

Ventilatsiooniõhu kütmine/jahutamine AB-QM ventiilidega

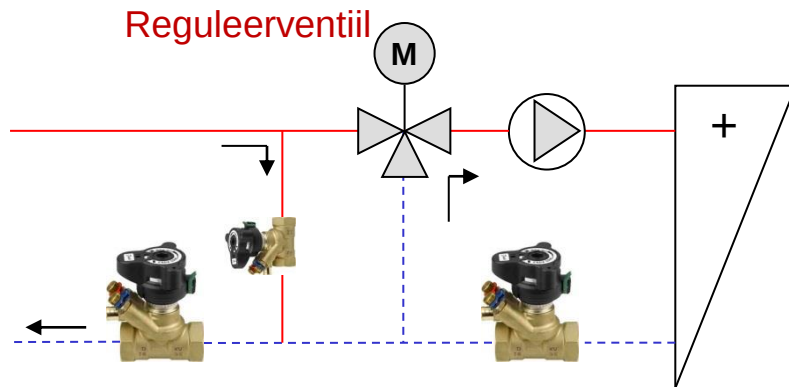
Marko Moring



Traditsiooniline AHU reguleerimine

Primaarpool muutuva vooluhulgaga - KÜTE

Primaarpool muutumatu vooluhulgaga - KÜTE



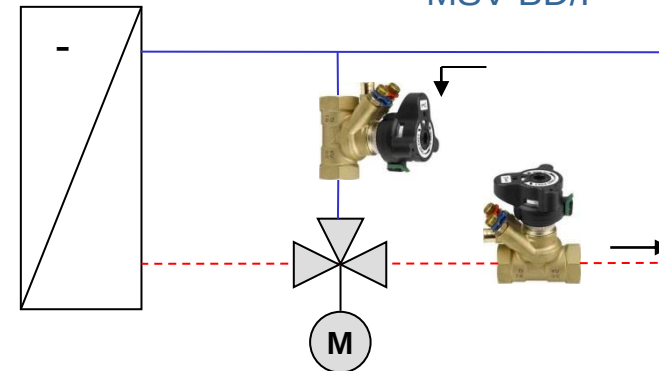
2x manuaalne tasakaalustusventiil
MSV-BD/F

Muutumatu sekundaarpoole vooluhulk –
külmakaitse

Primaarpool muutumatu vooluhulgaga - JAHUTUS

Jahutus

2x manuaalne tasakaalustusventiil
MSV-BD/F



Reguleerventiil

Sekundaarpoole vooluhulk muutuv

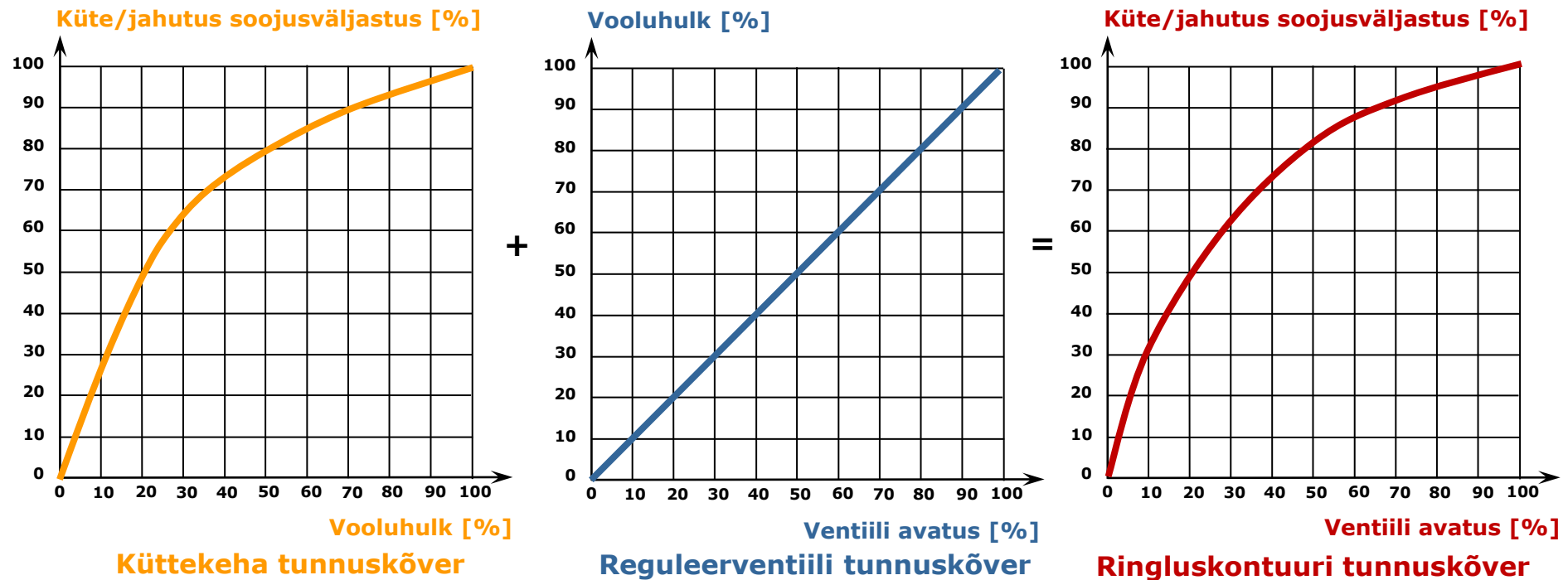
AHU reguleerimise teooria

Küte ja jahutamine erinevatel viisidel



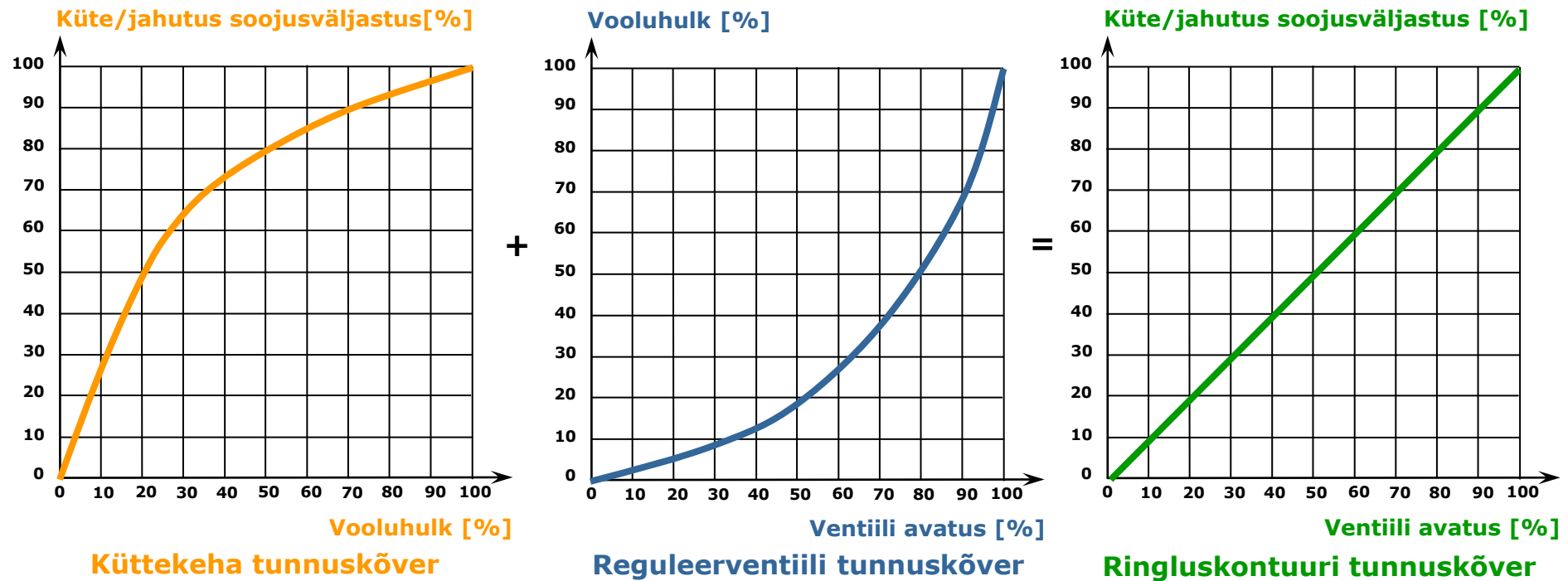
Ideaalsed reguleerimiskarakteristikud

- **Lineaarne** karakteristik üldiselt ei sobi AHU reguleerimiseks



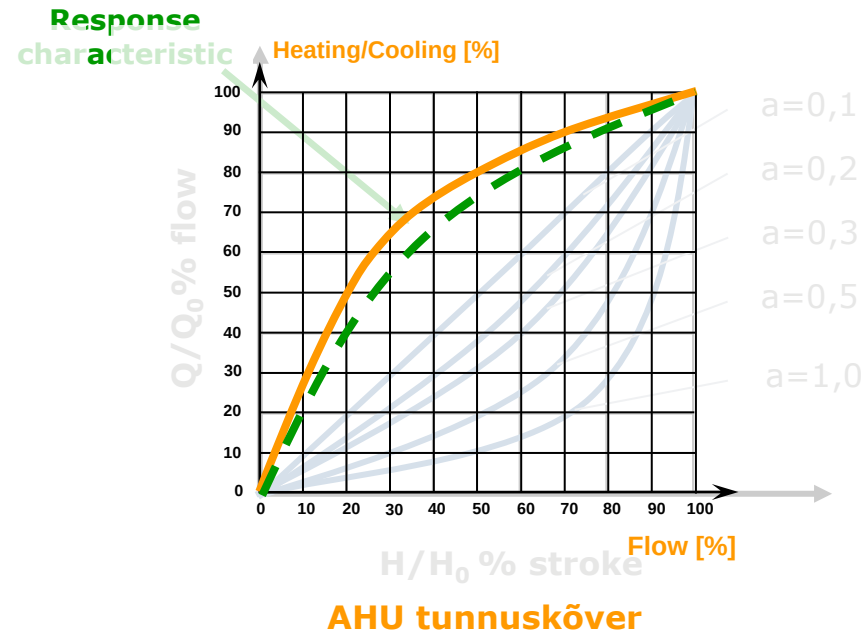
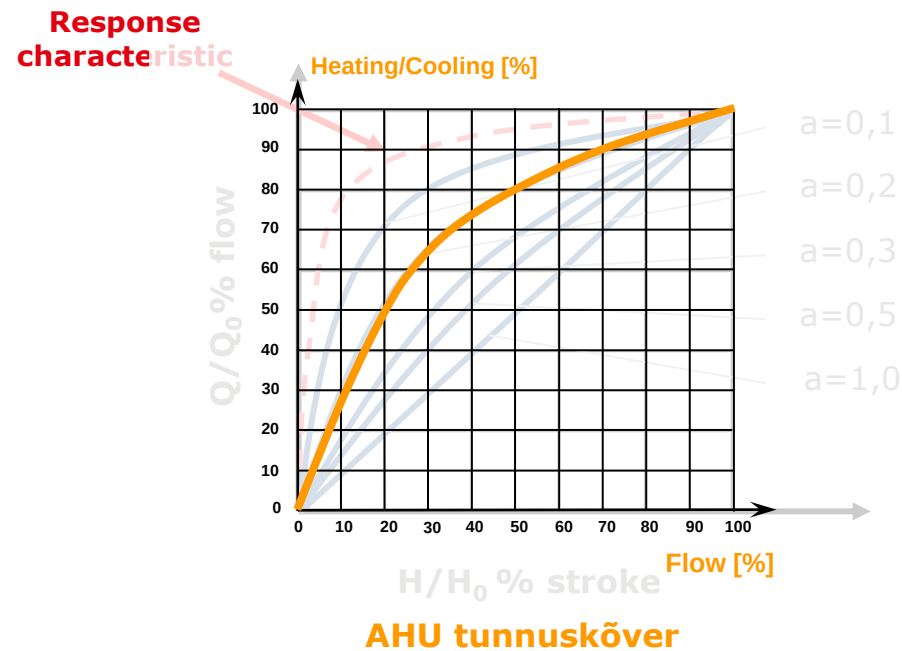
Ideaalne reguleerimiskarakteristik

- **Logaritmiline** karakteristik sobilik AHU reguleerimiseks



Reguleerimisomadused reaalses rakenduses

- Vaatleme reguleerventiili mõjuteguri moondumist



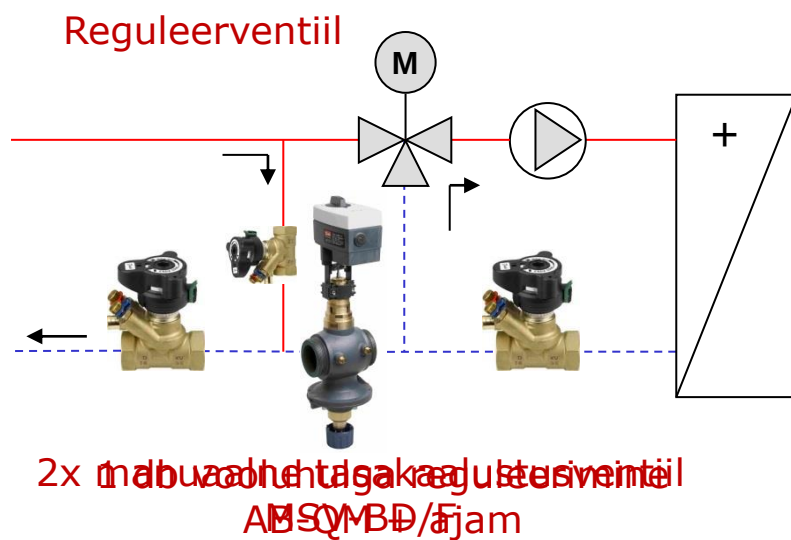
6

- Mõlemad on ideaalist kaugel ja sõltuvad rõhu kõikumisest

Danfoss soovib lahendust AB-QM ventiilidega

Primaarpool muutuva vooluhulgaga - KÜTE

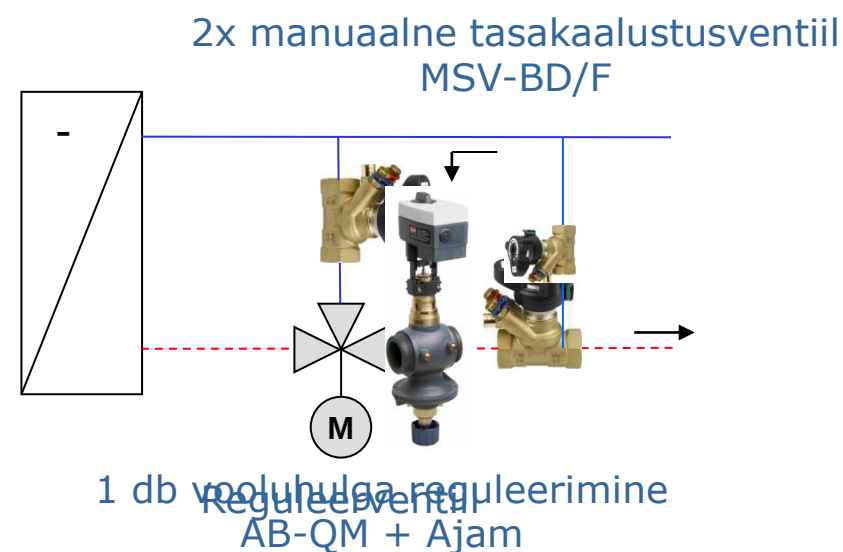
Primaarpool muutumatu vooluhulgaga - KÜTE



