

# Soojussõlmed 2021

- Soojussõlmede projekteerimine, instruktsioonid ja eeskirjad 2019.a.
- Soojussõlmede arvutusprogramm “Diana”

Jaan Leemet, SampoCorp OÜ

# Loengu teemad

- Soojusvahetite arvutamine – millele pöörata tähelepanu
- Reguleerventiilide arvutamine sooja tarbevee ja kütte soojussõlmede juures
- Sulgarmatuuri ja ühendustorustike arvutamine sooja tarbevee soojussõlmele
- Soojussõlmede arvutusprogrammi “Diana” esitlus

# **Soojussõlmede projekteerimine ja valmistamine**

- Eesti Jõujaamade ja Kaugkütteühingu soovituskiri TS1 "Soojussõlmed" 2019

## Soojusvahetite arvutamine

- Soojusvahetite dimensioneerimisarvutusteks on käesoleval ajal inseneride käsutuses paljude soojusvahetite tootjate poolt vabakasutuses olevatele arvutiprogrammid.
- SWEP, SSP G8. <https://www.swep.net/support/ssp-calculation-software/ssp-g8/>
- Danfoss Hexact5, <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/hexact/#tab-support>
- Secespol Cairo Pro 1.2, <https://www.secespol.com/en/cairo-pro-1-2.html>
- EJKÜ juhendi punkt 5.1.1 näeb ette, et soojusvahetite arvutamisel tuleb tagada efektiivseim kaugkütte soojuskandja jahutus erinevatel töörežiimidel. Soojusvahetitele vajalik küttepind arvutatakse ilma varuteguriteta ( küttepinna varu %, saastumistegur )

## Soojuslähikandeteguri arvutamine - $K$ [W /m<sup>2</sup>, °C]

- Soojusvaheti soojuslähikandetegur  $K$  arvutatakse soojusvaheti tootja arvutusprogrammiga. Arvutuste tegemisel lähtutakse soojusettevõtte poolt väljastatud tehnilistes tingimustes esitatud võrguvee parameetritest. Arvutustulemusi mõjutavad soojusvahetite konstruktiivsed iseärasused, plaadi tüüp, plaadi pressimise muster, kanalite tüüp jne.
- Lähtuvalt ülekantavast võimsusest, arvutustemperatuuridest ja lubatud rõhukadudest soojusvahetis arvutatakse soojuslähikandetegur “Võimalik” (Available) ja võrreldakse seda soojuslähikandeguriga “Nõutud” (Required)
- $K_{\text{võimalik}} : K_{\text{nõutud}} - 1 = \text{küttepinna varu (\%)}$

## Soojuslähikandeteguri arvutamise valem

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R + \frac{1}{\alpha_2}} \quad \left[ \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \right]$$

K= soojuslähikandegur

$\alpha_1$  Soojusülekanndegur – Pool 1

$\alpha_2$  Soojuslähikandegur-Pool 2

R Soojusvaheti plaadi termiline takistus

## Soojusvaheti küttepind

$$S = \frac{\Phi}{K \times LTE}, \text{ kus}$$

S – soojusvaheti küttepind ( m<sup>2</sup> )

Φ – ülekantav võimsus ( W )

LTE – logaritmiline temperatuuride erinevus ( °C )

K- soojuslähikandetegur soojusvahetis

# Logaritmiline temperatuuride erinevus

14.6. Soojusvaheti logaritmilise temperatuuride vahe LTE arvutamine

$$\text{LTE} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{(T_1 - T_4) - (T_2 - T_3)}{\ln \frac{T_1 - T_4}{T_2 - T_3}} \quad ^\circ\text{C, kus}$$

$T_1$  - soojusvahetisse siseneva kaugküttevee temperatuur,  $^\circ\text{C}$

$T_2$  - soojusvahetist väljuva kaugküttevee temperatuur,  $^\circ\text{C}$

$T_3$  - soojusvahetisse siseneva hoone küttevee temperatuur,  $^\circ\text{C}$

$T_4$  - soojusvahetist väljuva hoone küttevee temperatuur,  $^\circ\text{C}$

Arvutustes tuleb kasutada võimalikult tõeseid ja täpseid temperatuuride väärtusi ( $\pm 0,1$   $^\circ\text{C}$ ).



## Kuuma tarbevee soojusvahetid

- Kuuma tarbevee soojussõlme soojusvahetid ja reguleerimisseadmed dimensioneeritakse lähtuvalt sojusettevõtte võrguvee parameetritest olukorras „Suvi“.
- Kui võrguvee temperatuur tõstetakse üle temperatuuri „**küttegaafiku murdepunkt**“, muutuvad tarbevee soojusvahetid ja soojussõlme paigaldatud reguleerimisventiilid üledimensioneerituteks.

## Tarbevee soojusvaheti ülepinna 17,6% (Danfoss)

<i>HEX Type:</i>	XB52M-1-50	<i>Engineer:</i>	LJ
<i>Unit:</i>	1 (Parallel)	<i>Code:</i>	004H4525
		<i>Date:</i>	01.08.2020 16:07:35

Calculated parameters	Unit	Side1	Side2
<i>Flow Type</i>			Counter current
<i>Load</i>	kW		230,00
<i>Inlet temperature</i>	°C	65,00	8,00
<i>Outlet temperature (Specified)</i>	°C	25,00	55,00
<i>Outlet temperature (Actual)</i>	°C	--	--
<i>Mass Flowrate</i>	kg/s	1,375	1,169
<i>Volumetric Flowrate</i>	L/s	1,401	1,168
<i>Total pressure drop</i>	kPa	4,15	2,95
<i>Pressure drop - In port</i>	kPa	0,14	0,10
<i>Total area</i>	m <sup>2</sup>		5,04
<i>Surface margin</i>	%		17,6
<i>LMTD</i>	K		13,36
<i>HTC(Available / Required)</i>	W/m <sup>2</sup> -K		4017,5/3415,3
<i>Port velocity</i>	m/s	0,65	0,55

## Tarbevee soojusvaheti ülepinnaga 0% (Danfoss)

<i>HEX Type:</i>	XB52M-1-50	<i>Engineer:</i>	LJ
<i>Unit:</i>	1 (Parallel)	<i>Code:</i>	004H4525
		<i>Date:</i>	01.08.2020 16:21:25

