja cijelog sustava kroz svaki ventil imamo potrebnii protok. Fiksirane su sve podešene vrijednosti. Ako je potrebno prigušiti ventil ispred crpke, to treba ispravno postaviti ili crpkom podesiti dobavu.

## 11.2 Podešavanje

### 11.2.1 Postupak podešavanja

Sve ventile treba podesiti prema oznaci za prednamještanje (radijatorski ventil  $\Delta p = 8 \dots 10$  kPa). Dvoputni regulacijski ventil i radijatorski/termostatski ventili moraju biti u otvorenom položaju. Treba sniziti temperaturu, pri čemu će se otvoriti ventili koji samostalno rade. U ovom postupku najudaljeniji ventil u svakom krugu je referentni ventil. Nakon toga podešava se protok na preostalim ventilima (počinje se ventilom koji je najudaljeniji od crpke). Kada su podešene sve grane, na isti način se podešava glavni vod.



Sl. 11-6 Granski ventil s 2 merna priključka za mjerjenje diferencijalnog tlaka (Herz art. 4217)



Sl. 11-7 Uređaj za mjerjenje diferencijalnog tlaka (Herz art. 8900)

## 11.2.2 Proporcionalno uravnoteženje

Proporcionalno uravnoteženje pomoćna je metoda kako bi se sustav grijanja mogao bolje hidraulički uravnotežiti. U osnovi je to dio hidrauličkog uravnoteženja. U proporcionalnoj metodi, jedan mjerni uređaj koristi se kao referentni uređaj, a drugi mjerni uređaj kao uređaj za podešavanje pojedinih grana. Ako je na raspolaganju samo jedan mjerni uređaj, podešavanje se može obaviti samo njime. Za to je potrebno nekoliko koraka koji slijede u nastavku.

### Hidrauličko uravnoteženje

Pojam "hidrauličko uravnoteženje" primarno se koristi u sustavima toplovodnog grijanja. Također vrijedi i za sustave hlađenja i distribuciju pitke vode. Postupkom se svako ogrjevno tijelo ili krug površinskog grijanja, uz fiksnu temperaturu polaza, opskrbљuje točno onom količinom topline koja je potrebna za postizanje potrebnе temperature u pojedinim prostorijama.

### Prednosti hidrauličkog uravnoteženja

Sustav se može upravljati optimalnim tlakom, a time i optimalno malim volumenom. To rezultira niskim troškovima nabave cirkulacijske crpke, te niskim troškovima energije i rada. Ukratko:

- ušteda energije
- zaštita okoliša
- ugoda (nema pretjerane ili nedovoljne opskrbe, nema buke)

### Posljedice nedostaka hidrauličkog neuravnoteženja

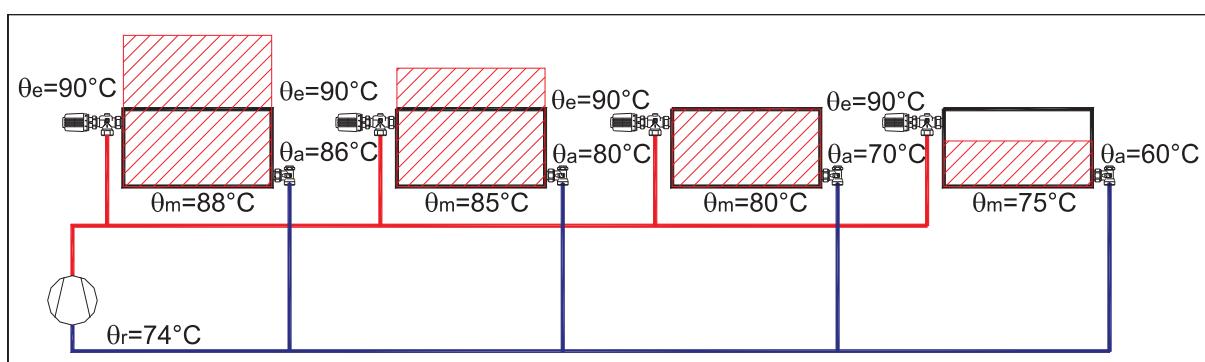
Ako nedostaje hidrauličko uravnoteženje, ogrjevna tijela koja su blizu izvora topline bolje su opskrbljena. Udaljeniji radijatori, npr. na gornjim katovima, dobivaju vrlo мало ili nimalo topline. Regulacija u udaljenim prostorijama je loša.

Daljnji faktori neuravnoteženja mreže su:

- Ogrjevna tijela se ne zagrijavaju jer su drugi dijelovi sustava prekomjerno opskrbljeni
- Ventili ogrjevnih tijela proizvode buku jer je diferencijalni tlak u ventilu previsok
- Ventili ogrjevnog tijela i cjevovodi proizvode buku jer je brzina protoka previsoka
- Ventili ogrjevnih tijela ne otvaraju se i ne zatvaraju na željenoj unutarnjoj temperaturi, jer su diferencijalni tlakovi previsoki
- Sustav grijanja radi na previsokim temperaturama kako bi se na taj način nadoknadila nedovoljna opskrba toplinom.
- Koriste se crpke s previsokim performansama koje uzrokuju prekomjerne, nepotrebne troškove kako u pogledu cijene tako i rada
- Učinkovitost generatora topline se pogoršava jer sustav radi previsokim temperaturama i jako promjenjivim volumenskim protocima
- Temperature polaznog i povratnog voda su nepotrebno visoke. Učinkovitost se pogoršava posebno kada se koristi moderna tehnika izgaranja ili dizalice topline i sustavi s dodatkom solarnog grijanja.

### Primjer sustava koji nije prednamješten

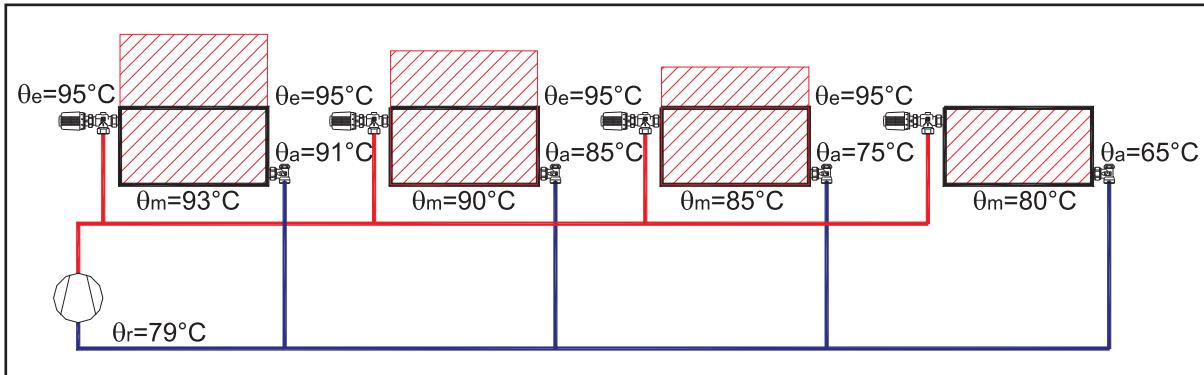
Sljedeća slika zorno pokazuje neravnomjernu raspodjelu topline među pojedinim potrošačima. Potrošač najbliži crpki očito je prekomjerno opskrbljen, dok je najudaljeniji potrošač očito nedovoljno opskrbljen.



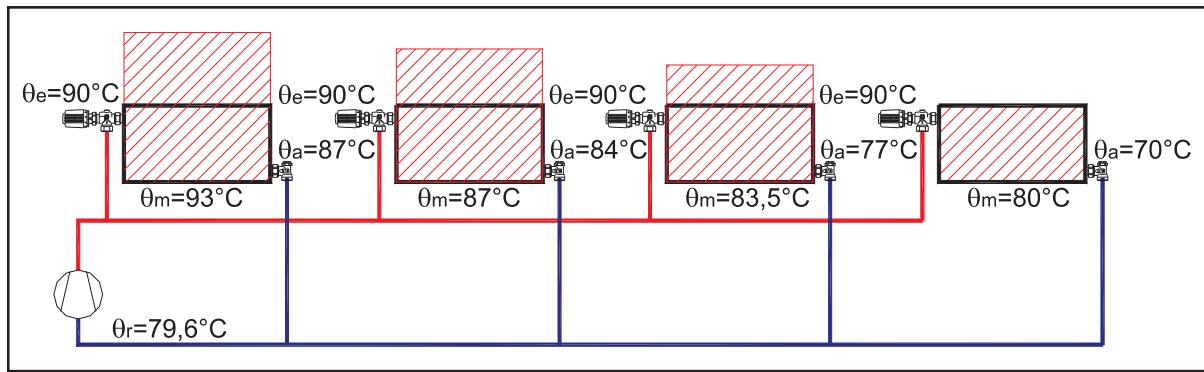
Sl. 11-8 Četiri ogrjevna tijela bez prednamještanja

U takvom se slučaju često pretpostavlja da je temperatura polaza preniska. Kao mjera predostrožnosti, povećava se temperatura polaza. Ako to još uvijek ne dovodi do željenog rezultata, često se povećava i tlak crpke. Posljednji radijator je napokon topao. Pri tome se često zaboravlja da su svi ostali radijatori preoprskrbljeni.

Sve ove promjene još uvijek ne rezultiraju hidrauličkim uravnuteženjem ogrjevne mreže. Povećane temperature polaza ili povećani tlak crpke stvaraju buku na ventilima ili u cijevnoj mreži. Uz to nastaju nepotrebno visoki troškovi rada.



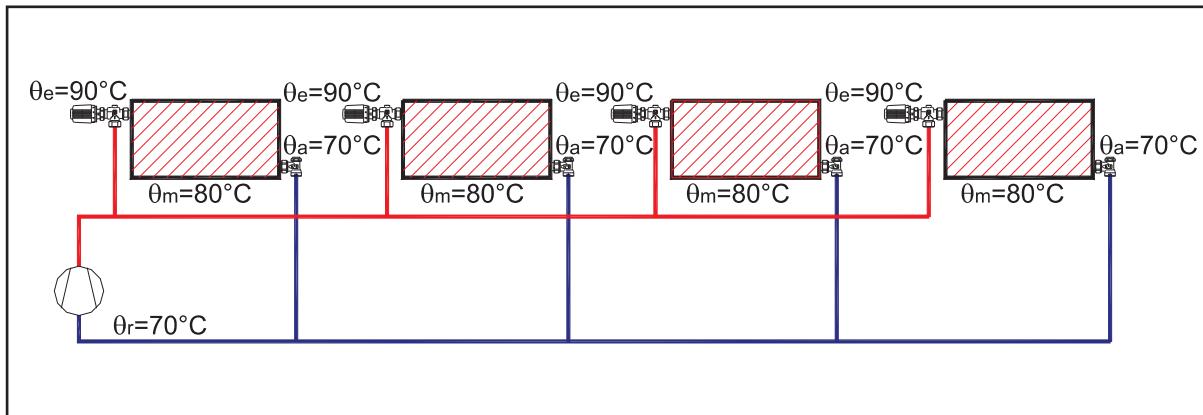
Sl. 11-9 Četiri ogrjevna tijela s povišenim temperaturama polaza



Sl. 11-10 Četiri ogrjevna tijela s povišenim tlakom pumpe

### Primjer prednamještenog sustava

Na sljedećoj slici jasna je razlika u odnosu na gornje slike. Ovdje nije bilo ni povišene temperature vode ni povišenog tlaka crpke. Sustav grijanja je uravnutežen odn. prednamješten. Svi potrošači snabdjeveni su potrebnim količinama energije za grijanje. Može se konstatirati da niti jedno ogrjevno tijelo nije prekomjerno ili nedovoljno opskrbljeno. Svi su optimalno podešeni.



Sl. 11-11 Ispravno podešen volumni protok kroz ogrjevan tijela

### Postupak hidrauličkog uravnoteženja

- Određivanje temperatura sustava i odgovarajućih ogrjevnih površina, uzimajući u obzir stvarnu temperaturu povrata
- Proračun temperatura sustava pri kojima povrat iz ogrjevnog tijela odgovara smanjenom opterećenju grijanja
- Određivanje projektnog volumena protoka za svako ogrjevno tijelo
- Podešavanje svih regulacijskih ventila prema izračunatim vrijednostima za podešavanje

### Regulacijski elementi za hidrauličko uravnoteženje

- Ručni granski regulacijski ventili
- Automatski regulator:
  - regulator diferencijalnog tlaka
  - regulator volumnog protoka

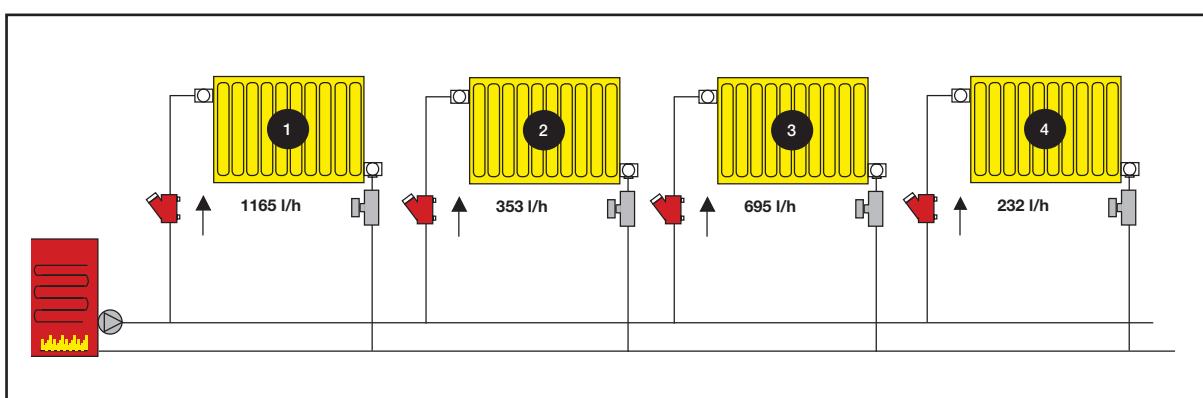
### Hidrauličko uravnoteženje (proporcionalna metoda)

Proporcionalna metoda vrijedan je alat za uravnoteženje složenih ili razvedenih sustava grijanja. Ako mreža sadrži više grana, svaka promjena protoka u jednoj od grana rezultirat će promjenama protoka na ostalim granama. Na primjer, regulira se protok 1. grane na referentnu vrijednost  $Q_{ref1}$ . Čim se pređe na 2. granu svaka promjena protoka u ovoj grani rezultira promjenom protoka u 1. grani. Proporcionalna metoda na učinkovit način rješava ovaj problem.

#### Primjer

Za mrežu sa 4 grane referentne protoke izračunava projektni ured i to:

$$\begin{aligned} \text{grana 1: } Q_{ref1} &= 1165 \text{ l/h} \\ \text{grana 2: } Q_{ref2} &= 353 \text{ l/h} \\ \text{grana 3: } Q_{ref3} &= 695 \text{ l/h} \\ \text{grana 4: } Q_{ref4} &= 232 \text{ l/h} \\ Q_{ref} &= \text{referentni protok} \end{aligned}$$



Sl. 11-12

Svi ventili moraju biti postavljeni u potpuno otvoren položaj. Tada se može započeti mjerjenje. Nakon mjerjenja imamo:

$$\text{grana 1: } Q_{ist1} = 1421 \text{ l/h}$$

$$\text{grana 2: } Q_{ist2} = 554 \text{ l/h}$$

$$\text{grana 3: } Q_{ist3} = 938 \text{ l/h}$$

$$\text{grana 4: } Q_{ist4} = 250 \text{ l/h}$$

Kvocijent protoka  $R$ , definiran je kako slijedi

$$\text{Kvocijent protoka } R = \frac{\text{Protok ist } Q_{ist}}{\text{Protok soll } Q_{soll}}$$

Iz ovoga slijede sljedeći rezultati

grana 1

$$Q_{ist1} = 1421 \text{ l/h} \quad R_1 \rightarrow 1421/1165 = 1,22$$

grana 2

$$Q_{ist2} = 554 \text{ l/h} \quad R_2 \rightarrow 554/353 = 1,57$$

grana 3

$$Q_{ist3} = 938 \text{ l/h} \quad R_3 \rightarrow 938/695 = 1,35$$

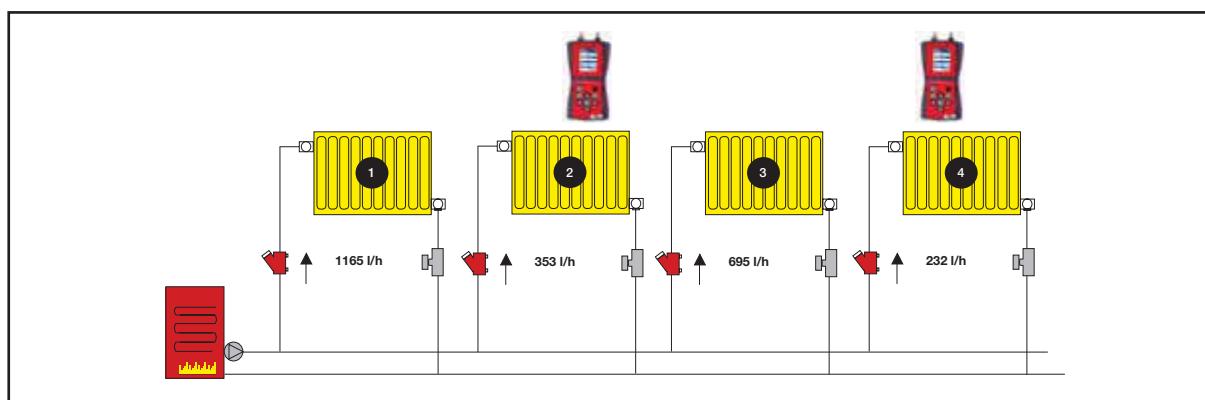
grana 4

$$Q_{ist4} = 250 \text{ l/h} \quad R_4 \rightarrow 250/232 = 1,08$$

Može se vidjeti da je svaki pojedinačni kvocijent protoka veći od 1. Ako je srednja vrijednost kvocijenta manja od 1, protok crpke trebao bi se povećati na najmanje 1.

### Ako su na raspolaganju 2 mjerna uređaja

Ako su na raspolaganju 2 uređaja, prvi uređaj (tzv. referentni uređaj) spojen je na granu s najmanjim kvocijentom protoka.



Sl. 11-13

$$R_1 = 1,22$$

$$R_2 = 1,57$$

$$R_3 = 1,35$$

$$R_4 = 1,08$$

(u ovom primjeru grana 4). Ventil br. 4 ostaje nepodešen.

Nakon toga drugi uređaj spaja se na granu s najvećim kvocijentom protoka (npr. grana 2). Sada se protok grane 2 smanjuje (ako se koristi tradicionalna metoda, ne zaboravite unijeti položaj ventila u uređaju nakon svake promjene) dok se vrijednost  $R$  ne podudari na oba uređaja:  $R_2 = R_4$  (npr. 1,20).

U ovom trenutku, protoci grana 2 i 4 još se ne podudaraju s potrebnim protokom, ali su proporcionalno uravnoteženi jedan s drugim. Uređaj se otpaja od grane 2 i priključuje na granu 3. Nastavlja se na isti način kao što je gore opisano dok  $R_3 = R_4 = 1,25$  (npr.). Napominjemo da  $R_2$  "slijedi"  $R_4$  i da su grane 2, 3 i 4 proporcionalno uravnotežene.

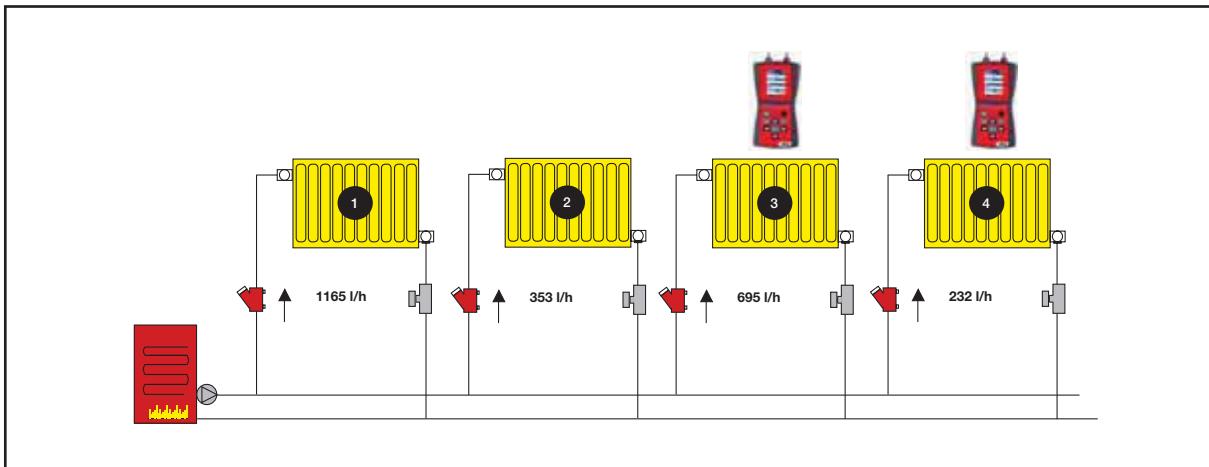
Nastavlja se na isti način za granu 1 sve dok npr.  $R_1 = R_4 = 1,15$ .

U ovom trenutku  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1,15$  (npr.). Sada se mora mijenjati samo protok crpke tako da kvocijent iznosi oko 1.

### Primjer regulacije pojedinih grana

- prvi mjerni uređaj se spaja na granu 4, koja ima najmanji kvocijent protoka
- drugi mjerni uređaj se spaja na granu 2, koja ima najveći kvocijent protoka
- smanjuje se protok u grani 2 dok  $R_2 = R_4$  (npr. 1,32)

- referentni mjerni uređaj ostaje na grani 4
- drugi mjerni uređaj spaja se na granu 3, koja je još uvijek povezana na najveći kvocijent protoka
- na grani 3 smanjuje se protok dok  $R_2=R_3=R_4$  (npr. 1,34)



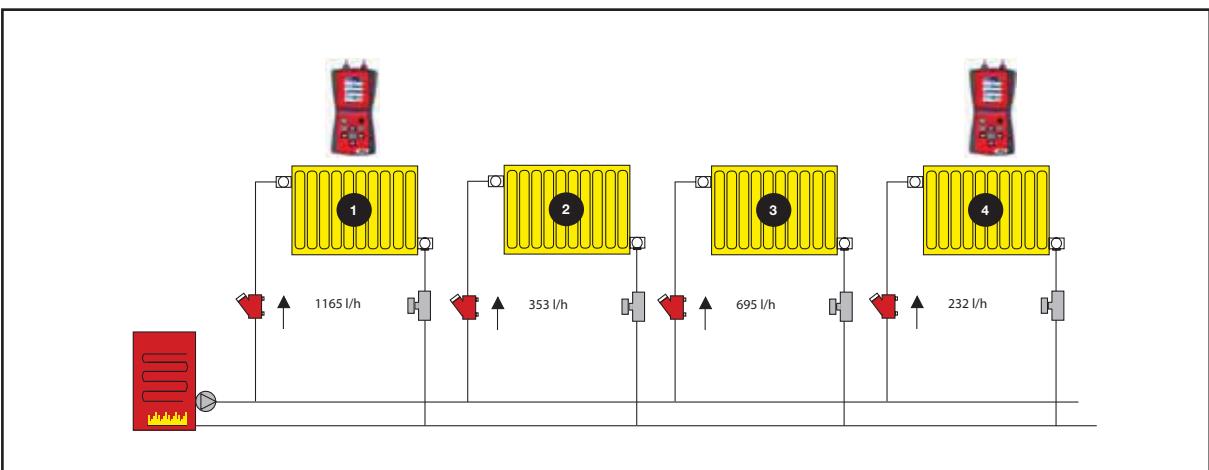
Sl. 11-14

$$R_1 = 1,22$$

$$R_2 = 1,32$$

$$R_3 = 1,35$$

$$R_4 = 1,32$$



Sl. 11-15

$$R_1 = 1,22$$

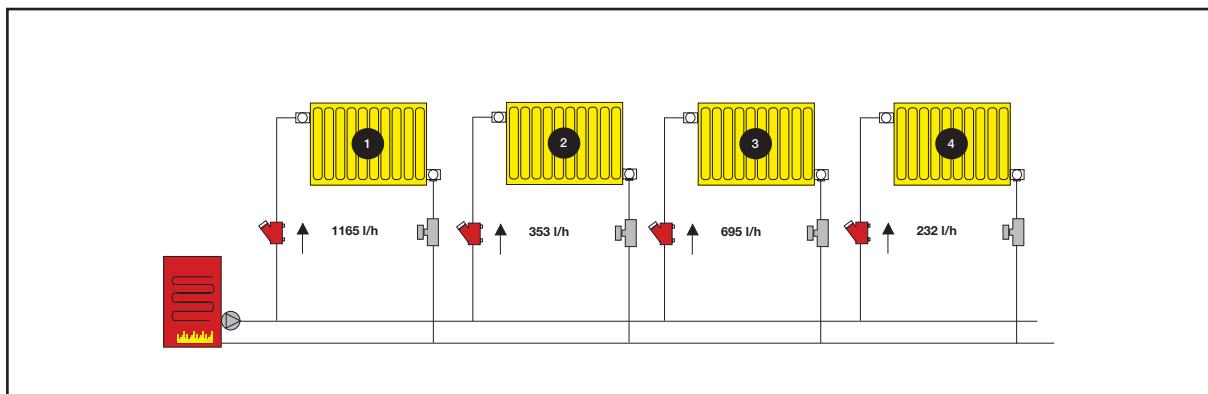
$$R_2 = 1,33$$

$$R_3 = 1,33$$

$$R_4 = 1,33$$

- referentni mjerni uređaj ostaje na grani 4
- drugi mjerni uređaj spaja se s granom 1, koja je još uvijek povezana na najveći kvocijent protoka
- smanjuje se protok u grani 1 sve dok  $R_1=R_2=R_3=R_4$  (npr. 1,27)

Rezultat ova 3 radna koraka je  $R_1=R_2=R_3=R_4$   
čime je sustav uravnotežen.



Sl. 11-16

$$R_1 = \underline{1,27} = R_2 = \underline{1,27} = R_3 = \underline{1,27} = R_4 = \underline{1,27}$$

### Ako postoji jedan mjerni uređaj

Ako je dostupan samo jedan mjerni uređaj, podešavanje se mora izvršiti u nekoliko prolaza. Nakon što su izmjerene izvorne vrijednosti kvocijenta  $R$ , odabire se grana s najvećim kvocijentom protoka (pretpostavka grana 2). Na nju se spaja mjerni uređaj.

#### Prvi prolaz

Mora se odabrati ciljna vrijednost  $R$  koju treba postići u prvom prolazu, npr.  $R = 1,15$ . Smanjuje se protok u grani 2 (ako se koriste tradicionalne metode, ne zaboravite unijeti položaj ventila u uređaj nakon svake promjene) sve dok mjerni uređaj ne pokaže  $R_2 = 1,15$ . Nastavite na isti način za sljedeće grane, u padajućem redoslijedu protoka.

- grana 3 do  $R_3 = 1,15$
- grana 1 do  $R_1 = 1,15$
- grana 4 do  $R_4 = 1,15$

#### Drugi prolaz

Ponovno se postavlja ciljna vrijednost  $R$  koja se treba postići u 2. prolazu, npr.  $R = 1,2$ .

Postupak je isti kao u prvom prolazu. Mjerni uređaj je spojen na granu 2. i mjeri se  $R_2$ . Pritom je, međutim, gotovo sigurno da kvocijent više nije 1,15, budući da je promjena protoka u ostalim granama djelomično prenesena i na ovu granu. Zbog tog je razloga potrebno nekoliko prolaza.

Protok na grani 2. regulira se sve dok se na mjernom uređaju ne dobije  $R_2 = 1,2$ . Nastavlja se na isti način za ostale grane, silaznim redoslijedom protoka

- grana 3 do  $R_3 = 1,2$
- grana 1 do  $R_1 = 1,2$
- grana 4 do  $R_4 = 1,2$

#### Treći prolaz – rješenje

Općenito, 2 prolaza su dovoljna za postizanje ispravnog uravnoteženja grana. Ako je potrebno, lako se može izvesti i 3. prolaz u kojem se primjenjuju isti principi kao u 1. i 2. prolazu. Važno je da sve grane budu međusobno uravnotežene i da imaju jednaku vrijednost  $R$ , pa je npr.  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1,2$ .

## 12 Osiguranje kvalitete

Značajke proizvoda sukladne su standardu ISO 9000 i zahtjevima kupaca.

Za osiguranje ove kvalitete, također instalateri trebaju raditi prema sustavu osiguranja kvalitete ISO 9001.

Kvalitetu definiraju tržište ili kupac, a ne tvrtka dobavljač.

**Konačni cilj je zadovoljan kupac.**

To također uključuje odgovarajuću dokumentaciju koja mora biti pisana kratko i jasno.

### Podešavanje sustava

Za podešavanje sustava moraju biti ispunjeni slijedeći uvjeti:

Hidraulično uravnoteženje treba izvesti na takav način da se tijekom normalnog rada, (npr. čak i ako temperatura prostorije padne ili imamo pauzu u pogonu sustava grijanja) svi potrošači topline opskrbljuju ogrjevnom vodom sukladno njihovim potrebama za toplinom.

### Ispitivanje funkcionalnosti

Cijeli se sustav mora pustiti u probni rad u smislu provjere funkcionalnosti i to:

- sigurnosni sustavi
- sustavi izgaranja odn. grijanja
- sustavi regulacije i uključivanja
- hidrauličko uravnoteženje

### Primopredaja

Predviđena su funkcionalna mjerena, koja se trebaju zabilježiti u izvješću.

Klijent može zatražiti izvješće, koje je opisano u ponudi.

Izvješće o podešavanju sustava:

Br. dionice	Polaz Povrat	Ventil tip DN	Protok		Diferencijalni tlak		Položaj ručice	Bilješke
			V zadano l.s <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> /h	V stvarno l.s <sup>-1</sup> m <sup>3</sup> /h	Δp- zadano mvs kPa	Δp- stvarno mvs kPa		

Sl. 12-1 Izvješće o podešavanju

## Bilješke

---

# **Prilog**

---

### List podešavanja sustava grijanja

										Datum:	Projekt: .....		
										Br.:	Str.:		
<b>Izabrani broj rebara radijatora</b>													
Podaci o prostoriji	Br.	Naziv	t <sub>r</sub>	V <sub>R</sub>	Toplinsko opterećenje P <sub>n</sub>	Temp. ogjevnog tijela t <sub>v</sub>	Faktor korekcije NTF	Toplinsko opterećenje P <sub>N</sub>	f <sub>4</sub>	f <sub>g</sub>	Visina mm	Širina mm	Stvarne vrijednosti
		°C	m <sup>3</sup>	W	°C	°C	1	1	1	1	Broj radij.	Broj radij.	Topljino opterećenje P <sub>N</sub> = $\frac{f_3 \cdot f_4}{f_g} = \text{NTF} \cdot \frac{t_v - t_k}{t_k}$
Zbroj													Mas. protok tijela m · 10 <sup>3</sup> = $\frac{P_N \cdot t_k}{f_g} = \Delta t$
													kg · s <sup>-1</sup>
Uzalna temp. t <sub>v</sub> $f_4 = \frac{f_3 \cdot f_4}{\text{NTF}}$ P <sub>N</sub> = $\frac{P_n}{f_g}$													
Povrata temp. t <sub>1,2</sub> $f_3 = \frac{P_n}{f_g}$													
Sobna temp. t <sub>g</sub> $f_4 = \frac{P_n}{f_g}$													
Razlika temp. Δt <sub>0</sub> $\Delta t^* = 59,4 \text{ K} = 60 \text{ K za } 90/70/20 \text{ °C}$													
Člankasti radijator Cellični radijator DIN 4722 Plaćasti radijator Model N: 4 bar, 110°C Priklučak G 1/2													
Proizvod <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Odobrio <input type="checkbox"/>													

T-komad otpor protjecanju  $\zeta = \Theta$

T-komad s prilagođenim prolazom  $\tilde{\gamma} = 0$  i odvajanje-spajanje  $\tilde{\gamma} = 0$

### Razdjelnik $\zeta=0,5$

Sabirnik  $\zeta=1,0$

\*) STRÖMAX 4115

\*\*) AS-T-Ventil (2K)

Proračun grane toplovodnog sustava grijanja						Izvršilac:		Datum:		Projekt: .....							
.....						.....		Br.: .....		Strana: .....							
$t_v = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$ $t_r = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$ iz crteža mreže						Materijal cijevi .....						Proizvod .....					
						Pad tlaka						Ventil					
						Cijev DIN	Brzina	Pad tlaka		Otpori		Pad tlaka	Dif. tlak	Tip	DN	Podeš.	
HK	TS	P	rh	I	d	v	R	R . I	$\Sigma \zeta$	Z	R . I + Z	$\Delta p$			kv VE		
Nr.	Nr.	kW	kg/s	m	Zoll mm	m/s	Pa/m	Pa	- *)	Pa	Pa	Pa		Zoll mm			
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q		
*) vidi H 106																	

JAUSCHOWETZ © Copyright, Graz 1985, 1987

Prodaja: Fa. Desch-Drexler, 7423 Pinkafeld

Br. H 105

Dipl. ing. str. Rudolf JAUSCHOWETZ,  
Sva autorska prava pridržana, posebno  
pravo kopiranja i umnožavanja.

JEDNOCIJEVNI SUSTAV

Datum: ..... Projekt: .....

..... Br.: .....

Odgovorna osoba: .....