Primaarpool muutumatu vooluhulgaga – kütte olemasolu

Primaarpool muutumatu vooluhulk - JAHUTUS

Primaarpool muutuva vooluhulgaga - JAHUTUS

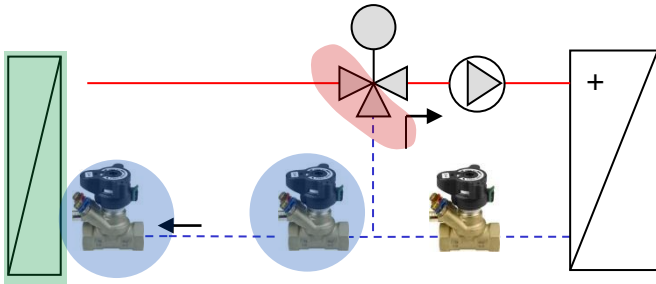


Möödaviik AB-QM – jahutusvee olemasolu

Reguleerventiilide reguleerimise võimekus



Traditsiooniline AHU reguleerimine – Küte



Näide - primaarpool:

- $\Delta p_{\text{HEX}} = 24 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{MSV-BD}} = 2 \times 3 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{torustik}} = 20 \text{ kPa}$

Soovituslik:

- $\Delta p_{\text{CV}} = 50 \text{ kPa}$ ($a=50\%$)

Reguleerventiili rõhumõju tegur:

- Sõltub Δp torustik, HEX ja MBV

$$a_v = \frac{\Delta p_{\text{Valve}}}{\Delta p_{\text{Valve}} + \Delta p_{\text{Pipeline}}}$$

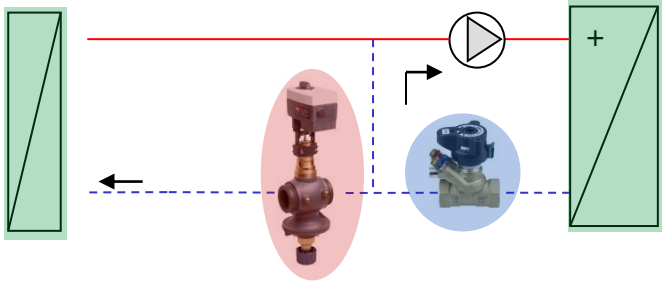
3-tee ventiili miinused:

- Vajalik 50 % rõhumõjutegur reguleerventiilil!
- Muutuv Δp ventiilis MCV – puudulik reguleerimine
- Vajalik kõrge sulgemisrõhk MVC (tugev täiturmehhanism!)
- Vajalik pump suure tõstekõrgusega: 100 kPa
- Tasakaalustamine on vajalik

Tugevused:

- Tuntud, sageli kasutatav rakendus
- Üldiselt odavam lahendus (enamasti suuremas mõõdus)

AHU reguleerimine PICV ventiiliga (AB-QM)– Küte



Näide - sekundaarpool:

- $\Delta p_{\text{HEX/AHU}} = 24 / 25 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{MSV-BD}} = 0 / 3 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{torustik}} = 20 / 2 \text{ kPa}$

Lahendus:

- $\Delta p_{\text{AB-QM}} = 16\text{-}30 \text{ kPa}$ ($a=100\%$)

reguleerventiili rõhumõjutegur:

- authority (100%) kogu aeg

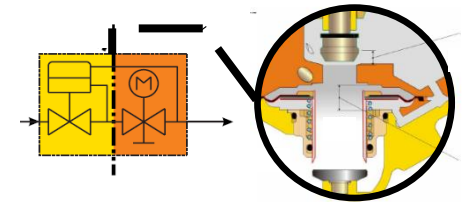
PICV ventiili eelised:

- Ideaalne reguleerimine
- Madal pumba tõstekõrgus: 60-74 / 28 kPa
- Suur reguleerimisulatus ($> 1:1000$)
- Energiatõhusus
- Tasakaalustamist ei ole vaja, paindlik süsteem

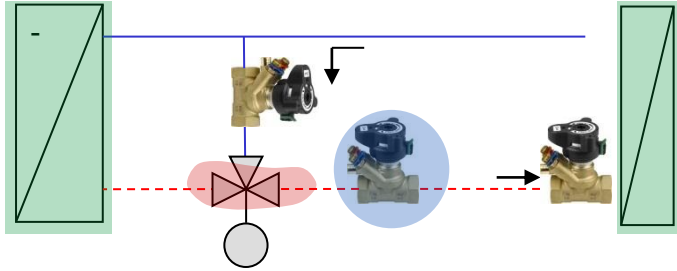
Miinused:

- Uus tehnoloogia, mis ei ole veel turul tuntud
- Kõrgem hind (?)

$$a_v = \frac{\Delta p_{\text{Valve}}}{\Delta p_{\text{Valve}} + \Delta p_{\text{Pipeline}}}$$



Traditsiooniline AHU reguleerimine – Jahutus



Näide - sekundaarpool:

- $\Delta p_{\text{HEX/AHU}} = 24 / 25 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{MSV-BD}} = 2 \times 3 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{torustik}} = 20 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{CV}} = 30 \text{ kPa}$

Authority (rõhumõjutegur):

- $30/105 = 28 \% \text{ ☹️}$

Reguleerventiili rõhumõjutegur:

- sõltub Δp torustik AHU/HEX ja MBV

$$a_v = \frac{\Delta p_{\text{Valve}}}{\Delta p_{\text{Valve}} + \Delta p_{\text{Pipeline}}}$$

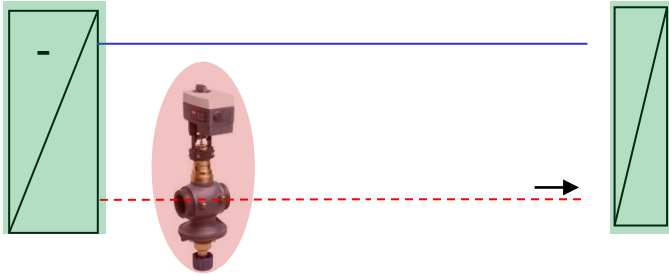
3-tee ventiili miinused:

- Authority reguleerventiilil on väga madal
- Vajalik pumba tõstekõrgus on suur: 105 kPa
- Tasakaalustamine on vajalik
- Väikese ΔT sündroom, mitte energiatõhus
- Kallis

Tugevused:

- Tuntud, sageli kasutatav lahendus
- Väikesed rõhukõikumised süsteemis

AHU reguleerimine PICV ventiiliga (AB-QM)– Jahutus



Näide - sekundaarpool:

- $\Delta p_{\text{HEX/AHU}} = 24 / 25 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{MSV-BD}} = 0 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{torustik}} = 20 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{CV}} = 16\text{-}30 \text{ kPa}$

Reguleerventiili rõhumõjutegur:

- authority (100%) kogu aeg

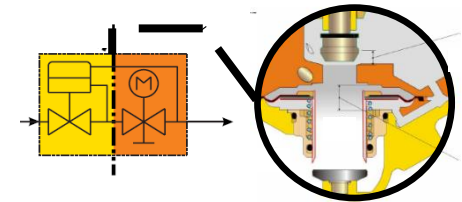
PICV ventiili eelised:

- Ideaalne reguleerimine
- Madal pumba tõstekõrgus: 85-99 kPa
- Suur reguleerimisulatus (> 1:1000)
- Energiatõhus
- Tasakaalustamist ei ole vaja, paindlik süsteem
- Madalam hind

Miinused:

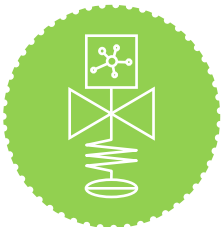
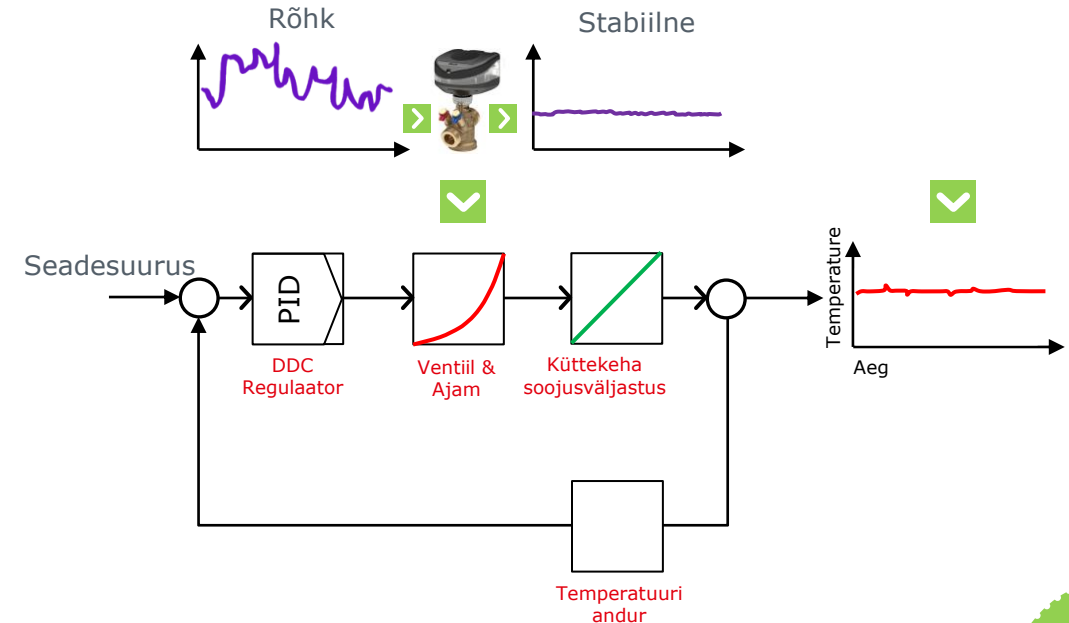
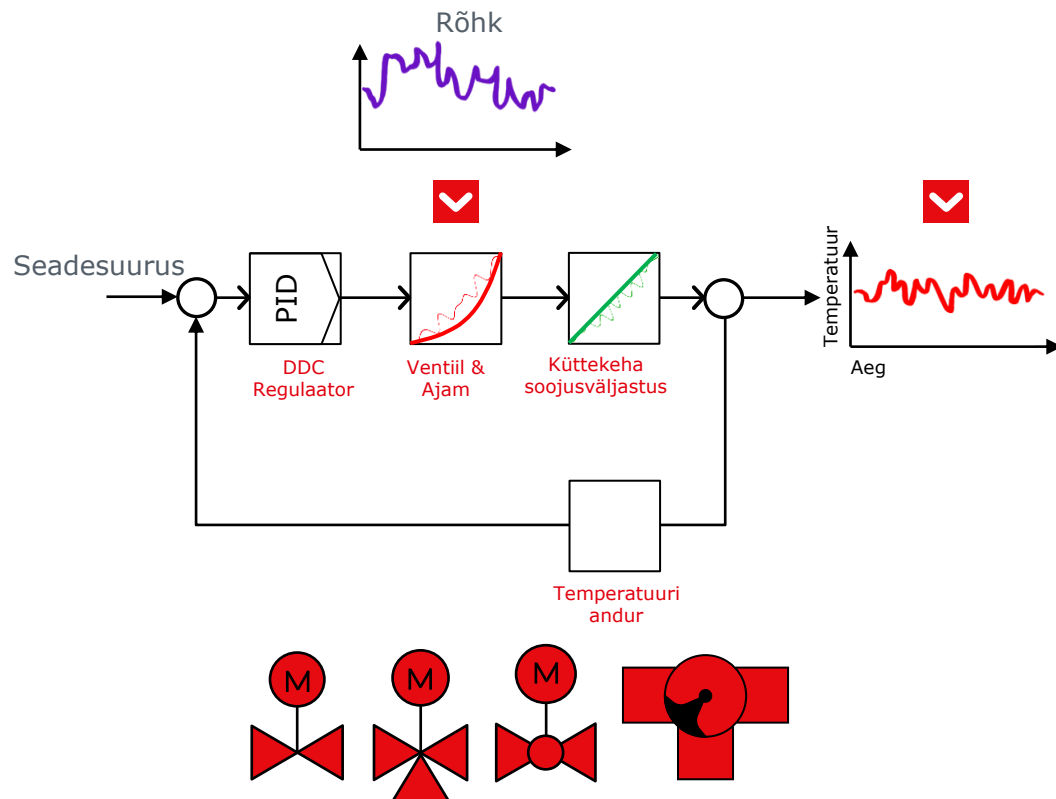
- Uus tehnoloogia, mis ei ole turul veel tuntud

$$a_v = \frac{\Delta p_{\text{Valve}}}{\Delta p_{\text{Valve}} + \Delta p_{\text{Pipeline}}}$$

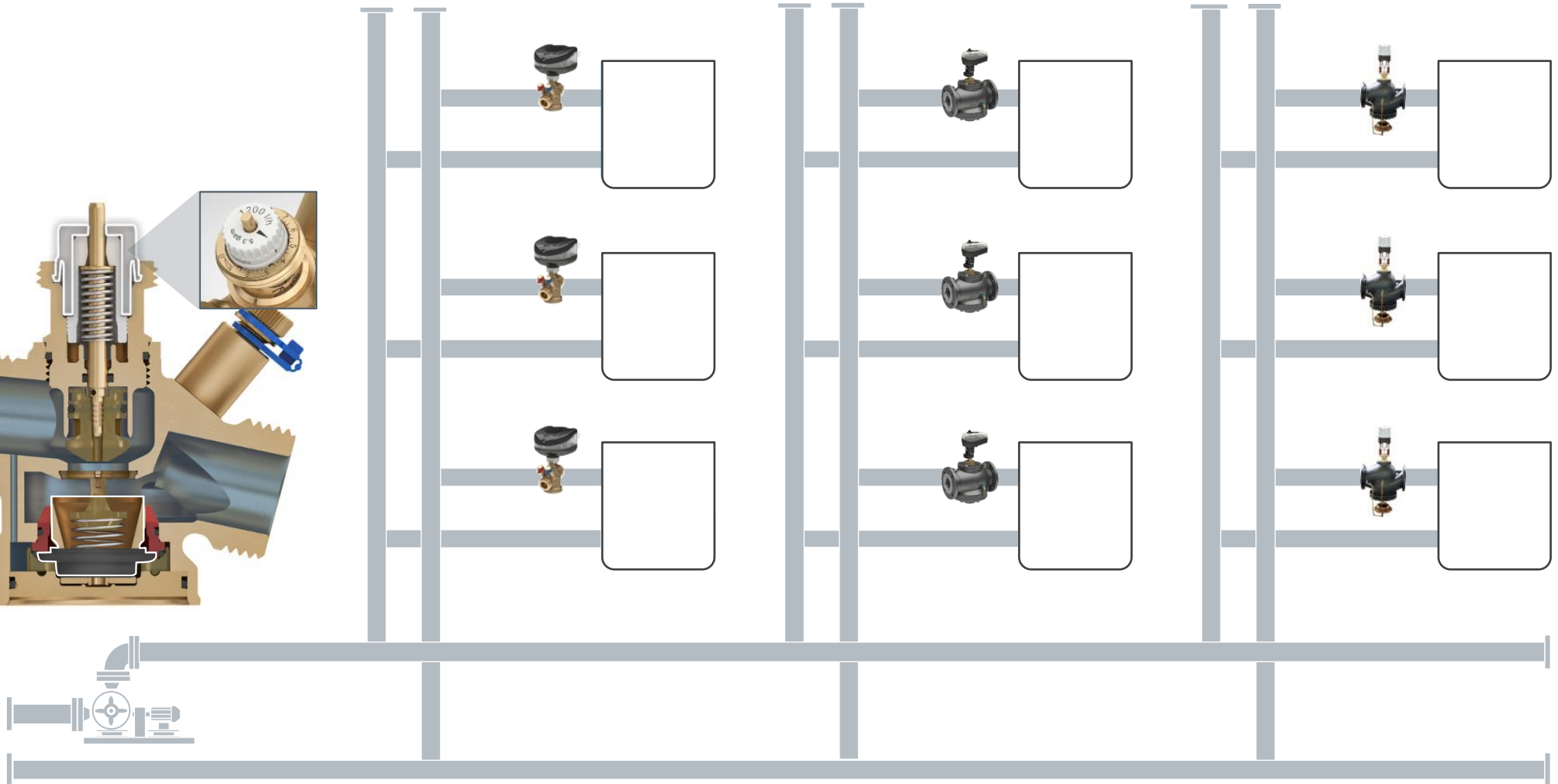
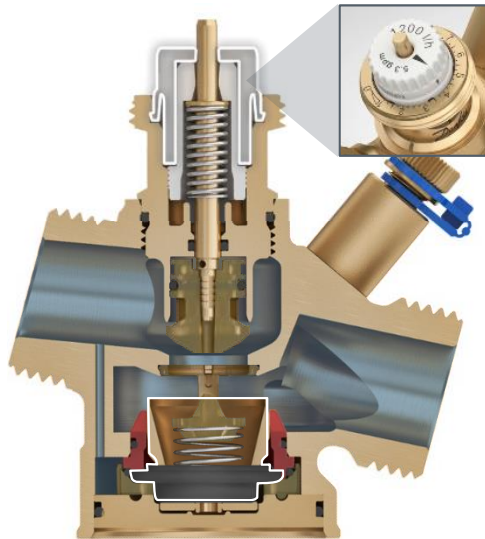


Rõhust sõltumatu on õige lahendus ruumiõhutemperatuuri reguleerimiseks!