Calculated parameters	Unit	Side1	Side2
<i>Flow Type</i>			Counter current
<i>Load</i>	kW	230,00	
<i>Inlet temperature</i>	°C	65,00	8,00
<i>Outlet temperature (Specified)</i>	°C	25,00	55,00
<i>Outlet temperature (Actual)</i>	°C	20,52	--
<i>Mass Flowrate (Actual)</i>	kg/s	1,236	1,169
<i>Volumetric Flowrate (Actual)</i>	L/s	1,247	1,174
<i>Total pressure drop</i>	kPa	3,43	2,95
<i>Pressure drop - In port</i>	kPa	0,11	0,10
<i>Total area</i>	m <sup>2</sup>		5,04
<b>Surface margin</b>	<b>%</b>		<b>0,0</b>
<i>LMTD</i>	K		11,28
<b>HTC(Available / Required)</b>	<b>W/m<sup>2</sup>-K</b>		<b>4046,9/4046,6</b>
<i>Port velocity</i>	m/s	0,59	0,55

# Tarbevee soojusvaheti ülepinna 0% (Danfoss) Võrguveesi 105°C

Danfoss Hexact(v5.3.15)		Ref.: LJ20200802130921	
Customer:		Contact person:	
Project:		E-mail:	
HEX Type: XB52M-1-50		Engineer: LJ	
Unit: 1 (Parallel)	Code: 004H4525	Date: 02.08.2020 13:09:24	

Calculated parameters	Unit	Side1	Side2
Flow Type			Counter current
Load	kW		230,00
Inlet temperature	°C	105,00	8,00
Outlet temperature (Specified)	°C	10,60	55,00
Outlet temperature (Actual)	°C	10,58	--
Mass Flowrate (Actual)	kg/s	0,579	1,169
<b>Volumetric Flowrate (Actual)</b>	<b>L/s</b>	<b>0,588</b>	<b>1,174</b>
Total pressure drop	kPa	0,82	2,95
Pressure drop - In port	kPa	0,03	0,10
<b>Total area</b>	<b>m<sup>2</sup></b>		<b>5,04</b>
<b>Surface margin</b>	<b>%</b>		<b>0,0</b>
LMTD	K		14,40
HTC(Available / Required)	W/m <sup>2</sup> -K		3168,4/3168,4
Port velocity	m/s	0,28	0,55

## Kuuma tarbevee soojusvaheti küttepind ja võrguvee kulu

- Danfoss XB52M-1-50
- Võimsus 230000 W, (230 kW)
- Arvutustemperatuurid  
 $65 - 25 / 8 - 55 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $K / K = 4017,5 / 3415,3 \text{ [W / m}^2 \text{ C]}$
- Soojuslähikandetegurite suhe (Võimalik /Vajalik )  
annab soojusvaheti ülepinna väärtuse.
- **Soojusvaheti küttepinna varu 17,6 %**
- $LTE = 13,36 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$S = \Phi / K \times LTE$$

$$S = 230000 / 3415,3 \times 13,36 = 5,04 \text{ m}^2$$

**Võrguvee kulu 5,043 m<sup>3</sup>/h**

- Danfoss XB52M-1-50
- Võimsus 230000 W, (230 кВт)
- Arvutustemperatuurid (tegeliku võrguvee jahutusega)  
 $65 - 20,52 / 8 - 55 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $K / K = 4046,9 / 4046,9 \text{ [W / m}^2 \text{ C]}$
- Soojuslähikandetegurite suhe (Võimalik /Vajalik )  
annab soojusvaheti ülepinna väärtuse.
- **Soojusvaheti küttepinna varu 0 %**
- $LTE = 11,28 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$S = \Phi / K \times LTE$$

$$S = 230000 / 4046,9 \times 11,28 = 5,04 \text{ m}^2$$

**Võrguvee kulu 4,49 m<sup>3</sup>/h**

Soojusvaheti tegeliku jahutuse mitteamistamisel on oht reguleeriventiili mõõtmestamisel eksida! Tulemuseks on ebarahuldav reguleerimistulemus.

# Põhivalemid reguleerventiilide arvutamiseks

- Reguleerventiili  $K_v$ -väärtuse arvutamine
  - $K_v = G / \sqrt{\Delta p}$                        $m^3/h$ , kus
    - $G$  - kaugküttevee arvutuslik vooluhulk,  $m^3/h$
    - $\Delta p$  - arvutuslik rõhukadu reguleerventiilile, bar
- Reguleerventiili tegeliku rõhukao  $\Delta p$  arvutamine
  - $\Delta p = (G / K_v)^2$  bar, kus
    - $G$  - kaugküttevee arvutuslik vooluhulk,  $m^3/h$
    - $K_v$  - valitud reguleerventiili  $K_v$ -väärtus,  $m^3/h$
- Reguleerventiili mõjutegur:
  - $\beta = \Delta p_v / \Delta p \geq 0,5$

## Reguleerventiili arvutus kuumale tarbeveele. Variant 1, (65 – 25 / 8 – 55 C )

- Võrguvee kulu  $G = 1,401 \text{ l/s} = 5,04 \text{ m}^3/\text{h}$
- Kasutadaolev rõhuvähe soojusvõrgu sisendil  $\Delta p_{\text{ilm}} = 100 \text{ kPa}$
- Rõhukadu soojusvahetis  $\Delta p_{\text{siirrin}} = 4,15 \text{ kPa}$
- Rõhukadu sisendis ( kuulkraanid, filter, toru)  $\Delta p_{\text{putkisto}} = 5 \text{ kPa}$
- Rõhuvähe ventiilile  $\Delta p$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ilm}} - \Delta p_{\text{siirrin}} - \Delta p_{\text{putkisto}} = 100 \text{ kPa} - 4,15 \text{ kPa} - 5 \text{ kPa} = 90,85 \text{ kPa} = 0,9085 \text{ bar}$$