$P_n$	W	1	2	3	4	5	6	7	$V_{ges}$
$t_i$	°C								
$V_{HK}$									$\frac{1}{S}$
$V_{HK}$									%
$t_1$		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	°C
$t_m$		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	°C
$t_2$		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	°C
$\vartheta_v = \dots$	°C								
$\vartheta_R = \dots$	°C								
$\Delta\vartheta$									
$\Delta t_{HK}$									°C
$\Delta t_{ü}$									°C
$f_1$									
$P_{100}$									W

$P_{ges} = \dots$  kW

$P_{ges} = \dots$  kW

$P_n$	W	1	2	3	4	5	6	7	$V_{ges}$
$t_i$	°C								
$V_{HK}$									$\frac{1}{S}$
$V_{HK}$									%
$t_1$		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	°C
$t_m$		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	°C
$t_2$		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	°C
$\vartheta_v = \dots$	°C								
$\vartheta_R = \dots$	°C								
$\Delta\vartheta$									
$\Delta t_{HK}$									°C
$\Delta t_{ü}$									°C
$f_1$									
$P_{100}$									W

Oznaka	Naziv	Koeficijent otpora $\xi$	Oznaka	Naziv	Koeficijent otpora $\xi$
	Ogranak, pod pravim kutem Ogranak, odvajanje toka Ogranak, priključenje glavnog toka	$\xi_a$ 1,3 1,5 0,9 1,0		Valovita cijev za balansiranje	2,0
	Ogranak, odvajanje od glavnog toka	$\xi_2$ 0,35 0		Čahura	0
	Ogranak, priključenje glavnom toku	$\xi_1$ 0,6 0,5		Ventili prolazni	DN 15 10 DN 20 8,5 DN 25 4 DN 32 6 DN 40 ... 80 5 DN 100 5,4 DN 200 6,3 DN 300 7 DN 400 7,7
	Ogranak, spajanje glavnog i sporednog toka	$\xi_a$ 3,0		Protočni s kosim sjedalom	DN 15 3,5 DN 20 2,5 DN 25 ... 50 2,0
	Ogranak, rađvanje glavnog i sporednog toka	$\xi_a$ 3,0		Ventil punog i slobodnog protoka	DN 15 2 DN 20 ... 25 1,5 DN 32 ... 50 1 DN 65 ... 80 0,7 $\geq$ DN 100 0,6
	Razdjelnik Sabirnik	$\zeta_1 = 0,5$ $\zeta_1 = 1,0$		Kutni ventil	DN 15 4,0 DN 20 ... 40 2,0 DN 50 ... 80 3,5 DN 100 4,0 DN 200 5,0 DN 300 6,0
	Luk 90°, gladak	$r = d$ = 2d = 4d = 6d = 10d		Zasun	DN 10 ... 15 1,0 DN 20 ... 25 0,5 DN 32 ... 40 0,3 $\geq$ DN 50 0,3
	Luk 90°, hrapav	$r = d$ = 2d = 4d = 6d = 10d		Slavina	DN 10 ... 15 1,5 $\geq$ DN 20 1,0
	Koljeno pod kutem $\beta$	$\beta = 90^\circ$ = 60° = 45°		Nepovratni ventil	DN 15 ... 20 15 DN 25 ... 50 13 DN 100 8 DN 200 5
	Proširenje, postepeno kut $\beta$	$\beta = 10^\circ$ = 20° = 30° = 40°		Nepovratni ventil	DN 50 1,5 DN 100 1,2 DN 200 1,0
	Proširenje, naglo	$\zeta_1 = 0,20$		Nepovratni ventil (ZOPT)	DN 25 ... 40 2,5 DN 50 1,9
	Suženje, postepeno	$\zeta_1 = (1 - \frac{A_1}{A_2})^2$		Nepovratni ventil sa zatvaranjem	DN 20 4,6 DN 25 ... 50 3,6
	$\beta = 30^\circ$ = 45° = 60° kut $\beta$	$\zeta_1 = 0,02$ = 0,04 = 0,07		Separator vlage iz zraka Ulaz normalan Ulaz tangencijalan	3,0 5 ... 8
	Suženje, naglo sa oštrim rubovima sa blagim prijelazom	$\zeta_1 = 0,5$ $\zeta_2 = 0,38$		Separator ulja iz zraka Spremnik	3 ... 10
	Suženje, naglo na oštrim rubovima	$\zeta_1 = 0,25$			
	Suženje, sa blagim prijelazom	$\zeta_2 = 3,0$			
	Lira-luk, blago savijen	$\zeta_2 = 0,012$			
		0,75 1,5		Kotao Člankasti radijator	2,5 2,5 2,5

Čelična cijev $t = 1 \text{ K}$ R(Pa.m.)	DN10	15	20	25		32		40	50		Topla voda $t=80^\circ\text{C}$ 1) Toplinski učin u w pri $\Delta t_r = 1 \text{ K}$ 2) Protok vode u $\text{kg.s}^{-1}$ 3) Brzina vode w u $\text{m.s}^{-1}$
	3/8	1/2	3/4	1	38x2,6	1 1/4	44,5x2,6	1 1/2	57x2,9	63,5x2,9	
	D= 12,5mm	16	21,6	27,2	32,8	35,9	39,3	41,8	51,2	57,7	
6 1) P 2) m 3) w	27 6,0E <sup>-3</sup> .05	53 .013 .06	122 .029 .08	229 .055 .1	381 .091 .11	488 .116 .12	623 .149 .13	737 .176 .13	1274 .304 .15	1759 .419 .16	
8	32 8,0E <sup>-3</sup> .06	63 .015 .08	144 .034 .1	269 .064 .11	448 .107 .13	573 .136 .14	732 .174 .15	864 .206 .15	1494 .356 .18	2061 .491 .19	
10	36 9,0E <sup>-3</sup> .07	106 .025 .13	240 .057 .16	449 .107 .19	745 .178 .22	951 .227 .23	1213 .289 .25	1431 .341 .26	2466 .588 .29	3395 .809 .32	
20	54 .013 .11	106 .025 .13	240 .057 .16	449 .107 .19	745 .178 .22	951 .227 .23	1213 .289 .25	1431 .341 .26	2466 .588 .29	3395 .809 .32	
30	68 .016 .14	133 .032 .16	301 .072 .2	562 .134 .24	930 .222 .27	1186 .283 .29	1512 .36 .31	1784 .425 .32	3070 .732 .37	4224 .1,007 .4	
40	80 .019 .16	156 .037 .19	353 .084 .24	658 .157 .28	1088 .259 .32	1386 .33 .34	1767 .421 .36	2084 .497 .37	3583 .854 .43	4928 .1,174 .46	
50	90 .022 .18	177 .042 .22	399 .095 .27	743 .177 .31	1228 .293 .36	1564 .373 .38	1993 .475 .4	2350 .56 .42	4037 .962 .48	5550 .1,323 .52	
60	100 .024 .2	196 .047 .24	441 .105 .29	820 .195 .35	1355 .323 .39	1725 .411 .42	2197 .524 .44	2591 .617 .46	4449 .1,06 .53	6114 .1,457 .57	
70	109 .026 .22	213 .051 .26	479 .114 .32	891 .212 .38	1472 .351 .43	1874 .447 .45	2386 .569 .48	2813 .67 .5	4829 .1,151 .58	6635 .1,581 .62	
80	117 .028 .23	229 .055 .28	515 .423 .34	958 .228 .4	1581 .377 .46	2013 .48 .49	2562 .611 .52	3020 .72 .54	5183 .1,235 .62	7120 .1,697 .67	
90	125 .03 .25	244 .058 .3	549 .131 .37	1020 .243 .43	1684 .401 .49	2143 .511 .52	2728 .65 .55	3216 .766 .57	5516 .1,314 .66	7576 .1,805 .71	
100	133 .032 .27	259 .062 .32	581 .139 .39	1079 .257 .46	1781 .424 .52	2267 .54 .55	2885 .688 .58	3400 .81 .61	5831 .1,39 .69	8008 .1,908 .75	
110	140 .033 .28	273 .065 .33	612 .146 .41	1136 .271 .48	1874 .447 .54	2385 .568 .58	3035 .723 .61	3576 .852 .64	6132 .1,461 .73	8419 .2,006 .79	
120	147 .035 .29	286 .068 .35	642 .153 .43	1190 .284 .5	1963 .468 .57	2497 .595 .6	3178 .757 .64	3745 .892 .67	6419 .1,53 .76	8813 .2,1 .83	
130	153 .037 .31	299 .071 .36	670 .16 .45	1242 .296 .52	2048 .488 .59	2605 .621 .63	3315 .79 .67	3906 .931 .7	6695 .1,595 .8	9190 .2,19 .86	
140	160 .036 .32	311 .074 .38	697 .166 .47	1292 .308 .55	2130 .508 .62	2710 .646 .66	3448 .822 .7	4062 .968 .73	6960 .1,659 .83	9554 .2,277 .9	
150	166 .039 .33	323 .077 .39	723 .172 .48	1340 .319 .57	2209 .526 .64	2810 .67 .68	3575 .852 .72	4212 .1,004 .75	7217 .1,72 .86	9905 .2,36 .93	
160	172 .041 .34	334 .08 .41	749 .178 .5	1387 .331 .59	2286 .545 .66	2908 .693 .7	3699 .881 .75	4358 .1,038 .78	7465 .1,779 .89	10245 .2,441 .96	
170	177 .042 .35	345 .082 .42	773 .184 .52	1433 .341 .6	2361 .563 .69	3002 .715 .73	3819 .91 .77	4499 .1,072 .8	7706 .1,836 .92	10574 .2,52 .99	
180	183 .044 .37	356 .085 .43	797 .19 .53	1477 .352 .62	2433 .58 .71	3094 .737 .75	3935 .938 .8	4636 .1,105 .83	7939 .1,892 .95	10894 .2,596 .1,02	
190	188 .045 .38	367 .087 .45	820 .196 .55	1520 .362 .64	2503 .597 .73	3183 .759 .77	4049 .965 .82	4769 .1,137 .85	8167 .1,946 .97	10245 .2,441 .1,05	
200	194 .046 .39	377 .09 .46	543 .201 .56	1561 .372 .66	2572 .613 .75	3270 .779 .79	4159 .991 .84	4899 .1,168 .88	8388 .1,999 .88	11509 .2,743 .1,08	
220	204 .049 .41	397 .095 .48	887 .211 .59	1642 .391 .69	2704 .644 .78	3438 .819 .83	4372 .1,042 .88	5150 .1,227 .92	8816 .2,101 .1,05	12094 .2,882 .1,13	
240	214 .051 .43	415 .099 .51	929 .221 .62	1719 .41 .73	2831 .675 .82	3599 .858 .87	4576 .1,091 .93	5390 .1,284 .96	9224 .2,198 .1,1	12653 .3,015 .1,19	
260	223 .053 .45	434 .103 .53	969 .231 .65	1794 .427 .76	2952 .703 .86	3753 .894 .91	4772 .1,137 .96	5620 .1,339 .1	9616 .2,292 .1,15	13190 .3,143 .1,24	
280	232 .055 .46	451 .108 .55	1008 .24 .67	1865 .444 .79	3069 .731 .89	3901 .93 .95	4960 .1,182 .1	5841 .1,392 .1,04	9994 .2,382 .1,04	13706 .3,266 .1,29	
300	241 .057 .48	468 .112 .57	1046 .249 .7	1934 .461 .82	3182 .758 .92	4045 .964 .98	5142 .1,225 .1,04	6055 .1,443 .1,08	10358 .2,468 .1,23	14205 .30385 .1,33	
400	281 .067 .56	545 .13 .67	1217 .29 .81	2249 .536 .95	3698 .881 .1,07	4699 .1,12 .1,14	5972 .1,423 .1,21	7032 .1,676 .1,26	12022 .2,865 .1,43	16482 .3,928 .1,55	
500	317 .075 .63	614 .146 .75	1368 .326 .92	2527 .602 .1,07	4153 .99 .1,21	5276 .1,257 .1,28	6705 .1,598 .1,36	7893 .1,881 .1,41	13490 .3,215 .1,61	18490 .4,406 .1,73	
600	349 .083 .7	676 .161 .82	1505 .359 .1,01	2778 .662 .1,17	4565 .1,088 .1,32	5799 .1,756 .1,4	7368 .2,067 .1,49	8673 .2,057 .1,55	14818 .3,531 .1,76	20307 .4,839 .1,9	
700	378 .09 .76	733 .175 .89	1631 .389 .1,09	3010 .717 .1,27	4944 .1,178 .1,43	6280 .1,496 .1,52	7978 .1,901 .1,61	9390 .2,238 .1,68	16040 .3,822 .1,91	21979 .5,237 .2,06	

TABLICA trenja u srednje teškim navojnim cijevima i besavne cijevi

**HERZ** ®



Topla voda  
 Protok vode u kg.s<sup>-1</sup>  
 Brzina vode u m.s<sup>-1</sup>

Čelična cijev t= 1 K R(Pa.m.)	DN 65		80	(R 3)	100	(R 4)	125	(R 5)	150	(175)
	70x2,9	76,1x2,9	82,5x3,2	88,9x3,2	108x3,6	114,3x3,6	133x4	139,7x4	159x4,5	191x5,4
	D= 64,2mm	70,3	76,1	82,5	100,8	107,1	125	131,7	150	180,2
6 1) P 2) m 3) w	2344 .559 .18	2991 .713 .19	3700 .882 .2	4594 1,095 .21	7849 1,871 .24	9228 2,199 .25	13933 3,32 .28	16011 3,815 .29	22629 5,393 .31	36823 8,775 .35
8	2745 .654 .21	3501 .834 .22	4330 1,032 .23	5374 1,281 .25	9174 2,186 .28	10783 2,57 .29	16271 3,877 .33	18094 4,455 .34	26409 6,293 .37	42945 10,234 .41
10	3101 .739 .23	3954 .942 .25	4888 1,165 .26	6066 1,445 .28	10349 2,466 .32	12162 2,898 .33	18343 4,371 .37	21071 5,021 .38	29756 7,091 .41	48364 11,525 .47
20	4516 1,076 .34	5753 1,371 .36	7107 1,694 .38	8811 2,1 .4	15005 3,576 .46	17624 4,2 .48	26545 6,326 .53	30479 7,263 .55	42995 10,246 .6	69782 16,629 .67
30	5615 1,338 .43	7150 1,704 .45	8828 2,104 .48	10940 2,607 .5	18611 4,435 .57	21853 5,208 .59	32890 7,838 .66	37756 8,997 .68	53230 12,685 .74	86325 20,571 .83
40	6547 1,56 .5	8334 1,986 .53	10287 2,451 .55	12744 3,037 .58	21666 5,163 .67	25435 6,061 .69	38262 9,118 .76	43915 10,465 .79	61890 14,748 .86	100317 23,905 .96
50	7372 1,757 .56	9381 2,235 .59	11577 2,759 .62	14339 3,417 .66	24366 5,506 .75	28600 6,815 .78	43007 10,249 .86	49356 11,761 .89	69537 16,57 .96	112669 26,849 .1,08
60	8119 1,935 .62	10330 2,462 .65	12746 3,037 .69	15785 3,762 .72	26811 6,389 .82	31466 7,498 .86	47305 11,273 .95	54283 12,935 .98	76461 18,221 .1,06	123852 29,514 .1,19
70	8808 2,099 .67	11205 2,67 .71	13823 3,294 .75	17117 4,079 .79	29064 6,926 .89	34107 8,128 .93	51262 12,216 .93	58819 14,017 .93	82836 19,74 .1,15	134145 31,967 .1,29
80	9451 2,252 .72	12020 2,864 .76	14828 3,533 .8	18358 4,375 .84	31163 7,426 .96	36567 8,714 1	54949 13,094 1,1	63046 15,024 1,13	88775 21,155 1,23	143734 34,252 .1,38
90	10055 2,396 .76	12787 3,047 .81	15772 3,758 .85	19526 4,653 .9	33137 7,896 .92	38880 9,265 .96	58415 13,92 .97	57019 15,971 .98	94358 22,485 .1,31	152764 36,3 .4,7
100	10627 2,532 .8	13513 3,22 .85	16666 3,971 .9	20631 4,916 .95	35005 8,342 .95	41070 9,787 1,12	61696 14,702 1,12	70780 16,867 1,23	99641 23,744 .1,38	161274 38,431 .1,55
110	11171 2,662 .85	14205 3,385 .9	17517 4,174 .94	21682 5,167 .99	36783 8,765 .99	43154 10,283 1,13	64818 15,446 1,17	74358 17,719 1,3	104668 24,942 .4,5	169388 40,365 .1,63
120	11692 2,786 .89	14866 3,542 .94	18331 4,368 .99	22688 5,407 1,04	38483 9,17 1,18	45146 10,758 1,23	67802 16,157 1,35	77779 18,535 1,4	109473 26,087 .52	177144 42,213 .1,7
130	12192 2,905 .92	15500 3,694 .98	19112 4,554 1,03	23653 5,637 1,09	40114 9,559 1,23	47057 11,214 1,41	70666 16,84 1,41	81061 19,317 1,46	114084 27,186 .58	184586 43,986 .1,77
140	12673 3,02 .96	16111 3,839 1,02	19864 4,734 1,07	24583 5,858 1,13	41684 9,933 1,28	48 11,652 1,33	73423 17,496 1,47	84221 20,07 1,52	118522 28,244 .64	191748 45,693 .84
150	13138 3,131 1	16700 3,98 1,06	20590 4,906 1,11	25480 6,072 1,17	43200 10,294 1,33	50674 12,075 1,38	76083 18,13 1,52	87270 20,796 1,57	122805 29,264 .7	198660 47,34 .91
160	13588 3,238 1,03	17271 4,116 1,09	21292 5,074 1,15	26347 6,279 1,21	44666 10,644 1,37	52392 12,485 1,43	78657 18,744 1,57	90220 21,499 1,62	126949 30,252 .76	205347 48,934 .1,97
170	14023 3,342 1,06	17824 4,247 1,13	21973 5,236 1,18	27189 6,479 1,25	46088 10,983 1,42	54058 12,882 1,47	81152 19,339 1,62	93080 22,181 1,68	130966 31,209 .82	211829 50,479 .2,04
180	14447 3,443 1,09	18361 4,375 1,16	22634 5,394 1,22	28006 6,674 1,28	47469 11,312 1,45	55676 13,268 1,52	83576 19,916 1,67	95858 22,843 1,73	134867 32,139 .87	218124 51,979 .2,1
190	14859 3,541 1,13	18884 4,5 1,19	23278 5,547 1,25	28801 6,863 1,32	48812 11,532 1,5	57250 13,643 1,56	85934 20,478 1,72	98560 23,487 1,77	138662 33,043 1,92	224248 53,438 .2,16
200	15260 3,637 1,16	19393 4,621 1,23	23905 5,697 1,29	29576 7,048 1,36	50121 11,944 1,54	58784 14,008 1,6	88230 21,025 1,76	101193 24,114 1,76	142359 33,924 .98	230200 54,859 .2,21
220	16035 3,821 1,21	20376 4,855 1,29	25114 5,985 1,35	31070 7,404 1,43	52644 12,345 1,62	61741 14,713 1,68	92659 22,08 1,85	106268 25,323 1,91	149487 35,623 .2,07	241714 57,6 .2,32
240	16775 3,997 1,27	21315 5,079 1,35	26270 6,26 1,42	32498 7,744 1,49	55056 13,12 1,69	64567 15,386 1,76	96891 23,089 1,94	111119 26,479 2	156300 37,246 .2,17	252706 60,219 .2,43
260	17485 4,167 1,32	22215 5,294 1,4	27379 6,524 1,48	33868 8,071 1,55	57370 13,671 1,76	67279 16,032 1,83	100952 24,057 2,02	115773 27,588 2,08	162835 38,803 .2,26	263250 62,732 .2,53
280	18168 4,329 1,38	23083 5,501 1,46	28446 6,779 1,53	35187 8,385 1,61	59598 14,202 1,83	59889 16,654 1,9	104860 24,988 2,1	120251 28,656 2,16	169125 40,302 .2,35	273397 65,15 .2,63
300	18828 4,487 1,43	23920 5,7 1,51	29476 7,024 1,59	36459 8,688 1,67	61747 14,714 1,9	72407 17,255 1,97	108632 25,887 2,17	124574 29,686 2,24	175194 41,749 .2,43	283189 67,484 .2,72
400	21841 5,205 1,43	27741 6,611 1,75	34180 8,145 1,84	42270 10,073 1,94	71560 17,053 2,2	83904 19,994 2,28	125846 29,989 2,51	144302 34,387 2,6	202897 48,35 2,82	327879 78,133 .3,15
500	24497 5,838 1,86	31111 7,414 1,97	38327 9,133 2,07	47393 11,294 2,17	80210 19,114 2,46	94039 22,409 2,56	141020 33,605 2,82	161691 38,531 2,91	227314 54,169 .3,15	367266 37,519 .3,53
600	26901 6,41 2,04	34159 8,14 2,06	42078 10,027 2,27	52027 12,398 2,39	88034 20,978 2,71	103206 24,594 2,81	154743 36,875 3,09	177418 42,278 3,19	249395 59,43 3,46	402883 96,006 .3,87
700	29112 6,937 2,21	36964 8,808 2,34	45529 10,849 2,45	56289 13,414 2,58	95321 22,693 2,93	111638 26,603 3,04	167366 39,883 3,34	191883 45,725 3,45	269705 64,27 3,74	435642 103,813 .4,19

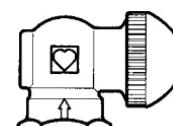
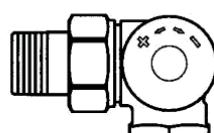
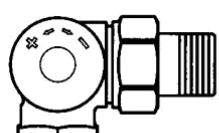
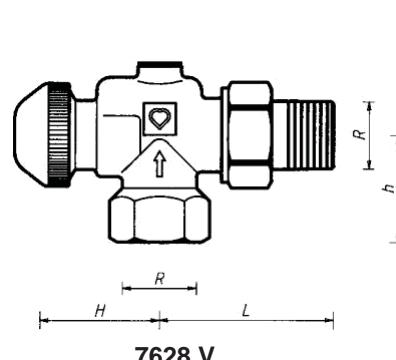
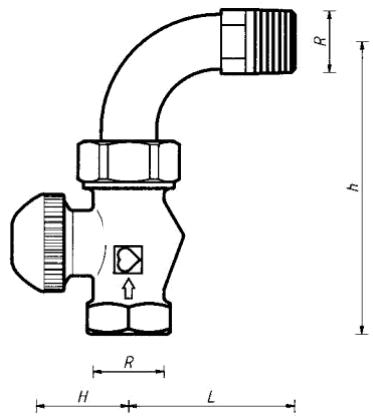
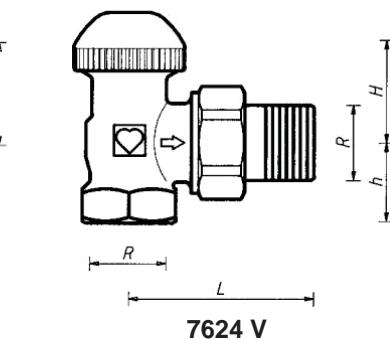
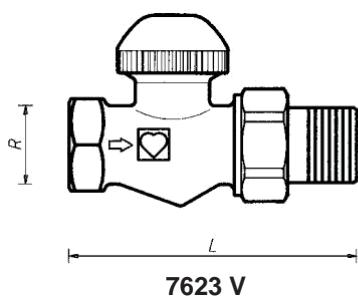
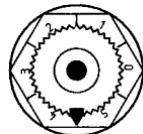
Tablica trenja u besavnim cijevima

# HERZ TS 98 V

## Termostatski ventil s odčitljivim prednamještanjem

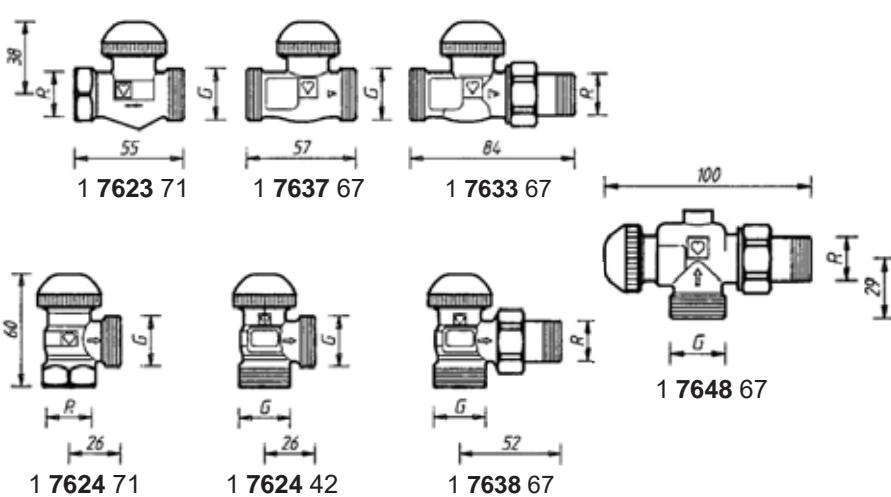
Tehnički list TS 98 V

- HERZ TS 98 V  
Pogled odozgo



- Posebne izvedbe

R=R1/2  
G=G3/4



Ugradbene mjere u mm za standardne serije EN 215 T 2 HD 1215

Br. art.	Oznaka	DN	R	Ø	L	H	h	Narudžbeni broj
7623 V	Ugradbena grupa „F“ ravni ventil	10	3/8	12	75	27	–	1 7623 65
		15	1/2	1	83	27	–	1 7623 67
		20	3/4	18	98	27	–	1 7623 69
7624 V	Ugradbena grupa „F“ kutni ventil	10	3/8	12	49	27	20	1 7624 65
		15	1/2	15	54	23	23	1 7624 67
7623 VD + 6249	EN 215 "F" ravni ventil s lukom	10	3/8	12	40	27	84	Ventil i luk zasebno se naručuju
		15	1/2	15	54	27	94	
7628 V	Kutni specijalne izvedbe	10	3/8	12	49	35	27	1 7628 65
		15	1/2	15	55	35	29	1 7628 67
7658 V	"AB"	15	1/2	15	53	26	31	1 7658 67
7659 V	"CD"	15	1/2	15	53	26	31	1 7659 67
7623 VD	Ugradbena grupa „D“ ravni ventil	10	3/8	12	85	27	–	1 7623 66
		15	1/2	15	95	27	–	1 7623 68
7624 VD	Ugradbena grupa „D“ kutni ventil	10	3/8	12	52	27	22	1 7624 66
		15	1/2	15	58	23	26	1 7624 68
7623 VD + 6249	EN 215 "D" ravni ventil s lukom	10	3/8	12	40	27	94	Ventil i luk zasebno se naručuju
		15	1/2	15	54	27	107	
		20	3/4	122	60	37	122	

 Izvedba

Svi se modeli isporučuju u ponikloj izvedbi s narančastom navojnom kapom.

Univerzalni modeli sa specijalnim kolčakom za cijevni navoj i priključak steznim kompletom:

HERZ TS 98 V	7623 V	3/8-1/2	Ravni ventil, ugradbena grupa "F"
	7624 V	3/8-1/2	Kutni ventil, ugradbena grupa "F"
	7628 V	3/8-1/2	Kutni specijalne izvedbe
			3-osni ventil „AB“, ogrjevno tijelo desno od ventila u polazu
HERZ 3 D V	7658 V	1/2	isto, „CD“, ogrjevno tijelo lijevo
	7659 V	1/2	

**HERZ TS 98 Posebne izvedbe**

HERZ TS 98 V, ventili posebne izvedbe, dimenzije 1/2

1 7633 67 Ravna izvedba, priključak ogrjevnog tijela konusno brtvljen, priključak cijevi vanjski navoj G 3/4

1 7638 67 Kutna izvedba, priključak ogrjevnog tijela konusno brtvljen, priključak cijevi, vanjski navoj G 3/4

1 7648 67 Kutna izvedba, specijalna, priključak ogrjevnog tijela konusno brtvljen, priključak cijevi, vanjski navoj G 3/4

**Ostale izvedbe**

**HERZ TS 90** Ventili bez prednamještanja

**HERZ TS 90 E** Ventili sa smanjenim otporom za 1-cijevne sustave

**HERZ TS E** Ventili s maks. protokom za jednocijevne sustave

**HERZ TS 90 V** Ventili s pokrivenim prednamještanjem

**HERZ TS 90 kv** Ventili s fiksnom kv rijednosti za daljinska grijanja

**HERZ TS 99 FV** Ventili za najfiniju regulaciju s očitljivim prednamještanjem

Za ove verzije dostupni su zasebni tehnički listovi

**Podaci za HERZ-ove stezne komplete**

Maks. radna temperatura 120 °C

Maks. radni tlak 10 bar

Kvaliteta ogrjevne vode prema ÖNORM H 5195 ili VDI smjernici 2035.

Kada se koriste HERZ-ovi stezni kompleti za bakarne i čelične cijevi, moraju se poštivati

dopuštene temperature i tlakovi u skladu s EN 1254-2: 1998 prema tablici 5. Za spojeve za plastične cijevi maks. radna temperatura 80 ° C i maks. radni tlak 4 bara, ako ih je odobrio proizvođač cijevi

**Područje uporabe**

Sustavi grijanja vode u kojima hidrauličko uravnoteženje pomoću povratnih ventila nije moguće ili nije poželjno.

**Priključak ogrjevnog tijela**

Priključak čelične cijevi 6210 s konusnim brtvljenjem, montiran.

Preporučuje se upotreba HERZ-ovog ključa za montažu 6680.

**Druge mogućnosti priključaka**

Narudžbeni brojevi nalaze se u HERZ-ovom prodajnom programu.

Može se koristiti umjesto priključka ogrjevnog tijela i vanjskog navoja G 3/4:

6210	1/2	Priključak na čeličnu cijev duljine 26 ili 35 mm.
6211	1/2	Redukcijski priključak, 1/2 x 3/8.
6213	3/8	Redukcijski priključak, 3/8 x 1/2.
6218	3/8-1/2	Dugački navojni priključak bez matice može se skratiti za izjednačavanje ugradbenih mjera Ugradbena duljina 3/8 x 40; 1/2 x 39, 42 odn. 76 mm.
6218	1/2	Navojni priključak bez matice, ugradbena duljina 36,48 odn 76mm
6235	3/8-1/2	Lemljeni spoj, 3/8 x 12; 1/2 x 12, 15 odn. 18 mm.
6249	3/8-1/2	Čelično koljeno bez matice, konusno brtvljenje.
6274	G 3/4	Stezni komplet za bakarne i tankostijene čelične cijevi, za vanjske promjere cijevi 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18 mm.
6276	G 3/4	Stezni komplet za bakarne i tankostijene čelične cijevi, za vanjske promjere cijevi 12, 14, 15, 16 und 18 mm.
6098	G 3/4	Stezni komplet za PE-X-, PB- i plastične višeslojne cijevi. Može se koristiti na strani kolčaka ventila:
6219	1/2	Redukcijski kolčak, žuta izvedba, za spoj cijev/ventil, unutarnji navoj (cijev) x vanjski navoj (ventil), 1 x 1/2, 1 1/4 x 1/2.
6066	M 22 x 1,5	Cijevni priključak za PE-X-, PB i alu-višeslojne cijevi, s adapterom 1 6272 01 (R 1/2 x M 22 x 1,5).
6098	G 3/4	Cijevni priključak za PE-X-, PB i alu-višeslojne cijevi, s adapterom 1 6266 01 (R 1/2 x G 3/4).

Dimenzije cijevi za priključke plastičnih cijevi prikazane su u HERZ-ovom prodajnom programu.

**Univerzalni modeli cijevnih priključaka**

Univerzalni modeli opremljeni su posebnim kolčakom. Pomoću steznog kompleta mogu se spojiti navojna cijev, kalibrirana mekočelična ili bakarna cijev. Stezni komplet naručuje se posebno. Za ventile R = 1/2 za cijevi vanjskih promjera od 10, 12, 14, 16 i 18 mm, koristi se adapter br. 6272 između ventila i steznog kompleta.

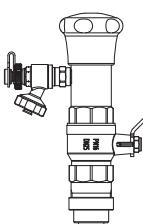
Cijev Ø D mm	12	10	12	14	15	16	18
Ventil R =	3/8			1/2			
Adapter nar.br.	-	1 6272 01	1 6272 01	1 6272 01	-	1 6272 01	1 6272 11
Stezni komplet nar.br.	1 6292 00	1 6284 00	1 6284 01	1 6284 03	1 6292 01	1 6284 05	1 6289 01

Za montažu mekočeličnih ili bakarnih cijevi steznim kompletom, preporučujemo upotrebu potpornih čahura. Za besprijeckornu montažu steznog kompleta, navoj vijka ili maticе steznog prstena i sam stezni prsten moraju biti podmazani silikonskim uljem. Istimemo naše upute za montažu.

**Funkcija prednamještanja**

Prednamještanje se obavlja prigušnim vretenom koje je smješteno u ventilu u području brtvljenja. Prigušno vreteno se podešava kontinuirano izvana. Ne utječe na radni hod vretena ventila. Prednamještanje se može obaviti ručno pomoću narančastog prstena. Oznaka na prstenu za prednamještanje postavlja se na određeni broj na skali na gornjem dijelu, a koji je određen proračunom ili HERZ-ovim dijagramom. Kao pomoćno sredstvo za podešavanje HERZ-a TS 98 V služi ključ za podešavanje (1 6819 98). Može se nataknuti na ozubljenje prstena za prednamještanje.

**HERZ TS 90 Kompatibilnost, zamjena gornjeg dijela termostatskog ventila**

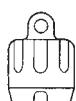


Ventili HERZ TS 90 dostupni su u 4 izvedbe koje se razlikuju u dizajnu gornjeg dijela

- HERZ TS 90 – Standardna izvedba
- HERZ TS 90 kv – Termostatski ventil s fiksnim kv vrijednostima
- HERZ TS 90 V – Termostatski ventil s pokrivenim prednamještanjem
- HERZ TS 98 V – Termostatski ventil s odčitljivim prednamještanjem

Ako se tijekom rada sustava pokaže da je zbog protoka kroz ogrjevno tijelo potrebna druga izvedba gornjeg dijela, gornji dio lako se može tijekom rada izmjeniti HERZ-ovim alatom Changefix. Brtva sjedišta ventila također se može očistiti. Tako se lako mogu ukloniti smetnje u radu- onečišćenja na radijatorskom termostatskom ventilu kao npr. nečistoće, ostaci varenja i lemljenja. Pri korištenju HERZ-ovog Changefix-a moraju se poštivati priložene upute za uporabu.