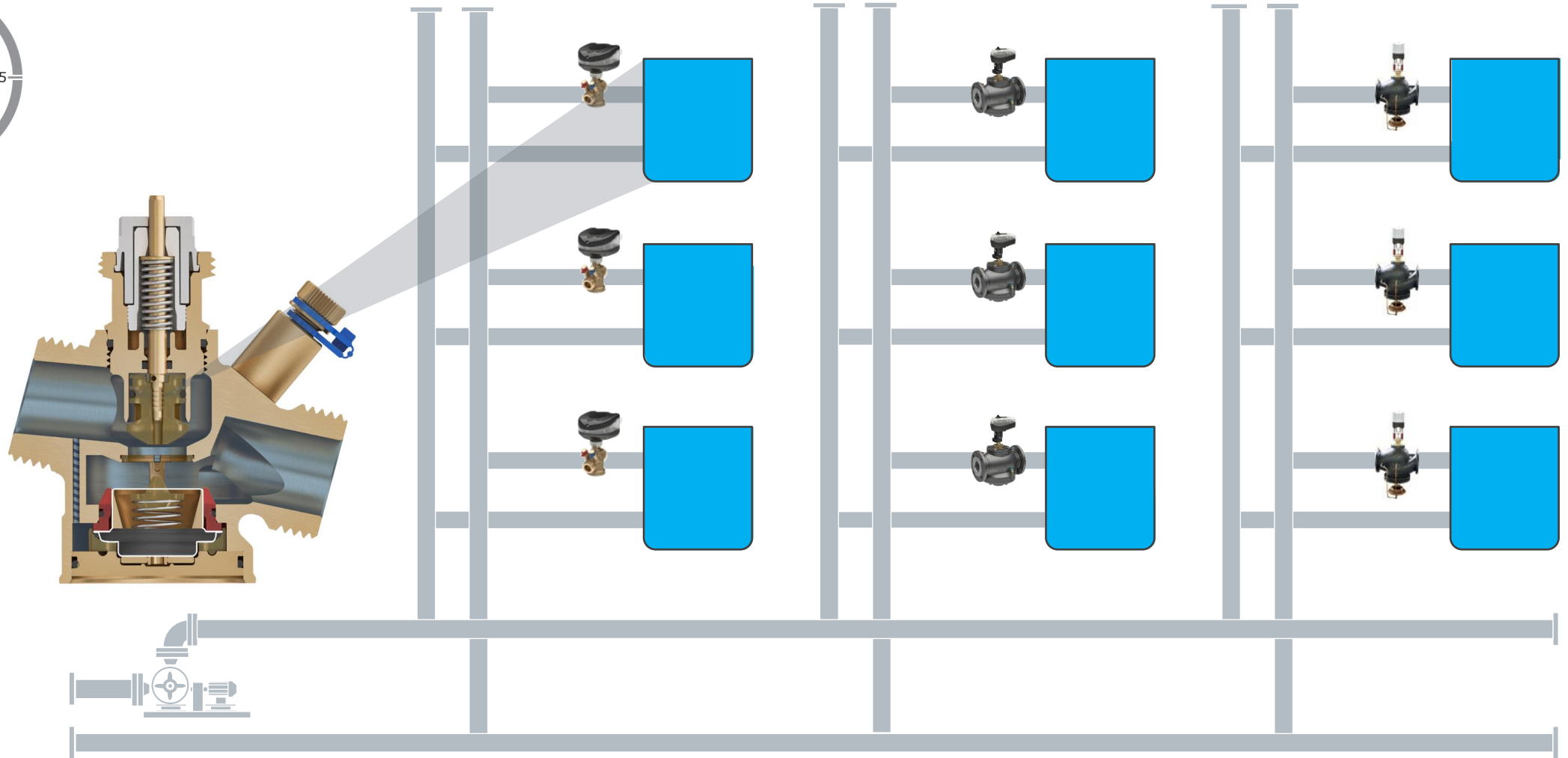
- **Rõhust sõltuv reguleerventiil**
tulemuseks mittelineaarne tunnuskoõver
- **Rõhust sõltumatu reguleerventiil**
tagab lineaarse tunnuskoõvera



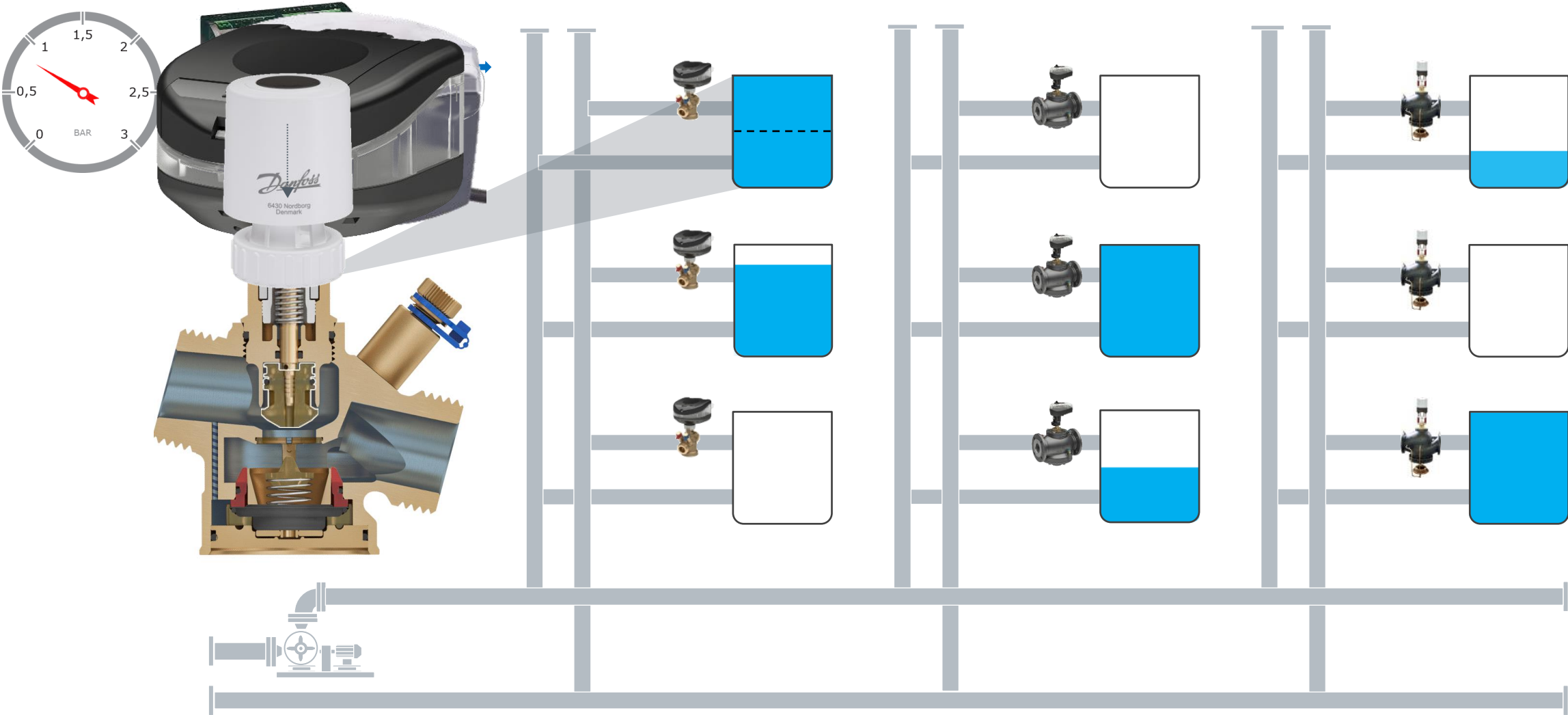
PICV tasakaalustamine täiskoormusel



PICV tasakaalustamine osalisel koormusel

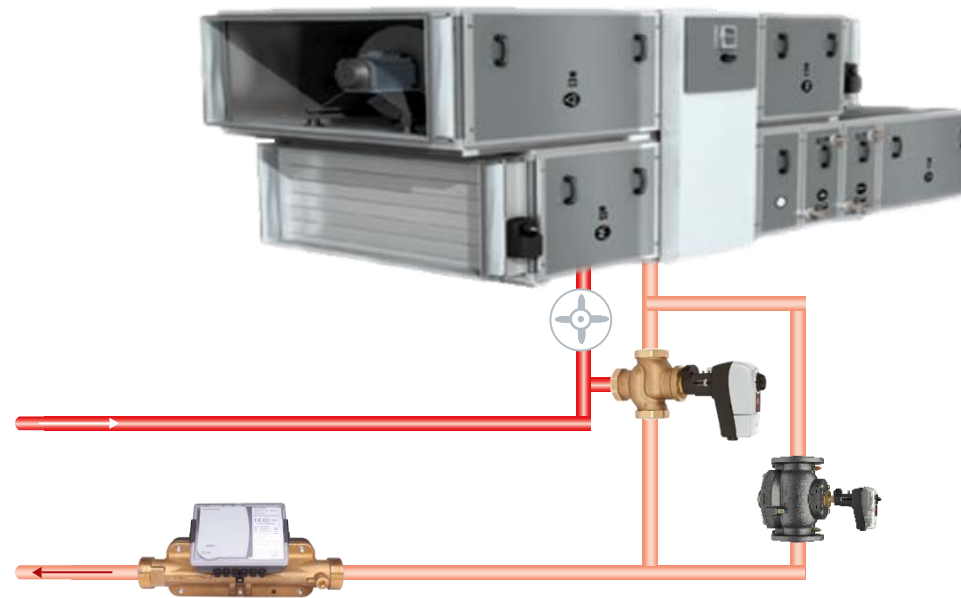


PICV reguleerimine



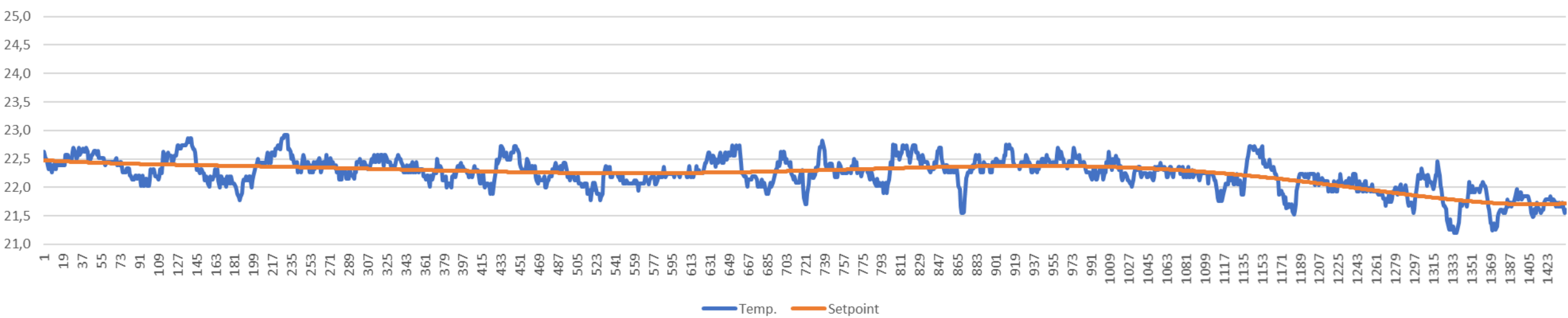
3-tee versus PICV reguleerimistäpsuse võrdlus

AHU 1

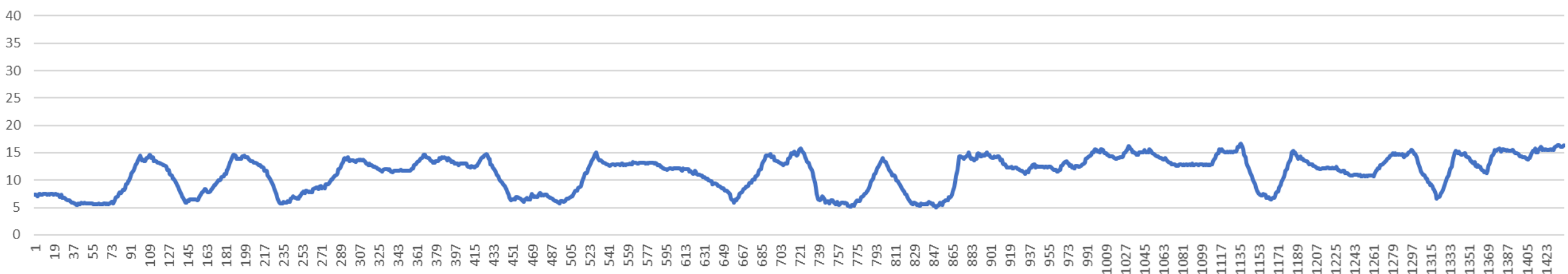


3-way control accuracy 7.2

Supply Air Temperature [°C]