$$\text{Ventiili } K_v\text{-arv} = G / \sqrt{\Delta p} = 5,04 / 0,953 = 5,288$$

$$\text{Valime ventiili } K_{vs} = 6,3$$

Arvutame tegeliku rõhukao valitud ventiilis -  $\Delta p$

$$\Delta p = ( 5,04 / 6,3 )^2 = 0,64 \text{ bar} = 64 \text{ kPa}$$

Kontrollime ventiili mõjuteguri väärtuse -  $\beta > 0,5$

$$\beta = 64 / 100 = 0,64$$

**Ventiil on valitud õigesti !**

## Reguleerventiili arvutus kuumale tarbeveele. Variant 2, (65 – 20,52 / 8 – 55 C )

- Võrguvee kulu  $G = 1,247 \text{ l/s} = 4,49 \text{ m}^3/\text{h}$
- Kasutadaolev rõhuvähe soojusvõrgu sisendil  $\Delta p_{\text{ilm}} = 100 \text{ kPa}$
- Rõhukadu soojusvahetis  $\Delta p_{\text{siirrin}} = 3,43 \text{ kPa}$
- Rõhukadu soojussõlme sisendis ( kuulkraanid, filter, toru)  $\Delta p_{\text{putkisto}} = 4 \text{ kPa}$
- Rõhkude vähe ventiilile -  $\Delta p$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ilm}} - \Delta p_{\text{siirrin}} - \Delta p_{\text{putkisto}} = 100 \text{ kPa} - 3,43 \text{ kPa} - 4 \text{ kPa} = 92,57 \text{ kPa} = 0,926 \text{ bar}$$

$$\text{Ventiili } K_v\text{-arv: } G / \sqrt{\Delta p} = 4,49 / 0,962 = 4,66$$

$$\text{Valime ventiili } K_{vs} = 6,3$$

Arvutame tegeliku rõhukao valitud ventiilis -  $\Delta p$

$$\Delta p = ( 4,49 / 6,3 )^2 = 0,507 \text{ bar} = 51 \text{ kPa}$$

Kontrollime ventiili mõjuteguri väärtuse -  $\beta > 0,5$

$$\beta = 51 / 100 = 0,51$$

**Ventiil on reguleerimise kvaliteedi kriitilises alas.**



# Kuuma tarbevee soojusvaheti küttepinna varuga 0% (Danfoss )

## Trassivee temperatuur 105 \*C

Danfoss Hexact(v5.3.15)		Ref.: LJ20200802130921	
<i>Customer:</i>		<i>Contact person:</i>	
<i>Project:</i>		<i>E-mail:</i>	
<i>HEX Type:</i>	XB52M-1-50	<i>Engineer:</i>	LJ
<i>Unit:</i>	1 (Parallel)	<i>Code:</i>	004H4525
		<i>Date:</i>	02.08.2020 13:09:24

Calculated parameters	Unit	Side1	Side2
<i>Flow Type</i>			Counter current
<i>Load</i>	kW	230,00	
<i>Inlet temperature</i>	°C	105,00	8,00
<i>Outlet temperature (Specified)</i>	°C	10,60	55,00
<i>Outlet temperature (Actual)</i>	°C	10,58	--
<i>Mass Flowrate (Actual)</i>	kg/s	0,579	1,169
<b><i>Volumetric Flowrate (Actual)</i></b>	<b>L/s</b>	<b>0,588</b>	<b>1,174</b>
<i>Total pressure drop</i>	kPa	0,82	2,95
<i>Pressure drop - In port</i>	kPa	0,03	0,10
<b><i>Total area</i></b>	<b>m<sup>2</sup></b>		<b>5,04</b>
<b><i>Surface margin</i></b>	<b>%</b>		<b>0,0</b>
<i>LMTD</i>	K		14,40
<i>HTC(Available / Required)</i>	W/m <sup>2</sup> -K		3168,4/3168,4
<i>Port velocity</i>	m/s	0,28	0,55

## Reguleerventiili arvutus kuumale tarbeveele. V

### Variant 3, (105 – 10,60 / 8 – 55 C )

- Võrguvee kulu  $G = 0,588 \text{ l/s} = 2,117 \text{ m}^3/\text{h}$
- Kasutadaolev rõhkude vahe soojusvõrgu sisendil  $\Delta p_{\text{ilm}} = 100 \text{ kPa}$
- Soojusvaheti rõhukadu  $\Delta p_{\text{siirrin}} = 0,82 \text{ kPa}$
- Rõhukadu sisendil ( kuulkraanid, filter, toru)  $\Delta p_{\text{putkisto}} = 1 \text{ kPa}$
- Rõhukadu ventiilile  $\Delta p$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ilm}} - \Delta p_{\text{siirrin}} - \Delta p_{\text{putkisto}} = 100 \text{ kPa} - 0,82 \text{ kPa} - 1 \text{ kPa} = 98,18 \text{ kPa} = 0,982 \text{ bar}$$

$$\text{Ventiili } K_v\text{-arv} = G / \sqrt{\Delta p} = 2,117 / 0,99 = 2,138$$

Paigaldatud on ventiil  $K_{vs} = 6,3$

Arvutame rõhukao paigaldatud ventiilis  $\Delta p$

$$\Delta p = ( 2,117 / 6,3 )^2 = 0,113 \text{ bar} = 11,3 \text{ kPa}$$

Kontrollime ventiili mõjuteguri sobivust tingimusele -  $\beta > 0,5$

$$\beta = 11,3 / 100 = 0,113$$

**Paigaldatud ventiil ei sobi antud tingimustes!**

# 2 paralleelset reguleerventiili

- Kahte või enamat paralleelselt ühendatud reguleerventiili on soojal tarbeveel soovitatav kasutada juhul, kui tarbimine vaheldub kiiresti suurtes piirides ( ei kehti väikemajadele ) või reguleerventiili valikul vooluhulga tegur Kvs osutub aeglasema ajami korral suuremaks kui 6,3 m<sup>3</sup>/h ning soojusvõrgu temperatuur on kõrgem kui 100°C. Kiire ( 15 s ) ajami korral võib vooluhulga tegur Kvs olla ühe reguleerventiili korral kuni 8,0 m<sup>3</sup>/h. Väiksem ventiil valitakse katma maksimaalselt 33 % arvutuslikust koormusest ja ta avaneb esimesena.
- **Märkus:** sooja tarbevee temperatuuri reguleerimine soojussõlmes on kiire protsess ja „aeglasema ajami“ kasutamise võimalus peab olema välistatud.

## Kütte soojusvahetid

Radiaatorkütte soojussõlme soojusvaheti ja reguleerventiil arvutatakse lähtuvalt soojusettevõtte võrguvee parameetritest “Talv”

Põrandakütte soojussõlme soojusvaheti (mugavusküte niisketele ruumidele) ja reguleerventiil arvutatakse lähtuvalt soojusettevõtte võrguvee parameetritest “Suvi”.