**Postupak podešavanja HERZ TS 98 V, ključ za podešavanje 1 6819 98**



1. Uklonite HERZ-ovu termostatsku glavu, ručni pogon ili navojnu kapu .
2. Postavite narančasti kapu za podešavanje (tvornički postavljen na 6 = 0 (360 ° otvoreno) ručno ili ključem za podešavanje (1 6819 98) okrećući u smjeru suprotnom od kazaljke na satu na željeni položaj prednamještanja 5-1.
3. Postavite HERZ-ovu termostatski glavu ili ručni pogon.

Postavljeni položaj sada je osiguran.

**Brtvljenje gornjeg dijela vretena HERZ TS 98 V**



Gornji dio vretena brtvljen je posebnom prstenastom brtvom, koja jamči maksimalno smanjenje održavanja i trajni nesmetan rad ventila. Ako se brtva vretena istroši, istodobno se zamjenjuje gornji dio ventila i eventualno oštećena brtva sjedišta. Nakon zamjene gornjeg dijela mora se ponovno postaviti prethodna prednamještenost.

1. Demontirati HERZ-ovu termostatsku glavu ili ručni pogon HERZ TS.
2. Odviti gornji dio ventila i zamijenite ga novim.

3. Ponovno montirati HERZ-ovu termostatsku glavu ili HERZ TS ručni pogon.

Gornji dio može se zamjeniti kad je sustav pod tlakom pomoću HERZ-ovog Changefix-a, pri čemu se moraju poštivati upute za uporabu HERZ-ove naprave. Narudžbeni broj gornjeg dijela HERZ-ovog ventila TS 98 V je 1 6367 98.

#### HERZ- nazivni hod termostatskog ventila



Navojna kapa koristi se za upravljanje tijekom gradnje (ispiranje vodova). Termostatski ventil počinje djelovati kada mu se skine navojna kapa i kada se na njega montira HERZ-ova termostatska glava. Pri tome instalaciju nije potrebno prazniti. Podešavanje nazivnog hoda pomoću navojne kape:

Na narovašenom obodu navojne kape nalaze se 2 oznake za podešavanje "+" i "-".

1. Ventil se zatvara zavrtanjem navojne kape u smjeru kazaljke na satu.

2. Na tijelu t. ventila označite mjesto nasuprot oznaci "+".

3. Navojnu kapu odvrnite suprotno kazaljci na satu tako da oznaka „-“ bude ispod označenog mesta.

#### HERZ-ov TS ručni pogon



Ako, iznimno, donji dio HERZ-ovog termostatskog ventila nije opremljen HERZ-ovom termostatskom glavom, ručni pogon HERZ TS postavlja se umjesto navojne kape.

Tijekom postavljanja moraju se poštivati priložene upute za montažu.

#### Ugradnja

Donji dio termostatskog ventila ugrađuje se na ulaz radijatora s protokom u smjeru strelice na kućištu. HERZ-ova termostatska glava treba biti što je više moguće u horizontalnom položaju. Time se osigurava optimalna kontrola temperature u prostoru s najmanjim mogućim smetnjama.

#### Upute za ugradnju

HERZ-ova termostatska glava nikada ne smije biti izložena izravnoj sunčevoj svjetlosti ili uređajima koji intenzivno odaju toplinu, npr. televizor. Ako je radijator natkriven (zavjese), stvara se zona akumulacije topline kojoj termostat ne može osjetiti sobnu temperaturu i stoga je ne može regulirati. U tim se slučajevima mora koristiti HERZ-ov termostat s daljinskim osjetnikom ili HERZ-ov termostat s daljinskim namještanjem.

Pojedinosti o HERZ-ovim termostatima mogu se naći u odgovarajućim tehničkim listovima.

#### Ljetna postavka

Na kraju sezone grijanja, potpuno otvorite termostat okretanjem u smjeru suprotnom od kazaljke na satu kako biste spriječili da se čestice prljavštine zalijepi za sjedište ventila.

#### Pribor ručni pogon

1 6680 00 HERZ-ov ključ za montažu priključaka

1 6819 98 HERZ-ov TS 98 V ključ za podešavanje

1 7780 00 HERZ-ov Changefix, naprava za zamjenu gornjeg dijela ventila

1 9102 80 HERZ-ov TS 90 ručni pogon, izvedba 9000 „dizajn“

#### Rezervni dio

1 6367 98 HERZ-ov TS 98 V gornji dio termostata

**HERZ-ov nomogram**

Art. br. 7623 V - 7723 V

**HERZ-ov TS 98 V**

Dim. DN 10 R = 3/8 • DN 15 R = 1/2

Odabir ventila  $[\Delta p]$  prema "VDMA smjernicama za projektiranje i hidrauličko uravnoteženje sustava grijanja s termostatskim radijatorskim ventilima".

Kv vrijednost →

Protok  $qm$  →

Pad tlaka  $\Delta p$  [kPa] ←

Položaj prednamještanja 6 odgovara broju 0 na oznakama gornjeg dijela

kv vrijednost

p-odstupanje [K] prednamještanje	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
1	0,05	0,11	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
2	0,13	0,25	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
3	0,14	0,26	0,38	0,42	0,44	0,44	0,45	0,45
4	0,14	0,27	0,39	0,50	0,54	0,55	0,56	0,57
5	0,15	0,28	0,40	0,53	0,66	0,70	0,72	0,73
6	0,15	0,28	0,41	0,56	0,70	0,76	0,80	0,81

## HERZ-ov RL 5

**Prigušni ventil prema DIN 3842 s 5 funkcija  
uvrnuti – zatvoriti – prednamjestiti – puniti – prazniti**

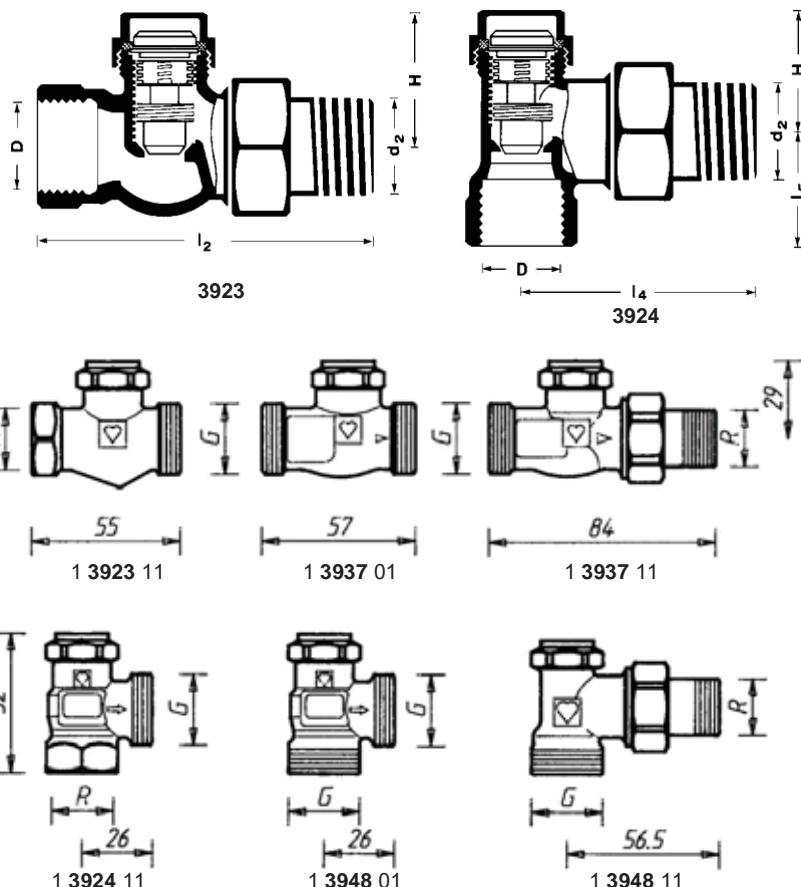
Tehnički list 3923/3924

Posebne izvedbe

R= R1/2

G= G3/4

**DIN**



Ugradbene mjere mm prema DIN 3842 – grupa 1,

Br. artikla	Izvedba	Priklučak D, d2	l2	l4	H	l5	Narudžbeni br.
3923	Ravni	3/8	75	–	30	–	1 3923 00
		1/2	81	–	30	–	1 3923 01
	DARE	3/4	92	–	30	–	1 3923 02
3924	Kutni	3/8	–	51	29	23	1 3924 00
		1/2	–	57	29	25	1 3924 01
		3/4	–	67	29	28	1 3924 02

Izvedba

Svi se modeli isporučuju u poniklanoj izvedbi. To su univerzalni modeli s posebnim kolčakom za navojnu cijev i stezni spoj.

HERZ-ov RL 5 posebne izvedbe

**HERZ-ov RL 5 ventili posebne izvedbe, dimenzije 1/2**

1 3923 11 Ravnji, univerzalni kolčak x vanjski navoj G 3/4, konusno brtvljenje

1 3937 01 Ravnji, 2 x vanjski navoj G 3/4, konusno brtvljenje

1 3937 11 Ravnji, priključak na ogrjevno tijelo konusno brtvljen, priključak cijevi vanjski navoj G 3/4

1 3924 11 Kutni, univerzalni kolčak x vanjski navoj G 3/4, konusno brtvljenje

1 3948 01 Kutni, 2 x vanjski navoj G 3/4, konusno brtvljenje

1 3948 11 Kutni, priključak na ogrjevno tijelo konusno brtvljen, priključak cijevi vanjski navoj G 3/4

#### Priklučak cijevi, univerzalni model

Univerzalni modeli opremljeni su posebnim kolčakom. Može se spojiti navojna cijev ili pomoću steznog kompleta kalibrirana mekočelična ili bakarna cijev. Stezni komplet naručuje se posebno.

Za ventile R = 1/2 za vanjske promjere cijevi 10, 12, 14, 16 i 18 mm, potreban je adapter art. 6272 između ventila i steznog kompleta.

Cijev ø D mm	12	10	12	14	15	16	18	18	
Ventil	R=	3/8	1/2					3/4	
Adapter	br. art.		1 6272 01	1 6272 01	1 6272 01		1 6272 01	1 6272 11	
Stezni komplet	br. art.	1 6292 00	1 6284 00	1 6284 01	1 6284 03	1 6292 01	1 6284 05	1 6289 01	1 6292 02

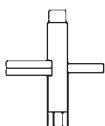
Za montažu mekočeličnih ili bakarnih cijevi steznim kompletom, preporučujemo upotrebu zaštitnih čahura. Za besprjekornu montažu steznog kompleta. Navoj steznog prstena, tj. matica i sam stezni prsten, moraju biti podmazani silikonskim uljem. Istimemo HERZ-ove upute za montažu.

#### Konstruktivne značajke

Zatvaranje i otvaranje vrši se vretenom ventila pomoću višenamjenskog ključa 1 6625 00. Otvaranje pladnja ventila može se ograničiti unutarnjim vretenom. To omogućava precizno prigušivanje. Ovo prigušenje koje je precizno postavljeno prema teničkom dijagramu, ostaje nepromijenjeno tijekom otvaranja i zatvaranja pladnja ventila.

#### Prednamještanje

##### 1 6625 00 višenamjenski ključ



1. Odvrtuti pokrovnu kapu.
2. Zatvoriti ventil višenamjenskim ključem (u smjeru kazaljke na satu, okretni moment maks. 6 Nm).
3. Okrenuti vijak za prednamještanje HERZ-ovim ključem 1 6639 01 ili odvijačem (3 mm) udesno do kraja. Polazeći od ovog položaja, okrećući u lijevo, postaviti potrebnu prednamještenost prema tehničkom dijagramu. Pri tome jedna rotacija predstavlja prednamještanje.

4. Višenamjenskim ključem otvoriti ventil do kraja (okrenuti u lijevo).

5. Zavrnuti pokrovnu kapu s brtvom (zakretni moment ili moment pritezanja 5–10 Nm).

**Pažnja:** HERZ-ov RL 5 ventil isporučuje se tvornički tako da su ventil i prednamještanje potpuno otvoreni. Vreteno za prednamještanje u ovom položaju, više se ne smije okretati u lijevo. Glava vijka ne smije viriti iz glavnog vretena!

#### Pražnjenje

##### Adapter za priključak crijeva 1 0256 01



Nakon skidanja pokrovne kape, zatvaranja HERZ-ovog RL 5 ventila (zakretni moment 5-8 Nm) pomoću višenamjenskog ključa i zatvaranja termostatskog ventila na polazu (polozaj termostatske glave "0"). Radijator se može isprazniti dok je sustav pod tlakom:

1. Adapter za priključak crijeva 1 0256 01 treba zavrnuti na HERZ-ov RL 5 ventil.
2. Spojiti crijevo R = 1/2. Kraj crijeva mora biti ispod razine radijatora. Dio adaptera za priključak crijeva može se okretati nakon otpuštanja četvrtaste matice. Ponovno je treba zategnuti nakon okretanja (5–10 Nm).
3. Staviti višenamjenski ključ na kvadratni nastavak. Utisnuti vreteno pritiskom na gornji dio u smjeru HERZ-ovog RL 5 ventila. Okretanjem na lijevo do kraja, prigušni ventil se otvara prema vani i započinje pražnjenje. Tijekom pražnjenja na radnjaku treba biti otvoren odzračni ventil.
4. Nakon pražnjenja zatvorti gornji dio (8-10 Nm) i demontirati priključni adapter crijeva. Navrnuti pokrovnu kapu s brtvom (5–10 Nm).
5. Radnjak se sada može demontirati.

#### Punjenje

Punjene radnjake vrši se obrnutim redoslijedom. Treba paziti da se ne prekorači najviši dopušteni radni tlak u instalaciji.

Radijator se može napuniti preko sustava grijanja otvaranjem vretena ventila.

#### Brtvljenje vretena

Ventil i vreteno za prednamještanje brtvljeni su O-prstenima. To osigurava lagan i dugotrajan rad bez održavanja, za zadane radne temperature.

#### Brtvljenje sjedišta

Brtvljenje sjedišta je metalno i stoga otporno na habanje.

### Zaštita

Zaštita od neovlaštenog pristupa je navojnom metalnom kapom s brtvom.

### Pribor

1 0256 01	Adapter za priključak crijeva
1 6206 01	Priključak crijeva
1 6625 00	Višenamjenski ključ
1 6639 01	Ključ za prednamještanje (odvijač s pokaznim rukavcem)
1 6680 00	Ključ za montažu

### Rezervni dio

1 6304 00	Zamjenski gornji dio s brtvom vretena
-----------	---------------------------------------

#### Radne karakteristike

##### HERZ-ov stezni komplet

Maks. radna temperatura 120 °C

Maks. radni tlak 10 bara

Kvaliteta vode prema ÖNORM H 5195 ili smjernicama VDI- 2035.

Kada se koristi HERZ-ov stezni komplet za bakarne i čelične cijevi, moraju se poštivati dopuštene temperature i tlakovi u skladu s EN 1254-2: 1998 prema tablici 5. Za spojeve plastičnih cijevi maks. radna temperatura 80 ° C i maks. radni tlak 4 bara, ukoliko ga je odobrio proizvođač cijevi.

### Područje uporabe

Sustavi toplovodnog grijanja.

Povrat iz radijatora može se zatvoriti ugradnjom prigušnog ventila. Ako se istodobno zatvori ventil na polazu (termostatski ventil u položaju "0"), radijator se može demontirati kada je sustav pod tlakom. Servisni radovi ili radovi na zidu iza radijatora (postavljanje tapeta ili pločica) mogu se izvoditi bez isključivanja ostatka sustava. Pomoću HERZ-ovog RL 5 ventila, količina vode koja prolazi kroz radijator može se precizno regulirati prema potrebnom učinu. To se posebno preporučuje pri ugradnji termostatskih ventila, jer je ograničavanjem količine vode u noćnom periodu u potpunosti učinkovito. Održava se hidraulička ravnoteža sustava. Radijator ili sustav mogu se napuniti ili isprazniti pomoću HERZ-ovog RL 5 ventila

### Priključak ogrjevnog tijela

Montirati konusno brtvljen priključak čeličnih cijevi 6210.

Preporučuje se uporaba HERZ-ovog ključa za montažu 6680.

### Druge mogućnosti spajanja

Narudžbeni brojevi nalaze se u HERZ-ovom prodajnom programu.

6210	1/2	Čelični cijevni priključak, ugradbena dužina 26 do 35 mm.
6211	1/2	Redukcija, 1/2 x 3/8.
6213	3/8	Redukcija, 3/8 x 1/2.
6218	3/8–3/4	Dugački navojni nastavak, bez matice, može se skratiti kako bi se prilagodila montaži Ugradbena dužina 3/8 x 40; 1/2 x 39, 42 ili 76; 3/4 x 70 mm.
6218	1/2	Navojni nastavak, bez matice, ugradbena dužina 36, 48 ili 76 mm.
6235	3/8–3/4	Priključak za lemljenje, 3/8 x 12; 1/2 x 12, 15 ili 18; 3/4 x 18 mm.
6249	3/8–3/4	Čelično koljeno za priključak, bez matice, konusno brtvljenje.
6274	G 3/4	Stezni komplet za bakarne i tankostjene čelične cijevi, za vanjske promjere cijevi 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18 mm.

Stezni komplet s mekom brtvom za bakarne i tankostjene čelične cijevi, posebno prikladan za tvrde cijevi od nehrđajućeg čelika i cijevi s tvrdim galvaniziranim površinama. Za vanjski promjer cijevi 12, 14, 15 mm

6098 G 3/4 Stezni komplet za PE-X-, PB- i plastične višeslojne cijevi.

Za priključak na ventil sa strane kolčaka:

6219 1/2–3/4 Redukcijski kolčak, žuta izvedba, za priključnu cijev / ventil, unutarnji navoj (cijev) x vanjski navoj (ventil), 1 x 1/2, 1 1/4 x 1/2, 1 x 3/4, 1 1/4 x 3/4.

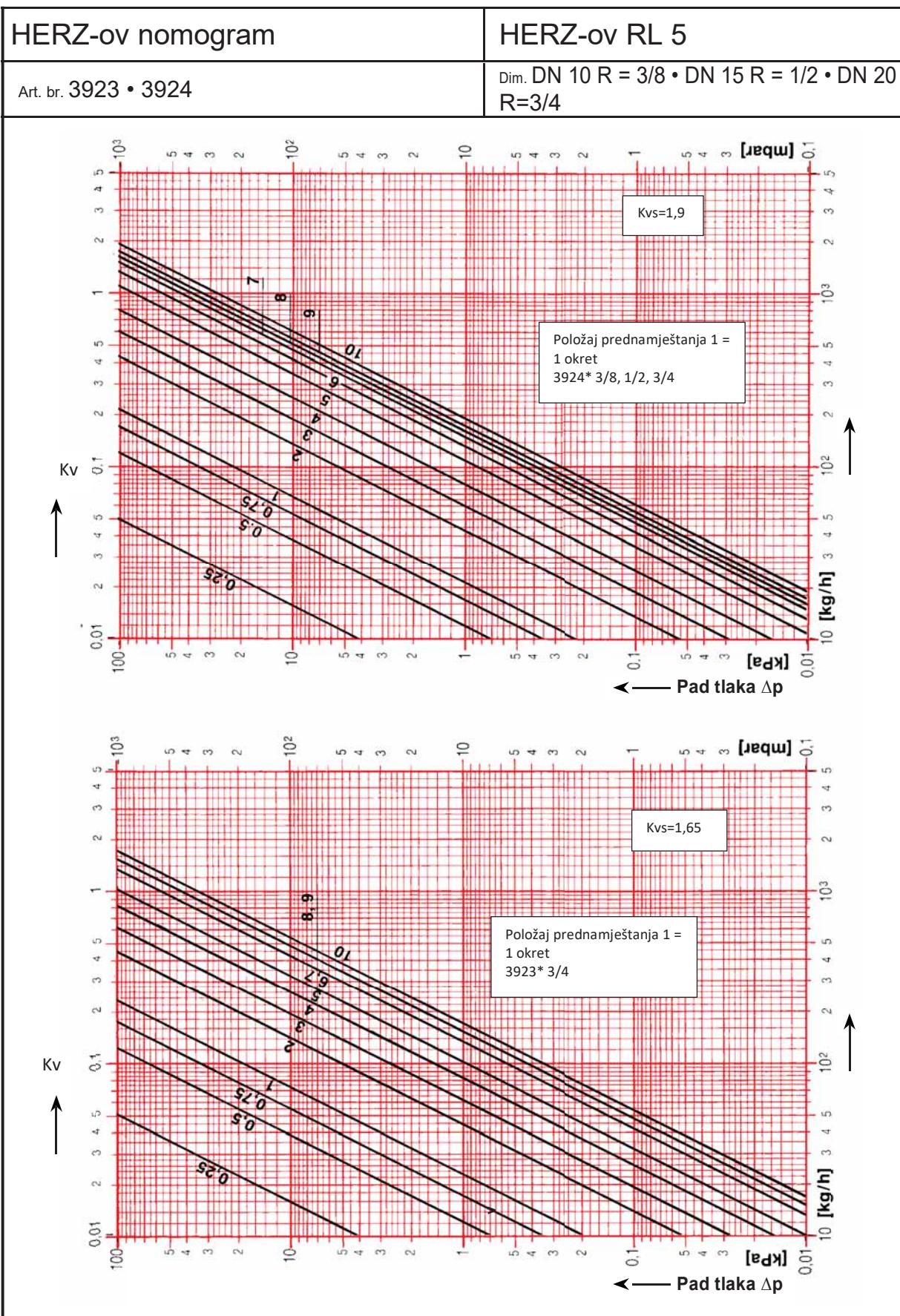
6066 M 22 x 1,5 Cijevni priključak za plastične cijevi PE-X-, PB- i plastične višeslojne cijevi, primjenjivo s adapterom 1 6272 01 (R 1/2 x M 22 x 1,5).

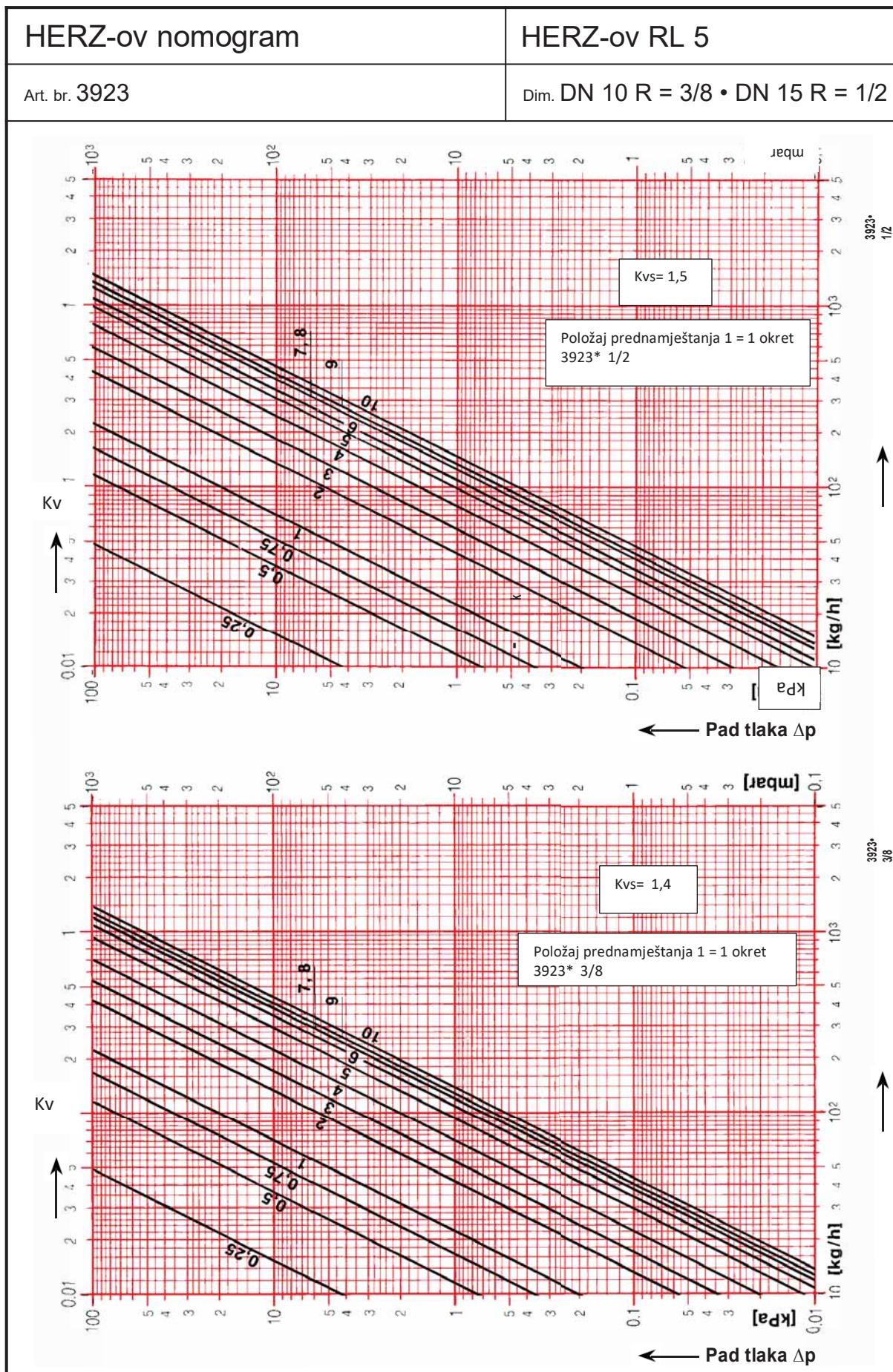
6098 G 3/4 Cijevni priključak za plastične cijevi PE-X-, PB- i plastične višeslojne cijevi, primjenjivo s adapterom 1 6266 01 (R 1/2 x G 3/4).

Dimenzije cijevi i priključci plastičnih cjevi prikazani su u HERZovom prodajnom programu.

**Tablica prednamještanja HERZ -ovog RL 5,**
 $\sqrt{K} \text{, } i \text{, } \text{Zeata vrijednosti}$ 

Ventil V	3923 - 3/8 DARE DN 10			3923 - 1/2 DARE DN 15			3923 - 3/4 DARE DN 20		
	kV	$\xi$	kV	$\xi$	kV	$\xi$	kV	$\xi$	
0,25	0,05	14 817	0,05	40 489	0,05	134 168			
0,5	0,12	2 572	0,12	7 029	0,12	23 293			
0,75	0,17	1 282	0,17	3 503	0,17	11 606			
1	0,23	700	0,23	1 914	0,23	6 341			
2	0,44	191	0,44	523	0,44	1 733			
3	0,55	123	0,6	281	0,6	932			
4	0,72	72	0,8	158	0,8	524			
5	0,95	41	1,0	101	1,0	335			
6	1,12	30	1,16	75	1,3	199			
7	1,19	26	1,26	65	1,34	187			
8	1,21	25	1,32	58	1,47	155			
9	1,27	23	1,38	53	1,55	140			
10	1,4	19	1,5	45	1,65	123			
Ventil V	3924 - 3/8 EARE DN 10			3924 - 1/2 EARE DN 15			3924 - 3/4 EARE DN 20		
	kV	$\xi$	kV	$\xi$	kV	$\xi$	kV	$\xi$	
0,25	0,05	14 817	0,05	40 489	0,05	134 168			
0,5	0,12	2 572	0,12	7 029	0,12	23 293			
0,75	0,17	1 282	0,17	3 503	0,17	11 606			
1	0,23	700	0,23	1 914	0,23	6 341			
2	0,44	191	0,44	523	0,44	1 733			
3	0,6	103	0,6	281	0,6	932			
4	0,8	58	0,8	158	0,8	524			
5	1,1	31	1,1	84	1,1	277			
6	1,3	22	1,3	60	1,3	199			
7	1,45	18	1,45	48	1,45	160			
8	1,6	15	1,6	40	1,6	131			
9	1,75	12	1,75	33	1,75	110			
10	1,9	10	1,9	28	1,9	93			



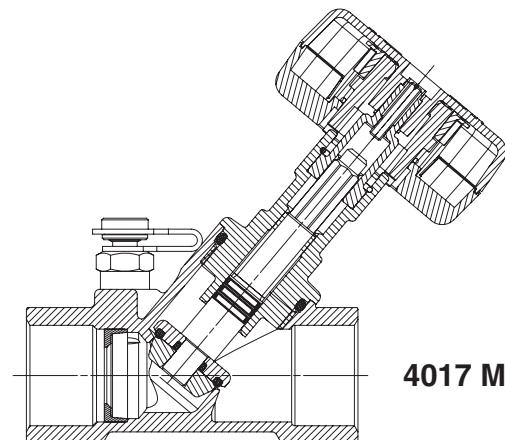
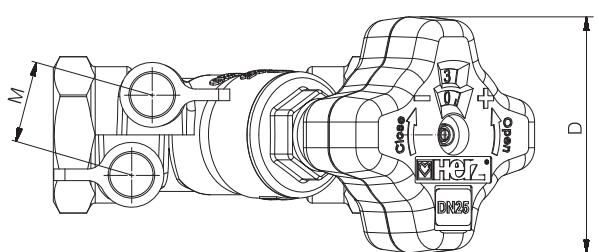
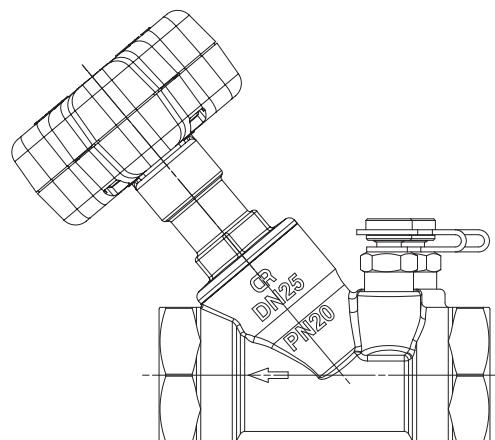
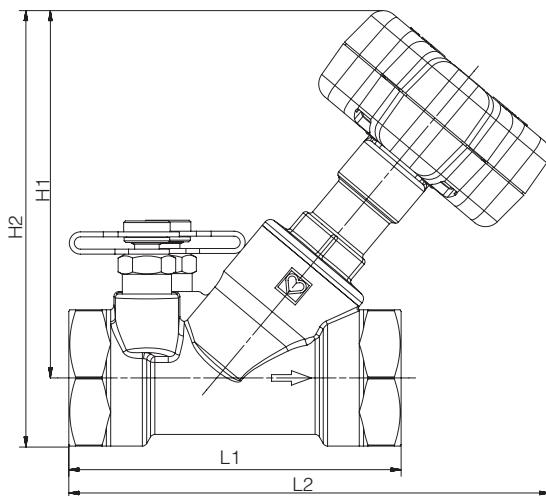


# HERZ-ov STRÖMAX 4017 M

**granski regulacijski ventil s mjernim zaslonom  
regulacijski ventil za instalacije hladne i tople vode u zgradama**

tehnički list za 4017

Dimenzije u mm



Br. art.	DN	L1	L2	H1	H2	M	D	K <sub>v</sub> ventila	K <sub>v</sub> zaslona
1 4017 11	1 4017 30	15 LF	83	129	96	109	25	70	0,46
1 4017 21	1 4017 39	15 MF	83	129	96	109	25	70	0,88
1 4017 01	1 4017 31	15	83	129	96	109	25	70	2,00
1 4017 02	1 4017 32	20	91	135	99	115	25	70	3,60
1 4017 03	1 4017 33	25	110	146	109	130	25	70	6,50
1 4017 04	1 4017 34	32	122	159	117	142	25	70	13,30
1 4017 05	1 4017 35	40	135	178	136	163	25	70	18,50
1 4017 06	1 4017 06	50	164	197	140	175	25	70	46,70

Br. art.	DN	L1	L2	H1	H2	M	D	K <sub>v</sub> ventila	
1 4017 61	1 4017 41	15	83	129	96	109	25	70	2,00
1 4017 62	1 4017 42	20	91	135	99	115	25	70	3,60
1 4017 63	1 4017 43	25	110	146	109	130	25	70	6,50
1 4017 64	1 4017 44	32	122	159	117	142	25	70	13,30
1 4017 65	1 4017 45	40	135	178	136	163	25	70	18,50
1 4017 06	1 4017 06	50	164	197	140	175	25	70	33,00

#### Izvedba

Regulacijski ventil s kosim sjedalom od mjedi. Svi metalni dijelovi koji dolaze u dodir s vodom izrađeni su od mjedi otporne na otcinčavanje. Gornji dio ima neuspinjuće vreteno.

**4017 M**  
1 4017 0x, 11, 21

STRMAX 4017 M, granski regulacijski ventil s mjernim zaslonom, za mjerjenje diferencijalnog tlaka s kosim sjedalom i mjernim priključcima. Izrađen od mjedi otporne na otcinčavanje, priključci s unutarnjim navojem, brtvljenje vretena dvostrukim O-prstenom, prednamještanje ograničenjem hoda, numerički prikaz prednamještanja na ručnom kolu.



**4017 ML**  
1 4017 3x

**STRÖMAX 4017 ML**, granski regulacijski ventil s mjernim zaslonom i priključkom za impulsni vod za mjerjenje diferencijalnog tlaka, s kosim sjedalom i mjernim priključcima

Izrađen od mjedi otporne na otcinčavanje, priključci s unutarnjim navojem, brtvljenje vretena dvostrukim O-prstenom, prednamještanje ograničenjem hoda, numerički prikaz prednamještanja na ručnom kolu.