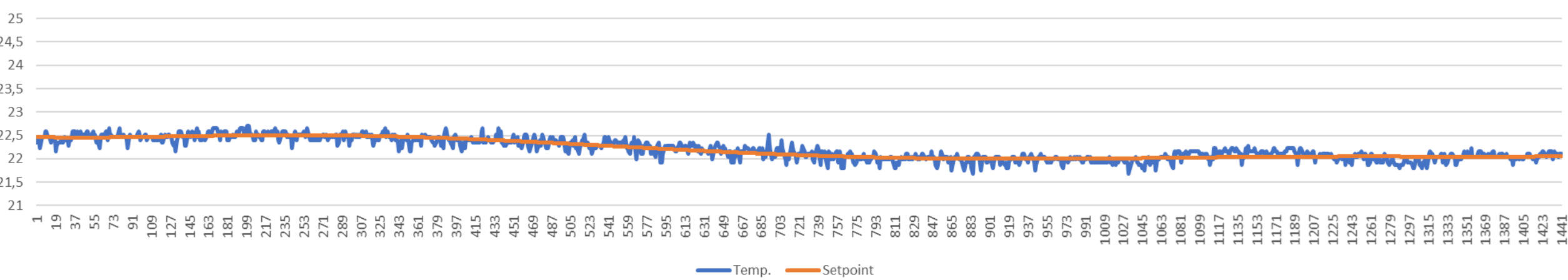


3-way position [%]

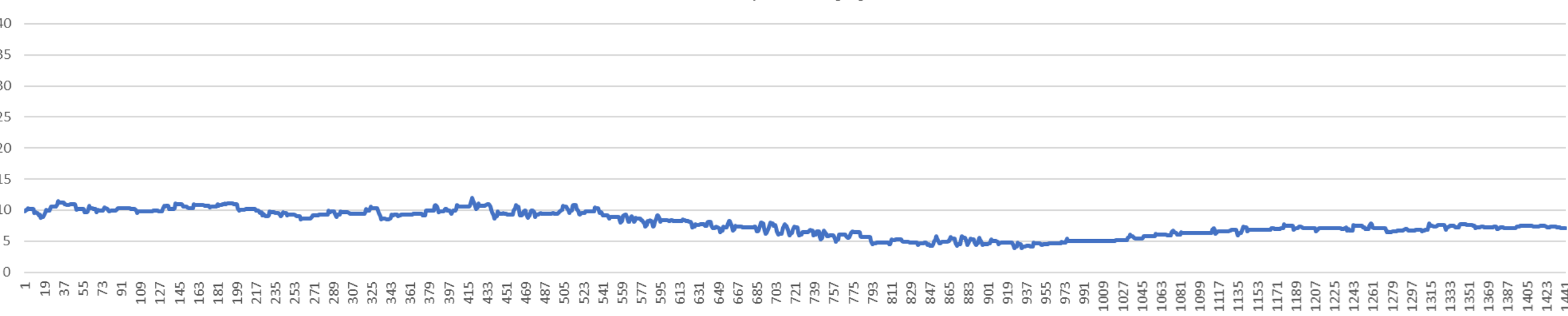


PICV (AB-QM) control accuracy 16.2

Supply Air Temperature [°C]



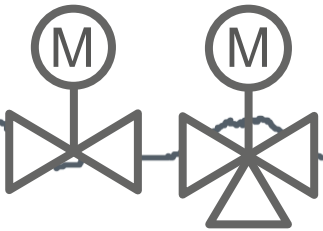
PICV position [%]



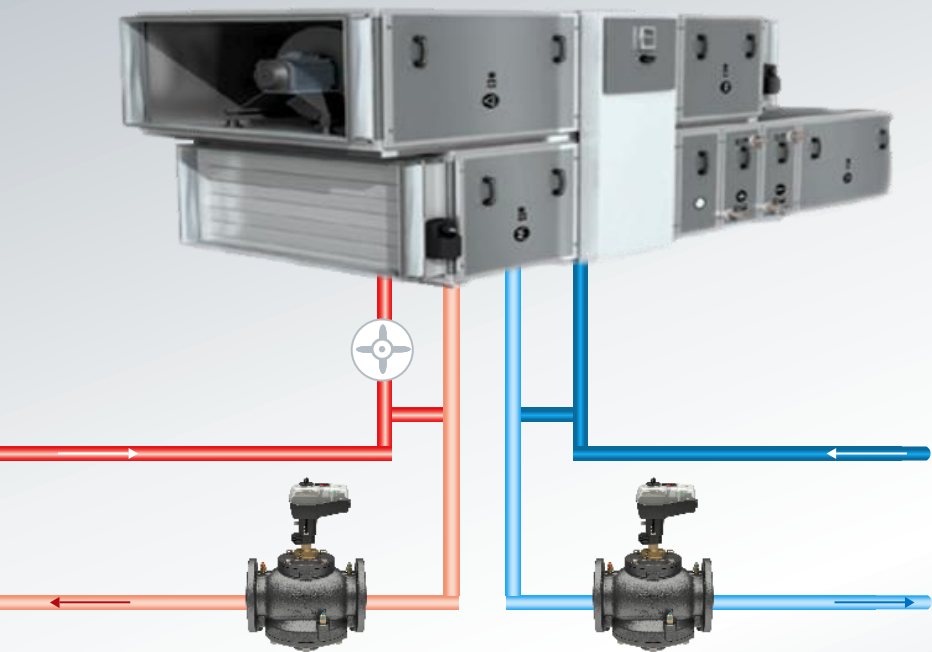
Ajami ja ventiili eeldatav eluiga



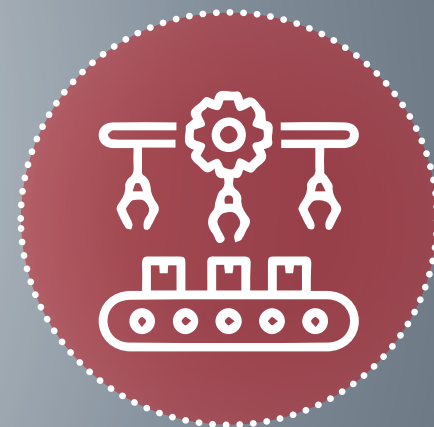
11,5 mm/päevas -> 2,4 m/hooaeg



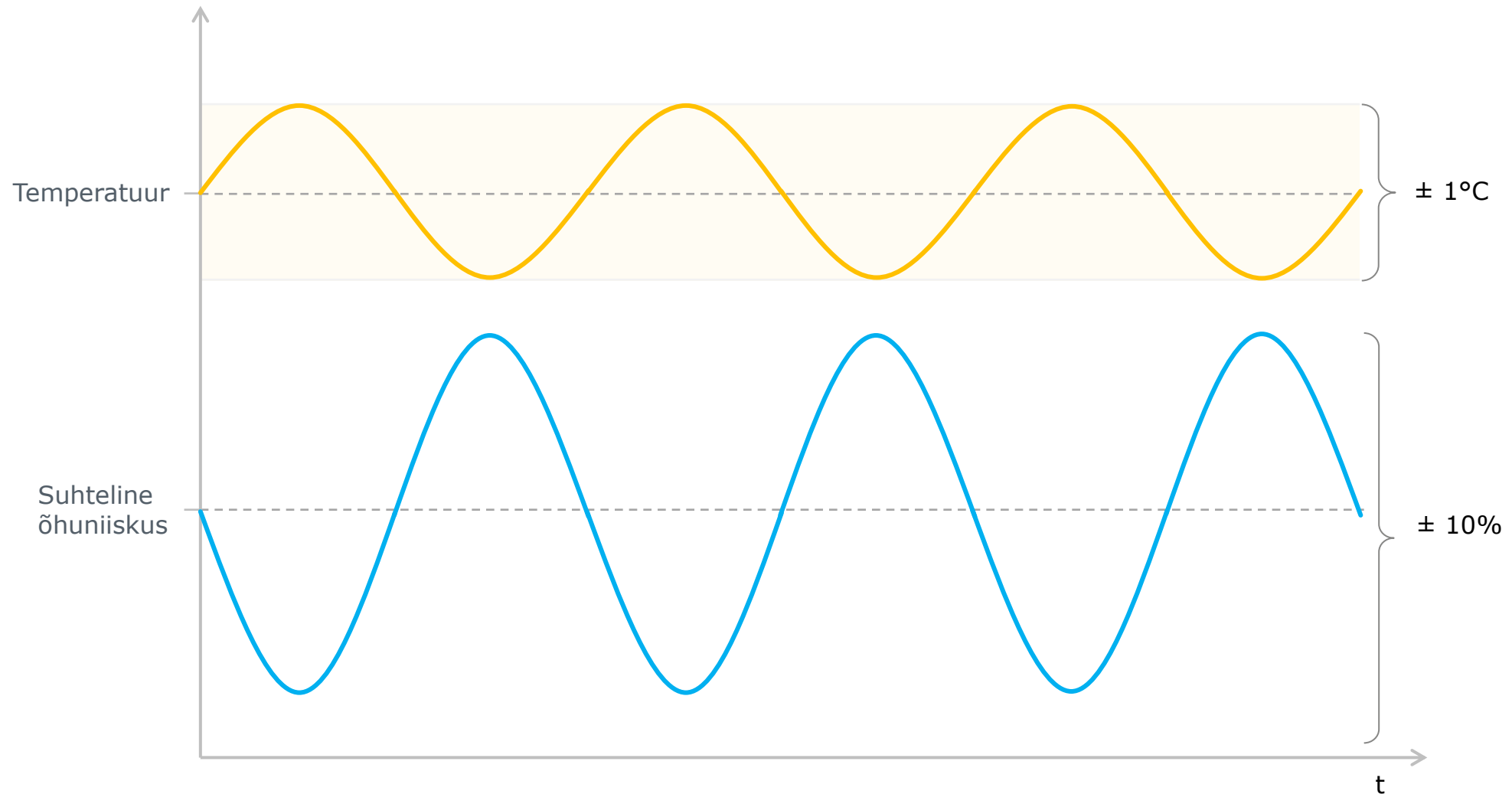
35,1 mm/päevas -> 6,3 m/hooaeg



- Miks on täpne temperatuuri reguleerimine oluline?



Temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse korrelatsioon



Suhtelise õhuniiskuse kontroll on ülioluline...

● 1. Galeriides & Muuseumites

- Maalid
- Dokumendid
- Arheoloogilised esemed



● 2. Tootmises

- Farmaatsias
- Pooljuhid
- Andmekeskused



● 3. Haiglates

- Operatsiooni ruumides
- Bio-laborites
- Ravimite säilitamine



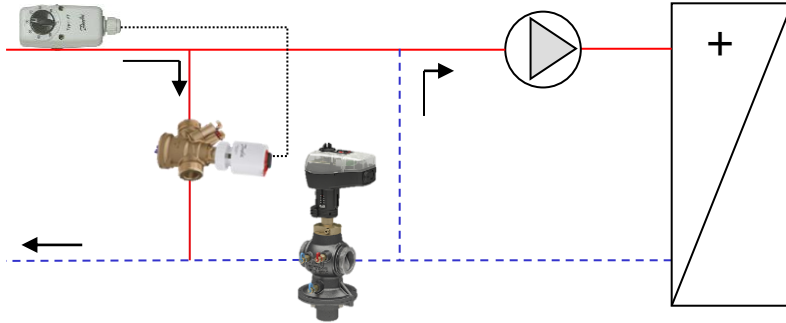
Hoidke toru kuuma ja külmana

viimase tarbija ees



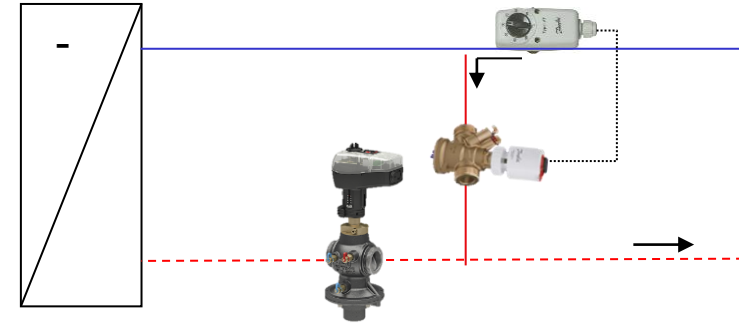
Danfoss soovib AB-QM ventiili ja ON/OFF ajamit

Primaarpool muutuva vooluhulgaga - KÜTE



**PICV ventiil termohüdraulilise ajamiga
möödaviigul (AB-QM + TWA-Q)**

Muutuja vooluhulgaga - JAHUTUS

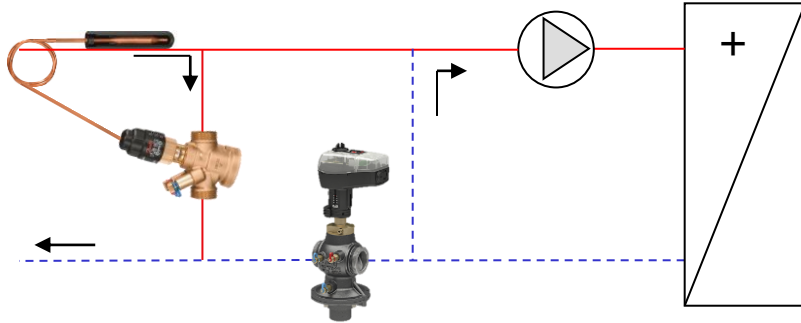


**PICV ventiil termohüdraulilise ajamiga
möödaviigul (AB-QM + TWA-Q)**

- Kui toru on teatud punktini jahtunud või soojenenud, avane ON/OFF kontrolliga möödavoolu. Võttes arvesse termostaadi hüstereesi, sulgub PICV uuesti, kui toru saavutab soovitud temperatuuri
- Maksimaalse vooluhulga seadistamine ja muutmine on väga lihtne
- Vooluhulk ja temperatuur möödavoolul on konstantsed (kui see on sisse lülitatud)
- See on vähem energiasäästlik lahendus
- Juhtimiseks on vaja elektrit

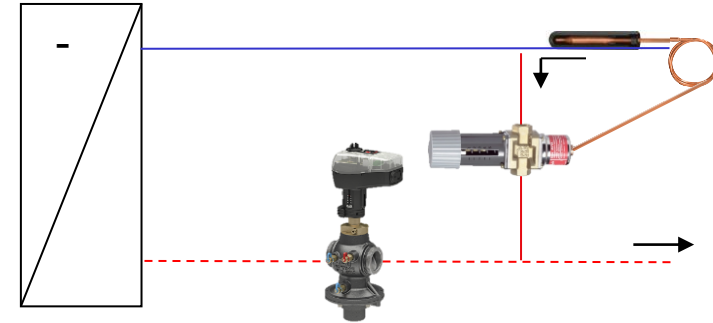
Danfoss soovib AB-QM ventiil ja otsetoimega termostaat

Primaarpool muutuva vooluhulgaga - KÜTE



**PICV ventiil + otsetoimega termostaat
möödaviigul (AB-QM + QT)**

Muutuva vooluhulgaga - JAHUTUS

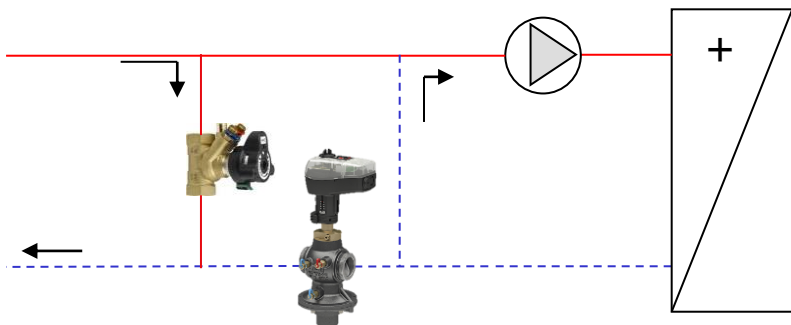


Otsetoimega termostaat möödaviigul (AVTA)