## Kütte soojusvaheti ülepinnaga 23,1 %

Danfoss Hexact(v5.3.15)

Ref.: LJ20200802130107

<i>Customer:</i>		<i>Contact person:</i>	
<i>Project:</i>		<i>E-mail:</i>	
<i>HEX Type:</i>	XB61L-SB-1-36	<i>Engineer:</i>	LJ
<i>Unit:</i>	1 (Parallel)	<i>Code:</i>	004B1907
		<i>Date:</i>	02.08.2020 13:01:16

Calculated parameters	Unit	Side1	Side2
<i>Flow Type</i>			Counter current
<i>Load</i>	kW	220,00	
<i>Inlet temperature</i>	°C	105,00	50,00
<i>Outlet temperature (Specified)</i>	°C	53,00	70,00
<i>Outlet temperature (Actual)</i>	°C	--	--
<i>Mass Flowrate</i>	kg/s	1,007	2,629
<i>Volumetric Flowrate</i>	L/s	1,054	2,659
<i>Total pressure drop</i>	kPa	2,93	16,47
<i>Pressure drop - In port</i>	kPa	0,38	2,58
<i>Total area</i>	m <sup>2</sup>		3,98
<i>Surface margin</i>	%		23,1
<i>LMTD</i>	K		12,62
<i>HTC(Available / Required)</i>	W/m <sup>2</sup> -K		5396,5/4383,4
<i>Port velocity</i>	m/s	0,82	2,13

# Kütte soojusvaheti ülepinnaga 0%

Danfoss Hexact(v5.3.15)

Ref.: LJ20200802130357

<i>Customer:</i>		<i>Contact person:</i>	
<i>Project:</i>		<i>E-mail:</i>	
<i>HEX Type:</i>	XB61L-SB-1-36	<i>Engineer:</i>	LJ
<i>Unit:</i>	1 (Parallel)	<i>Code:</i>	004B1907
		<i>Date:</i>	02.08.2020 13:04:01

Calculated parameters	Unit	Side1	Side2
<i>Flow Type</i>			Counter current
<i>Load</i>	kW	220,00	220,00
<i>Inlet temperature</i>	°C	105,00	50,00
<i>Outlet temperature (Specified)</i>	°C	53,00	70,00
<b><i>Outlet temperature (Actual)</i></b>	<b>°C</b>	<b>51,29</b>	<b>--</b>
<i>Mass Flowrate (Actual)</i>	kg/s	0,975	2,629
<i>Volumetric Flowrate (Actual)</i>	L/s	1,001	2,672
<i>Total pressure drop</i>	kPa	2,76	16,47
<i>Pressure drop - In port</i>	kPa	0,36	2,58
<b><i>Total area</i></b>	<b>m<sup>2</sup></b>		<b>3,98</b>
<i>Surface margin</i>	%		0,0
<i>LMTD</i>	K		9,80
<b><i>HTC(Available / Required)</i></b>	<b>W/m<sup>2</sup>-K</b>		<b>5645,0/ 5644,9</b>
<i>Port velocity</i>	m/s	0,80	2,13

## Kütte soojusvaheti küttepind

- Danfoss XB61L-SB-1-36
- Võimsus 220000 W, (220 kW)
- 105 – 53 / 50 – 70 \*C
- $K / K = 5396,5 / 4383,4$  [ W / m<sup>2</sup> C]
- LTE = 12,62 \*C

- **Küttepinna varu 23,1 %**

$$S = \Phi / K \times LTE$$

$$S = 220000 / 4383,4 \times 12,62 = 3,977 \text{ m}^2$$

Võrguvee kulu 3,62 m<sup>3</sup>/h

- Danfoss XB61L-SB-1-36
- Võimsus 220000 W, (220 kW)
- 105 – 51,29 / 50 – 70 \*C
- $K / K = 5645,0 / 5644,9$  [W / m<sup>2</sup> C]
- LTE = 9,80 \*C

- **Küttepinna varu 0 %**

$$S = \Phi / K \times LTE$$

$$S = 220000 / 5644,9 \times 9,80 = 3,977 \text{ m}^2$$

Võrguvee kulu 3,6 m<sup>3</sup>/h

Kütte soojusvaheti ülepinna mõju võrguvee kulule on 200 liitrit tunnis!

## Kütte reguleerventiili arvutamine

- Võrguvee kulu  $G = 1,054 \text{ l/s} = 3,79 \text{ m}^3/\text{h}$
- Kasutadaolev rõhkude vahe soojusvõrgu sisendis  $\Delta p_{\text{ilm}} = 100 \text{ kPa}$
- Rõhukadu soojusvahetis  $\Delta p_{\text{siirrin}} = 2,93 \text{ kPa}$
- Rõhukadu sisendis ( kuulkraanid, filter, toru)  $\Delta p_{\text{putkisto}} = 5 \text{ kPa}$
- Rõhkude vahe ventiilile -  $\Delta p$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ilm}} - \Delta p_{\text{siirrin}} - \Delta p_{\text{putkisto}} = 100 \text{ kPa} - 2,93 \text{ kPa} - 5 \text{ kPa} = 92,07 \text{ kPa} = 0,92 \text{ bar}$$

$$\text{Ventiili Kv-arv} = G / \sqrt{0,92} = 3,79 / 0,959 = 3,95$$

$$\text{Valime ventiili Kvs} = 4,0$$

Arvutame ventiili tegeliku rõhukao -  $\Delta p$

$$\Delta p = ( 3,79 / 4,0 )^2 = 0,945 \text{ bar} = 94,5 \text{ kPa}$$

Kontrollime ventiili mõjuteguri vastavust tingimusele -  $\beta > 0,5$

$$\beta = 94,5 / 100 = 0,945$$

Ventiil on valitud õigesti!