**4017 R**  
1 4017 6x

STRÖMAX 4017 R, granski regulacijski ventil bez priključaka za mjerjenje. Izrađen od mjedi otporne na otcinčavanje, priključci s unutarnjim navojem, brtvljenje vretena dvostrukim O-prstenom, prednamještanje ograničenjem, numerički prikaz prednamještanja na ručnom kolu.



#### Područje primjene

Za zatvaranje i regulaciju sustava hladne i tople vode u zgradama ili za hidrauličko uravnoteženje opskrbnih vodova

#### Radni parametri

Ventil se zatvara zakretanjem u desno

Maks. radna temperatura 130 °C

Maks. radni tlak 20 bar

Maks. diferencijalni tlak na zatvorenom ventilu 10 bar

Kvaliteta tople vode sukladno ÖNORM H 5195 ili smjernicama VDI- 2035.

Kada se koriste HERZ-ovi stezni kompleti za bakarne i čelične cijevi, dopuštene vrijednosti temperature i tlaka

uzimaju se prema EN 1254-2; 1998. tablica 5.

Za spojeve plastičnih cijevi maksimalna radna temperatura je 95 ° C, maksimalni radni tlak 10 bara, pod uvjetom da

je to odobrio proizvođač cijevi.

Amonijak sadržan u konoplji oštećuje mjedena kućišta ventila. EPDM brtve nabreknu u dodiru s mineralnim uljima ili mazivima koja sadrže mineralno ulje. To dovodi do oštećenja EPDM brtvi. Za sredstva protiv smrzavanja i zaštitu od

korozije na bazi etilen i propilen glikola, treba uzeti podatke u dokumentaciji proizvođača.

### Konstrukcijske značajke

#### **Smjer strujanja**

Smjer protoka označen je strelicom na kućištu. Nisu potrebni posebni alati.

#### **Položaj ugradnje**

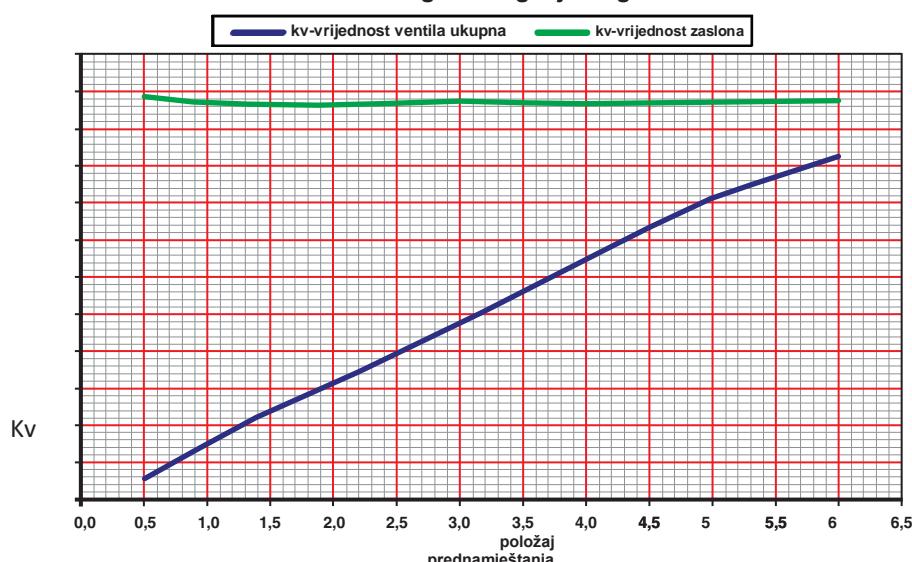
Svi položaji ugradnje

#### **Prednamještanje**

Položaj prigušnog pladnja jasno je čitljiv i numerički prikazan na čeonoj strani ručnog kola. Željeni položaj prednamještanja lako se postavlja i mijenja. Može se fiksirati pomoću unutarnjeg vretena. Prednamješteni granski regulacijski ventil može se zatvoriti u bilo kojem trenutku i otvoriti do fiksiranog položaja prednamještenosti. Vrteno za prednamještanje pokriveno je vijkom za pričvršćenje ručnog kola. Tako je zaštićeno od neovlaštene uporabe.

### Regulacijski ventil s mjernim zaslonom 4017 M

Karakteristike ugrađenog mjernog zaslona



Točnost mjerena  $\pm 3\%$

### Pribor

#### **Oznaka prednamještanja**

Oznaka prednamještanja (1 6517 05) je pričvršćena oko ventila ili cjevovoda. Prednamještenost ventila označava se uklanjanjem (trganjem, odsijecanjem) izdanaka iznad znamenki za pune i djelomične okrete. Zbog toga se može tijekom servisiranja, bez pregleda dokumentacije balansiranja, provjeriti prednamještenost i ponovno je postaviti.

### Prednamještanje, podešavanje i fiksiranje

#### **Postpak prednamještanja**

1. Željeno prednamještanje postaviti na vrijednost dobivenu izračunom (numerički prikaz na ručnom kolu).
2. Ukloniti vijak za pričvršćivanje ručnog kola. Ručno kolo se ne smije skidati s ventila.
3. Do graničnika zakrenuti dostupno vrteno za prednamještanje.
4. Ponovno uviti vijak za pričvršćivanje ručnog kola.
5. Označiti postavljeni položaj na oznaci za prednamještanje i pričvrstiti je na ventil. Ova točka 5. nije nužna za funkcioniranje ventila.

### Dimenzioniranje

Potrebno je voditi računa da položaj prednamještanja gornjeg regulacijskog dijela nije manji od 1/4 ukupnog hoda.

### HERZ-ov stezni komplet

Regulacijski ventili mogu se spojiti na navojnu cijev ili pomoću steznog kompleta na kalibriranu bakarnu cijev. Stezni komplet naručuje se posebno.

Regulacijski ventili mogu se koristiti i u sustavima s plastičnim cijevima. Na posebne cijevne kolčake montiraju se adapteri i priključci za plastične cijevi.

Kada se koriste HERZ-ovi stezni kompleti za bakarne i čelične cijevi, moraju se poštivati dopuštene temperature i tlakovi u skladu s EN 1254-2: 1998 prema tablici 5. Za spojeve plastičnih cijevi je maksimalna radna temperatura 80 °C, a maksimalni radni tlak 4 bara, pod uvjetom da je to odobrio proizvođač cijevi.

### Bakarne i mekočelične cijevi mogu se povezati steznim garniturama 6274, 6276 (G 3/4") i 6273 (G 1").

Plastične cijevi mogu se povezati steznim garniturama 6274, 6276 (G 3/4") i 6273 (G 1").

### Rezervni dijelovi

1 0284 01	1/4	Mjerni ventili za granske regulacijske ventile, kapa plava (povrat) za mjerjenje tlaka
1 0284 02	1/4	Mjerni ventili za granske regulacijske ventile, kapa crvena (polaz) za mjerjenje tlaka
2 0284 01	1/4	Mjerni ventili za granski regulacijski ventil HERZ STRÖMAX TW, žuta izvedba, kapa plava (povrat) za mjerjenje tlaka. Ventil ima zeleno ručno kolo (za pitku vodu)
2 0284 02	1/4	Mjerni ventili za granski regulacijski ventil HERZ STRÖMAX TW, žuta vedba, kapa crvena (polaz) za mjerjenje tlaka. Ventil ima zeleno ručno kolo (za pitku vodu)
1 0284 11	1/4	Mjerni ventili za granski regulacijski ventil, kapa plava (povrat) za mjerjenje tlaka, Produžena izvedba za ventile s izolacijom debljine do 40 mm
1 0284 12	1/4	Mjerni ventili za granski regulacijski ventil, kapa crvena (polaz) za mjerjenje tlaka, produžena izvedba za ventile s izolacijom debljine do 40 mm
1 0284 22	1/4	HERZ-ov ventil za mjerjenje s odzrakom, žuta izvedba, kapa crvena (polaz), za HERZ-ovo mjerno računalo Flow Plus
1 0284 21	1/4	HERZ-ov ventil za mjerjenje s odzrakom, žuta izvedba, kapa plava (povrat) za HERZ-ovo mjerno računalo FlowPlus

### Upozorenje

Sukladno namjeni ventila, potrebna je čista montaža. Treba izbjegavati unošenje nečistoća u ventil. Tijekom montaže, alat za montažu trebao bi biti izravno na kolčaku koja se brtvi. U protivnom, kućište ventila moglo bi se deformirati. Kvalificirani stručnjaci moraju pomoći materijala za brtvljenje standardne navojne konusne priključke montirati u kolčak ventila. Ako nema dovoljno prostora za montažu, gornji dio ventila može se tijekom montaže rastaviti. Nije potrebno koristiti brtivo za ponovnu montažu zbog postojećeg O-prstena. Nije potrebno pretjerano zatezanje gornjeg dijela ventila.

### Ventili za mjerjenje

Dva mjerna ventila postavljena su uz ručno kolo sa iste strane. Tvornički su zabrtvljena. Ovakav raspored osigurava najbolju dostupnost i optimalno povezivanje mjernog uređaja u svim položajima ugradnje. Da bi zadovoljila namjenu armatura mora biti ugrađena bez zaostalih nečistoća.

### Ostale izvedbe

4117 M	DN15-80	STRÖMAX M granski regulacijski ventil s mjernim ventilima, koso sjedalo
4117 R	DN15-80	STRÖMAX R granski regulacijski ventil, koso sjedalo
4117 MW	DN15-50	STRÖMAX MW granski regulacijskiventil s mjernim ventilima za pitku vodu, koso sjedalo
4117 RW	DN15-50	STRÖMAX RW granski regulacijski ventil za pitku vodu, koso sjedalo
4217 GM	DN15-80	STRÖMAX GM granski regulacijski ventil s mjernim ventilima, ravno sjedalo
4217 GR	DN15-80	STRÖMAX GR granski regulacijski ventil, koso sjedalo
4217 GMW	DN15-50	STRÖMAX GMW granski regulacijski ventil s mjernim ventilima za pitku vodu, ravno sjedalo
4216	DN15-20	STRÖMAX ručni regulacijski ventil za rashladne panele, ravno sjedalo
4000	DN15-50	HERZ-ov mjerni zaslon s 2 mjerna ventila
4218 GMF	DN25-80	STRÖMAX GMF prirubnički granski regulacijski ventil, ravno sjedalo
4218 GF	DN 50 - 300	STRÖMAX GF prirubnički granski regulacijski ventil, ravno sjedalo
4218 GF DN 350-500		
4219	DN 50 - 300	HERZ-ove prirubničke zaporne i regulacijske klapne, sivi lijev GJL
4000 + 4117 R		HERZ-ov mjerni zaslon + STRÖMAX R granski regulacijski ventil
4000 + 4217 GR		HERZ-ov mjerni zaslon + STRÖMAX GR granski regulacijski ventil
4000 F + 4218 GMF		HERZ-ov mjerni zaslon za prirubnički spoj + STRÖMAX GMF prirubnički granski regulacijski ventil
4000 F + 4218 GF		HERZ-ov mjerni zaslon za prirubnički spoj + STRÖMAX GF prirubnički granski regulacijski ventil
4000 F	DN 65 - 300	HERZ-ov mjerni zaslon s 2 mjerna ventila za prirubnički spoj
4017 R	DN15-50	STRÖMAX R granski regulacijski ventil, koso sjedalo

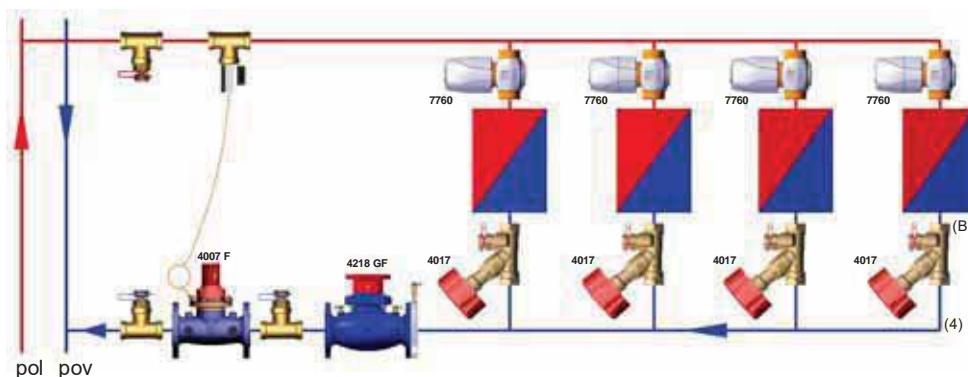
### Shema hidrauličkog uravnoteženja

Prije puštanja u rad potrebno je poštivati sljedeće:

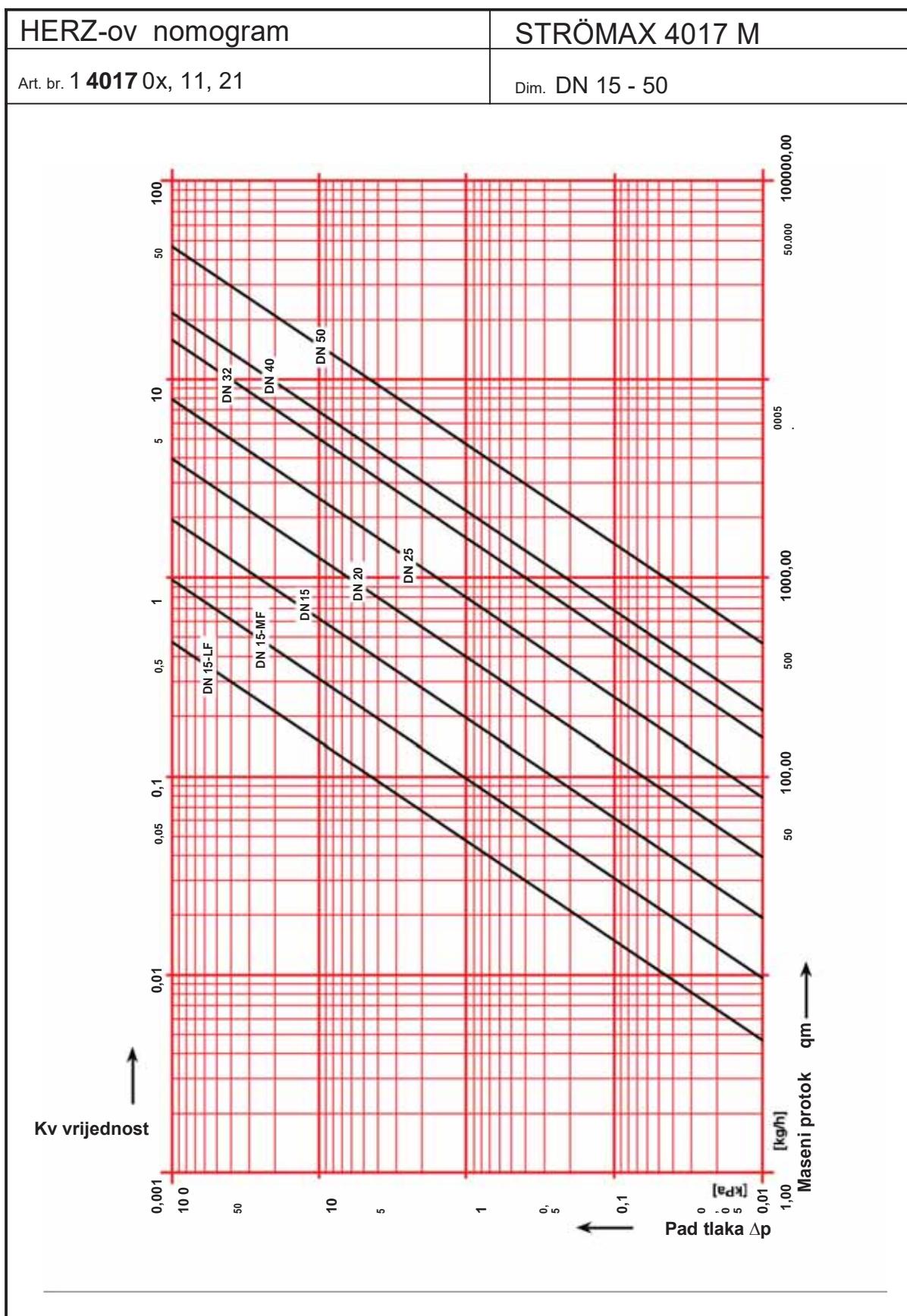
1. Volumni protok na svim priključcima u glavnom krugu mjeri se uz potpuno otvorene granske regulacijske i prolazne ventile.
2. Pomoću navedene formule, za svaki priključak mora se izračunati faktor protoka

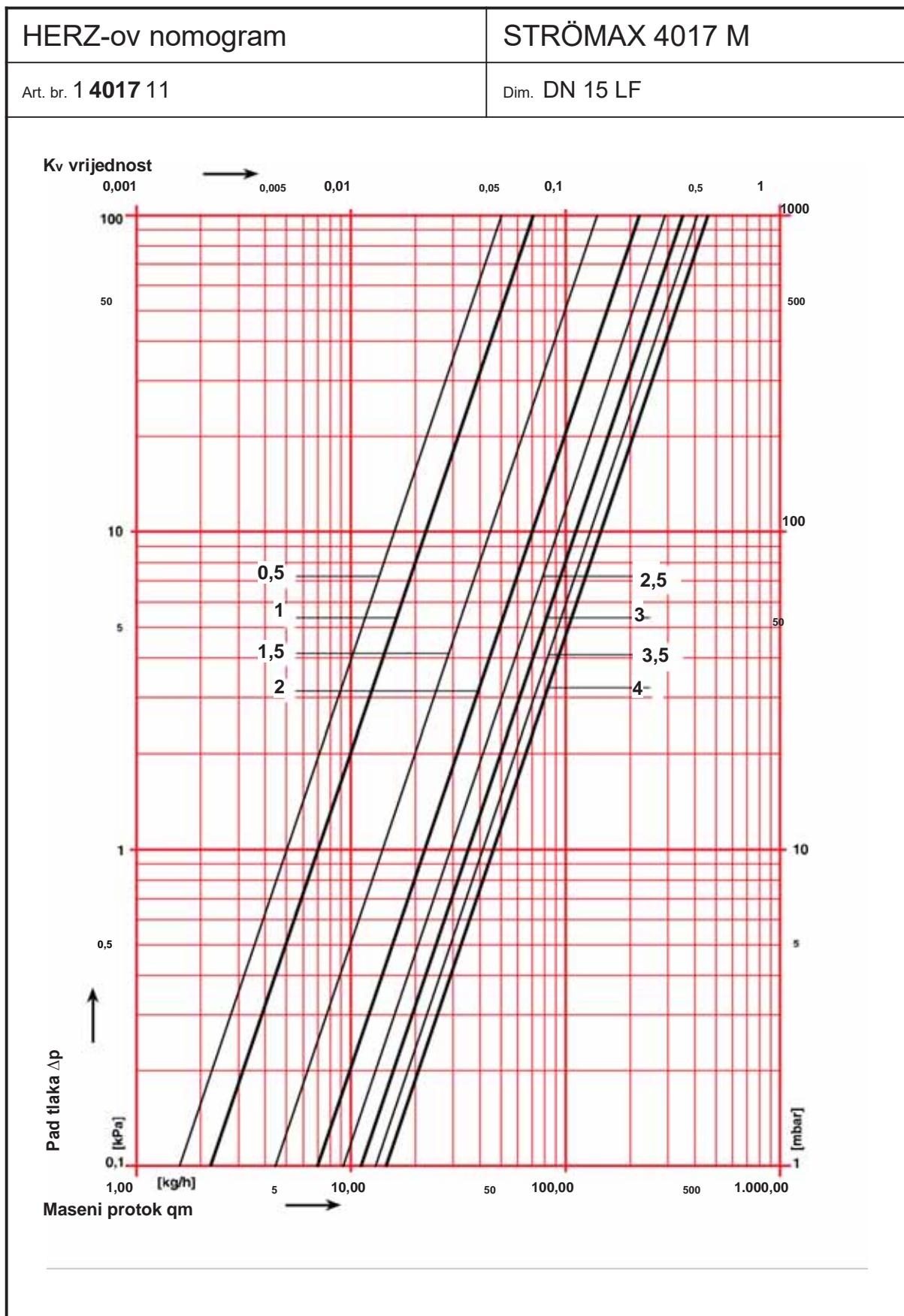
$$\lambda = \frac{\text{mjereni vol. protok}}{\text{projektirani vol. protok}}$$

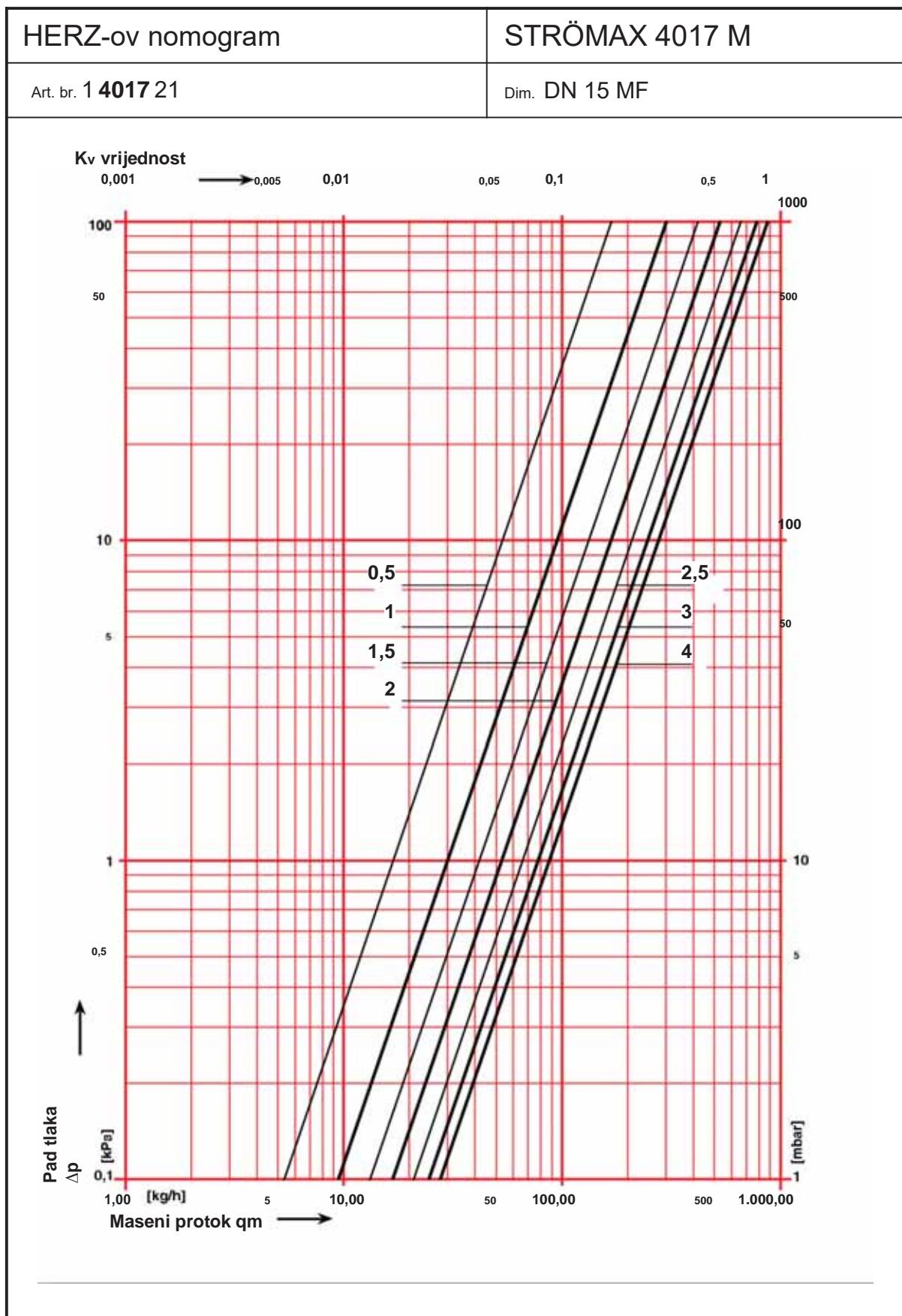
3. Nakon definiranja ventila s najmanjim omjerom ( $\lambda_{\min}$ ), isti se koristi kao indeksni ventil. Ako svi priključci imaju isti pad tlaka, posljednji priključak očekivano će imati najmanji  $\lambda$ , jer ima najmanji diferencijalni tlak. Međutim, ako priključci imaju različite padove tlaka, svaki se ventil može koristiti kao indeksni ventil.
4. Granski regulacijski ventil (B) na zadnjem priključku na shemi, koristiti će se kao indeksni ventil.
5. Granski regulacijski ventil podešen je u fiksiran tako da je  $\lambda_4$  jednako  $\lambda_{\min}$ . U računalu za mjerjenje protoka postavlja se konstantan protok.
6. Granski regulacijski ventil postavlja se tako da je  $\lambda_3$  jednako  $\lambda_4 + 5$  do 10%. Povećanje postotka doprinosi da sustav ne bude prereguliran. Ovaj korak također mijenja  $\lambda_4$ .
7. Ako prednamještenost regulacijskog ventila (3B) promijeni protok u indeksnom ventilu (4B) za više od 5%, ovaj indeksni ventil mora se podesiti tako da bude približno jednak regulacijskom ventilu (3B).
8. Točke 6 i 7 moraju se ponavljati dok se ne podese svi priključci.
9. Pažnja: prednamještanje ventila 1B ima izravan utjecaj na ventil 4B. Ventili 2B i 3B ostaju nepromijenjeni. To znači da su ventili B2, B3 i B4 podešeni zajedno. To je također razlog zašto se indeksni ventil koristi kao referentni ventil.

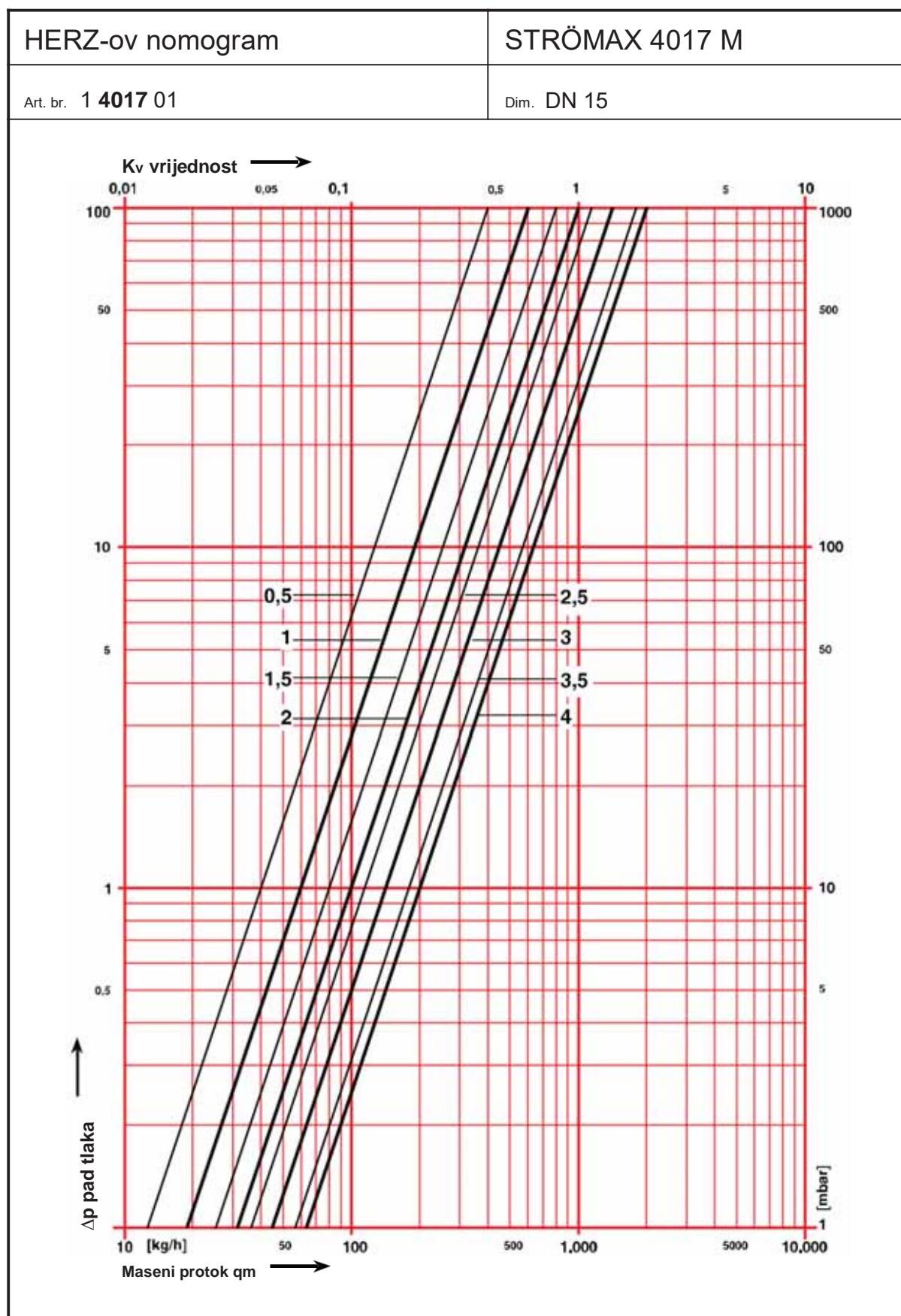


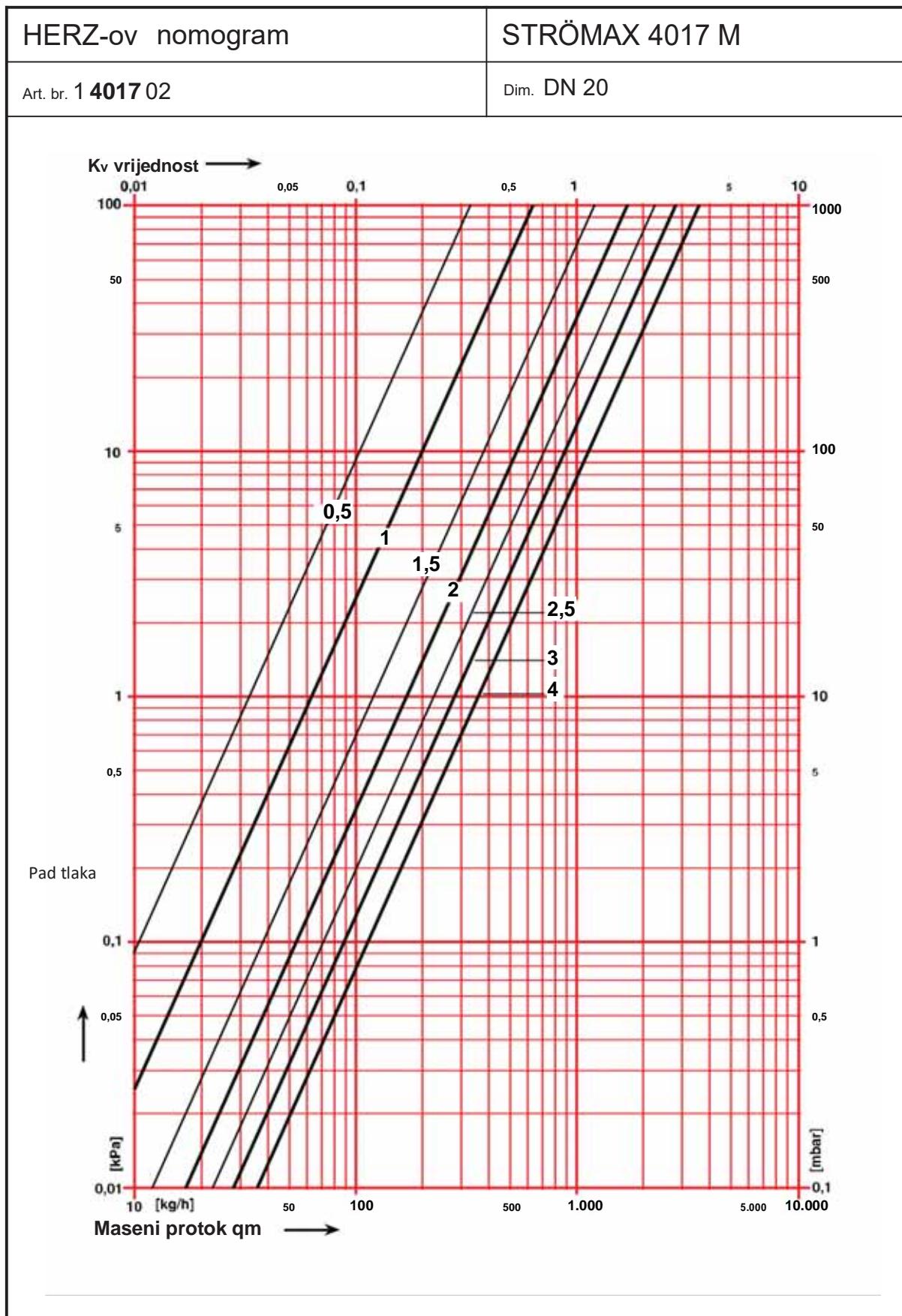
Sve informacije, sheme i crteži sadržani u ovom dokumentu odgovaraju informacijama dostupnim u vrijeme tiskanja i samo su informativnog karaktera. Zadržavamo pravo promjena u skladu s tehničkim napretkom. Sve su sheme simbolične i nisu potpune. Slike treba shvatiti kao simboličke prikaze. Zbog toga se mogu optički razlikovati od stvarnih proizvoda. Moguća odstupanja u boji posljedica su postupka tiskanja. Moguća su odstupanja proizvoda zbog specifičnosti za pojedinu zemlju. Zadržavamo pravo izmjena tehničkih specifikacija i funkcija. Ako imate pitanja, обратите se najbližoj poslovnicu HERZ-a.