- Isetoimiv kontroll. Pealevoolu temperatuuri langus avab küttes AB-QT; pealevoolu temperatuuri tõus avab jahutuses AVTA vastavalt neile seatud väärtusele. (Kehtib pideva pealevoolutoru temperatuuri reguleerimine)
- Maksimaalse vooluhulga seadistamine ja muutmine on väga lihtne
- Puudub elektrijuhtmestik
- Möödaviigu vooluhulk sõltub ainult vee temperatuurist (ja Xp seadest).
- See on üks tõhusamaid lahendusi, töökindel – hea hinna ja energiasäästu suhe

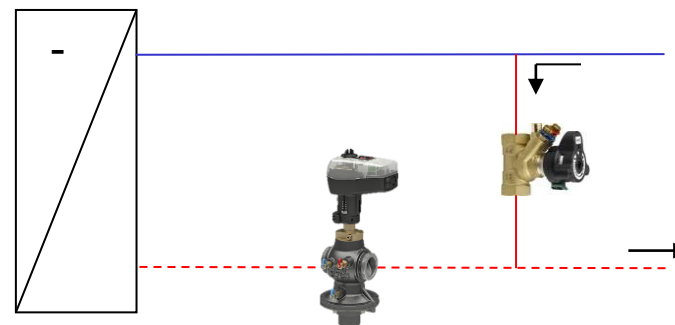
Ei ole soovituslik lahendus manuaalse tasakaalustusventiiliga

Primaarpool muutuva vooluhulgaga - KÜTE



Manuaalne tasakaalustusventiil möödaviigul (MSV-BD)

Muutuva vooluhulgaga - JAHUTUS

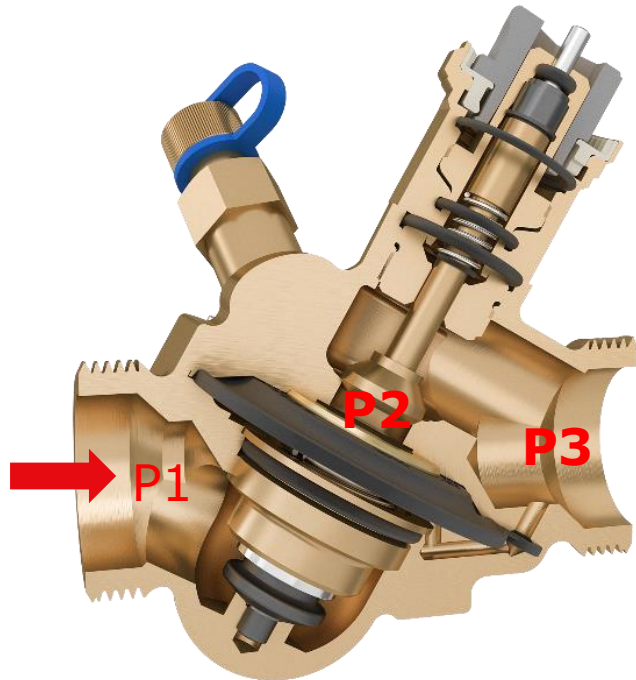


Manuaalne tasakaalustusventiil möödaviigul (MSV-BD)

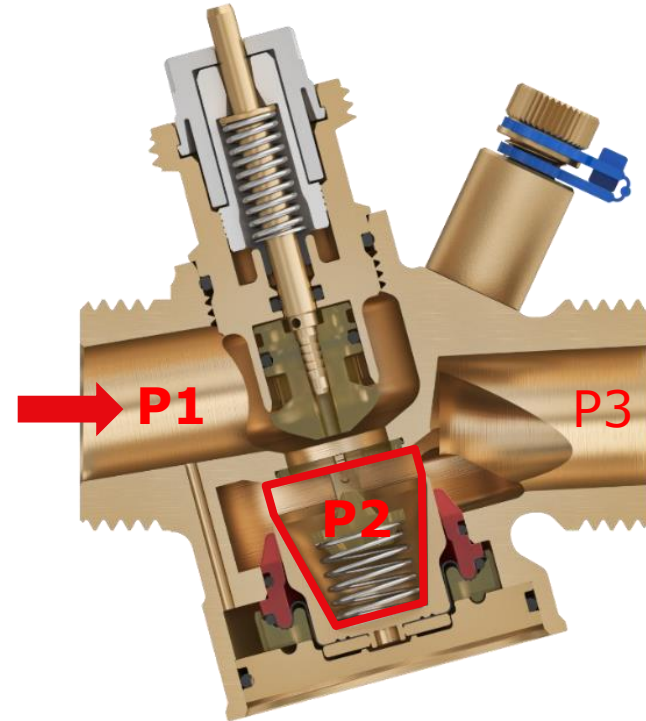
- Vooluhulk on seadistatud möödaviigu ventiilile, et tagada konstantne vooluhulk torustikul, et toru ei jahtuks ega kuumeneks
- Keeruline projekteerimine – torustiku temperatuurikao ja vooluhulga arvutamine on aeganõudev
- Pidev läbivool möödaviigutorus
- Vooluhulk muutub sõltuvalt rõhu võnkumisest süsteemis
- Ebaefektiivne lahendus – ülevool (kogu aeg möödaviik avatud), süsteemi DT alandamine, lisasoojuskadu torustikus

AB-QM 4.0 vooluhulga mõõtmine (DN 15 ja DN 20)

- AB-QM vooluhulga mõõtmine
 - Mõõdame ΔP üle ventiili (**P2-P3**)
 - Praktikas on **vooluhulga kontrollimine**



- AB-QM 4.0 vooluhulga mõõtmine
 - Mõõdame ΔP üle ventiili (**P1-P2**)
 - Praktikas on **täpne vooluhulga mõõtmine**



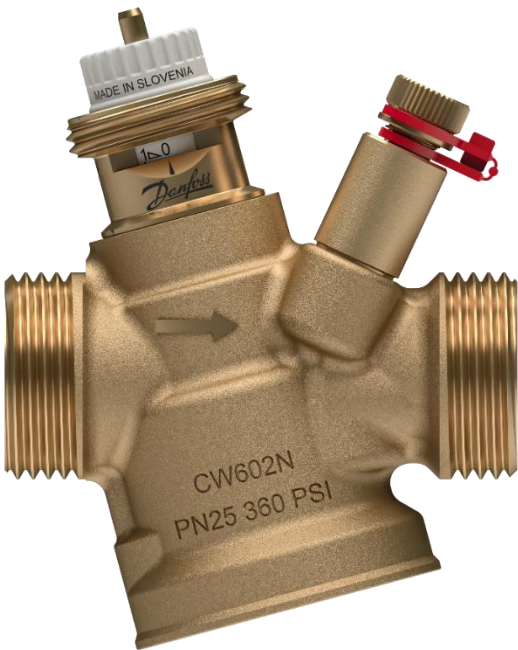
Danfoss AB-QM 4.0 DN 15 ja DN 20

AB-QM 4.0 keermestatud versioon (mõõteniplitega ja mõõtenipliteta) - väliskeere

Tüüp				Mõõteniplitega	Ilma mõõtenipliteta
Joonis	DN	Q _{nom.} (l/h)	Väliskeere (ISO 228/1)	Tootekood	Tootekood
	15 LF	200	G ¾A	003Z8200	003Z8220
	15	650		003Z8201	003Z8221
	15 HF	1.200		003Z8202	003Z8222
	20	1.100	G 1A	003Z8203	003Z8223
	20 HF	1.900		003Z8204	003Z8224

Tehnilised andmed

Nimiläbimõõt		DN	AB-QM 4.0 (keermestatud versioon)					AB-QM (keermestatud versioon)					
			15 LF	15	15 HF	20	20 HF	25	25 HF	32	32 HF	40	50
Vooluhulga vahemik	Q _{nom} (100 %)¹)	l/h	200	650	1.200	1.100	1.900	1.700	2.700	3.200	4.000	7.500	12.500
	Q _{high} ³)		200	650	1.200	1.100	1.900	1.870	2.970	3.520	4.400	7.500	12.500
Seadevahemik ¹), ²)		%	10-100					20-110				40-100	
Diferentsiaalrõhk ³), 4)	Δp _{min}	kPa	16	16	25	16	25	20 (25)	35 (40)	25 (30)	35 (40)	30	
	Δp _{max}		600										
Rõhuklass		PN	25					16					
Reguleerimisulatus			1:1000										
Reguleeriventiili karakteristik			Lineaarne (täiturmootor saab teisendada protsentuaalselt võrdeliseks)										
Lekkekadu soovitatavate täiturmootoritega			IEC 60534-4:2007 klass IV					IEC 60534-4:2007 klass III					
Sulgemiseks			Vastavalt standardile ISO 5208 klass A – nähtavad lekked puuduvad										
Soojuskandja			Suletud kütte- ja jahutussüsteemide vesi ja veesegu vastavalt standardi DIN WN 14868 küttekatalamaja tüübile I. Standardi DIN EN 14868 tüübile II vastavas küttekatalamajas kasutamise korral rakendatakse vajalikud kaitsemeetmed. Järgitakse VDI 2035 (osa 1 + 2) nõudeid										
Soojuskandja temperatuur		°C	-10 ... +95					(-10*) + 2 ... 120					
Ladustamis- ja transportimistemp.			-40 ... +70										
Käik		mm	4					4,5				10	
Ühendus	väliskeere (ISO 228/1)		G ¾ A			G 1 A		G 1¼ A		G 1½ A		G 2 A	G 2 ½ A
	sisekeere (ISO 7/1)		Rp ½	Rp ½	Rp ½	Rp ¾	Rp ¾	-					
	täiturmootor		M30 x 1,5									Danfossi standard	



Danfoss Dünaamiline tasakaalustus

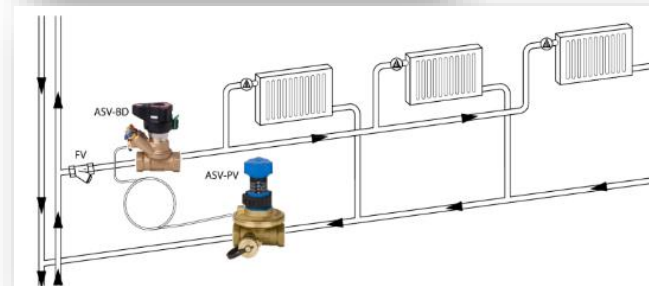
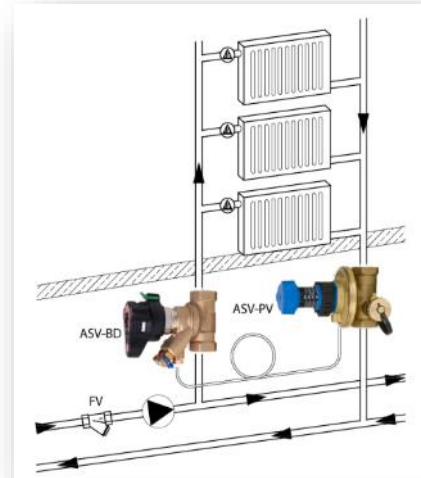


Skeemid

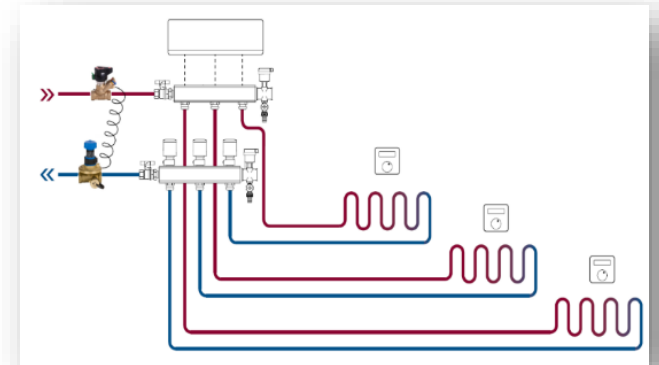
Differentsiaalrõhu ventiilid – Korrusmaja küttesüsteemides



Püstiku tasakaalustus

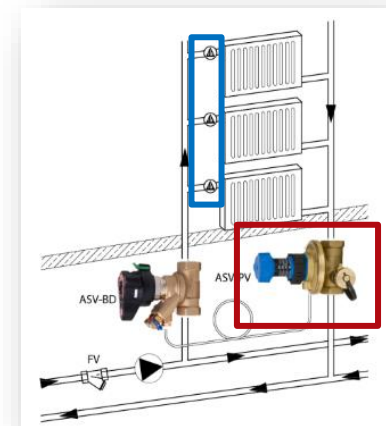
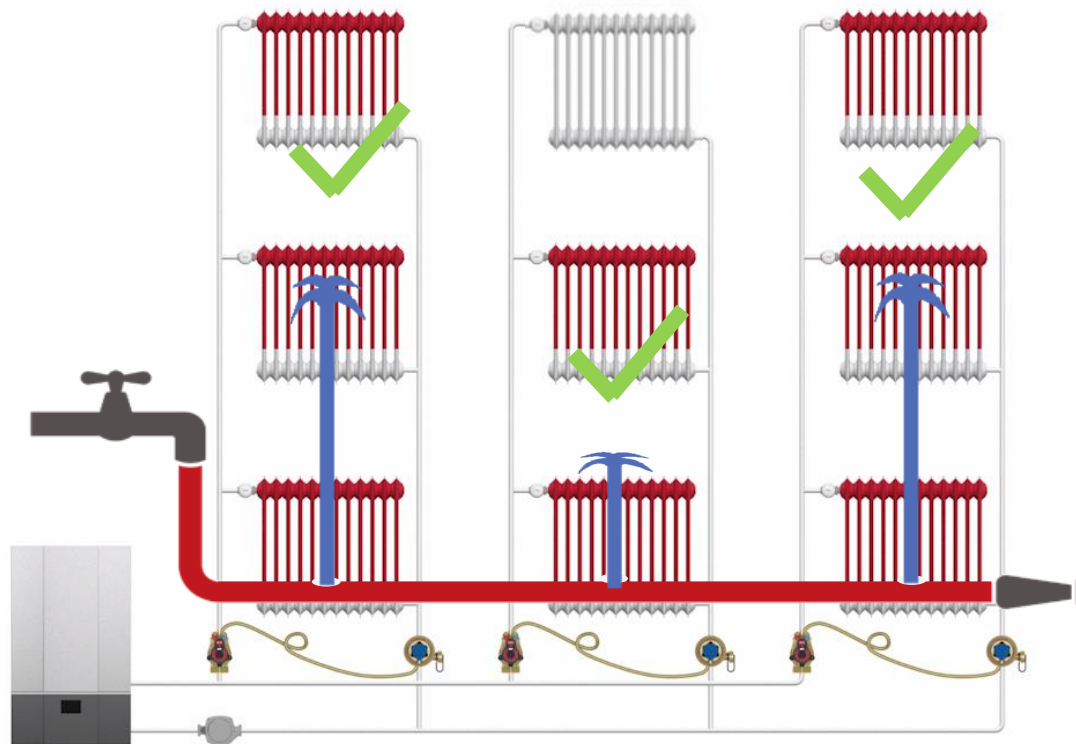


Kollektori tasakaalustus



Tõelise kontrolli saavutamine : Dünaamiline tasakaalustamine

Dünaamiline tasakaalustamine on vajalik tagamaks õiged vooluhulgad erinevatel koormustingimustel