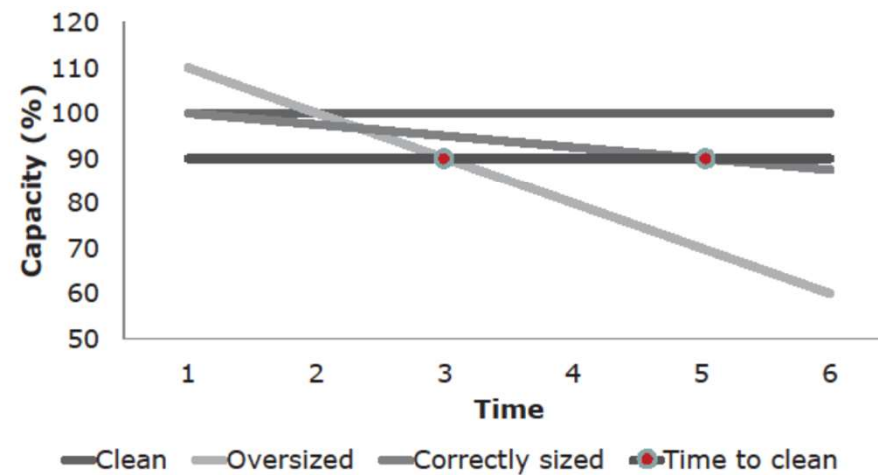
# Kokkuvõte “soojusvaheti küttepinna varu” ja saastumistegur kohta.

- Asjalikult arvatatud soojusvahetid omavad eksploatatsioonis “isepuhastumise võimet” (self cleaning) kuni kriitilise tööeani.
- Põhjendamatult püstitatud nõue küttepinna varu (surface margin) ja saastumiskohanduse (fouling factor) osas halvendavad soojusvaheti töötingimusi.
- Soojusvahetusprotsessi turbulentsust iseloomustav Reynolds arv alla väärtuse 150, muudab soojusvaheti seadmeks, mis kogub endasse mitmesuguseid saastavaid osakesi. Allikas: Swep Handbook.
- Plaanipärane soojusvaheti hooldamine paigalduskohal pikendab soojusvaheti tööiga.

# Miks ei peaks soojusvahetile ette nägema suurendatud küttepinna varu ?

## Why fouling factor shouldn't be used for BPHEs

Assume that a capacity loss of max 10% is acceptable, then the BPHE needs to be cleaned at point 3 for the oversized BPHE and not until time point 5 for the correctly sized BPHE.



# Saastumine tahkete osakestega

## Particulate fouling

### What is it?

Suspended solids that stick to the heat transfer surface - mud, silt, sand or other particles in the heat transfer medium.

### In which applications is it most likely to occur?

In any application if appropriate filters and water management is not applied.

Mostly found in different industrial applications where large volumes of freshwater is utilized for cooling purposes.

May also occur in closed systems, such as AC evaporators, if make up water is of poor quality.



### How to avoid particulate fouling?

- BPHE selection to maximize the flow turbulence and distribution
- Install appropriate strainers when the risk of particulates is elevated
- Proper installation of the BPHE
- Take the recommended preoperational measures to ensure good water quality at start of operation

**RECOMMENDATION:** Particle size entering the BPHE should never be over 1 mm (0.04 in).  
If there is a risk of particulate fouling a strainer with 16-20 mesh should be used.

# Saastumine korrosiooniga

## Fouling due to corrosion

### What is it?

In some cases, fouling can be due to corrosion of the BPHE or of other parts of the water system. The added layer of corrosion products on the heat transfer surface will reduce the heat transfer efficiency. The degree of corrosion depends very much on the water quality and the system components.

### In which applications is it most likely to occur?

In any application really, but the risk should be greatly reduced if the water system is closed, since corrosive substances in the water are depleted after a while IF fresh water addition is rare. Corrosion fouling risk is also increased when inserting a BPHE into an older system without taking the recommended preoperational measures to ensure good water quality.

### How to avoid corrosion fouling?

If the water system is closed or semi-closed (f.e.x cooling tower) corrosion inhibitors may be applied to reduce the overall corrosion risk. Another important aspect is the design and materials used for the other system components.



# Bioloogiline saastumine

## Biological fouling

### What is it?

Fouling through biological growths (also called biofouling) occurs when living matter such as fungi and bacteria grows on the heat transfer surface.

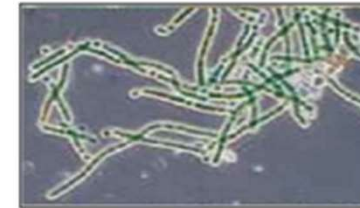
### In which applications is it most likely to occur?

Biofouling can be a problem for our BPHEs if used with natural waters, like seawater or lake water or if the water is recirculated at moderate to high ambient temperatures. Typical examples are industrial cooling water and cooling tower water.

In cold seas the biofilm is most aggressive at 25-30°C, and in tropical seas at just above 30°C.

### How to avoid biofouling?

Strainer should always be used if there is risk of biofouling. For recirculating systems such as cooling tower loops, biocides may be added on regular basis to keep the biological growth at bay.



**RECOMMENDATION:** Particle size entering the BPHE should never be over 1 mm (0.04 in). If there is a risk of biofouling a strainer with 16-20 mesh should be used.

# 4 tarbevee soojusvahetit 4-st kuni 6 aastani

## Ringsjön case story

- 4 BPHEs used for tap water (dH 11) heating between 4 to 6 years and expressed mild lime scale were brought in from the field for evaluation of Scale 132 Copper. One unit was cut open to use as a visual reference. Thermal and hydraulic performance tests were made on the other three prior and after the CIP treatment on the tap water side to verify the effect of the procedure. Finally BPHEs were leak tested and opened for visual inspection.