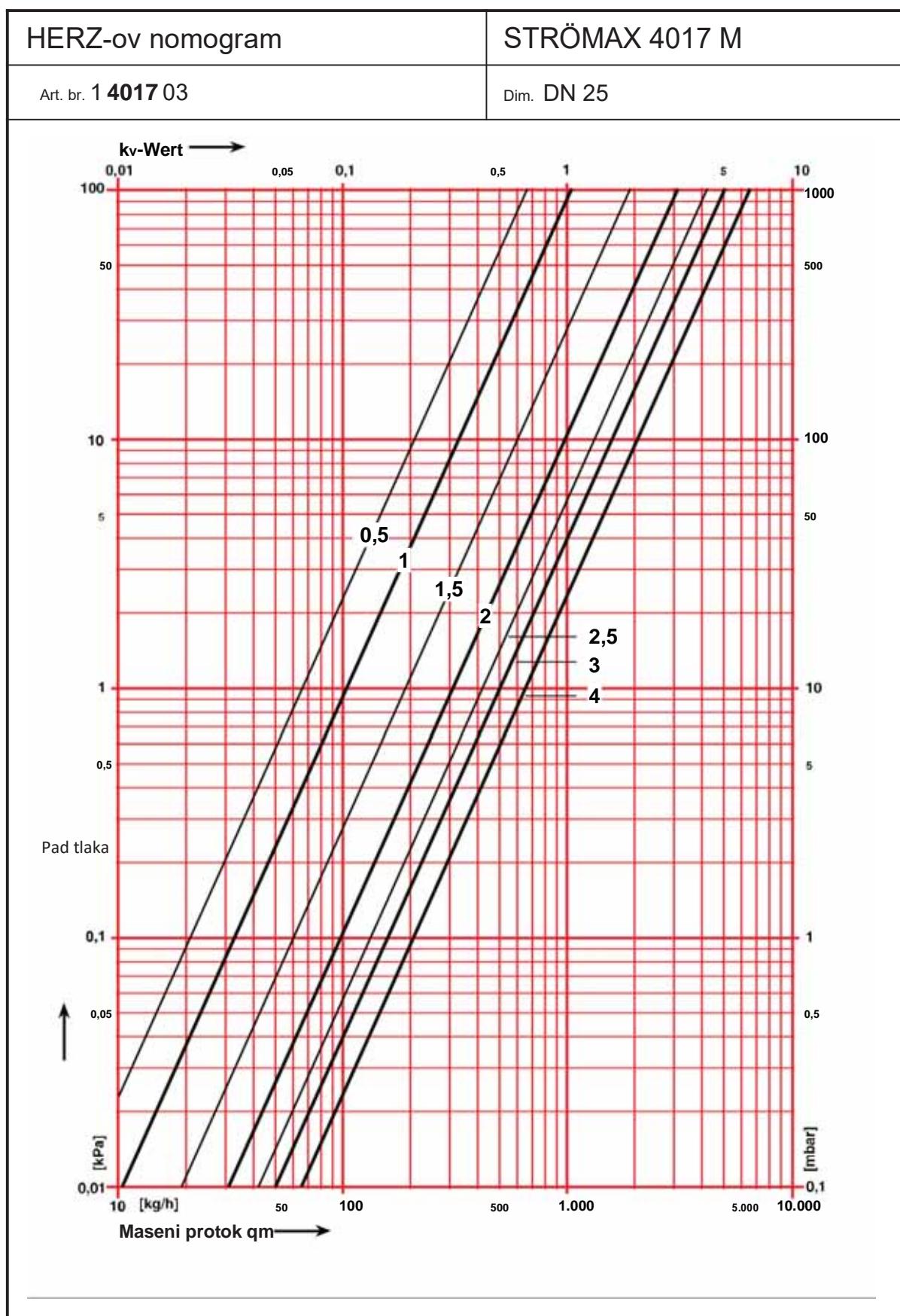


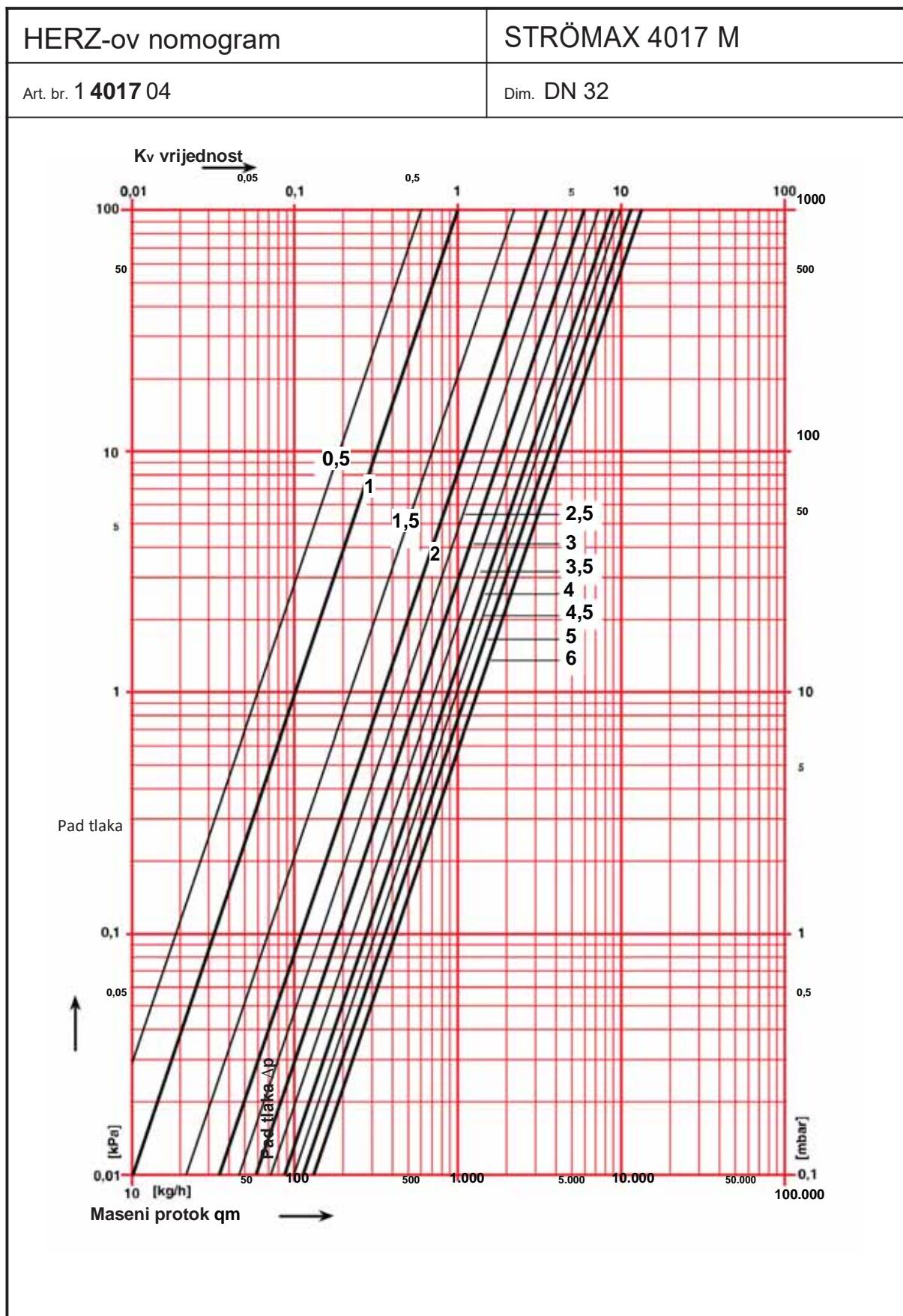


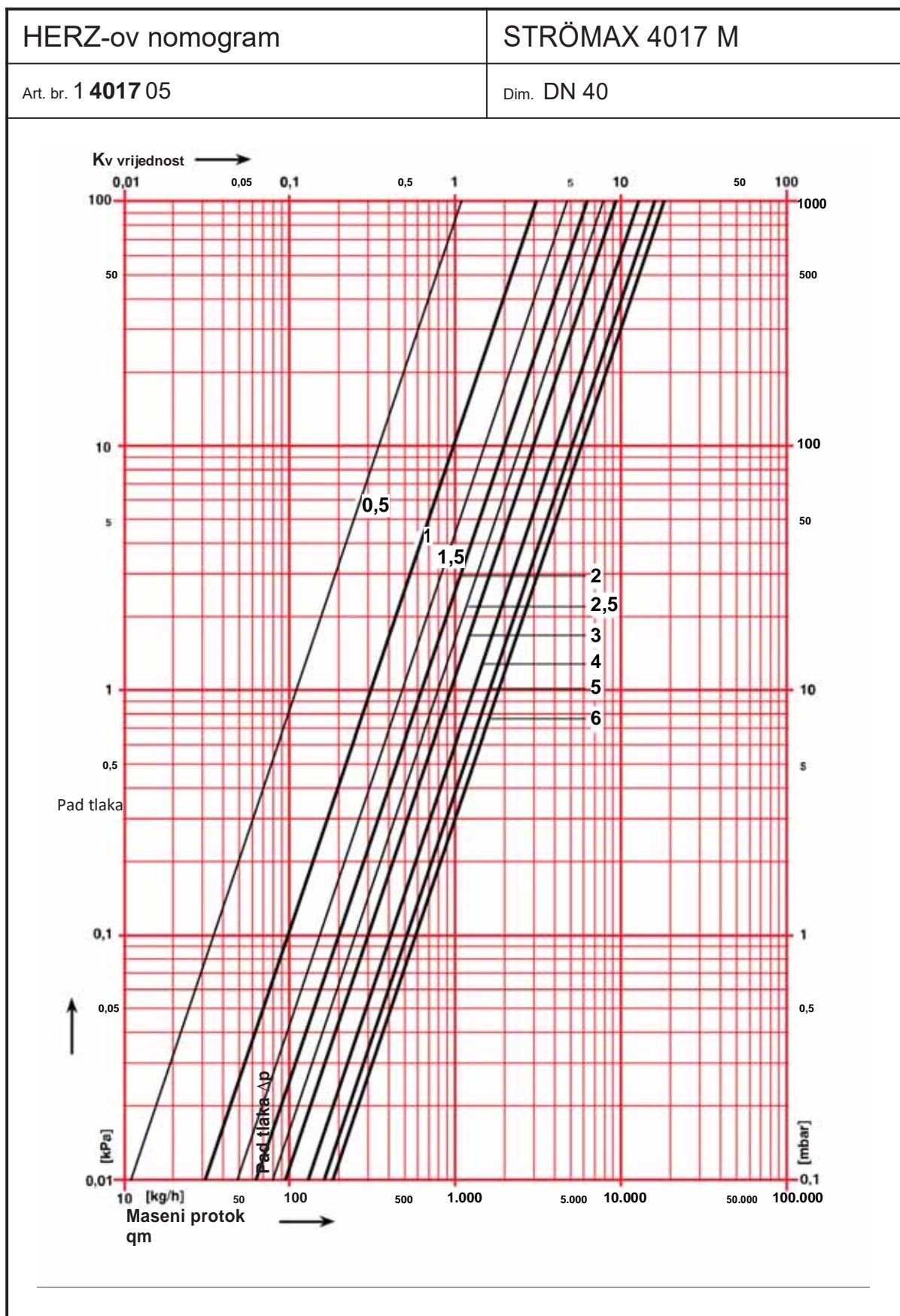


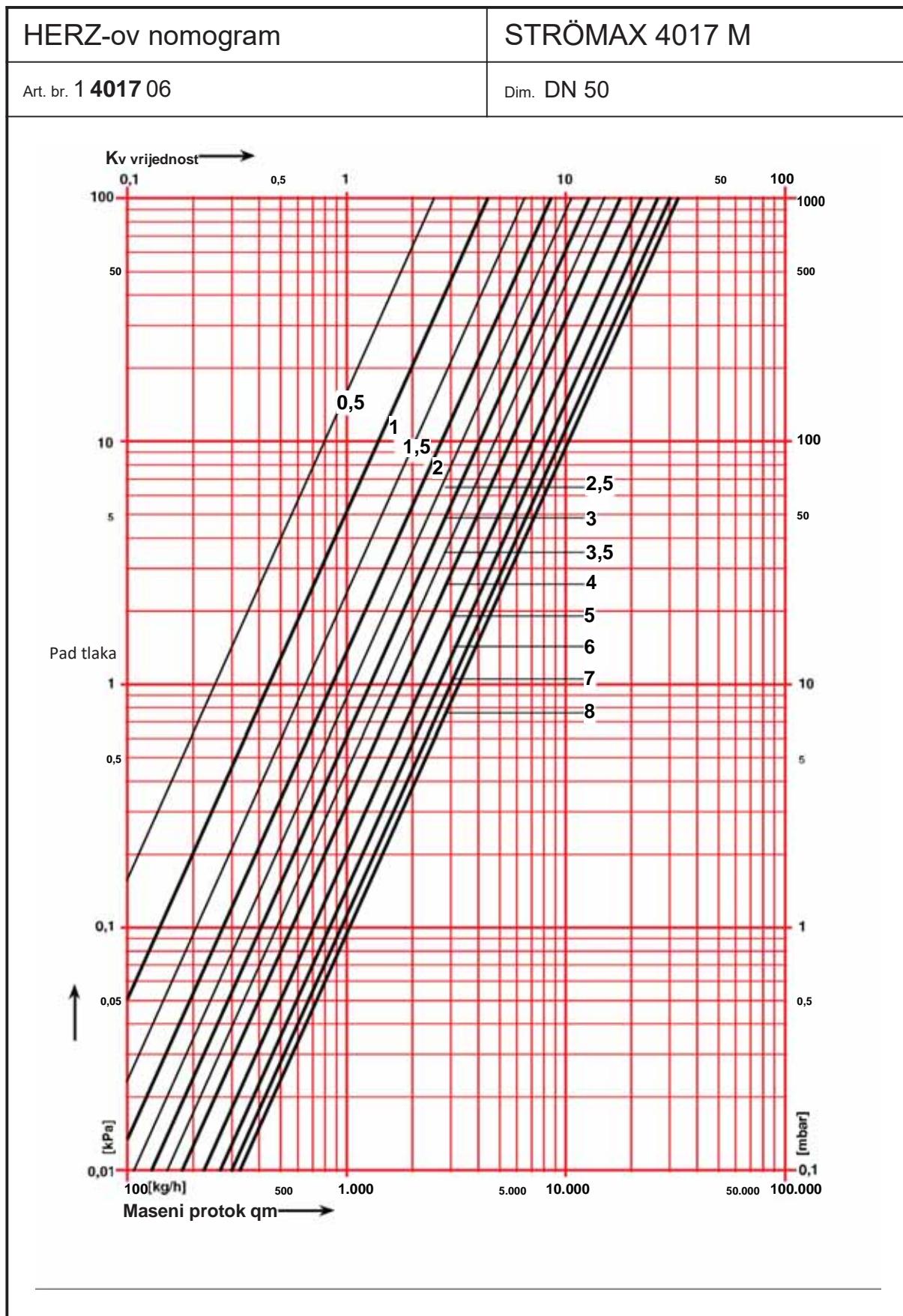












HERZ-ova tablica				STRÖMAX 4017 M				
Art. br. 1 4017 0x, 11, 21				Dim. DN 15 - 50				
DN	15-LF	15-MF	15	20	25	32	40	50
k <sub>v</sub> vrijednost zaslona	0,48	0,97	1,95	3,95	7,9	15,75	21,5	46,7
k <sub>vs</sub>	0,46	0,88	2	3,6	6,5	13,3	18,5	33
položaj	k <sub>v</sub>	k <sub>v</sub>	k <sub>v</sub>	k <sub>v</sub>	k <sub>v</sub>	k <sub>v</sub>	k <sub>v</sub>	k <sub>v</sub>
0,5	0,05	0,17	0,4	0,33	0,66	0,6	1,1	2,55
0,6	0,053	0,19	0,43	0,38	0,7	0,66	1,45	2,85
0,7	0,056	0,21	0,46	0,43	0,74	0,72	1,8	3,15
0,8	0,062	0,25	0,52	0,53	0,82	0,84	2,5	3,75
0,9	0,065	0,27	0,56	0,58	0,86	0,9	2,85	4,05
<b>1</b>	0,07	0,3	0,6	0,63	1,04	1	3,1	4,5
1,1	0,08	0,32	0,635	0,73	1,2	1,2	3,37	4,8
1,2	0,09	0,34	0,67	0,83	1,36	1,4	3,64	5,1
1,3	0,11	0,38	0,74	1,03	1,68	1,8	4,18	5,7
1,4	0,12	0,4	0,775	1,13	1,84	2	4,45	6
1,5	0,14	0,42	0,81	1,2	1,9	2,2	4,8	6,6
1,6	0,155	0,435	0,845	1,28	2,1	2,4	5,04	6,95
1,7	0,17	0,45	0,88	1,36	2,3	2,6	5,28	7,3
1,8	0,2	0,48	0,95	1,52	2,7	3	5,76	8
1,9	0,215	0,495	0,97	1,6	2,9	3,2	6	8,35
<b>2</b>	0,22	0,53	1	1,7	3,1	3,5	6,3	8,7
2,1	0,23	0,55	1,035	1,8	3,25	3,7	6,58	9,05
2,2	0,24	0,57	1,07	1,9	3,4	3,9	6,86	9,4
2,3	0,26	0,61	1,14	2,1	3,7	4,3	7,42	10,1
2,4	0,27	0,63	1,175	2,2	3,85	4,5	7,7	10,45
2,5	0,29	0,66	1,2	2,25	4,2	4,65	7,9	10,8
2,6	0,297	0,68	1,22	2,35	4,32	4,85	8,18	11,1
2,7	0,304	0,7	1,24	2,45	4,44	5,05	8,46	11,4
2,8	0,318	0,74	1,28	2,65	4,68	5,45	9,02	12
2,9	0,325	0,76	1,3	2,75	4,8	5,65	9,3	12,3
<b>3</b>	0,35	0,78	1,42	2,8	5	5,9	9,5	13
3,1	0,358	0,79	1,49	2,86	5,07	6,13	9,78	13,4
3,2	0,366	0,8	1,56	2,92	5,14	6,36	10,06	13,8
3,3	0,382	0,82	1,7	3,04	5,28	6,82	10,62	14,6
3,4	0,39	0,83	1,77	3,1	5,35	7,05	10,9	15
3,5	0,41	0,86	1,8	3,25	5,8	7,25	11,2	15,3
3,6	0,415	0,863	1,825	3,32	5,93	7,5	11,5	15,7
3,7	0,42	0,866	1,85	3,39	6,06	7,75	11,8	15,9
3,8	0,43	0,872	1,9	3,53	6,32	8,25	12,4	16,5
3,9	0,435	0,875	1,925	3,6	6,45	8,5	12,7	16,8
<b>4</b>	0,46	0,88	2	3,6	6,5	8,85	13	18
4,1						8,96	13,3	18,35

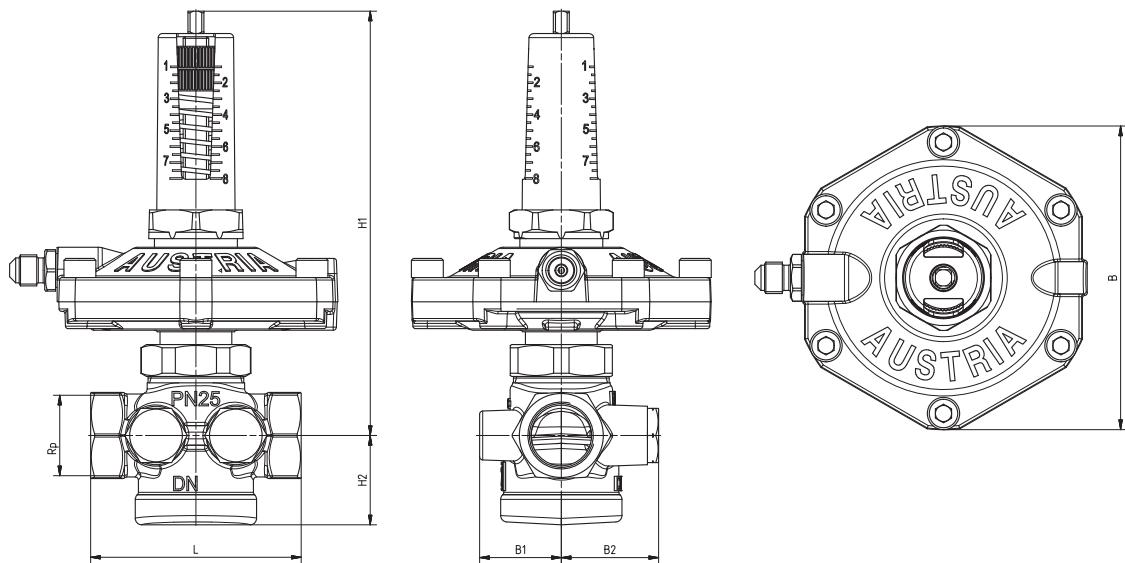
HERZ-ova tablica				STRÖMAX 4017 M				
Art. br. 1 4017 0x, 11, 21				Dim. DN 15 - 50				
DN	15-LF	15-MF	15	20	25	32	40	50
4,2						9,07	13,6	18,7
4,3						9,29	14,2	19,4
4,4						9,4	14,5	19,75
4,5						9,9	14,7	20,2
4,6						10,15	14,95	20,55
4,7						10,4	15,2	20,9
4,8						10,9	15,7	21,6
4,9						11,15	15,95	21,95
<b>5</b>						11,4	16,25	22,5
5,1						11,6	16,4	22,9
5,2						11,8	16,55	23,3
5,3						12,2	16,85	24,1
5,4						12,4	17	24,5
5,5						12,5	17,4	25
5,6						12,63	17,6	25,3
5,7						12,76	17,8	25,6
5,8						13,02	18,2	26,2
5,9						13,15	18,4	26,5
<b>6</b>						13,3	18,5	26,7
6,1								26,98
6,2								27,26
6,3								27,82
6,4								28,1
6,5								28,6
6,6								28,93
6,7								29,26
6,8								29,92
6,9								30,25
<b>7</b>								30,3
7,1								30,55
7,2								30,8
7,3								31,3
7,4								31,55
7,5								31,9
7,6								32,1
7,7								32,3
7,8								32,7
7,9								32,9
<b>8</b>								33

# HERZ-ov regulator diferencijalnog tlaka s podesivim područjem regulacije tlaka (5-30 kPa, 25-60 kPa, 50-150 kPa)

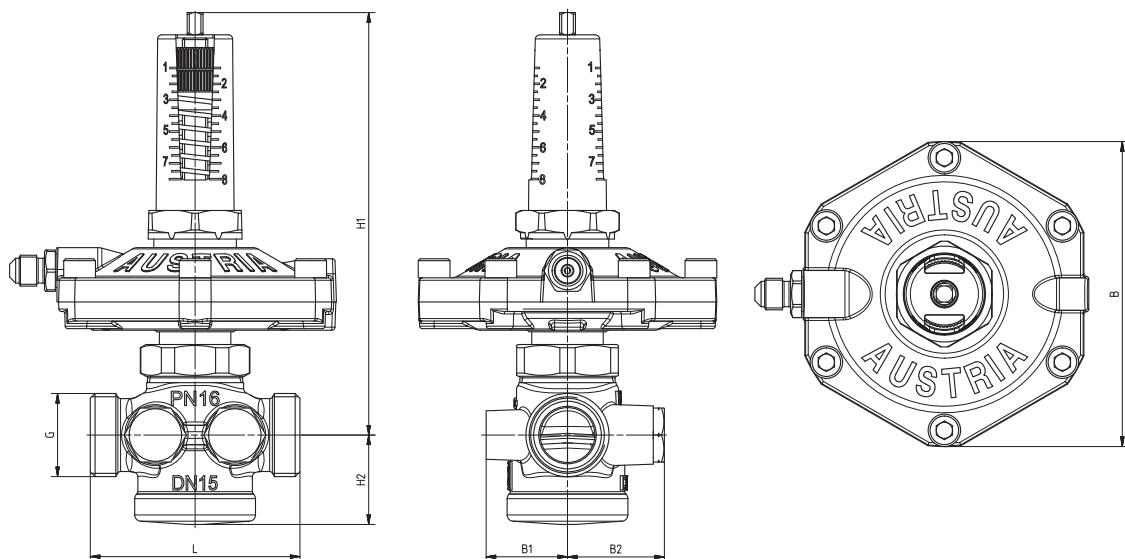
Tehnički list 1 4X02 XX

Dimenzije u mm

1 4202 XX



1 4002 XX



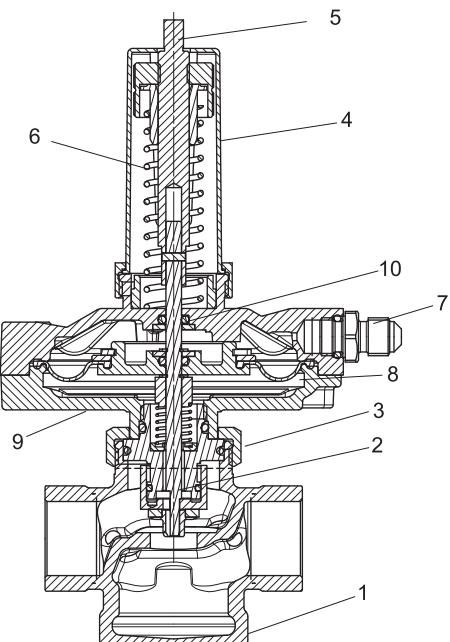
dP	DN	Art.	Navoj	L, mm	H1, mm	H2, mm	B, mm	B1, mm	B2, mm	
50-150 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	50-150 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	
	DN15	1 4002 41	vanjski navoj	3/4 G	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4002 42		1 G	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4002 43		5/4 ravno brtvlijenje	76	134	29	94	28	33
	DN32	1 4002 44		1 1/2 ravno brtvlijenje	114	150	47	94	32	32
	DN40	1 4002 45		1 3/4 ravno brtvlijenje	132	160	58	94	41	41
	DN50	1 4002 46		2 3/8 ravno brtvlijenje	140	160	58	94	41	41
	DN15	1 4002 61		3/4 G	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4002 62		1 G	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4002 63		5/4 ravno brtvlijenje	76	134	29	94	28	33
50-150 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	50-150 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	
	DN15	1 4002 64		5/4 ravno brtvlijenje	76	134	29	94	28	33
	DN40	1 4002 65		1 1/2 ravno brtvlijenje	114	150	47	94	32	32
	DN50	1 4002 66		1 3/4 ravno brtvlijenje	132	160	58	94	41	41
	DN15	1 4002 31		2 3/8 ravno brtvlijenje	140	160	58	94	41	41
	DN20	1 4002 32		3/4 ravno brtvlijenje	66	133	28	94	26	31
	DN25	1 4002 33		1 ravno brtvlijenje	76	134	29	94	28	33
	DN32	1 4002 34		5/4 ravno brtvlijenje	76	134	29	94	28	33
	DN40	1 4002 35		1 1/2 ravno brtvlijenje	114	150	47	94	32	32
	DN50	1 4002 36		1 3/4 ravno brtvlijenje	132	160	57	94	41	41
50-150 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	50-150 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	
	DN15	1 4202 41	unutarnji navoj	1/2	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4202 42		3/4	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4202 43		1	90	134	29	94	28	33
	DN32	1 4202 44		5/4	114	150	46	94	32	32
	DN40	1 4202 45		1 1/2	132	160	57	94	41	41
	DN50	1 4202 46		2	140	160	57	94	41	41
	DN15	1 4202 61		1/2	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4202 62		3/4	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4202 63		1	90	134	29	94	28	33
50-150 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	50-150 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	5-30 kPa	25-60 kPa	
	DN32	1 4202 64		5/4	114	150	46	94	32	32
	DN40	1 4202 65		1 1/2	132	160	57	94	41	41
	DN50	1 4202 66		2	140	160	57	94	41	41
	DN15	1 4202 31		1/2	66	133	28	94	26	31
	DN20	1 4202 32		3/4	76	134	29	94	28	33
	DN25	1 4202 33		1	90	134	29	94	28	33
	DN32	1 4202 34		5/4	114	150	47	94	32	32
	DN40	1 4202 35		1 1/2	132	160	57	94	41	41
	DN50	1 4202 36		2	140	160	57	94	41	41

**Tehnički podaci**

	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50
kvs vrijednost	2,66	4,36	5,38	9,48	14,95	14,95
radni tlak	maks. 16 bara (4002) maks. 25 bara (4202)					
maks. diferencijalni tlak u kućištu	4 bara					
min. radna temperatura	2 °C (čista voda); - 20 °C (antifriz)					
maks. dopuštena radna temperatura	do DN32: 130 °C DN40 - DN50: 110 °C					
područje regulacije (vidi gornju tablicu)	5 - 30 kPa 25 - 60 kPa 50 - 150 kPa (teh. podaci u posebnoj tablici!)					
Kvaliteta vode	prema ÖNORM H 5195 i VDI 2035 Upotreba etilen / propilen glikola je dopuštena u omjeru miješanja 25 -50 vol.-%)					

**Materijal**

N	Opis	Materijal
1	Kućište	DZR mjeđ CC770S
2	Osovina	nehrđajući čelik 14301
3	Priklučak regulatora	mjeđ CW614N
4	Pokazivač	plastika (crvena)
5	Vreteno za podešavanje	mjeđ CW614N
6	Opruga	opržna žica 14310 NS
7	Priklučak	mjeđ CW602N
8	Membrana	EPDM
9	Kućište membrane	mjeđ CW602N
10	O-brtve	EPDM



Upotreba etilen i propilen glikola dopuštena je u omjeru miješanja od 25 - 50 vol.%. Amonijak sadržan u konoplji oštećuje mjeđena tijela ventila. EPDM brtve nabubre u kontaktu s mineralnim uljima ili mazivima koja sadrže mineralno ulje, što dovodi do oštećenja EPDM brtvila. Za antifriz i sredstva protiv korozije na bazi etilen i propilen glikola, relevantne informacije mogu se naći u dokumentaciji proizvođača.

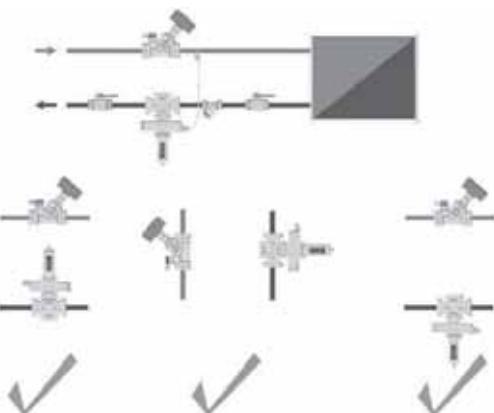
Prema članku 33. uredbe REACH (EZ br. 1907/2006) dužni smo istaknuti da je olovo kao tvar na popisu SVHC i da sve mjeđene komponente koje se koriste u našim proizvodima ne sadrže više od 0,1% (m/m) olova (CAS: 7439-92-1 / EINECS: 231-100-4). Budući da je olovo čvrsto vezano kao komponenta u leguri, ne očekuje njegov utjecaj te zbog toga dodatne sigurnosne informacije nisu potrebne.

**Područje primjene**

Regulator diferencijalnog tlaka je regulator linearne karakteristike u izvedbi ravnog sjedala i radi bez pomoćne energije. Željena zadana vrijednost diferencijalnog tlaka može biti između 5 i 30 kPa; 25 i 60 kPa ili 50 i 150 kPa i može se kontinuirano podešavati. Postavljena vrijednost može seочitati uz pomoć dijagrama podešavanja. Zadana vrijednost je tvornički postavljena na minimum. Potrebna zadana vrijednost podešava se pomoću alata za podešavanje (1 4006 02). Opseg isporuke uključuje impulsni vod (1000 mm), koji se mora spojiti na polaz.

### Upute za montažu

Instalira se u povratni vod. Smjer protoka naznačen je strelicom na kućištu. Preporučuje se ugradnja zapornog ventila prije i poslije regulatora diferencijalnog tlaka.



### Opis rada

Regulatori diferencijalnog tlaka koriste se za stabilizaciju diferencijalnog tlaka u krugovima grijanja i hlađenja, što osigurava neovisnost potrošača o dinamičkim kolebanjima u razgranatim vodovima grijanja.

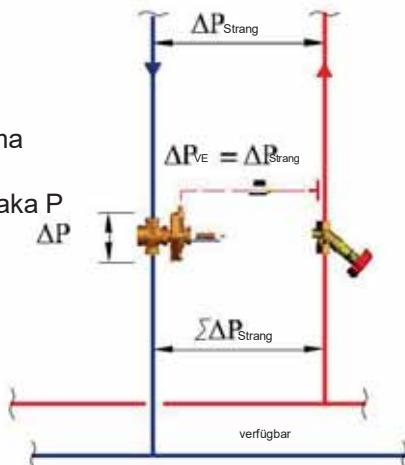
Za prednamještanje na regulatoru diferencijalnog tlaka koristi se pad tlaka  $\Delta P$  od usponske grane (ogranka, sustava).