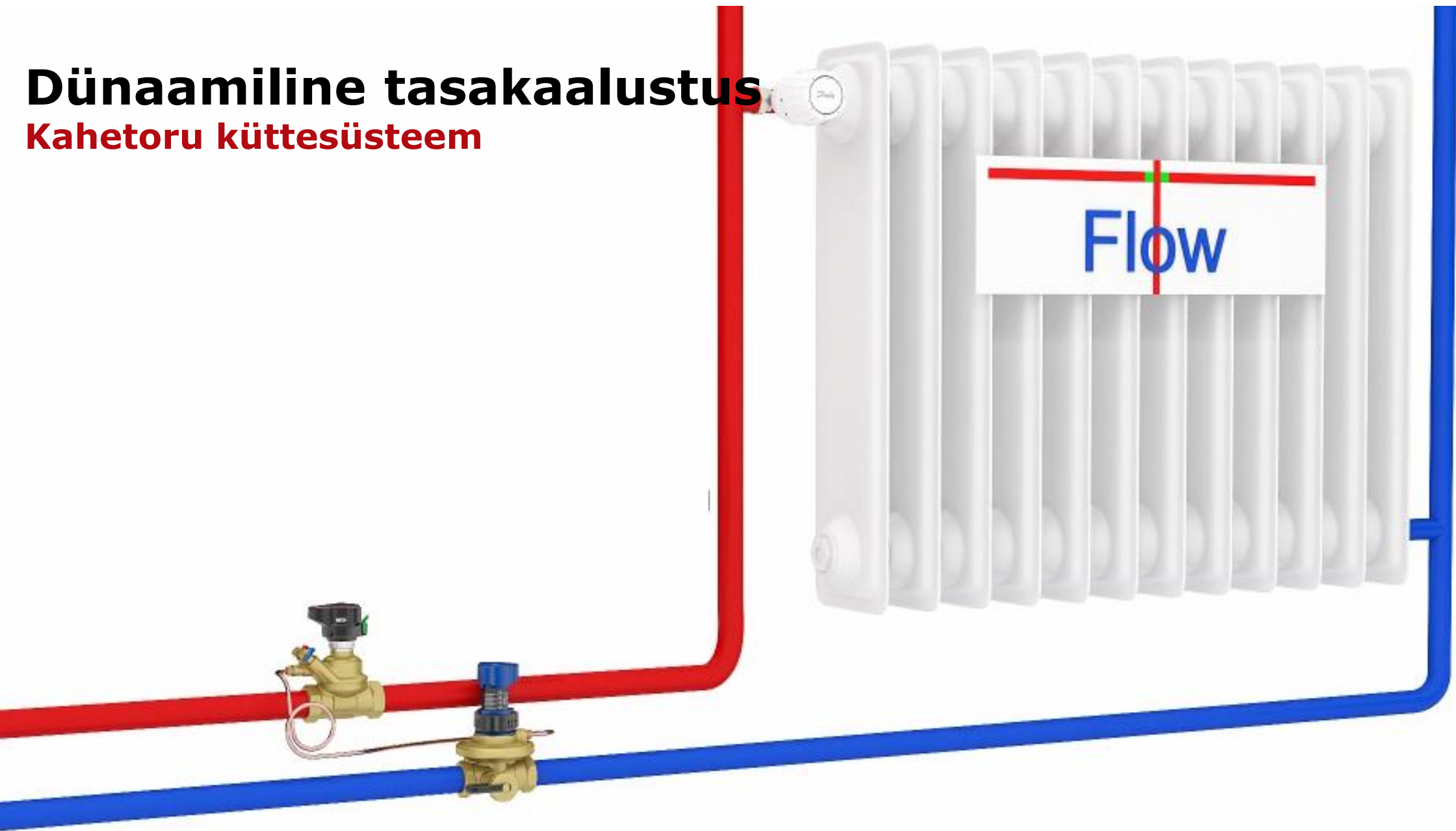


$$Q_v = K_v \sqrt{\Delta p}$$

Q_v Arvutuslik vooluhulk [m³/h]
 K_v Ventili vooluhulk
 Δp Saadaolev rõhk üle ventiili [bar]

Dünaamiline tasakaalustus

Kahetoru küttesüsteem



Paigaldus

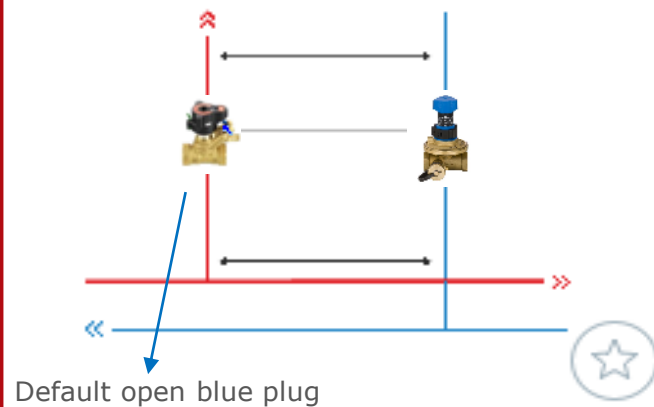
Dünaamilised tasakaalustusventiilid

Partnerventiil väljaspool reguleerimiskontuuri

Partnerveniil reguleerimis-kontuuris

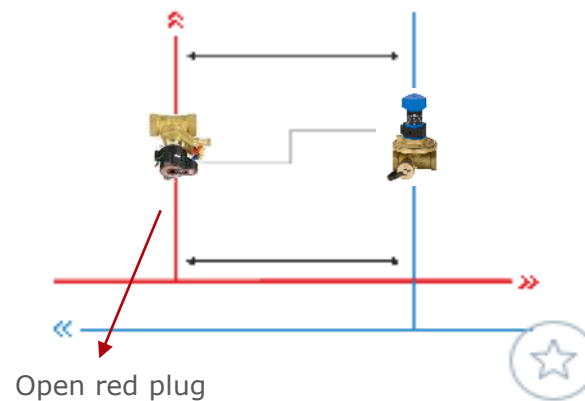
Ilma partnerventiilita

With partner valve without flow limiter



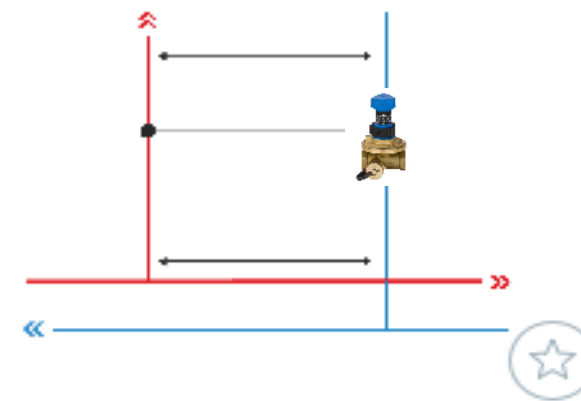
$$\Delta p_{\text{püstik}} = \Delta p_{\text{seade}}$$

With partner valve with flow limiter



$$\Delta p_{\text{seade}} = \Delta p_{\text{püstik}} + \Delta p_{\text{ASV-bd}}$$

Without partner valve

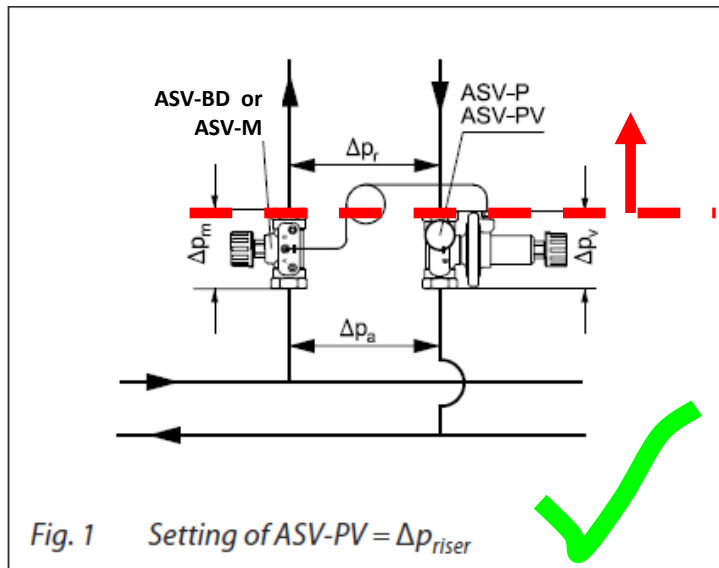


$$\Delta p_{\text{püstik}} = \Delta p_{\text{seade}}$$

ASV – BD

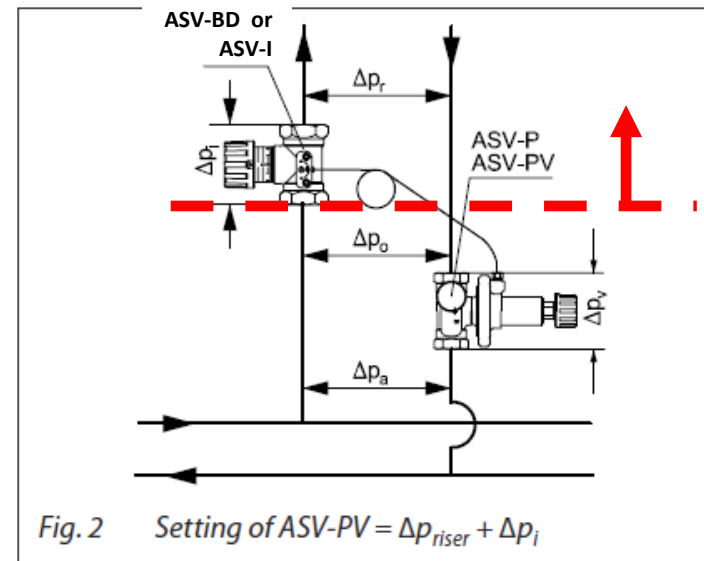
Sees-või väljaspool reguleerimiskontuuri?

Väljaspool kontuuri (nagu ASV-M)



- vooluhulgad seadistatud termostaatventiilide eelseadeväärtustega
- madalam ASV-PV seaderõhk
- tulemuseks hästi töötav termostaatventiil

Seespool kontuuri (nagu ASV-I)

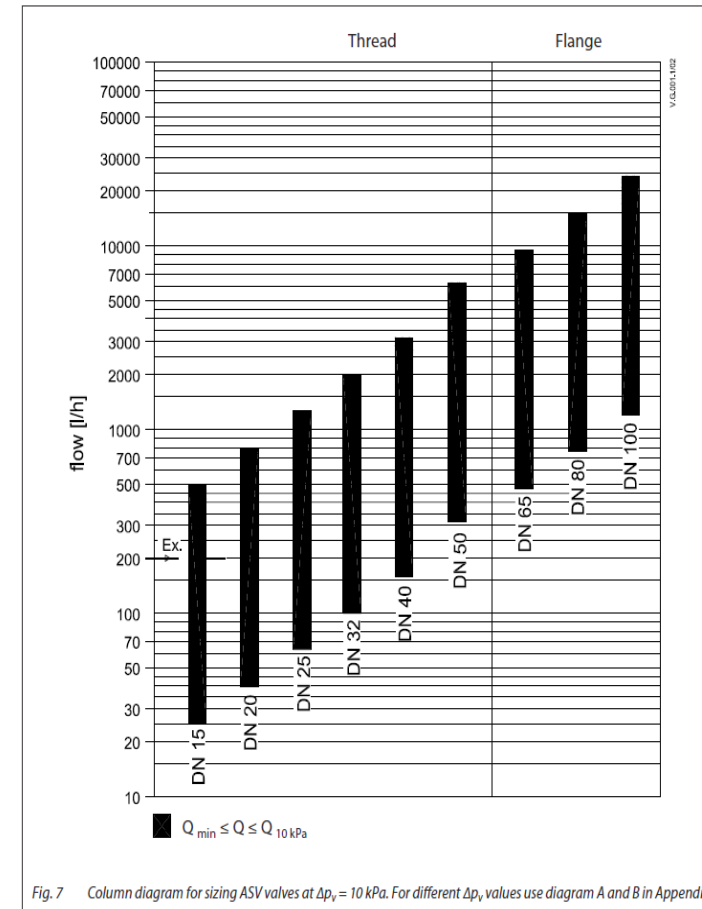


- püstiku vooluhulk võimalik seadistada ventiililt
- suurem ASV-PV seaderõhk
- tulemuseks rahuldavalt töötav termostaatventiil

ASV-PV valik:

Valik

- Arvuta vajalik vooluhulk püstikule
- Vali tulp diagrammilt ASV ventiil
- Pumba valikul arvestada 10 kPa vajalik vabarõhk ASV-PV ventiilile



Süsteemi regul. DPC ventiiliga korruse tasandil

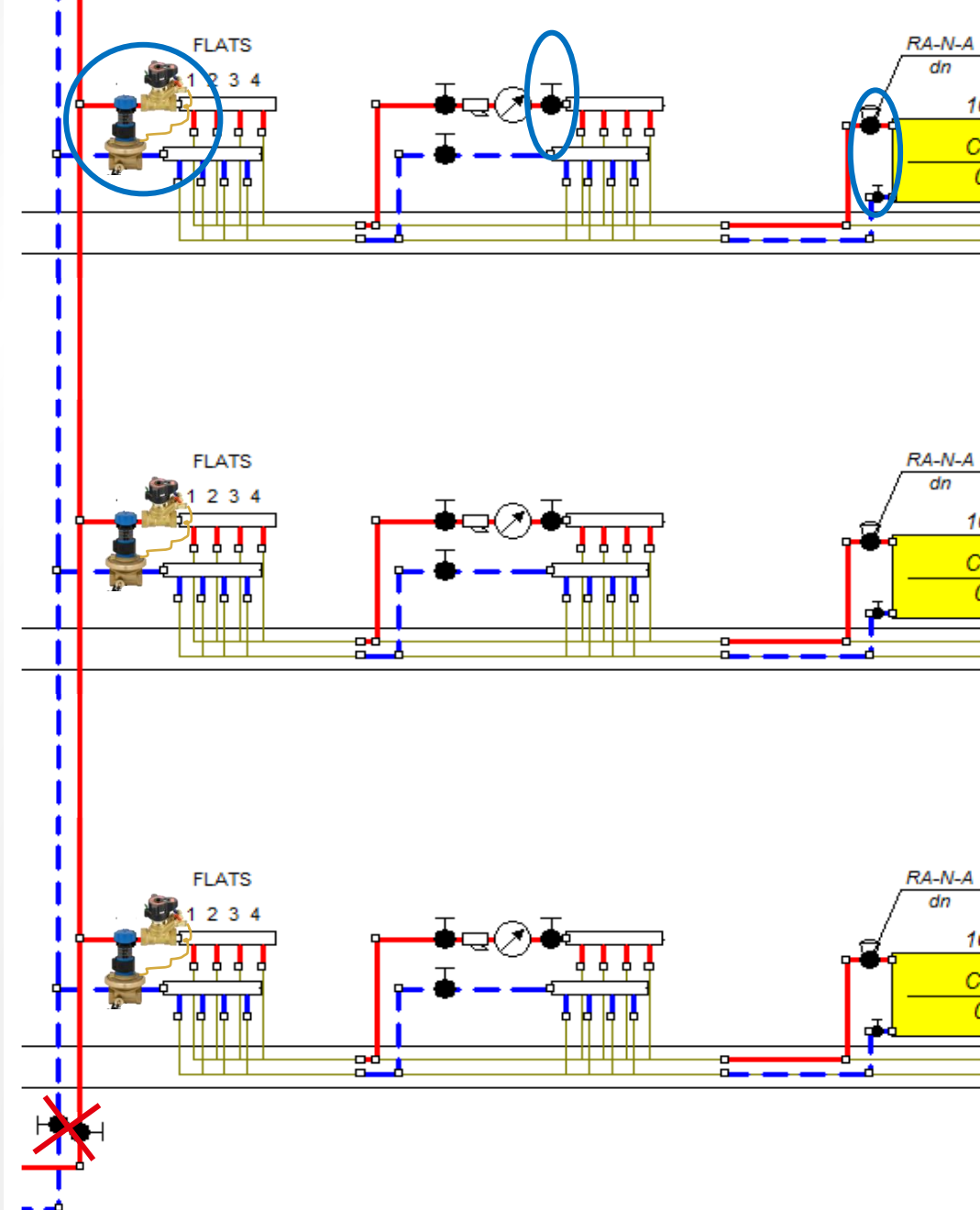
DIFFERENTSIAALRÕHU TASAKAALUSTUS (korruse tasandil)