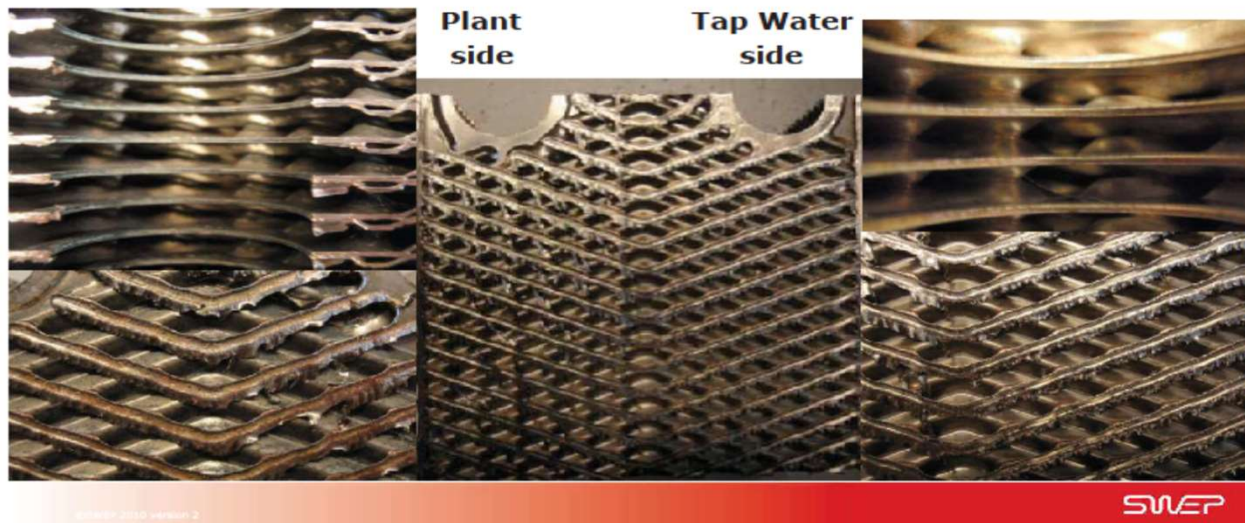




# Fotod peale läbipesu

## After Cleaning Invecta Scale 130

- The lab test results show that the Cleaning in Place treatment improved the thermal 5 % and the hydraulic performance 2 %. Visual inspection confirms that the lime scale and metal oxides have been removed, see pictures. Finally the leak tests confirmed no internal or external leakages.





**Soojusvaheti sisevaade - läbilõige**

Mis ja kus on soojusvaheti "Port"?



# Soojusvahetite rikete põhjused

Параметр	Единица	Цифра или концентрация	Материал пластины		Материал припоя	
			AISI 316L W.Nr. 1.4404		Cu	CoResist
		< 6	0	-	-	0
		6,0 - 7,5	+	0 / -	0	+
pH		7,5 - 10,5	+	+	+	+
		> 10,5	+	0	0	+
		< 10	+	+	+	+
Электропроводность	μS / cm	10 - 500	+	+	+	+
[Conductivity]		500 - 1000	+	0	+	+
		> 1000	+	-	0	+
		< 0,5	+	+	+	+
Свободный хлор	mg / l	0,5 - 1	0	+	+	+
[Free Chlorine]		1 - 5	-	0	0	0
		> 5	-	-	-	-
		[ 0 ] среда коррозии				
		[ + ] благоприятная среда				
		[ - ] быстрый выход из строя теплообменника (=несколько месяцев)				
		Температура теплообменника	Концентрация хлоридов			
		Temp. T ≤ 20 C	max 1000 mg / l			
		Temp. T ≤ 50C	max 400 mg / l			
		Temp. T ≤ 80C	max 200 mg / l			
		Temp. T ≥ 100 C	max 100 mg / l			
		Температура теплообменника = сетевая вода "Зима"				
		Концентрация хлоридов со стороны ГВС				
		Источник: Danfoss webinar, Mark Davõdov				

**Tarbevee ringluse  
torustiku ja  
armatuuri  
projekteerimine.  
Tarbevee ringluse  
temperatuuri  
reguleerimine**

- Juhendi punkt 5.2.7
- Tarbevee ringluse torustiku projekteerimise põhineb jaotusvõrgus toimival jahtumisel. Ringlusvee temperatuur sisenemisel soojussõlme tarbevee soojusvahetisse ei tohi olla madalam kui 50°C
- Nende tingimuste kohaselt määratakse vooluhulgad tarbevee ringluse kontuurides ja valitakse ringluspump.
- Tarbevee ringluse süsteemi osade diameetrid määratakse vee kiiruse järgi. Vee voolamise kiirus ei tohi olla suurem kui 1,0 m/s mistahes süsteemi osas.
- Vasktorudes on voolu maksimaalseks kiiruseks 0,5 m/s
- Suurim hetkeline kõrvalekalle seadesuurusest:  
soojale tarbeveele +7/ -10°C
- Lubatud pideva kõikumise amplituud:  
soojale tarbeveele 5 °C

## Tarbevee jaotustorustikud ja ringlus

**Tabel 7.2.1.3** Maksimaalsed vooluhulgad külma-;sooja- ja sooja tarbevee ringlustorustikes

CU-toru välis-läbimõõt	Terastoru	Külma ja sooja tarbevee voolu-hulk	Võimsus 8-55	Vee kiirus (m/s)	Tarbevee ringlus	Võimsus 50-55	Vee kiirus (m/s)
mm	DN	l/s	kW	m/s	l/s	kW	m/s
18	15	0,31	60,88	1,55	0,2	4,13	0,99
22	20	0,48	94,26	1,54	0,32	6,61	1,02
28	25	0,8	157,1	1,56	0,54	11,16	1,05
35	32	1,25	245,47	1,56	0,82	16,95	1,02
42	40	1,8	353,47	1,51	1,22	25,22	1,02
54	50	3,2	628,4	1,44	2,1	43,41	0,94
63	65	5,00	981,87	1,84	3,2	66,14	1,17

## Tarbevee jaotustorustikud ja ringlus (Tabel 7.2.1.3)

- Külma ja sooja tarbevee torustikes on vee kiirus suurem kui 1,5 m/s. Eelmistes normides oli lubatud kuni 1,5 m/s.
- NB! Vastuolu tabeli andmete ja uue juhendmaterjali teksti vahel tuleneb sellest, et muudeti külma tarbevee temperatuuri 5 kraadilt 8 kraadini.
- Järgmises tabelis on esitatud torustike ja sulgarmatuur läbimõõdud tarbevee kiirustele 1,0 m/s

## Kuuma tarbevee ja tarbevee ringluse torustikud

Torumõõt	Tarbevee kulu	Võimsus 8°C-55 °C	Vee kiirus (m/s)	Tarbevee ringlus	Võimsus temperatuuridega 50°C-55°C	Ringlusvee kiirus(m/s)
DN	l/s	kW	m/s	l/s	kW	m/s
20	0,31	60,88	0,99	0,2	4,13	0,64
25	0,48	94,26	0,94	0,32	6,61	0,62
32	0,8	157,1	1,00	0,54	11,16	0,67
40	1,25	245,47	1,05	0,82	16,95	0,69
50	1,8	353,47	0,81	1,22	25,22	0,55
65	3,2	628,4	1,18	2,1	43,41	0,77
80	5,00	981,87	0,94	3,2	66,14	0,60