Ukupni pad tlaka usponske grane  $\Sigma \Delta P_{\text{grane}}$  [kPa] računa se pomoću izraza:

$$\Sigma \Delta P_{\text{grane}} = \Delta P_{\text{grane}} + \Delta P_{\text{dP}}$$

Gdje je:

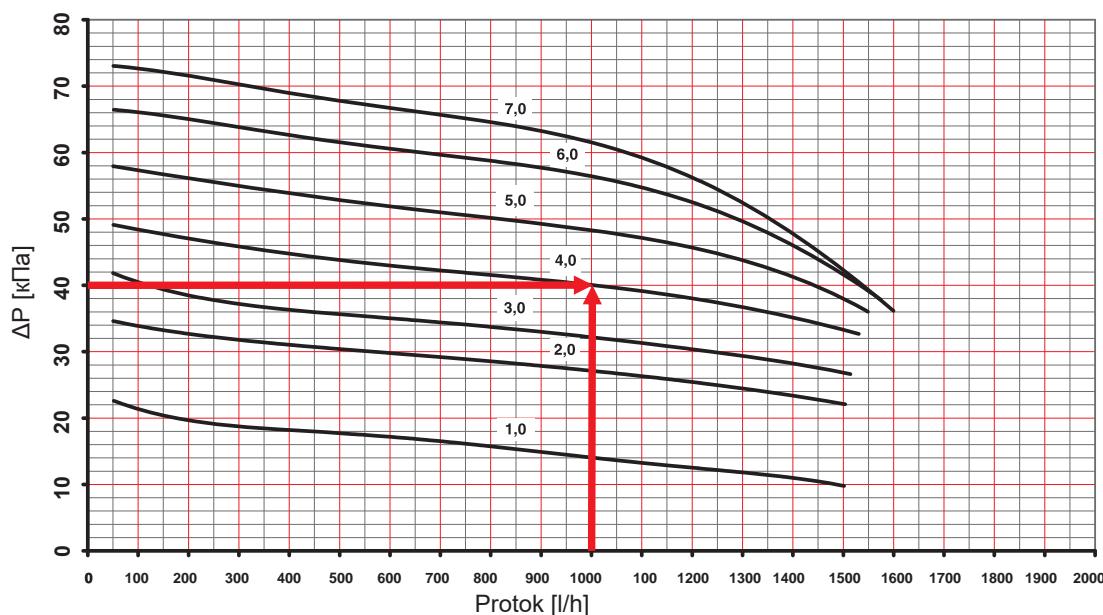
$\Delta P_{\text{dP}}$  – pad tlaka DP regulatora. Za optimalan rad preporučuje se min.  $P_{\text{dP}}$  od 10 kPa .



### Podešavanje

Regulator je tvornički postavljen na minimum. Podešavanje se vrši okretanjem navojne maticice. Regulator diferencijalnog tlaka može se postaviti u bilo kojem položaju. Odgovarajući položaj regulatora je jasno prikazan.

Primjer: željeni diferencijalni tlak  $P_{\text{grane}} = 40$  kPa (400 mbar)  
Protok 1000 l/h.  
Podešena vrijednost na skali 4



**Upozorenje**

S obzirom na primjenu, ventil treba pažljivo ugraditi. Unošenje nečistoće može se izbjegći korištenjem HERZ-ovog hvatača nečistoća (4111).

**Pribor i rezervni dijelovi**

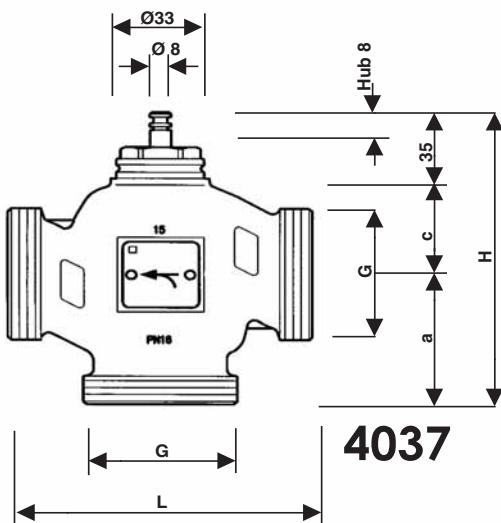
Art.	Dim.	Opis	Slika
1 4096 11	DN15	Zaštita od buke EPP (ekspandirani polipropilen), boja antracit/ crna ili srebrnosiva, prema DIN 4102 i E prema DIN EN 13501-1, težina ca. 45 kg/m3, integrirani geometrijski priključak.	
1 4096 12	DN20		
1 4096 13	DN25		B2
1 4096 14	DN32		
1 4096 15	DN40	Za regulator diferencijalnog tlaka 4002/4202.	
1 4096 16	DN50		
1 6386 91	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 41	
1 6386 92	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 42	
1 6386 93	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 43	
1 6386 94	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 44	
1 6386 95	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 45-46	
1 6386 96	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 61	
1 6386 97	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 62	
1 6386 98	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 63	
1 6386 99	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 64	
1 6387 00	-	Zamjenski gornji dio za 1 4X02 65-66	
1 4002 97	DN15-50	5–30 kPa zamjenska opruga za 4002 / 4202	
1 4002 98	DN15-50	25–60 kPa zamjenska opruga za 4002 / 4202	
1 4002 99	DN15-50	45–80 kPa zamjenska opruga 4002 / 4202	
1 4002 10	DN15-50	Pokazivač za HERZ-ov regulator diferencijalnog tlaka 4002 / 4202	
1 4002 78	1,0 m	Impulsni vod za regulator diferencijalnog tlaka s kuglastom slavinom 1/8".	
1 4002 80	2,0 m	Impulsni vod za regulator diferencijalnog tlaka s priključkom 1/8" G x 1/4" G.	

1 6502 10	DN15- DN50		
1 0269 19	1/8" x 1/4"	Priklučak za impulsni vod	
1 0269 09	1/8" x 1/8"	Priklučak za impulsni vod	
1 0284 01	1/4"	Ventil za brzo mjerjenje za HERZ regulacijski Ventil, kapa plava (povrat)	
1 0284 02	1/4"	Ventil za brzo mjerjenje za HERZ regulacijski ventil, kapa crvena (polaz)	
1 0284 11	1/4"	Ventil za brzo mjerjenje za HERZ regulacijski ventil, produženi, kapa plava (povrat)	
1 0284 12	1/4"	Ventil za brzo mjerjenje za HERZ regulacijski ventil, produženi, kapa crvena (polaz)	
1 0284 21	1/4"	HERZ-ov ventil za mjerjenje s odzrakom. kapa plava (povrat)	
1 0284 22	1/4"	HERZ Ventil za mjerjenje s odzrakom. Kapa crvena (polaz)	
1 4006 02		Ključ za podešavanje za HERZ-ove regulatore diferencijalnog tlaka 4002/4202	

# Troputni miješajući i razdjelni ventil

Tehnički list za 4037

## Ugradbene dimenzije u mm



\* sa korištenjem 1 7712 50

Narudžbeni broj	Dimenzije	G	a	c	L	H	Δp maks*	kvs [m³/h]
1 4037 15	1/2	G 1 B	50	32	100	117	6	4
1 4037 20	3/4	G1½B	50	33	100	118	5	6,3
1 4037 25	1	G1½B	55	36	110	126	4	10
1 4037 32	1¼	G 2 B	60	38	120	133	3,7	16
1 4037 40	1½	G2½B	70	48	130	153	2,7	25
1 4037 50	2	G2¾B	75	54	150	164	1,8	40

## Izvedba

**4037** troputni ventil s cilindričnim vanjskim navojem prema ISO 228/1, klasa B, ravno brtvljenje, cijevni spojevi posebno se naručuju. Vreteno od nehrđajućeg čelika, mjedeni pladanj ventila s teflonskim brtvenim prstenom ojačanim staklenim vlaknima. Mjedena brtvena čahura s EPDM O-prstenom, kućište od mjedi cc 754 S.

Korištenje miješajućeg ventila 4037 ima prednost u odnosu na uobičajene ugrađene mješače u tome što nema brtvenih rubova. Zbog toga skoro nema habanja ni propuštanja. Čak i nakon višegodišnjeg korištenja propuštanje vode je vrlo malo.

## Podaci za uporabu

maks. radna temperatura -15 ... + 130 °C

maks. radni tlak 16 bar / 130 °C do DN 32

16 bar / 110 °C DN 40, DN 50

Pri temperaturama <0 °C preporučujemo uporabu grijača za brtvenu čahuru, pri temperaturama > 100 °C uporabu temperaturnog adaptera.

Karakteristika ventila: linearna

Razdvajanje

Propuštanje < 0,02% od kvs vrijedn.

(tip.) miješanje 1% od kvs vrijednosti

Dopuštena je uporaba etilen i propilen glikola u omjeru miješanja od 15–45 vol.%.

Moraju se poštivati podaci koje je dao odgovarajući proizvođač.

Kvaliteta vode prema ÖNORM H 5195 i VDI 2035.

**Područje uporabe**

Za kontinuiranu regulaciju hladne ili tople vode, kao miješajući ili razdjelni ventil. Zajedno s pogonima ventila s podesivim karakteristikama (linearna ili jednakopostotna).  
Pogon se može instalirati u bilo kojem položaju, ali ne i u visećem položaju. Mora se spriječiti prodor kondenzata, kapanja vode i sl. u pogon.  
Pogon se na ventil montira bez podešavanja. Nakon spajanja na el. priključak pogon će se sam prilagoditi hodu ventila.

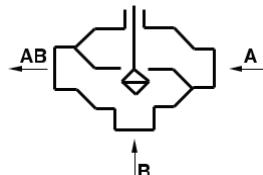
**Ugradnja**

Ventili se ugrađuju u cijevne sustave pomoću standardnih navojnih spojeva s ravnim brtvama. Zavisno o namjeni, ugrađuje se kao miješajući ili razdjelni ventil. Mora se izbjegavati unošenje nečistoća u ventile.  
Kada je izvučeno vreteno ventila, zatvoren je smjer A – AB. Tijekom ugradnje mora se poštivati smjer protoka. To pokazuju strelice na kućištu.

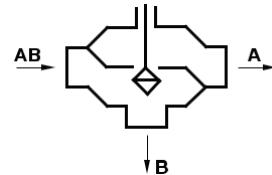


**Upute za ugradnju**

Uporaba kao mješajući ventil



Uporaba kao razdjelni ventil



**Pogon**

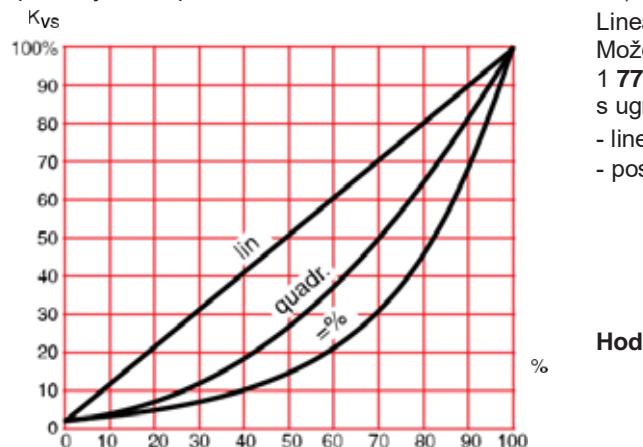
Narudžbeni broj	Diferencijalni tlak maks. [bar]	
	500 N	Ručni pogon
	1 7712 11	
	1 7712 50	1 9102 40
	1 7712 51	
Mješajući ventil		
1 4037 15	6	15
1 4037 20	5	10
1 4037 25	4	9
1 4037 32	3,7	7
1 4037 40	2,7	4,4
1 4037 50	1,8	3

Upotreba kao razdjelni ventil s pogonom od 500 N nije dopuštena.

**Karakteristika**

Karakteristika u kombinaciji s pogonom 1 7712 11

(graf pokazuje za usporedbu također i kvadratnu karakteristiku)



Linearna karakteristika ventila  
Može se koristiti s pogonom

1 7712 11  
s ugrađenim DIP-prekidačem:  

- linearna karakteristika
- postotna karakteristika

Hod

Pribor

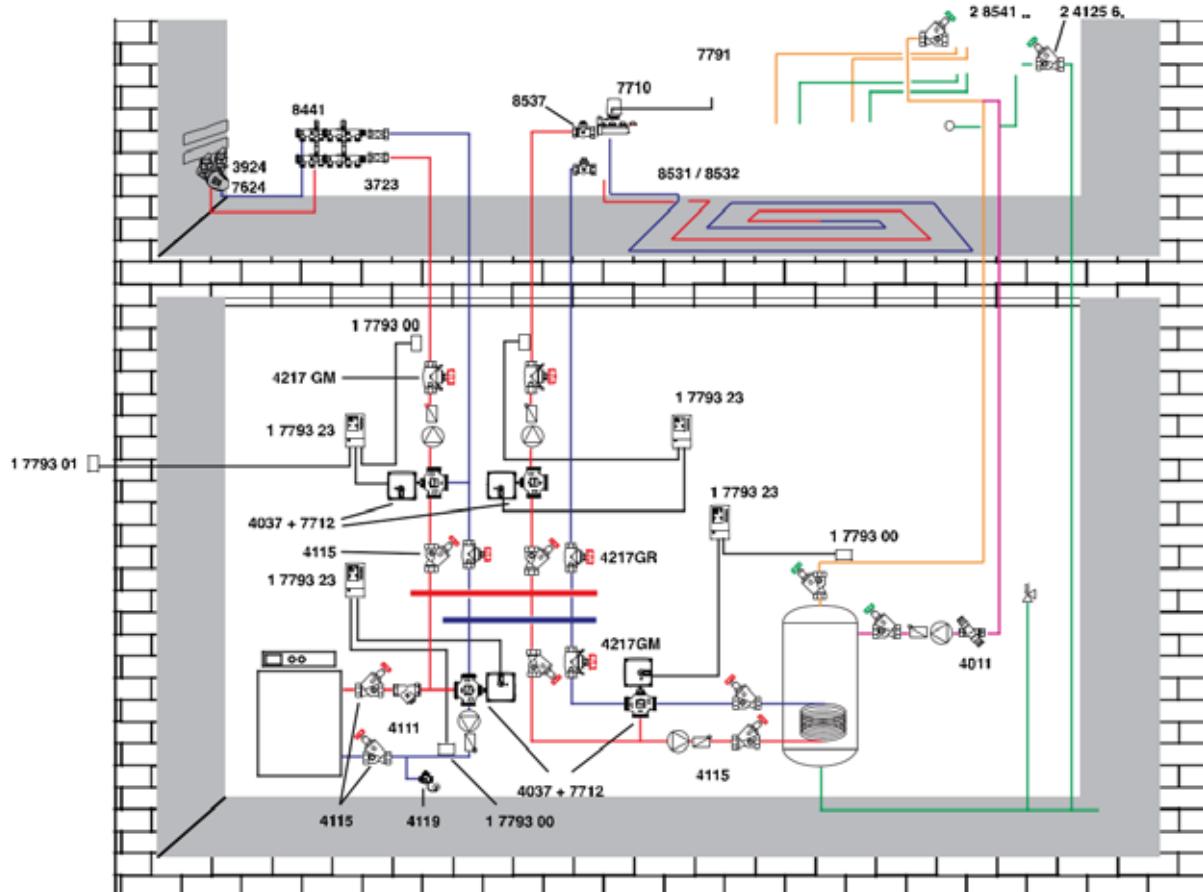
- 1 7712 11 HERZ-ov pogon ventila s regulatorom položaja 24 V, upravljački signal 0–10 V 1
- 1 7712 50 HERZ-ov pogon ventila za 3-putne ventile 230 V, sila upravljanja 500 N
- 1 7712 51 HERZ-ov pogon ventila za 3-putne ventile 24 V, sila upravljanja 500 N
- 1 7796 03 HERZ-ov sigurnosni transformator 230 V/24 V, 50 Hz, 50 VA
- 1 7793 23 HERZ-ov elektronički regulator grijanja s PI regulacijom, 110–230 V
- 1 7793 24 HERZ-ov elektronički regulator grijanja s PI regulacijom, 24 V
- 1 7793 01 HERZ-ov vanjski temperaturni osjetnik za regulator grijanja
- 1 7793 00 HERZ-ov nalijegajući temperaturni osjetnik za regulator grijanja
- 1 9102 40 HERZ-ov ručni pogon za 4037

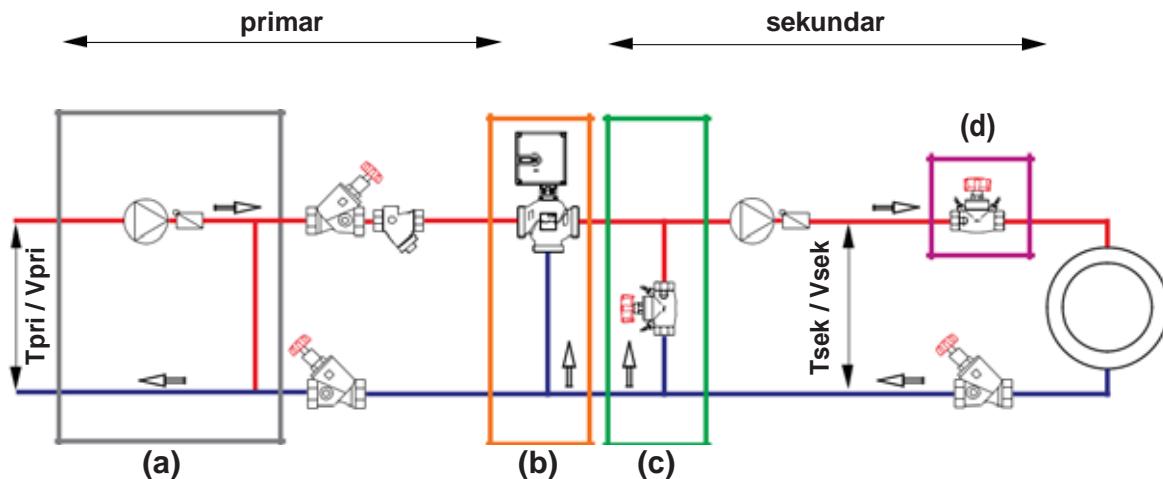
Kada se koristi kao razdjelni ventil, preporučujemo pogon sa silom upravljanja 800 N.

Ostali proizvodi

- 1 7761 xx Razdjelni ventili CALIS-RD, DN 15 - DN 32 za termički pogon
- 1 7762 xx Troputni miješajući i razdjelni ventil, DN 10 - DN 20 za termički pogon
- 1 7766 xx Miješajući ventil za povećanje temperature povrata, DN 25 i DN 32 s ugrađenim termostatom, pogon nije potreban
- 1 2137 xx Troputni miješajući ventil

Primjer izvedbe:



Primjer projektiranja:

**(a)**

Crpka primara uvijek s premosnicom

**(c)**

Ventil u premosnici kada je  $\Delta T > 30 \text{ K}$   
 $\Delta p$  premosnice =  $\Delta p$  3-putnog ventila (tat)

**(d)**
 $\Delta p$  STRÖMAX = 3 kPa

**(b)**

Odabir ventila za miješanje

Postupak:

1)  $\Delta p_{teor} = 3 \text{ kPa}$ 

$$2) kv_{theo} = \frac{\dot{V}_{pri}}{100\sqrt{\Delta p_{theo}}}$$

3) Odabir ventila prema tablici ( $kv_{tat} < kv_{teor}$ )

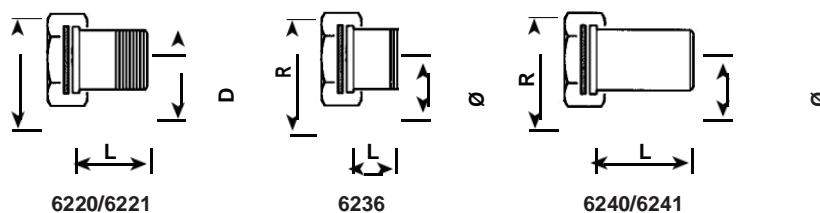
4) Proračun stvarnog pada tlaka

$$\Delta p_{tat} = \left( \frac{V_{pri}}{100 \cdot kv_{tat}} \right)^2$$

Odnos učin/maseni protok vode potrošača:

$$\dot{V} = \frac{3600 \cdot P}{c \cdot \Delta T}$$

Maseni protok	$V$	[kg/h]
Učin	$P$	[KW]
Spec. toplina za vodu	$c$	[kJ/kg K]
Temp. razlika	$\Delta T$	[K]
Karakteristika ventila	$kv$	[m³/h]
Pad tlaka	$\Delta p$	[kPa]

☒ HERZ-ovi navojni spojevi


Dimenzija ventila	Narudžbeni broj	R	D	Ø	L
DN 15	1 6221 02	1	1/2	-	33
DN 20	1 6220 12	1	3/4	-	31
DN 20	1 6220 63	1 1/4	1	-	35
DN 25	1 6220 64	1 1/2	1	-	40
DN 32	1 6220 74	2	1 1/4	-	40
DN 40	1 6220 75	2 1/4	1 1/2	-	49
DN 50	1 6220 76	2 3/4	2	-	56
DN 15	1 6236 02	1	-	15	18
DN 15	1 6236 12	1	-	18	19
DN 15	1 6236 22	1	-	22	23
DN 20	1 6236 63	1 1/4	-	28	24
DN 25	1 6236 64	1 1/2	-	35	27
DN 32	1 6236 74	2	-	35	27
DN 40	1 6236 75	2 1/4	-	42	31
DN 50	1 6236 76	2 3/4	-	54	37
DN 15	1 6240 02	1	-	27	45
DN 15	1 6241 02	1	-	21	45
DN 20	1 6240 63	1 1/4	-	34	51
DN 25	1 6240 64	1 1/2	-	42	54



Dimenzija ventila	Narudžbeni broj	A	B	L
DN 15	P 7016 42	G 1	16 x 2	40
DN 15	P 7018 42	G 1	18 x 2	35
DN 15	P 7020 42	G 1	20 x 2	40
DN 15	P 7026 42	G 1	26 x 3	50
DN 20	P 7026 43	G 1 1/4	26 x 3	50
DN 20	P 7032 43	G 1 1/4	32 x 3	50
DN 20	P 7040 43	G 1 1/4	40 x 3,5	70
DN 25	P 7032 44	G 1 1/2	32 x 3	50
DN 25	P 7040 44	G 1 1/2	40 x 3,5	70
DN 25	P 7050 44	G 1 1/2	50 x 4	70
DN 32	P 7040 45	G 2	40 x 3,5	70
DN 32	P 7050 45	G 2	50 x 4	70

## Zbirka tehničkih listova za kombiventile

Izdanje 1221

### Opće informacije

Proizvod je namijenjen samo primjeni koju je odredio proizvođač. Tu se također podrazumijevaju svi pripadajući propisi za proizvod. Nisu dopuštene promjene ili dogradnje.

### Zbrinjavanje

Prilikom zbrinjavanja treba se pridržavati svih općih i lokalnih važećih propisa.

### Napomena

Sve sheme su simboličke i ne predstavljaju cjelovito rješenje.

### Materijal

Prema članku 33. uredbe REACH (EZ br. 1907/2006) dužni smo istaknuti da je olovo kao tvar na popisu SVHC i da sve mjestene komponente koje se koriste u našim proizvodima ne sadrže više od 0,1% (m / m) olova (CAS: 7439-92-1 / EINECS: 231-100-4). Budući da je olovo čvrsto vezano kao komponenta u leguri, ne očekuje dodati se njegov utjecaj te zbog toga dodatne sigurnosne informacije nisu potrebne.

Napomena: sve sheme su simboličke i ne predstavljaju cjelovito rješenje. Svi podaci u ovom dokumentu odgovaraju stanju tehnike u vrijeme tiskanja ovog dokumenta. Služe samo kao informacija. Pridržavamo pravo izmjena u smislu tehničkih unapređenja. Prikazi su simbolički i zbog toga se optički mogu razlikovati od stvarnih proizvoda. Moguća su odstupanja boja zbog tehnike tiska. U različitim zemljama moguća su odstupanja proizvoda. Pridržavamo pravo izmjena tehničkih i funkcionalnih značajki. U slučaju upita molimo obratite se najbližoj HERZ-ovoj tvrtki.

## Bilješke

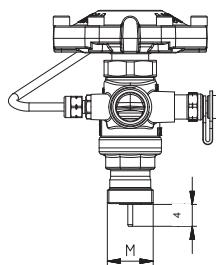
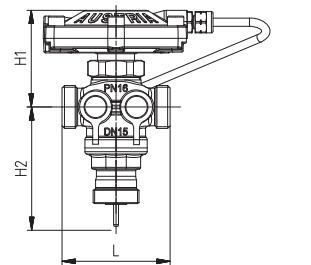
---

## Kombiventil - regulator volumena protoka

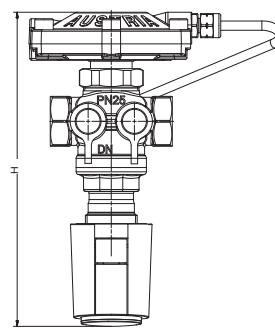
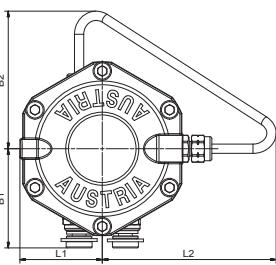
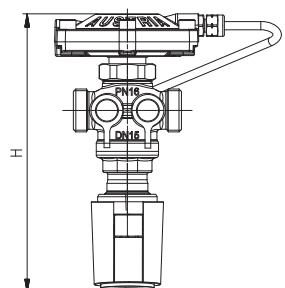
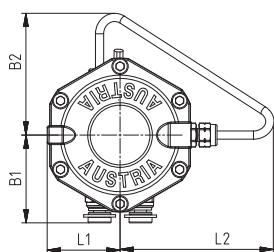
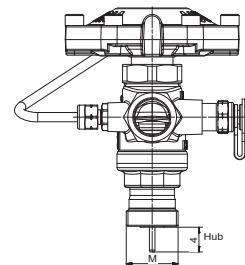
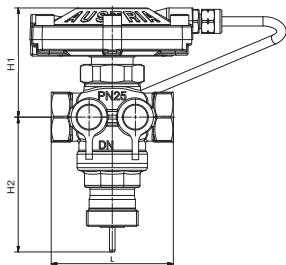
Tehnički list 4006 1x, 2x, 4x, 6x; 4206 1x, 2x, 4x, 6x

Dimenzije u mm

1 4006 XX M

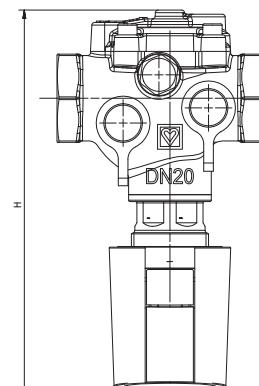
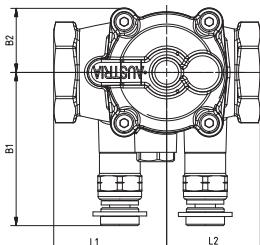
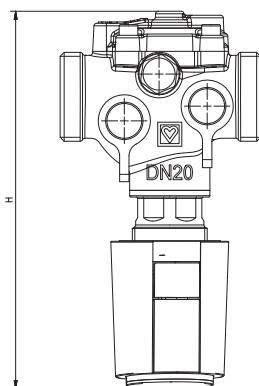
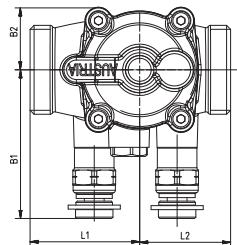
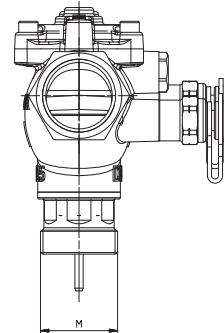
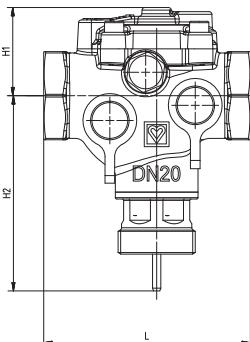
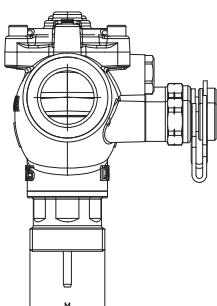
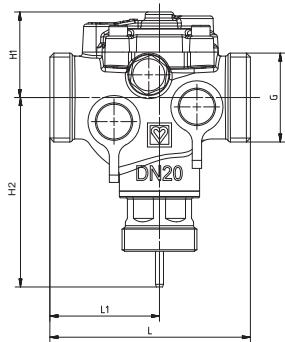


1 4206 XX M



Dimenzije u mm

1 4006 XX M SMART



Ugradbene mjere u mm, narudžbeni brojevi

Narudžbeni broj	DN	Navoj, inč	L, mm	H1, mm	H2, mm	H*, mm	B1, mm	B2, mm	L1, mm	L2, mm	M, mm
1 4006 30 M SMART	15 LF	AG	3/4 ravno brtvlijenje	75	35	69	158,8	50	23	41	34 28
1 4006 39 M SMART	15 MF		3/4 ravno brtvlijenje	75	35	69	158,8	50	23	41	34 28
1 4006 51 M SMART	15 SF		3/4 ravno brtvlijenje	75	32	70,9	157,7	54,6	23,3	41	34 28
1 4006 91 R SMART	15 SF		3/4 ravno brtvlijenje	75	32	70,9	157,7	30,6	23,3	41	34 28
1 4006 71 M SMART	15 HF		3/4 ravno brtvlijenje	75	32	70,9	157,7	54,6	23,3	41	34 28
1 4006 81 R SMART	15 HF		3/4 ravno brtvlijenje	75	32	70,9	157,7	30,6	23,3	41	34 28
1 4006 52 M SMART	20 SF		1 G ravno brtvlijenje	75	32	70,9	157,7	55,6	23,2	41	34 28
1 4006 92 R SMART	20 SF		1 G ravno brtvlijenje	75	32	70,9	157,7	31,6	23,2	41	34 28
1 4006 72 M SMART	20 HF		1 G ravno brtvlijenje	75	32	70,9	157,7	55,6	23,2	41	34 28
1 4006 82 R SMART	20 HF		1 G ravno brtvlijenje	75	32	70,9	157,7	31,6	23,2	41	34 28
1 4006 11 M	15	AG	3/4 G	66	59	75	188,8	54	74	45	94 28
1 4006 12 M	20		1 G	76	60	75	189,8	56	72	45	89 28
1 4006 13 M	25		5/4 G ravno brtvlijenje	76	60	75	189,8	56	72	45	89 28
1 4006 14 M	32		1 1/2 G ravno brtvlijenje	114	76	86	216,8	47	76	57	86 28
1 4006 15 M	40		1 3/4 G ravno brtvlijenje	132	86	97	237,8	47	82	66	85 28
1 4006 16 M	50		2 3/8 G ravno brtvlijenje	140	86	97	237,8	47	82	70	85 28
1 4006 41 R	15	AG	3/4 G	66	59	75	188,8	47	74	45	94 28
1 4006 42 R	20		1 G	76	60	75	189,8	47	72	45	89 28
1 4006 43 R	25		5/4 G ravno brtvlijenje	76	60	75	189,8	47	72	45	89 28
1 4006 44 R	32		1 1/2 G ravno brtvlijenje	114	76	86	216,8	47	76	57	86 28
1 4006 45 R	40		1 3/4 G ravno brtvlijenje	132	86	97	237,8	47	82	66	85 28
1 4006 46 R	50		2 3/8 G ravno brtvlijenje	140	86	97	237,8	47	82	70	85 28
1 4206 20 M SMART	15 LF	IG	1/2	75	35	67	156,8	50	23	41	34 28
1 4206 60 R SMART	15 LF		1/2	75	35	67	156,8	26	23	41	34 28
1 4206 29 M SMART	15 MF		1/2	75	35	67	156,8	50	23	41	34 28
1 4206 69 R SMART	15 MF		1/2	75	35	67	156,8	26	23	41	34 28
1 4206 01 M SMART	15 SF		1/2	75	32	70,9	157,7	55,2	23,2	41	34 28
1 4206 91 R SMART	15 SF		1/2	75	32	70,9	157,7	31,2	23,2	41	34 28
1 4206 71 M SMART	15 HF		1/2	75	32	70,9	157,7	55,2	23,2	41	34 28
1 4206 81 R SMART	15 HF		1/2	75	32	70,9	157,7	31,2	23,2	41	34 28
1 4206 02 M SMART	20 SF		3/4	75	32	70,9	157,7	55,6	23,3	41	34 28
1 4206 92 R SMART	20 SF		3/4	75	32	70,9	157,7	31,6	23,3	41	34 28
1 4206 72 M SMART	20 HF		3/4	75	32	70,9	157,7	55,6	23,3	41	34 28
1 4206 82 R SMART	20HF		3/4	75	32	70,9	157,7	31,6	23,3	41	34 28
1 4206 11 M	15	IG	1/2	66	59	73	186,8	54	74	45	94 28
1 4206 12 M	20		3/4	76	60	73	187,8	56	72	45	89 28
1 4206 13 M	25		1	90	60	73	187,8	56	72	45	89 28
1 4206 14 M	32		1 1/4	114	76	84	214,8	47	76	57	86 28
1 4206 15 M	40		1 1/2	132	86	95	235,8	47	82	66	85 28
1 4206 16 M	50		2	140	86	95	235,8	47	82	70	85 28
1 4206 41 R	15	IG	1/2	66	59	73	186,8	47	74	45	94 28
1 4206 42 R	20		3/4	76	60	73	187,8	47	72	45	89 28
1 4206 43 R	25		1	90	60	73	187,8	47	72	45	89 28
1 4206 44 R	32		1 1/4	114	76	84	214,8	47	76	57	86 28
1 4206 45 R	40		1 1/2	132	86	95	235,8	47	82	66	85 28
1 4206 46 R	50		2	140	86	95	235,8	47	82	70	85 28

\* s pogonom 1 7990 3X ; M - s mjernim ventilima; R - bez mjernih ventila.