Tasakaalustusventiilid vajalikud:

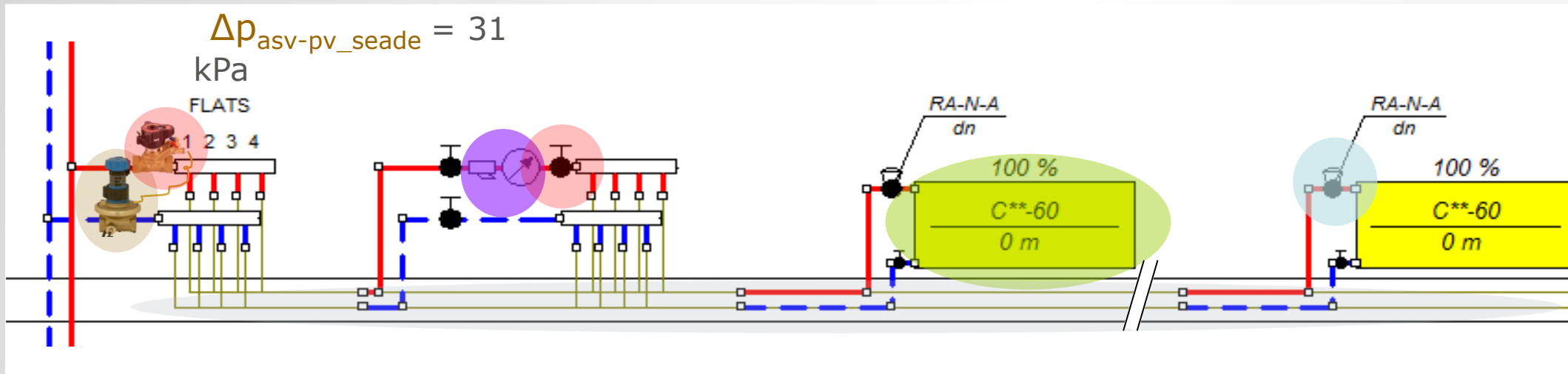
igal **küttelemendil**,

igal **korteril**,

igal **korrusel** (ΔP regulaator)



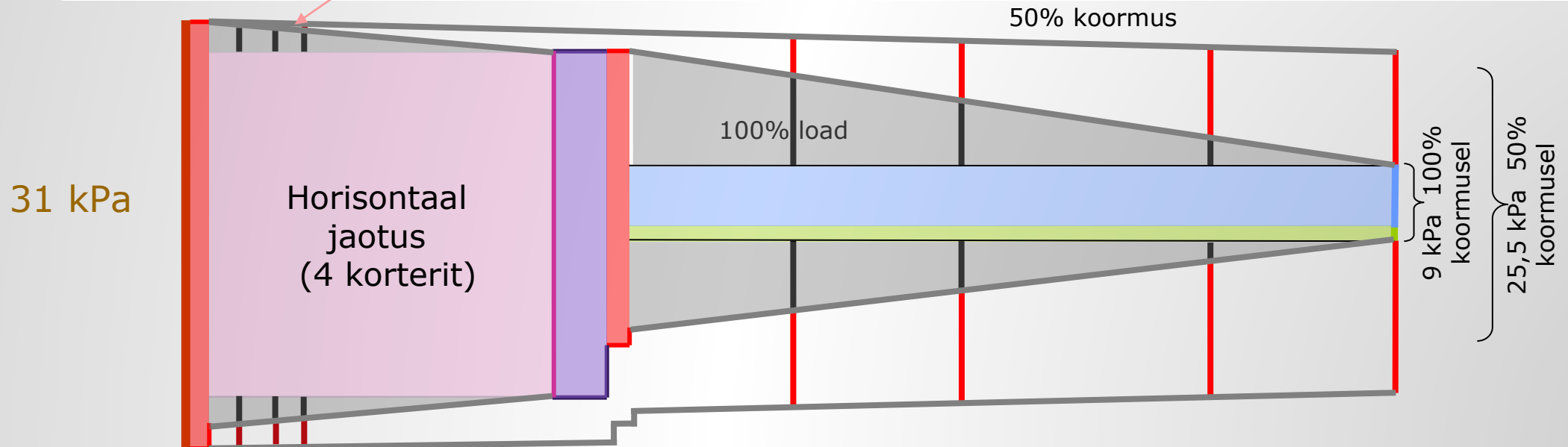
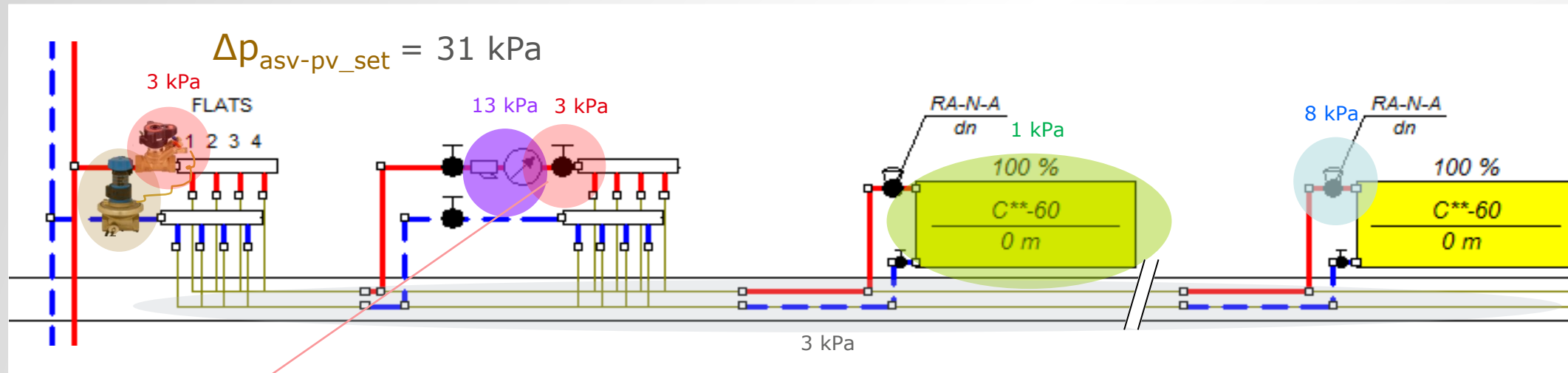
Süsteemi skeem - DPC korrusel püstiku väljavõttel



Lähteandmed: horisontaal ja vertikaal jaotustorustik, radiaatorid varustatud termostaatventiilidega TRV

- Vooluhulk radiaatoris: $Q = 85$ l/h (1,5 kW, ΔT 15K); korterile 400 l/h (ΣQ 7 kW)
- Torustiku pikkus: $L_{\text{horisontaal}} = 20$ m ($s' = 150$ Pa/m) ; $L_{\text{korterist väljas}} = 10$ m (=150 Pa/m)
- $\Delta p_{\text{TRV}} = 8$ kPa (authority probleem: 25,8%), $\Delta p_{\text{radiaator}} = 1$ kPa
- $\Delta p_{\text{soojusarvesti_filter}} = 12 + 1$ kPa (400l/h vooluhulgal)
- $\Delta p_{\text{horisontaal torustik}} = 3 + 3$ kPa (korteris + okorterist väljaspool [+kollektorid, liitmikud])
- $\Delta p_{\text{korteri tasakaalustamine}} = 3$ kPa (miinimum vajalik mõõtmiseks)

Süsteemi skeem - DPC korrusel püstiku väljavõttel

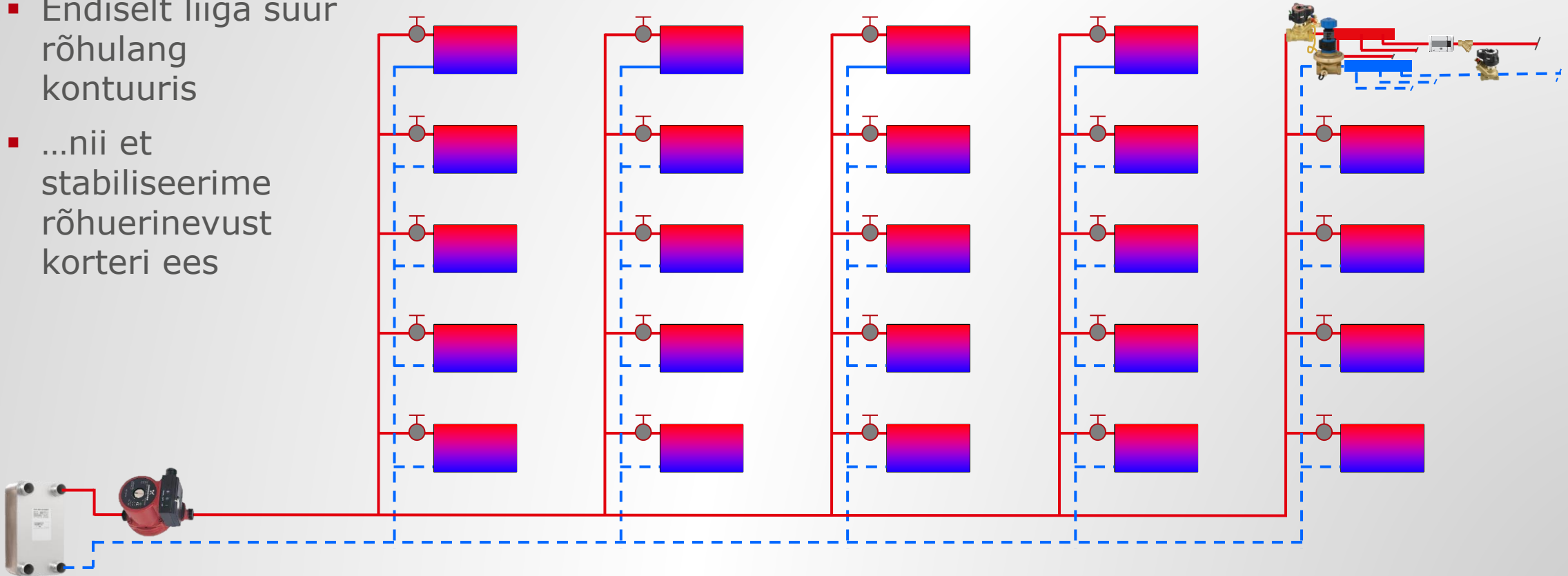


Liigne
vooluhulk:

68%

Kuidas saaksime süsteemi veelgi paremaks muuta ?

- Endiselt liiga suur rõhulang kontuuris
- ...nii et stabiliseerime rõhuerinevust korteri ees



Süsteemi reguleerimine DPC ventiiliga iga korteri ees

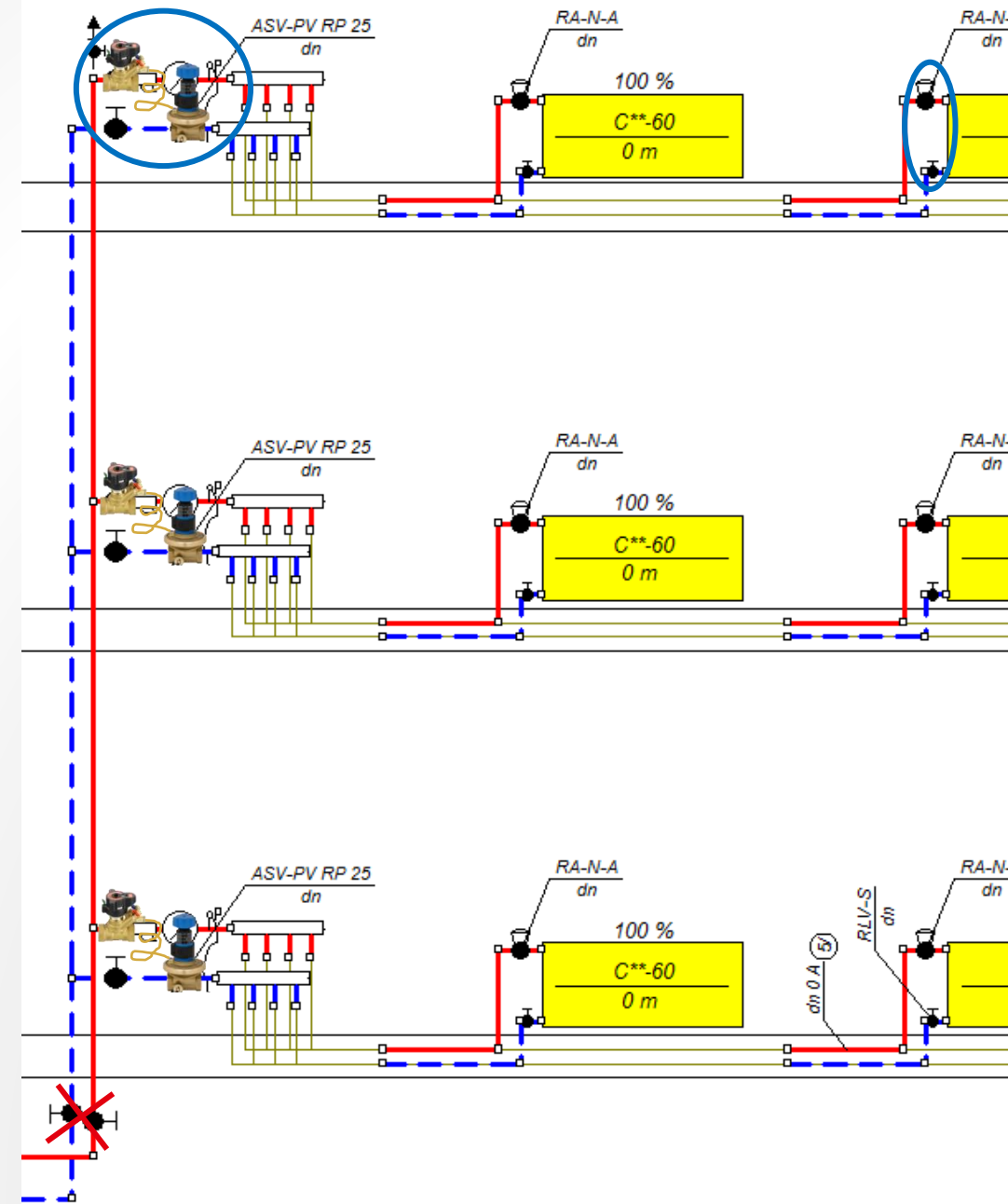
DIFFERENTSIAALRÕHU TASAKAALUSTUS (Kohapeal)