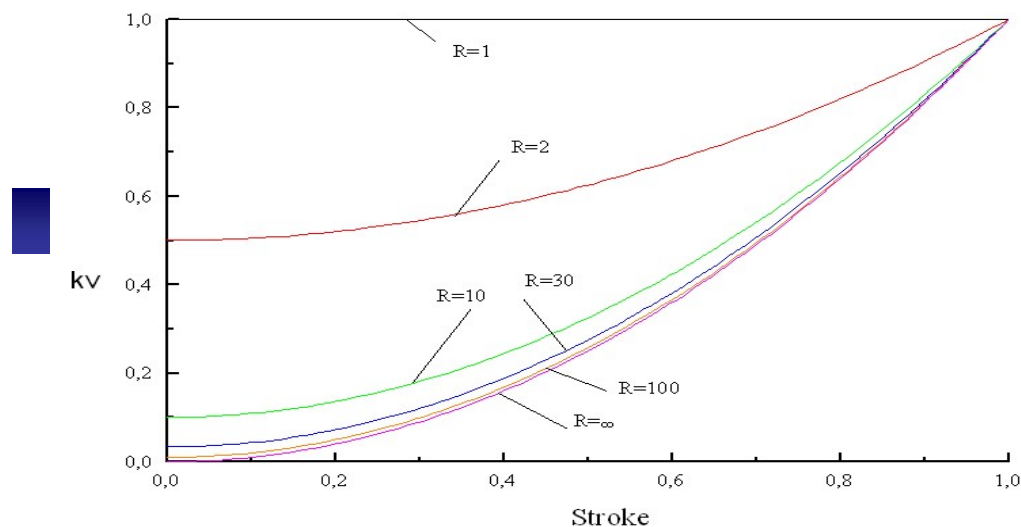
# Reguleerventiili reguleerimisulatus

- Reguleerventiili reguleerimisulatus (Rangeability) defineeritakse kui maksimaalse ja minimaalse kontrollitava vooluhulga suhe. Esitatakse näiteks kujul  $R = 50:1$
- Reguleerventiili reguleerimisulatuse  $R$ , esitab toote tehnilises dokumentatsioonis selle valmistaja

# Control ratio (VDI/VDE 2173)

## Control ratio (Regulation ratio or Rengability)

is defined as the ratio of maximum controllable flow to minimum controllable flow at a constant pressure drop.



$$R = \frac{k_{vs}}{k_{vr}}$$

example

$$R = 50 \text{ (100)} : 1$$

$$k_{vs} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$k_{vr} = \frac{10}{50(100)}$$

$$k_{vr} = 0,2(0,1) \text{ m}^3/\text{h}$$

## 2-käiguliste reguleerventiilide reguleerimisulatus „RANGEABILITY“ arvutamine erinevatel rõhuvahedel

- $( Q ) = ( Kvs / R ) \sqrt{ \Delta p }$
- $( Q )$  – minimaalne kontrollitav vooluhulk ( m<sup>3</sup> /h)
- Kvs – vooluhulga tegur ( m<sup>3</sup> /h)
- R – reguleerventiili reguleerimisulatus
- $\sqrt{ }$  - ruutjuure märk
- $\Delta p$  – reguleerventiilile kasutadaolev rõhkude vahe ( bar )
- **Allikas: Johnson Controls „Valve and actuator manual 977“**



## 2-käiguliste reguleerventiilide reguleerimisulatus” RANGEABILITY“

Ventiili Kvs-arv	Rangeability R	Kvr-arv m <sup>3</sup> /h	Min. kontrollitav / kontrollimatu vooluhulk Kvr (l/s) rõhuvähe = 100 kPa	Ventiilide Kvs-arvude erinevus kordades	50,00 kPa Uus kontrollitav Kvr vooluhulk ( l /s )
0,25	50	0,005	0,001	0,00	0,001
0,4	50	0,008	0,002	1,60	0,002
0,63	50	0,013	0,004	1,58	0,002
1	50	0,020	0,006	1,59	0,004
1,6	50	0,032	0,009	1,60	0,006
2,5	50	0,050	0,014	1,56	0,010
4	50	0,080	0,022	1,60	0,016
6,3	50	0,126	0,035	1,58	0,025
10	50	0,200	0,056	1,59	0,039
16	50	0,320	0,089	1,60	0,063
25	50	0,500	0,139	1,56	0,098
40	50	0,800	0,222	1,60	0,157
63	50	1,260	0,350	1,58	0,247
100	50	2,000	0,556	1,59	0,393

# Tarbevee ringluse arvutusnäide 1

## **NÄIDE 1**

Vajalik sooja tarbevee hetkekulu 1,0 l/s

Temperatuurid soojusvaheti sekundaarpoolel 8 – 55 °C

Temperatuurid soojusvaheti primaarpoolel 65 – 15,7 °C

Tarbevee soojusvaheti võimsus 196,37 kW.( Danfoss XB37H-1-60)

Tarbevee ringluse süsteemi projektijärgne soojuskadu 4 kW

Süsteemist soojusvaheti juurde tagastuva tarbevee temperatuur 52 °C

Tarbevee ringluspumba vajalik jõudlus 0,323 l/s

Tarbevee ringluse süsteemi rõhukadu 34 kPa

Sobiv ringluspump UPS 25-60N

Kui ööpäevast 24 tundi ei ole aktiivset veekasutust 12 tunni jooksul, siis tarbevee ringlusele kulub  $12 \times 4 = 48$  kWh. Tasutakse sojusettevõttele soojusarvesti lugemi alusel.

NB! Reguleeriventiil ( $Kvs=4,0$ ) peab suutma hallata võimsust 4 kW ka trassivee maksimaalsel temperatuuril! Näiteks temperatuuridel 115 – 52,01 / 52 – 55 °C on primaarpoole vooluhulk 0,016 l/s.

Kui ventiili reguleerimisulatus  $R=50:1$  siis on ventiili minimaalne kontrollitud vooluhulk 0,022 l/s. Käesoleva arvutuse juures ventiil  $Kvs=4,0$  ( $R= 50:1$ ) ei sobi. Valima peab ventiili, mille  $R=100:1$ -le.