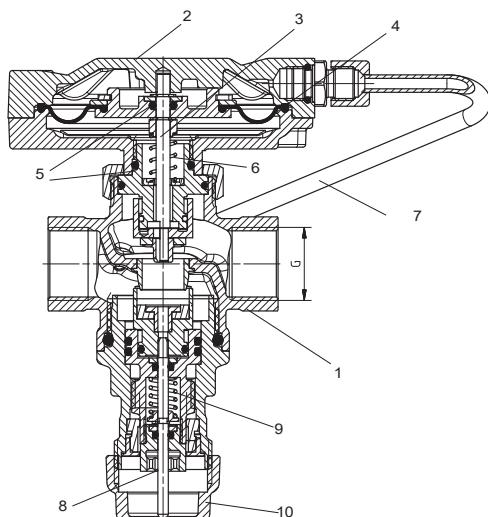
Tehnički podaci

	SMART																	
	15LF	15MF	15SF	15HF	DN20SF	20HF	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50						
1 4006 ..; 1 4206 ..	20;60 30	29; 69 39	01;51; 91	71; 81	02; 52 92	72; 82	11; 41	12; 42	13; 43	14; 44	15; 45	16; 46						
k <sub>vs</sub> vrijednost	0,22	0,36	1,75	2,62	2,62	3,54	1,01	2,0	3,26	5,59	9,49	9,17						
Protok pri otvorenosti 100%, l/h	120	190	800	1200	1200	2000	430	900	1900	2500	5200	4820						
Maks. dif. tlak na kućištu, bar	4	4	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4						
Radni tlak	maks. 25 bara						4006 - maks. 16 bara 4206 - maks. 25 bara											
Min. radna temperatura	2 °C (čista voda); - 20 °C (sredstvo protiv smrzavanja)																	
Maks. radna temperatura	do DN32: 130 °C DN40 - DN50: 110 °C																	
Hod	4 mm																	
Područje namještanja	pogledati gore protok pri otvorenosti 100 %																	
Kvaliteta vode	prema ÖNORM H 5195 i VDI 2035 dopuštena je uporaba etilen i propilen glikola u koncentraciji 25- 50 vol %																	

Integrirani regulacijski uložak služi za moduarnu regulaciju kada se postavi pogon. Postoji više vrsta pogona (pogledati poglavljje: pribor i rezervni dijelovi).

Materijali

N	Opis	Materijal
1	Kućište	Mjed otp. na otc. CC770S
2	Kućište membrane	Mjed CW602N
3	Zatik	Nehrđajući čelik 14301
4	Membrana	EPDM
5	O-brtve	EPDM
6	Tlačna opruga	Opružni čelik
7	Impulsna cijev	Bakar Cu-DHP (CW024A)
8	Zatik	Nehrđajući čelik 14301
9	Tlačna opruga	Opružni čelik
10	Pokrov	Plastika
Kvaliteta vode prema ÖNORM H 5195 i VDI 2035		



Dopuštena je uporaba etilen i propilen glikola u koncentraciji 25-50 vol %. Amonijak u konoplji oštećuje mjedeno kućište ventila. EPDM brtve bubre u kontaktu s mineralni uljima i sredstva za podmazivanje na bazi mineralnih ulja. To može dovesti do ispadanja EPDM brtvi. Sredstva za zaštitu od smrzavanja i protiv korozije trebaju se koristiti prema uputama proizvođača.

Prema članku 33. uredbe REACH (EZ br. 1907/2006) dužni smo istaknuti da je olovo kao tvar na popisu SVHC i da sve mjedene komponente koje se koriste u našim proizvodima ne sadrže više od 0,1% (m / m) olova (CAS: 7439-92-1 / EINECS: 231-100-4). Budući da je olovo čvrsto vezano kao komponenta u leguri, ne očekuje njegov utjecaj te zbog toga dodatne sigurnosne informacije nisu potrebne.

Područje primjene

Kombiventil koristi se u svim sustavima grijanja i hlađenja s crpkom. U odabranom dijelu sustava regulator automatski

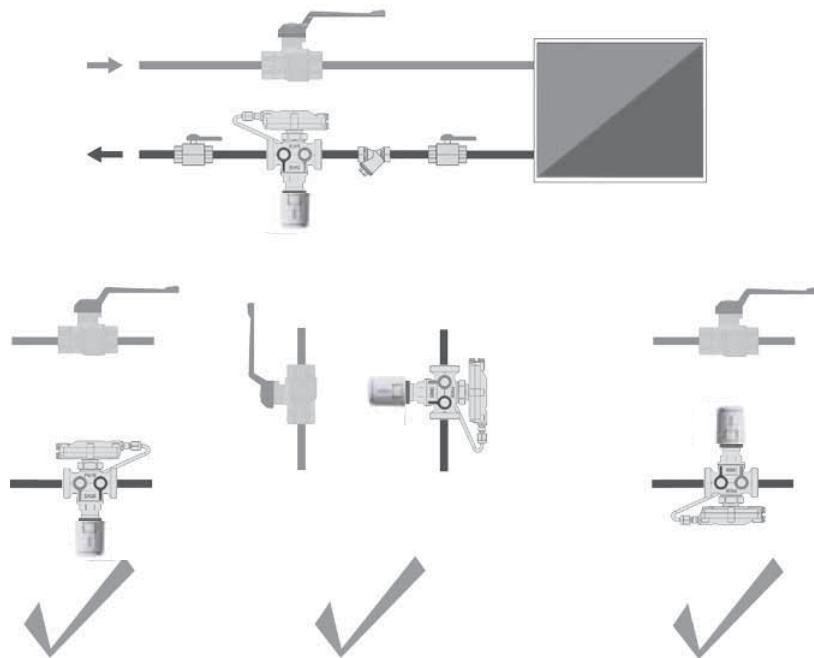
ograničava volumni protok na jednom postavljenu vrijednost. Mjeri i regulira sva kolebanja tlaka. Dakle, nisu potrebna mjerena, a kontrola je učinkovita u svim radnim uvjetima. Kombiventil održava konstantnim volumenom protok prema svojoj prednamještenosti. Membrana reagira na tlak ispred i iza regulacijskog ventila (kroz unutarnji impulsni vod). Prednamještanje ventila izravno djeluje na maseni protok. Maksimalni protok može se podešiti izravno prema dijagramu protoka iz tehničkog lista. Tako se jednostavno mogu balansirati npr. krugovi grijanja, hlađenja, zračeći stropni paneli, rashladni stropovi i zagrijači zraka, a da prethodno ne treba voditi brigu na raspodjelu tlaka u sustavu. Najviše se koristi kao kontrolni ventil potrošača.

#### **Ispiranje sustava**

Ako je sustav potrebno isprati u suprotnom smjeru od smjera rada ventila, važno je pridržavati se podatka o maksimalnom dopuštenom diferencijalnom tlaku na ventilu za protusmjerno ispiranje (300 kPa). Preporučuje se da protok ispiranja ne bude veći od trostrukog nazivnog protoka kroz ventil.

#### **Ugradnja**

Ugrađuje se u povratni vod, položaj instalacije nije važan. Smjer protoka je u smjeru strelice na kućištu. Preporučuje se ugradnja zapornog ventila prije i nakon kombiventila. Kombiventil se zatvara ključem za podešavanje HERZ (1 4006 02). Željeni protok postavlja se u % od maksimalnog protoka. Zatvara se okretanjem udesno do graničnika (položaj <0% crvenog područja).



### Primjer odabira

Prepostavlja se da potrošaču treba protok od 600 l / h. Traži se vrijednost prednamještanja za kombiventil HERZ 4006 SMART DN 15 SF (1 4006 51/91, 1 4206 01/91). Maksimalni protok kroz ventil DN 15 SF je 800 l/h, što odgovara prednamještanju 100%:

$$\frac{600 \text{ l/h}}{800 \text{ l/h}} \times 100 \% = 75 \%$$

Potrebnih 600 l/h dobije se uz prednamještanje ventila na 75%. Nakon toga može se obaviti kontrolno mjerenje. Treba imati na umu da za pravilan rad na ventilu mora biti minimalni diferencijalni tlak prema tehničkom listu.

HERZ-ov kombiventil 4006 radi sa 2-položajnim ili kontinuiranim pogonima. Uvijek se preporučuje kontinuirana regulacija. Razlog tome je što su kod brzo radećih sustava, poput rashladnih sustava ili zagrijivača zraka, bitni stalna kontrola i ušteda energije. Maksimalne uštede energije mogu se postići samo ventilima s modularnom regulacijom.

Kontinuiranom regulacijom volumni se protok regulira kontinuirano, uz najmanje kolebanje između minimalnog i maksimalnog protoka. Zahvaljujući kontinuiranom upravljanju, zaštićene su sve ostale komponente specifične za sustav, uključujući crpu. Dvopolozajno upravljanje preporučuje se za trome sustave kao što je podno grijanje.

HERZ-ovi kombiventili 4006 imaju nekoliko prednosti u odnosu na konvencionalne serijske spojeve regulatora protoka i regulatora diferencijalnog tlaka, budući da regulator volumena protoka ograničava protok ovisno o diferencijalnom tlaku sustava, dok je diferencijalni tlak promjenjiv. Ako se količina vode smanji kad se postigne sobna temperatura, diferencijalni tlak se povećava. Rezultat toga je radna točka potpuno drugačija nego kod hidrauličkog uravnoteženja. To znači da će se ventili, ako su spojeni u seriju, međusobno ometati.

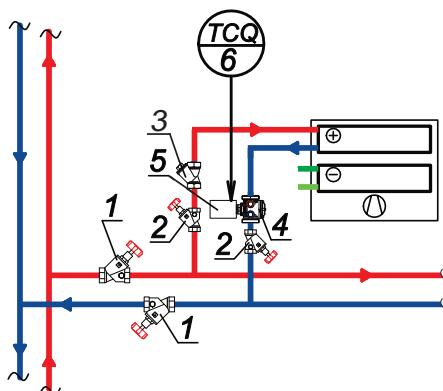
HERZ-ov kombiventil ima idealnu značajku (autoritet) ventila "1". Značajku ventila ispod 0,3 imaju ON / OFF regulacije. Kako bi se osigurala učinkovitost sustava i pravilan rad, trebalo bi koristiti modularno upravljanje koje ima značajku veću od 0,5. Budući da HERZ-ov ventil 4006 kompenzira različite diferencijalne tlakove, protok do potrošača održava se konstantnim. To znači da je isključena prekomjerna ili nedovoljna opskrba pojedinim potrošača.

Hidraulično uravnoteženje uvijek je relevantna tema u tehnologiji gradnje. Kombiventili 4006, 4006 SMART i 4206, 4206 SMART omogućuju izvedbu tehničkog sustava zgrade uz smanjeni rad na projektiranju.

U sustavima s velikim brojem kombiventila preporučuje se uporaba regulatora diferencijalnog tlaka 4002, kako bi se izbjegli problemi s bukom, pojava hidrauličkog udara i nestabilan rad sustava.

### Primjer primjene

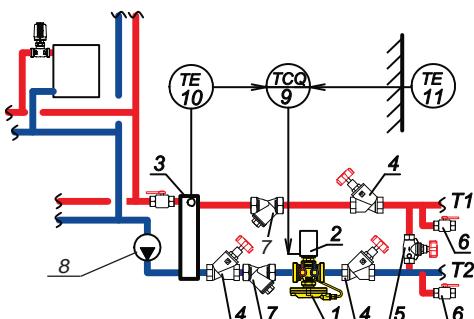
Kombiventili koriste se u sustavima opskrbe toplinom s ventilkonvektorskim jedinicama. Kombiventil ugrađen je u povratni vodsvakog ventilkonvektora. Funkcionira kao regulacijski i balansirajući ventil.



Shema 4-cijevnog sustava opskrbe toplinom ventilkonvektora (dio)

- 1, 2 – zaporni ventil STRÖMAX A 4115
- 3 – hvatač nečistoća 4111
- 4 – kombiventil 4006 SMART
- 5 – termomotor 7990
- 6 – električni kontinuirani regulator

Kombiventil u uporabi s hidrauličkom skretnicom



1 - kombiventil 4006; 2 - termomotor 7990; 3 - hidraulička skretnica; 4 - zaporni ventil STRÖMAX A 4115;  
5 - granski regulacijski ventil STRÖMAX-GM 4217; 6 - slavina za punjenje i pražnjenje THERMOFLEX 4119;  
7 - hvatač nečistoća 4111; 8 - cirkulacijska crpka; 9 - elektronički kontinuirani regulator; 10- temperaturni osjetnik ogrjevne vode; 11 - osjetnik vanjske temperature.

#### Odabir

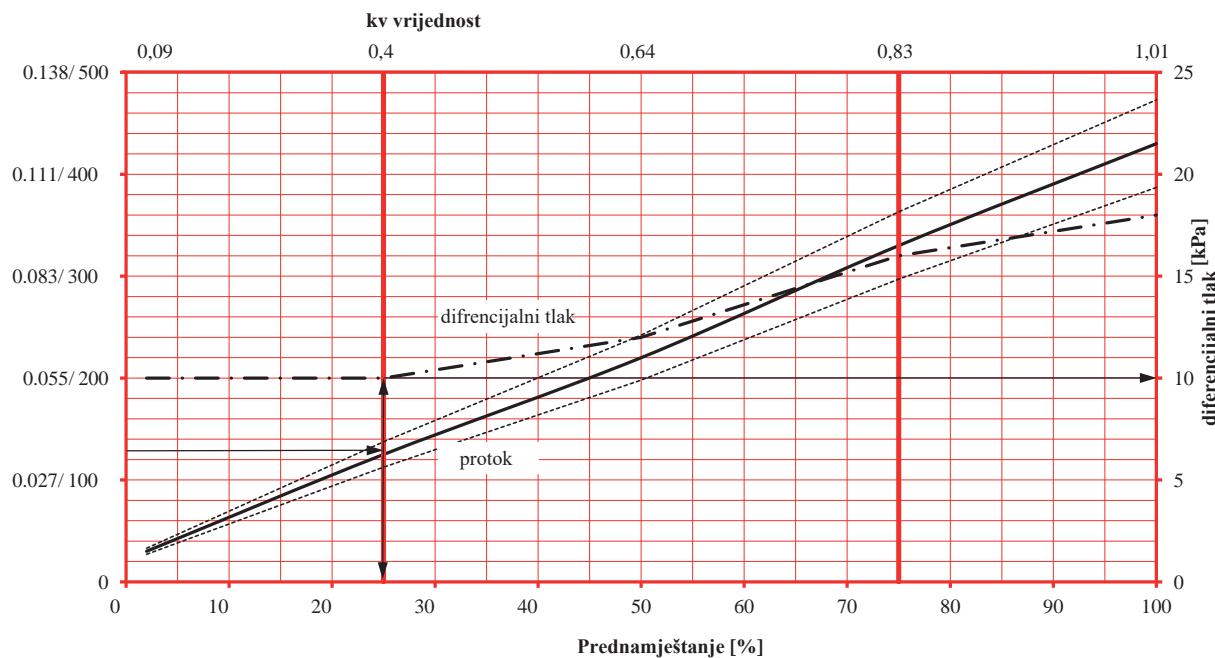
Odaberite ventil s najmanjom dimenzijom koja jamči potreban nominalni protok uz sigurnosni dodatak. Otvorenost ventila trebala bi biti što veća.

Izračun protoka je prema sljedećoj formuli :

$$V = \frac{3600 \times Q}{c \times \rho \times \Delta T} \times 1000, [\text{l/h}]$$

Q... toplinski učin [kW]  
c... specifični toplinski kapacitet 4,19 [kJ/kgK]  
ρ ... gustoća vode [kg/m³]  
ΔT... temperaturna razlika polaza i povrata [K]

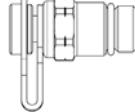
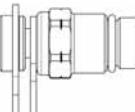
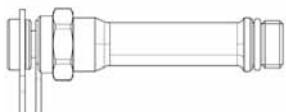
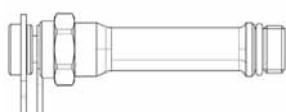
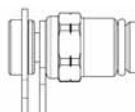
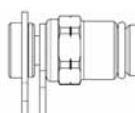
Pomoću kv dijagrama može se odrediti odgovarajući minimalni diferencijalni tlak [kPa], ovisno o protoku [l / h] i prednamještenosti [%].



**Pribor i rezervni dijelovi**

Pribor Narudžbeni broj	Opis	Slika
1 7990 31	<b>HERZ-ov termomotor za kontinuiranu regulaciju, NC</b> M 28 x 1,5, 0-10 V, hod 5 mm, adapter M 28 x 1,5 plavi sadržan, utikač, kabel odvojen, bez krajnjeg prekidača, sila zatvaranja 100 N, 1,2 W, napon 24 V / AC, upravljački signal 0-10 V / DC.	
1 7990 32	<b>HERZ- ov termomotor za kontinuiranu regulaciju, NC</b> M 28 x 1,5, 0-10 V, hod 6,5 mm, adapter M 28 x 1,5 plavi sadržan, utikač, kabel odvojen, bez krajnjeg prekidača, sila zatvaranja 125 N, 1,2 W, s prepoznavanjem hoda ventila, napon 24 V /AC, upravljački signal 0- 10 V / DC.	
1 7708 53	<b>HERZ-ov termomotor za 2-položajnu regulaciju, NC, za razdjelnik podnog grijanja i ventile</b> M 28 x 1,5, 2 položaja, pogodan za rad impuls- pauza, hod 5 mm, adapter M 28 x 1,5 crveni sadržan, kabel spojen, bez krajnjeg prekidača, sila zatvaranja 100 N, potrošnja energije 1 W, napon 230 V / AC.	
1 7708 52	<b>HERZ-ov termomotor za 2-položajnu regulaciju, NC, za razdjelnik podnog grijanja i ventile</b> M 28 x 1,5, 2 položaja, pogodan za rad impuls- pauza, hod 5 mm, adapter M 28 x 1,5 crveni sadržan, kabel spojen, bez krajnjeg prekidača, sila zatvaranja 100 N, potrošnja energije 1 W, napon 24 V / AC.	
1 7708 40	<b>HERZ-ov elektromotor s prenosnikom za 3-pol. reg., NC</b> adapter M 28 x 1,5 plavi sadržan, hod maks. 8,5 mm, maks. sila zatvaranja 200 N, napon 24 V / AC.	
1 7708 41	<b>HERZ-ov elektromotor s prenosnikom za 3-pol. reg., NC</b> adapter M 28 x 1,5 plavi sadržan, hod maks. 8,5 mm, maks. sila zatvaranja 200 N, napon 230 V / AC.	
1 7708 42	<b>HERZ-ov elektromotor s prenosnikom, NC, DDC 0-10 V</b> , adapter M 28 x 1,5, plavi sadržan, hod maks. 8,5 mm, maks. sila zatvaranja 200 N, napon 24 V / AC, upravljački signal 0 - 10 V / DC.	
1 7708 46	<b>HERZ-ov elektromotor s prenosnikom, NC, DDC 0-10 V</b> , adapter M 28 x 1,5 plavi sadržan, hod maks. 8,5 mm, maks. sila zatvaranja 200 N s prepoznavanjem hoda ventila i povratnim kanalom, napon 24 V / AC, upravljački signal 0 - 10 V / DC.	

**Pribor**

Narudžbeni broj	Dim.	Opis	Izvedba
1 0284 01	1/4"	Brzi mjerni ventil za kombiventil- regulator volumena protoka, žuta izvedba, plava kapa (povrat) za mjerjenje tlaka.	
1 0284 02	1/4"	Brzi mjerni ventil za kombiventil- regulator volumena protoka, žuta izvedba, crvena kapa (polaz) za mjerjenje tlaka.	
1 0284 11	1/4"	Brzi mjerni ventil za kombiventil- regulator volumena protoka, žuta izvedba, plava kapa (povrat) za mjerjenje tlaka, produljena izvedba za ventile s izolacijom do 40 mm.	
1 0284 12	1/4"	Brzi mjerni ventil za kombiventil- regulator volumena protoka, žuta izvedba, crvena kapa (polaz) za mjerjenje tlaka, produljena izvedba za ventile s izolacijom do 40 mm.	
1 0284 05	1/8"	Brzi mjerni ventil za kombiventil- regulator volumena protoka SMART, žuta izvedba, plava kapa (povrat) za mjerjenje tlaka.	
1 0284 06	1/8"	Brzi mjerni ventil za kombiventil- regulator volumena protoka SMART, žuta izvedba, crvena kapa (polaz) za mjerjenje tlaka.	
1 4006 02		Ključ za podešavanje za HERZ-ov kombiventil- regulator volumena protoka 4006/4206	

### Prednamještanje

Prednamještenost je jasno čitljiva i prikazana u postocima. Kombiventil se prednamješta i zatvara ključem za prednamještanje HERZ (1 4006 02). Željen protok postavlja se u % od maksimalnog protoka. Zatvara se okretanjem udesno na <0% (crveno područje).

$$\text{Prednamještenost [\%]} = (\text{željeni protok} / \text{maksimalni protok}) * 100$$

otvaranje = zakrenuti na lijevo



1 4006 02

zatvaranje = zakrenuti na desno



#### Mjerenje protoka :

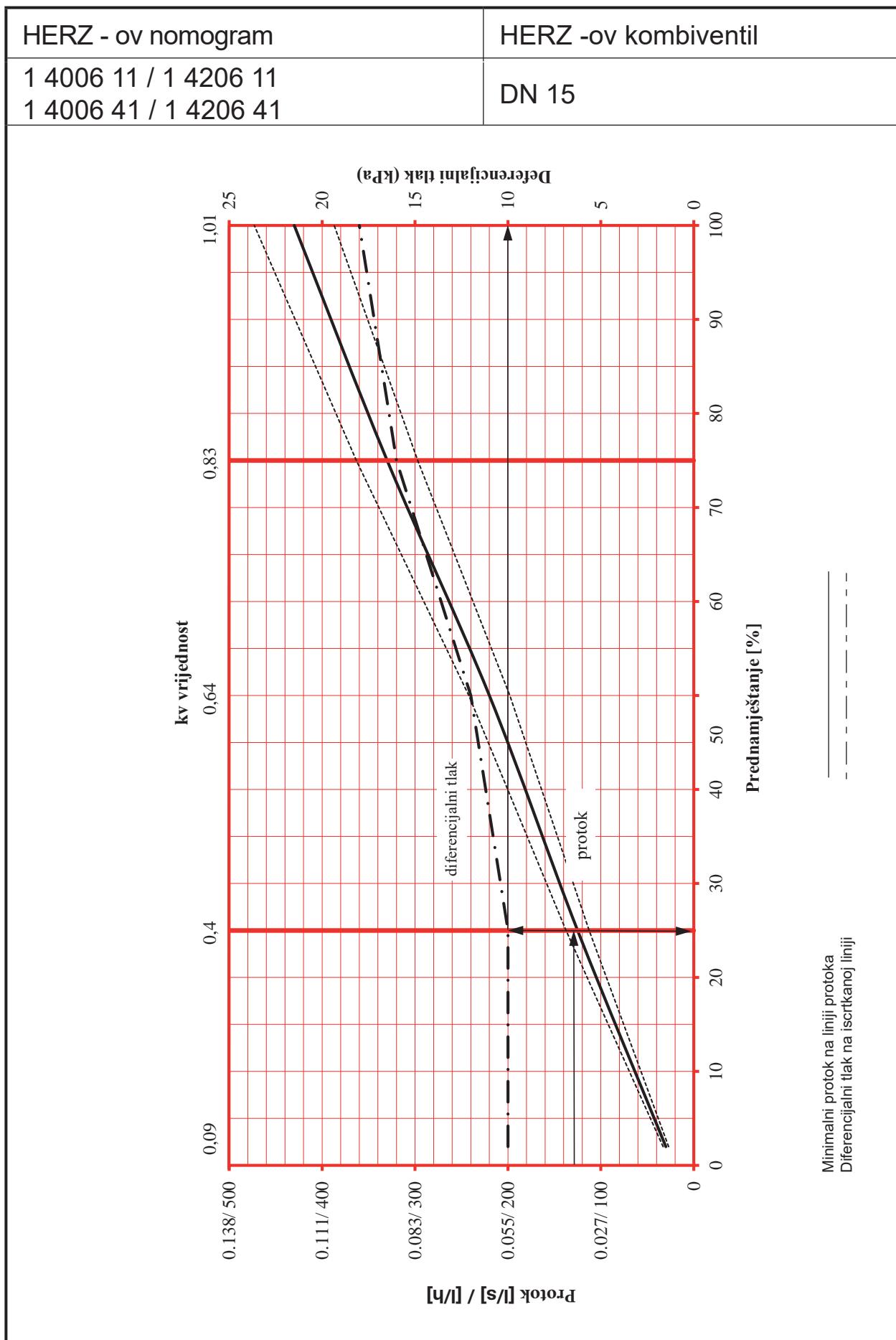
- Mjerno računalo spojite na mjerne priključke
- Unesite dimenziju, tip i prednamještenost ventila -> mjerno računalo prikazuje protok

### Upozorenje

Ventile treba ispravno ugraditi prema njihovoj namjeni i pri tome koristiti čiste spojne elemente. Unošenje nečistoća može se spriječiti ugradnjom HERZ-ovog hvatača nečistoća (4111).

### Mjerni ventili

Dva mjerna ventila montirana su na istoj strani ventila i tvornički su zabrtvljena. Zbog njihovog položaja, dostupni su u svim položajima ugradnje, a povezivanje mjernog uređaja je optimalno.

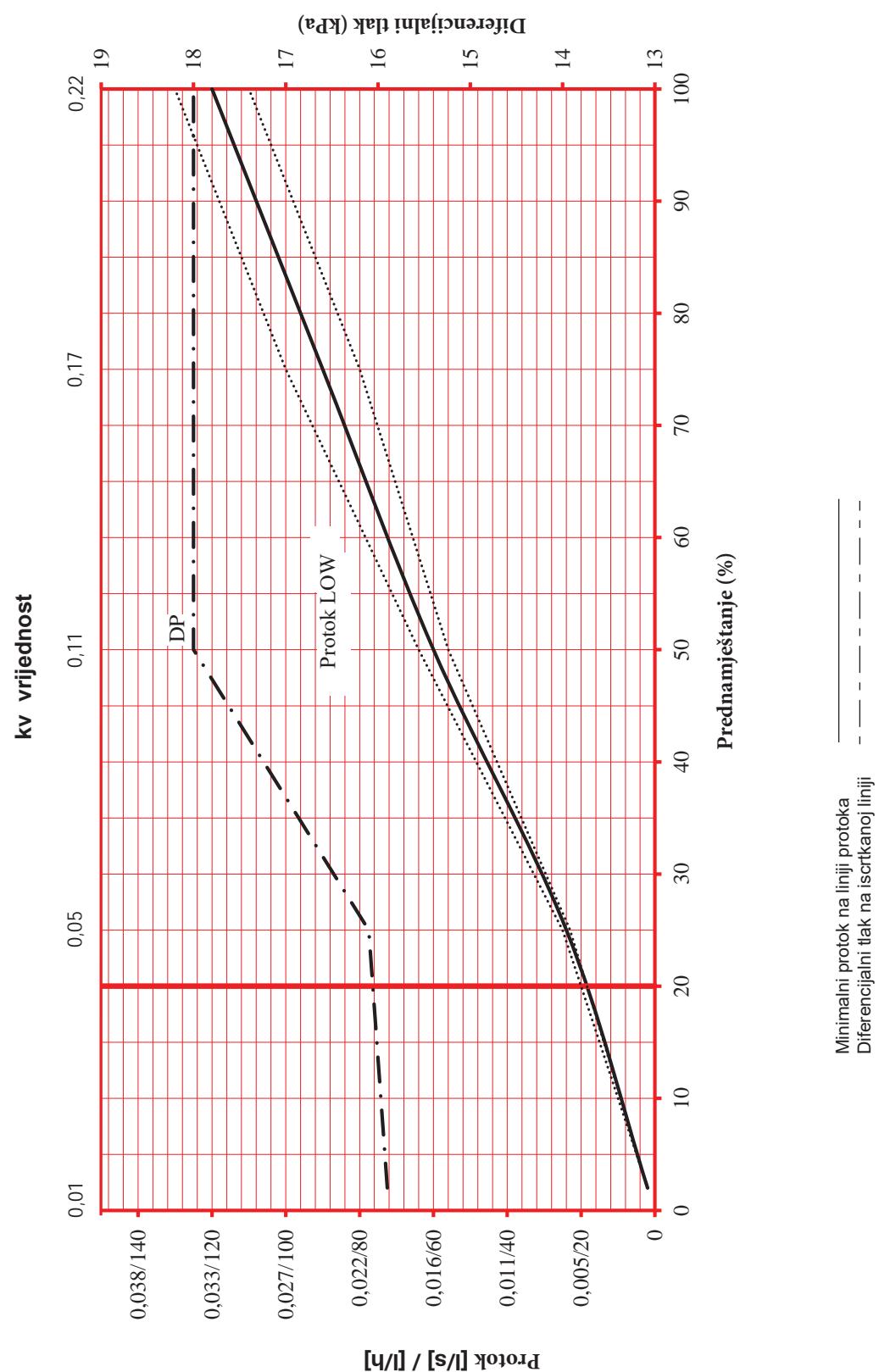


HERZ - ov nomogram

1 4206 20 / 1 4006 30, 1 4206 60

HERZ - ov kombiventil SMART

DN 15LF

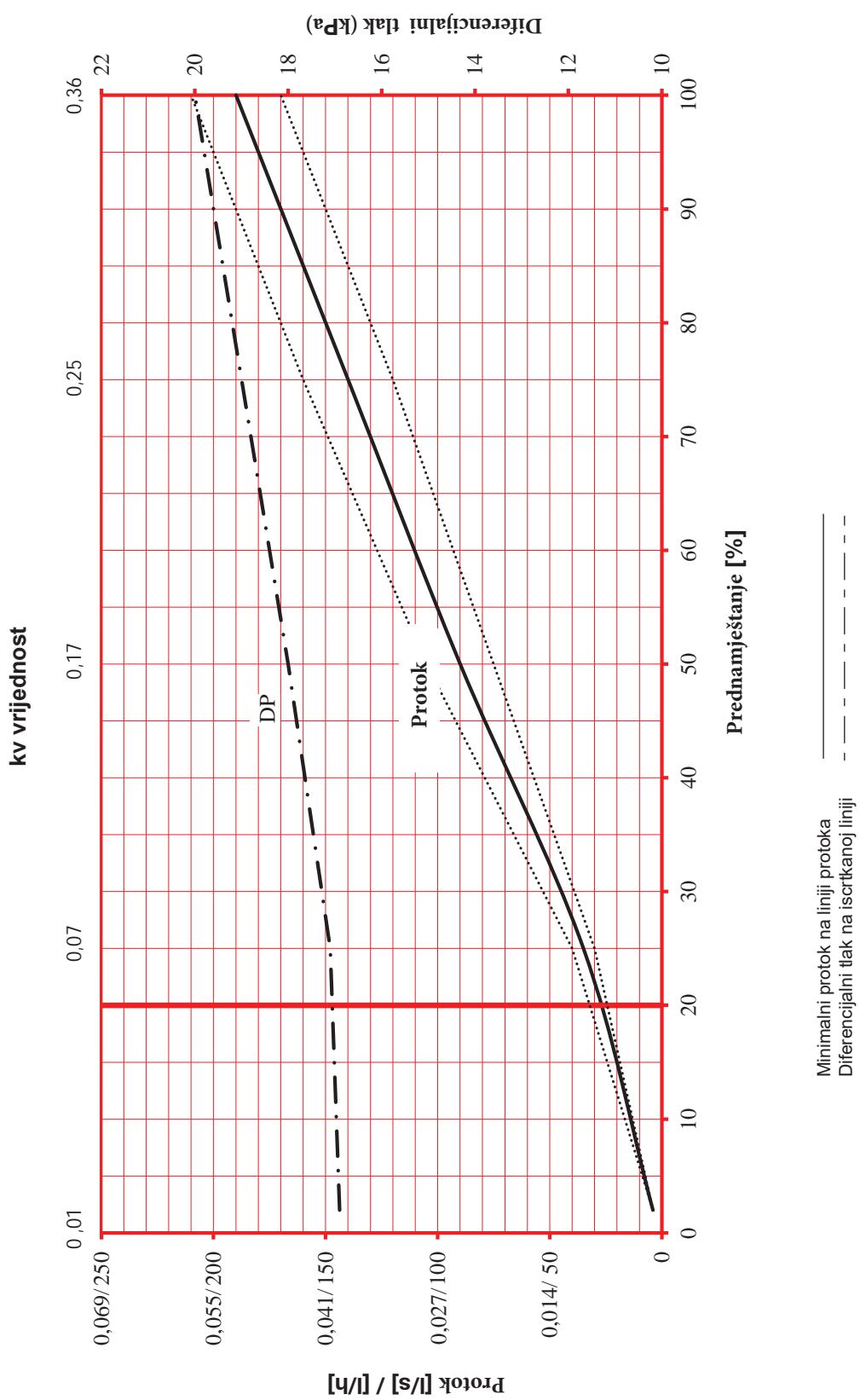


HERZ -ov nomogram

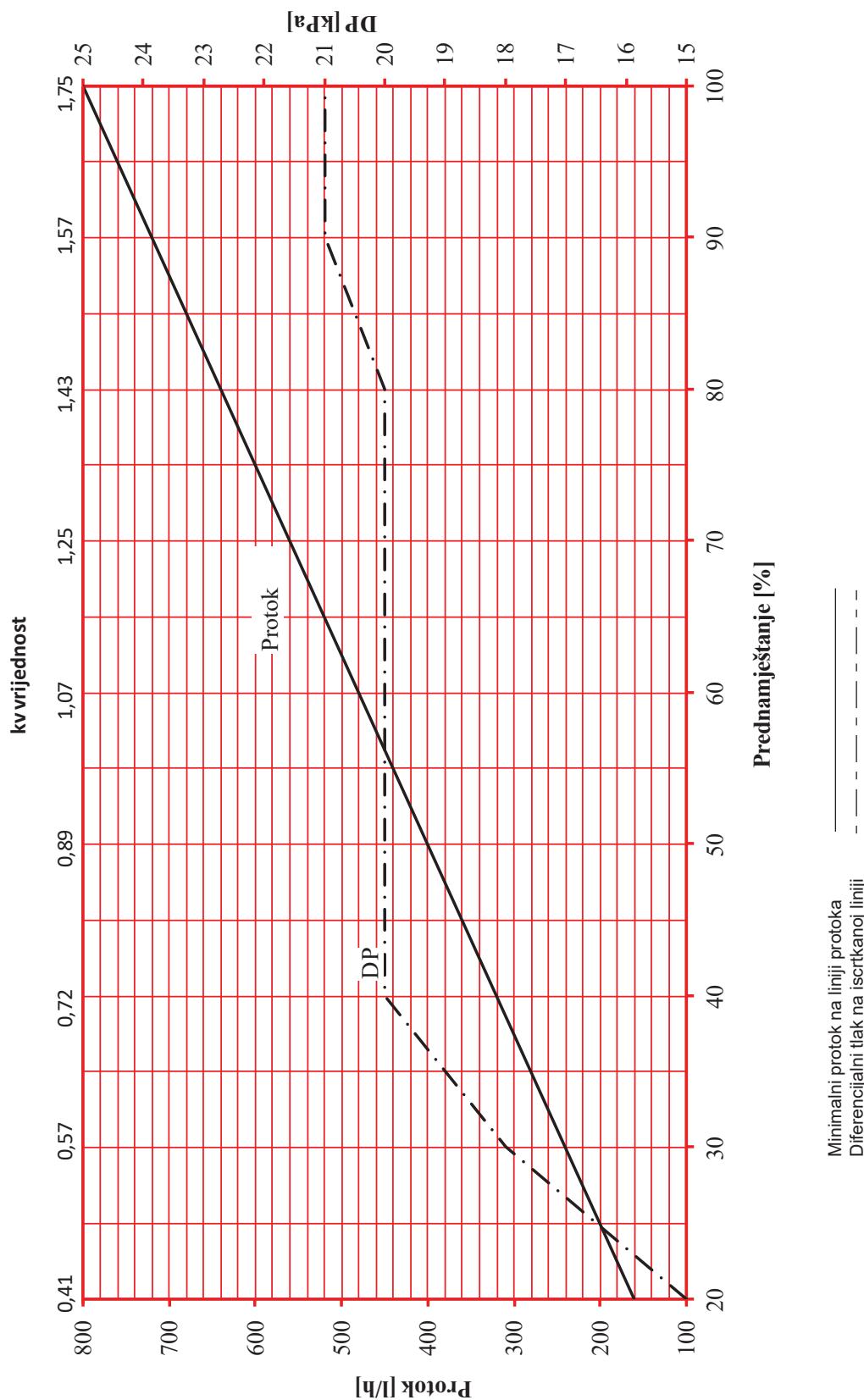
1 4206 29 / 1 4006 39, 1 4206 69

HERZ -ov kombiventil SMART

DN 15MF



HERZ -ov nomogram	HERZ -ov kombiventil SMART
1 4206 01 / 1 4006 51 1 4206 91 / 1 4006 91	DN 15 SF