Tasakaalustusventiilid vajalikud:

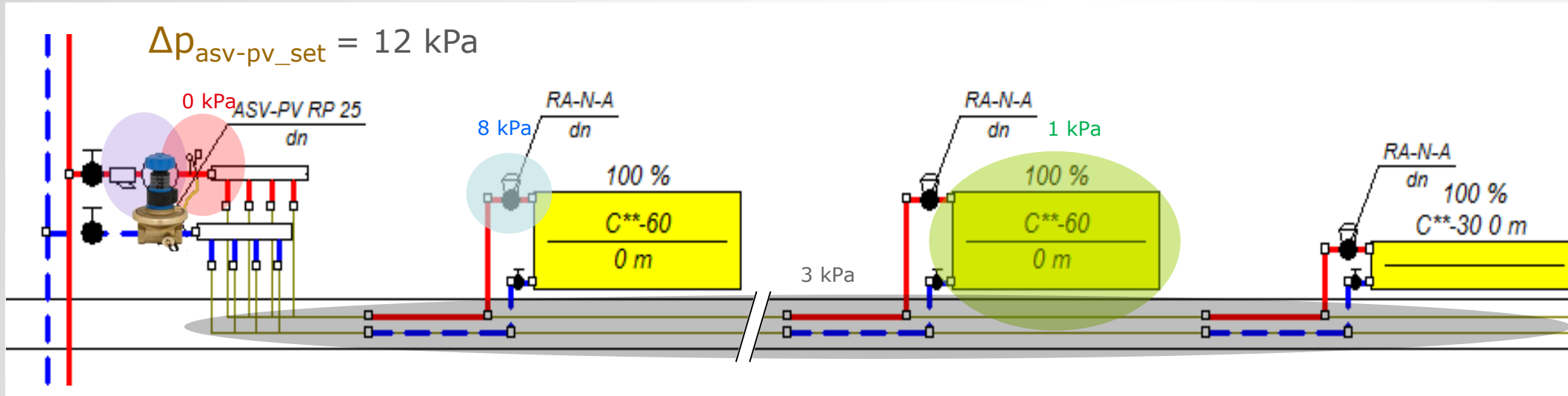
igas **küttekontuuris**,

igal **harul**

igal **püstikul** (ΔP -regulaator)



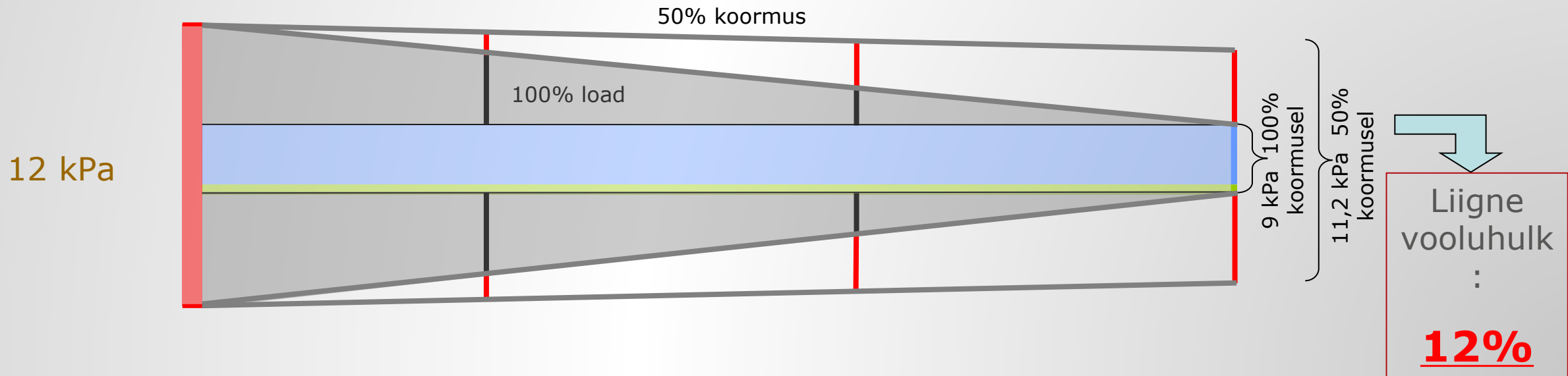
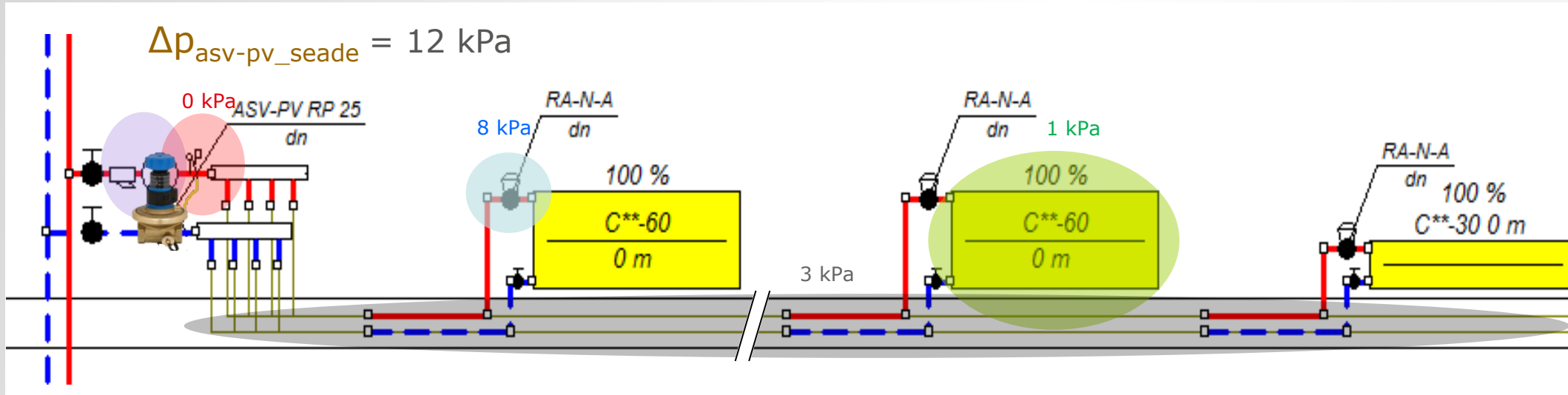
Süsteemi skeem – DPC iga korteri ees



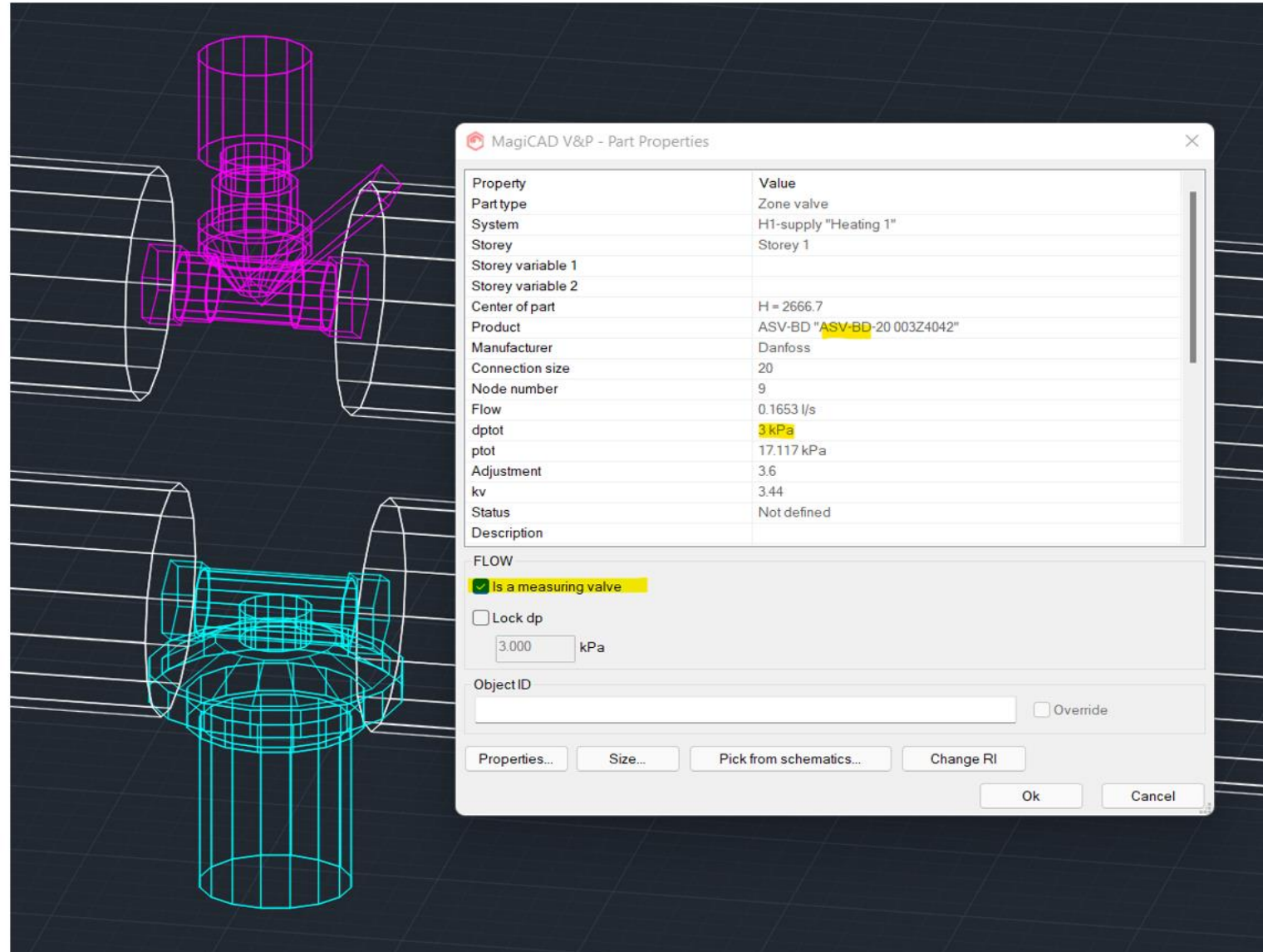
Lähteandmed: horisontaal ja vertikaaljaotustorustik, radiaatorid varustatud termostaatventiilidega TRV

- Vooluhulk radiaatoris: $Q = 85 \text{ l/h}$ (1,5 kW, $\Delta T 15\text{K}$); korteris 400 l/h ($\Sigma Q 7 \text{ kW}$)
- Torustiku pikkus: $L_{\text{horisontaal}} = 20 \text{ m}$ ($s' = 150 \text{ Pa/m}$) ; $L_{\text{vertikaal}} = \text{ebaoluline}$ (väljaspool Δp kontuuri)
- $\Delta p_{\text{TRV}} = 8 \text{ kPa}$ (NO authority problem: 66,7%) $\Delta p_{\text{radiaator}} = 1 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{\text{soojusarvesti_filter}} = \text{ebaoluline}$ (väljaspool Δp kontuuri)
- $\Delta p_{\text{torustik_horisontaal}} = 3 \text{ kPa}$;
- $\Delta p_{\text{tasakaalustus}} = 0 \text{ kPa}$ (Ei ole vaja piirata partnerventiililt, vooluhulk seatav radiaatoriventilide eelseadeväärtustega)

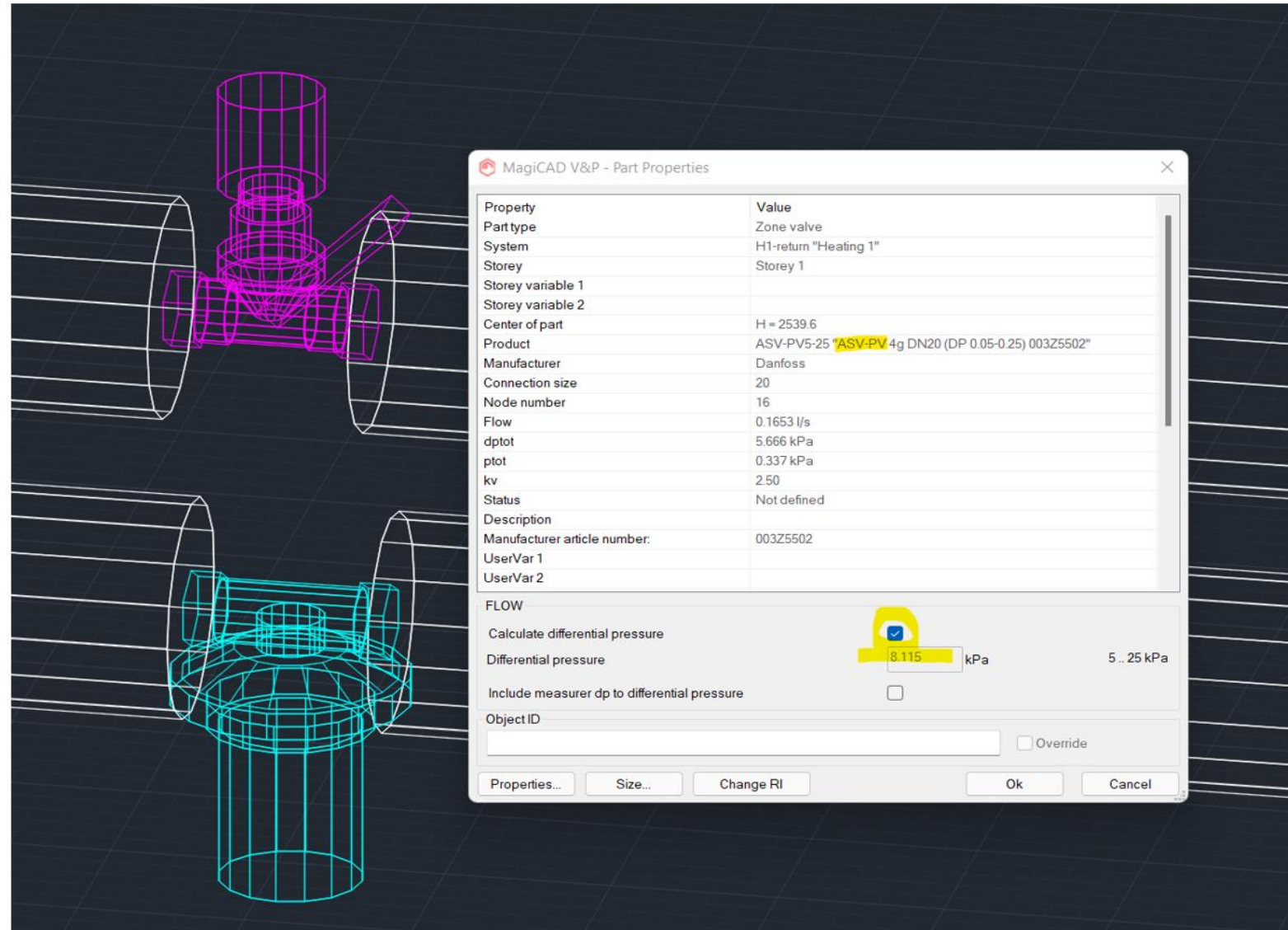
Süsteemi skeem – DPC iga korteri ees



Partnerventiili ASV-BD valik MagiCad



ASV-PV valik MagiCAD



TÄNÄN KUULAMAST!

Danfoss