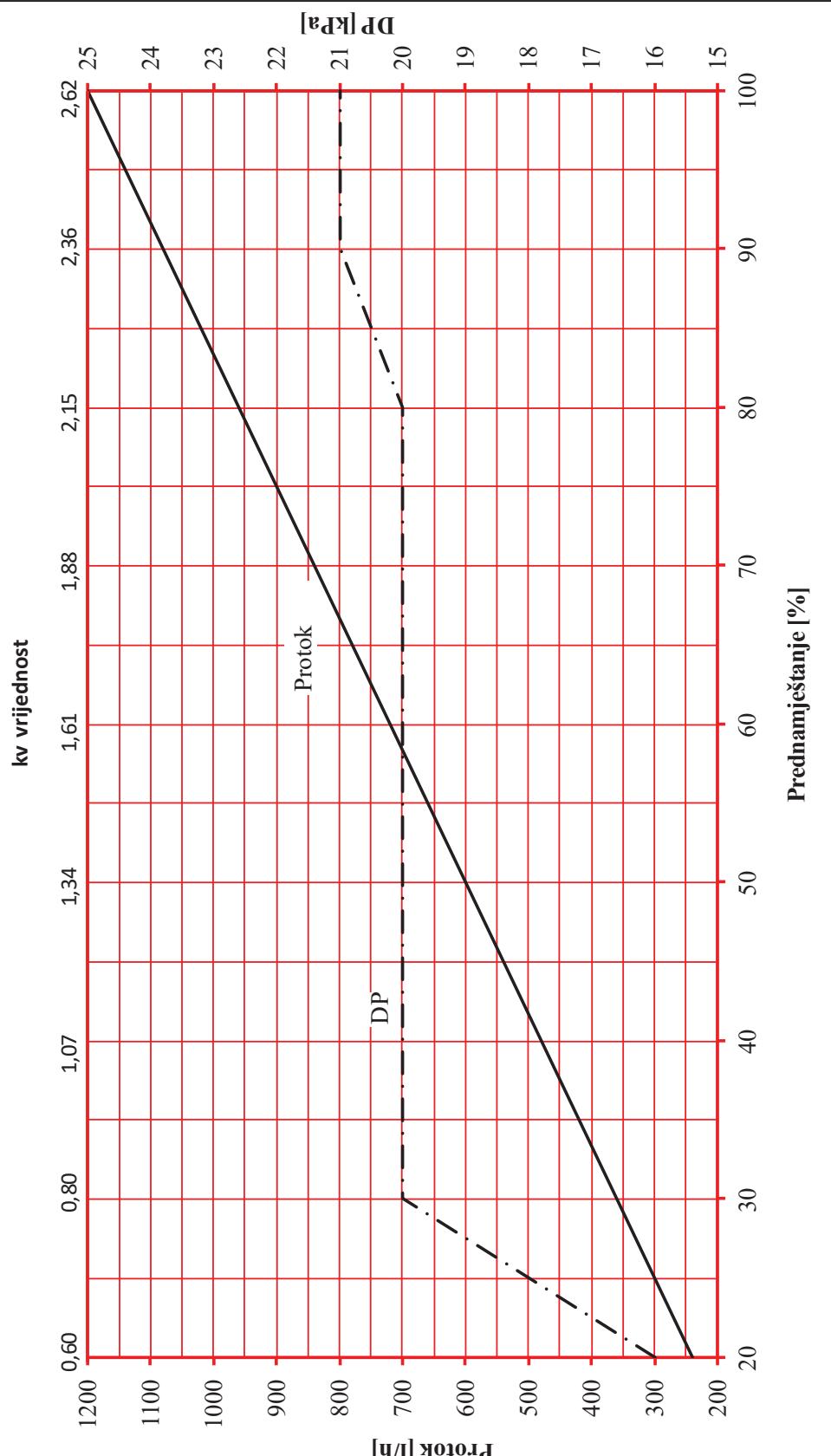


HERZ -ov nomogram

1 4206 71 / 1 4006 71  
1 4206 81 / 1 4006 81

HERZ - ov kombiventil SMART

DN 15 HF

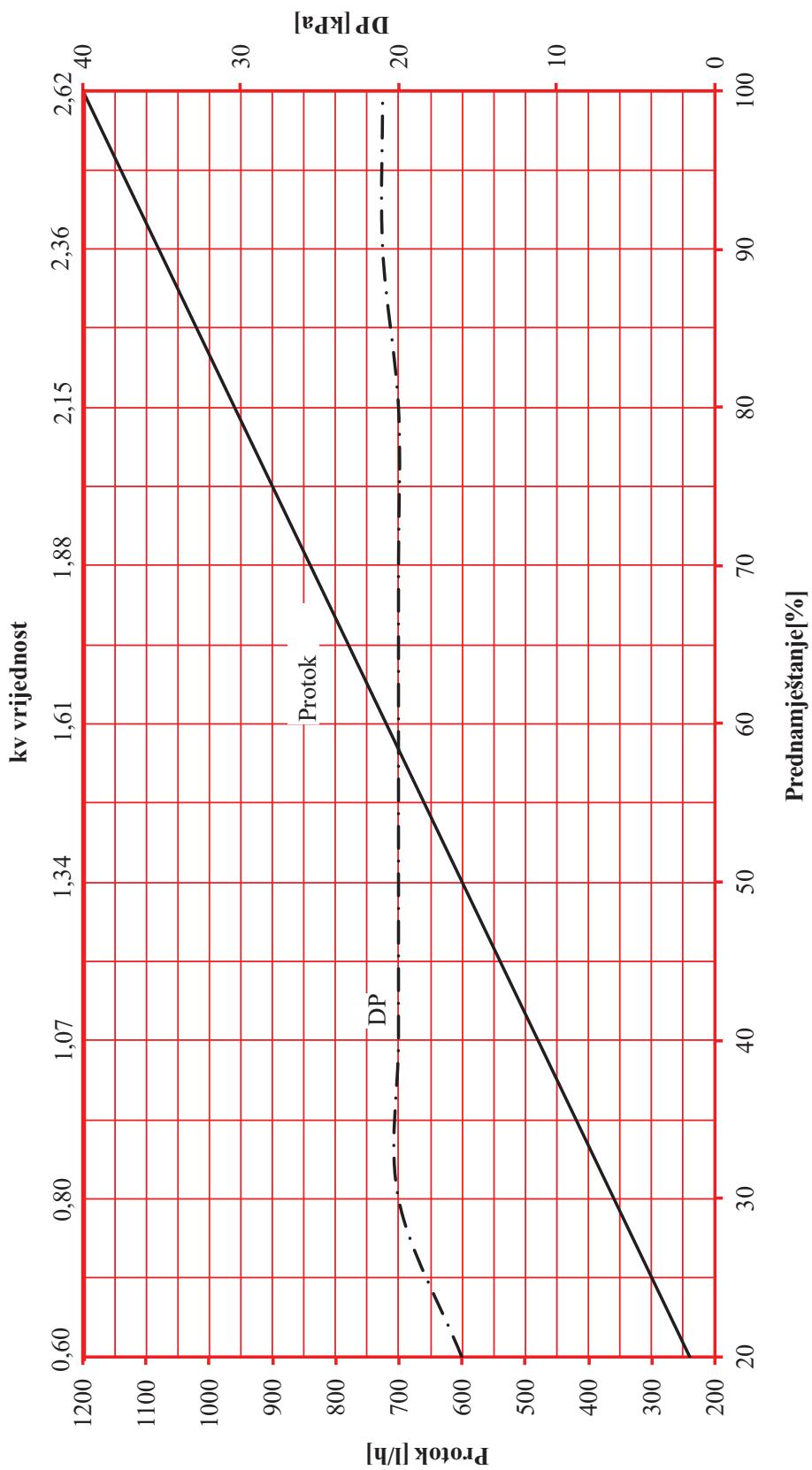


## HERZ - ov nomogram

1 4206 02 / 1 4006 52  
1 4206 92 / 1 4006 92

## HERZ - ov kombiventil SMART

DN 20 SF

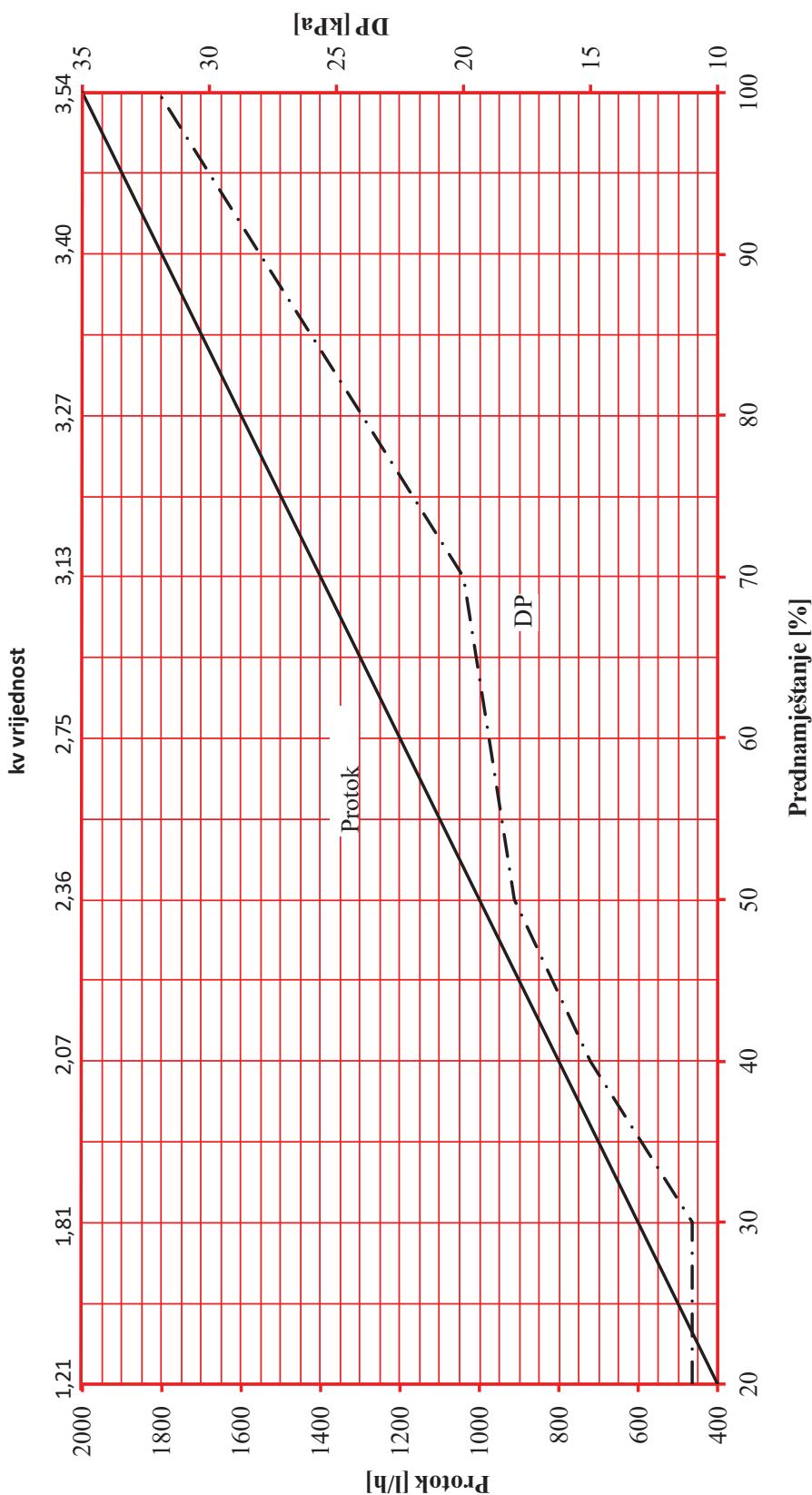


HERZ - ov nomogram

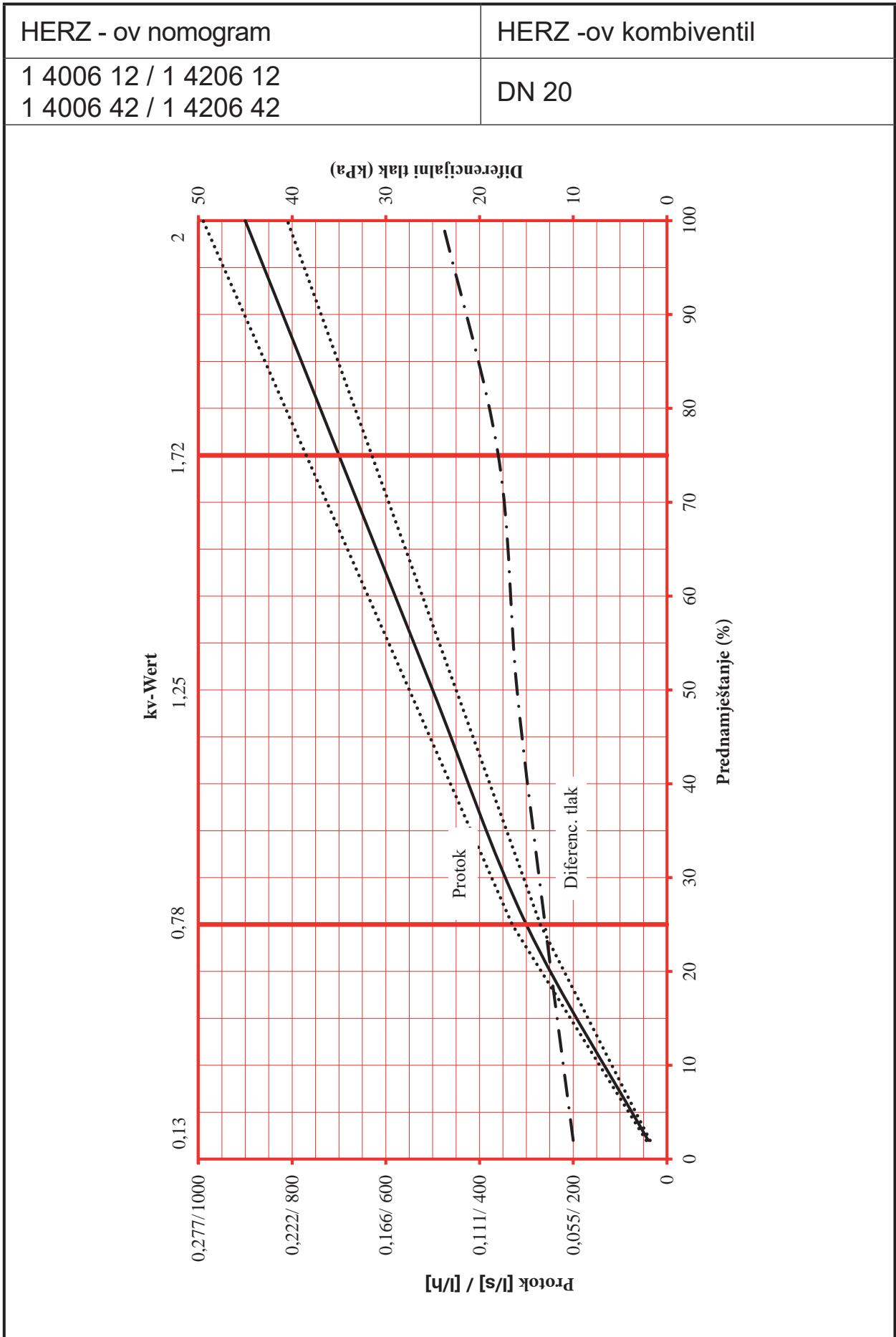
1 4206 72 / 1 4006 72  
1 4206 82 / 1 4006 82

HERZ - ov kombiventil SMART

DN 20 HF



Minimální protok na linii protoka  
Diferenciální tlak na iscritkanoj liniji

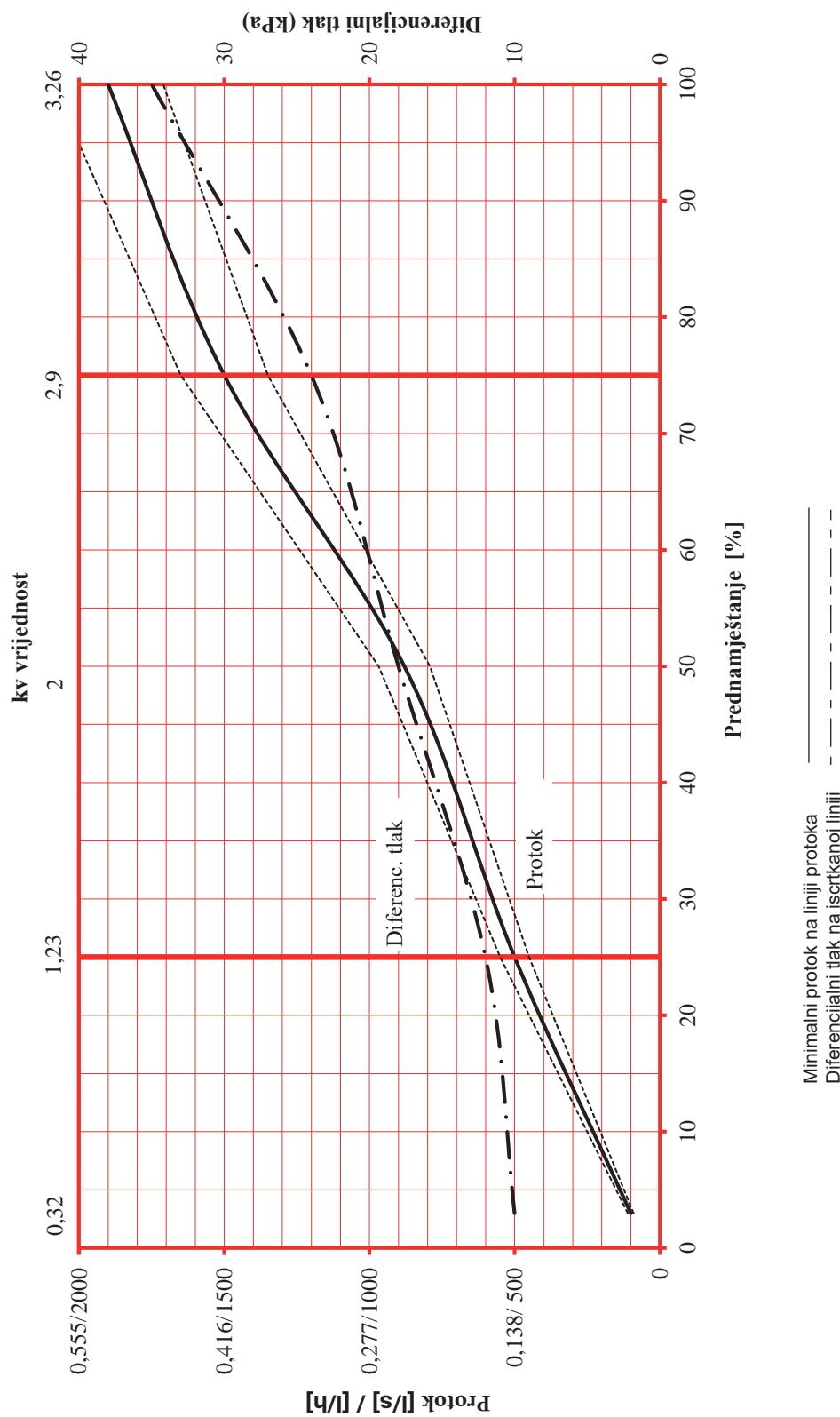


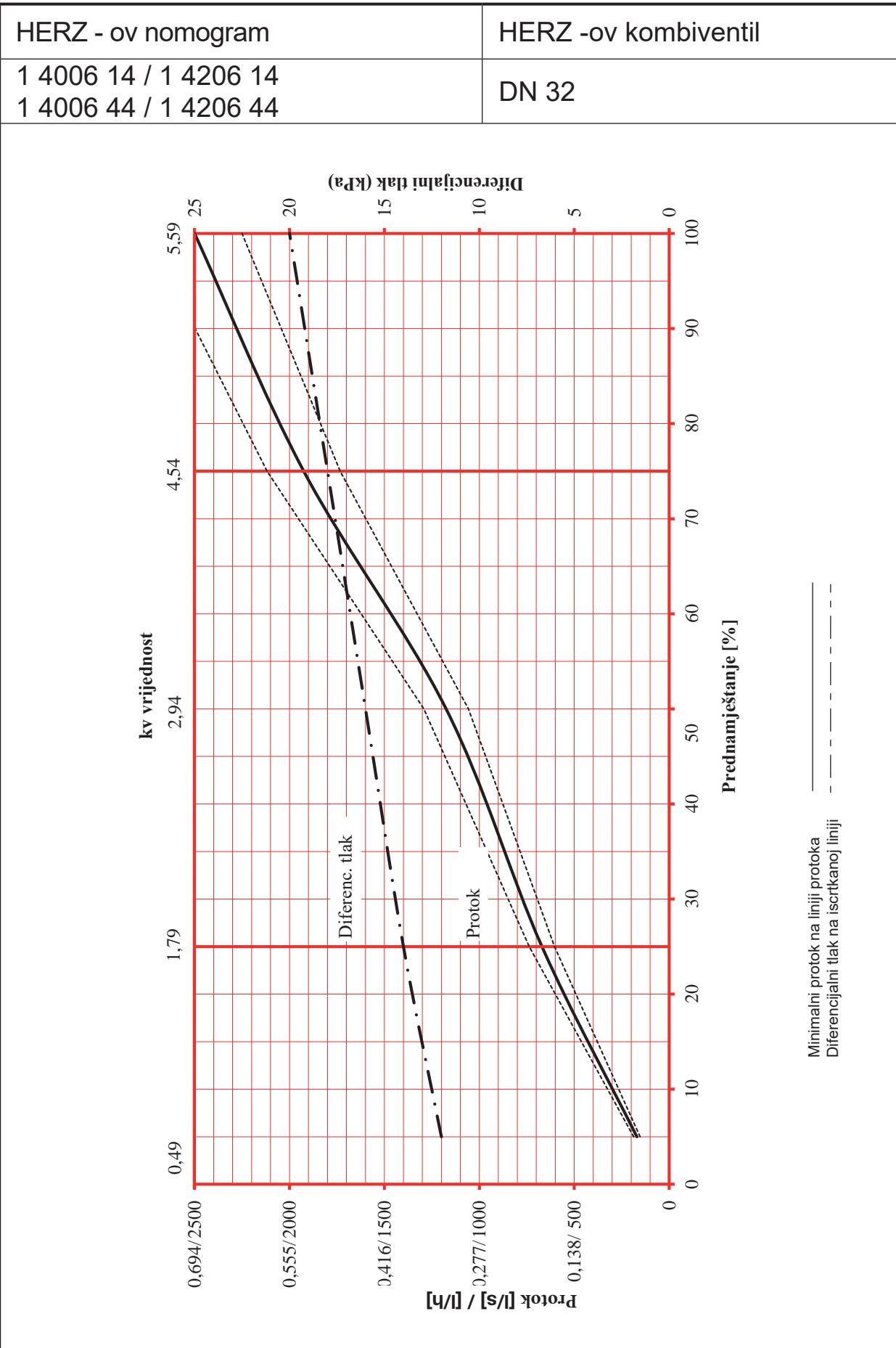
## HERZ - ov nomogram

1 4006 13 / 1 4206 13  
1 4006 43 / 1 4206 43

## HERZ - ov kombiventil

DN 25



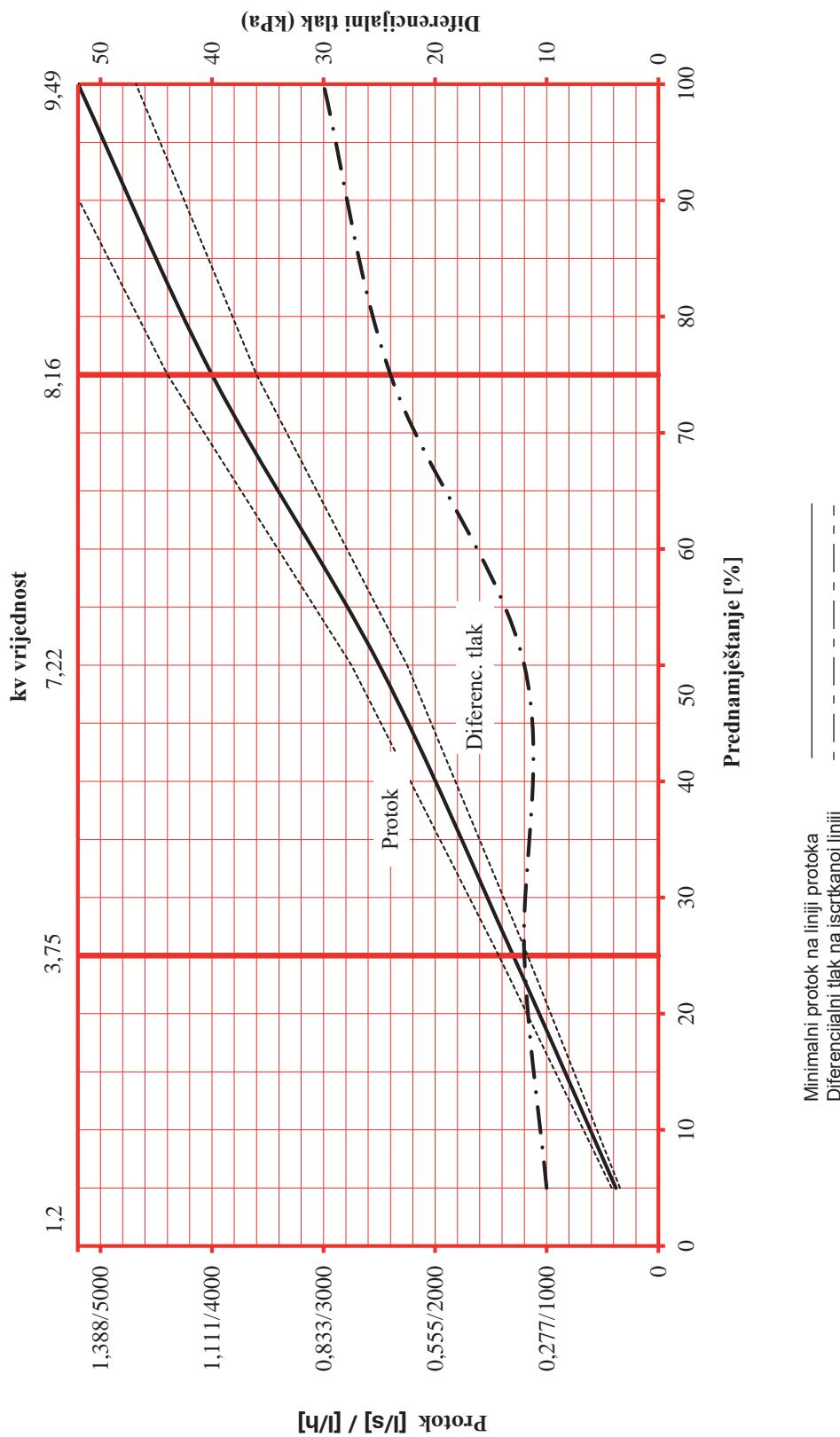


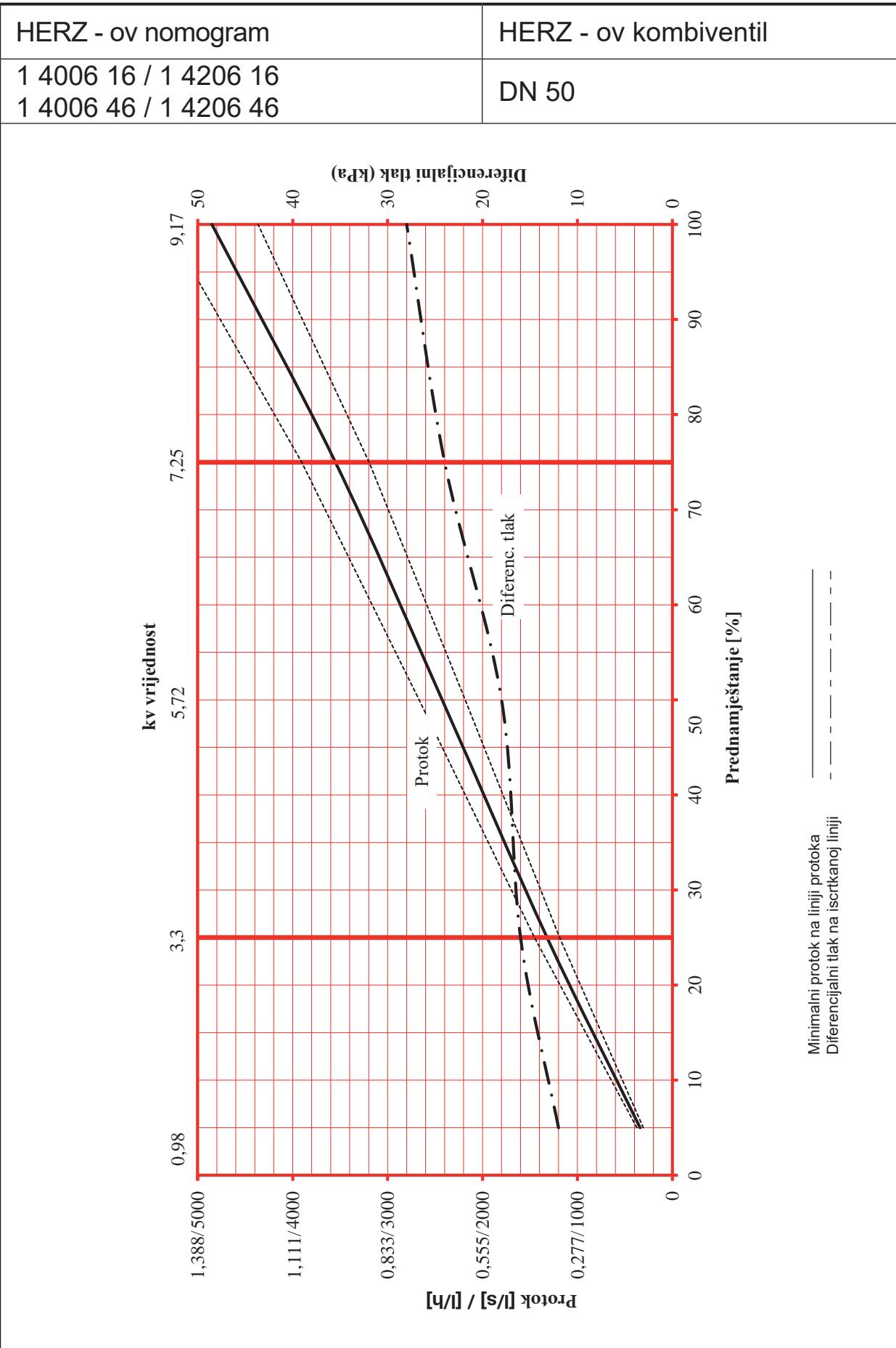
## HERZ -ov nomogram

1 4006 15 / 1 4206 15  
1 4006 45 / 1 4206 45

## HERZ - ov kombiventil

DN 40





## **Bilješke**

---

## Bilješke

---

## **Bilješke**

---

## Bilješke

---