## Tarbevee ringluse arvutusnäide 2

### **NÄIDE 2**

Vajalik sooja tarbevee hetkekulu 1,0 l/s

Temperatuurid 8 – 55 °C

Tarbevee soojusvaheti võimsus 196,37 kW

Süsteemist soojusvaheti juurde tagastuva tarbevee temperatuur 45 °C

Tarbevee ringluspumba jõudlus 0,323 l/s


Tarbevee ringluse süsteemi arvutuslik soojuskadu 13,38 kW

Tarbevee ringluse süsteemi rõhukadu 34 kPa

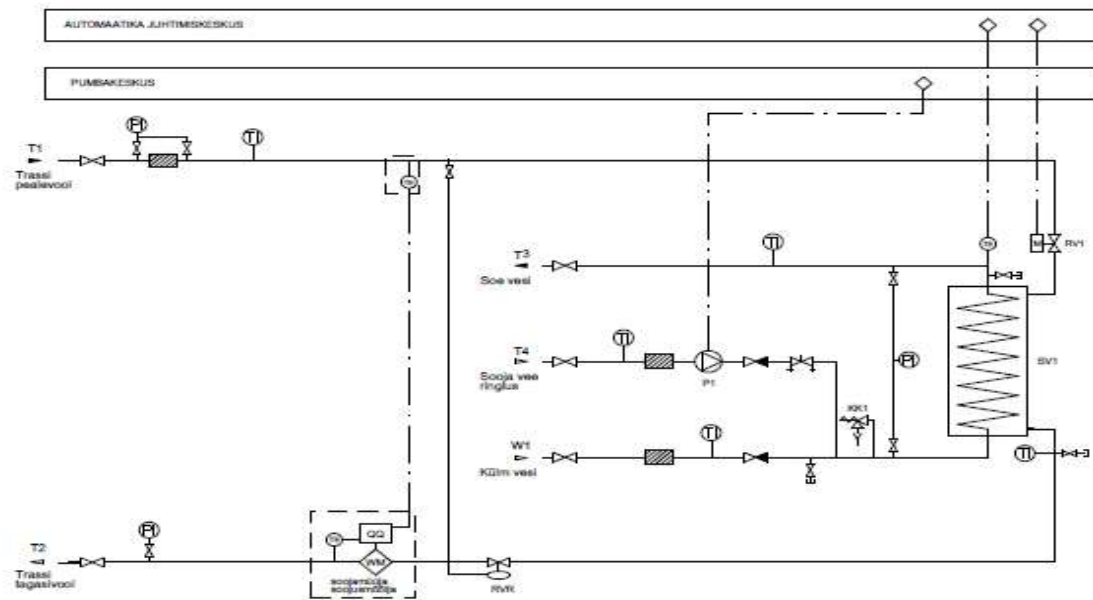
Sobiv ringluspump UPS 25-60N

Kui ööpäevast 24 tundi ei ole aktiivset veekasutust 12 tunni jooksul, siis tarbevee ringlusele kulub  $12 \times 13,38 = 160,56$  kWh

Tasutakse soojusettevõttele soojusarvesti lugemi alusel.




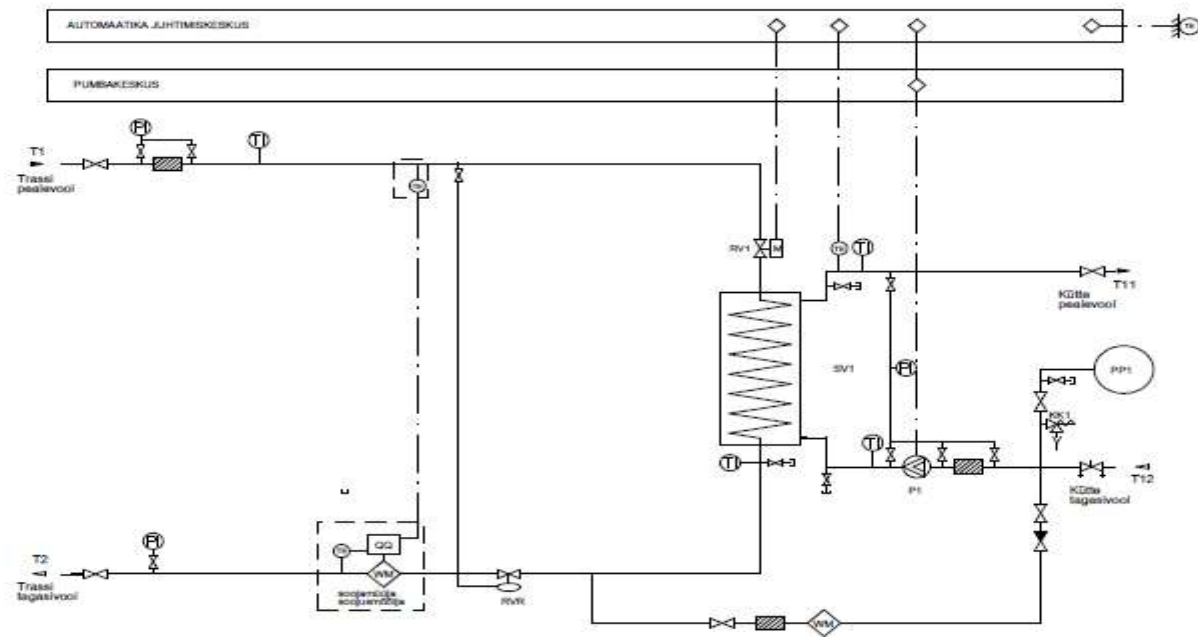
Soojussõlmede  
ühenduskeemid vastavalt  
arvutusprogrammile  
“Diana”




Märkus:  
 Rõhuvahe regulaatori RVR ja/või vooluhulga maksimumi piiramisvajadus (näiteks tasakaalustusventiiliga) täpsustatakse soojusõhne projekti koostamise käigus vastavalt võrguettevõtte poolt väljastatud tehnilistele tingimustele.

	RETER nr	Joonis	Staad.	Projekt
		Põhimõtteskeem		
Joonestab		Soojusõhm: Soe vesi		
Kontrollis		ETSS [kW]:		
Kuupäev		Leht	Ühe kontuuriga sõhm	
		1/1		

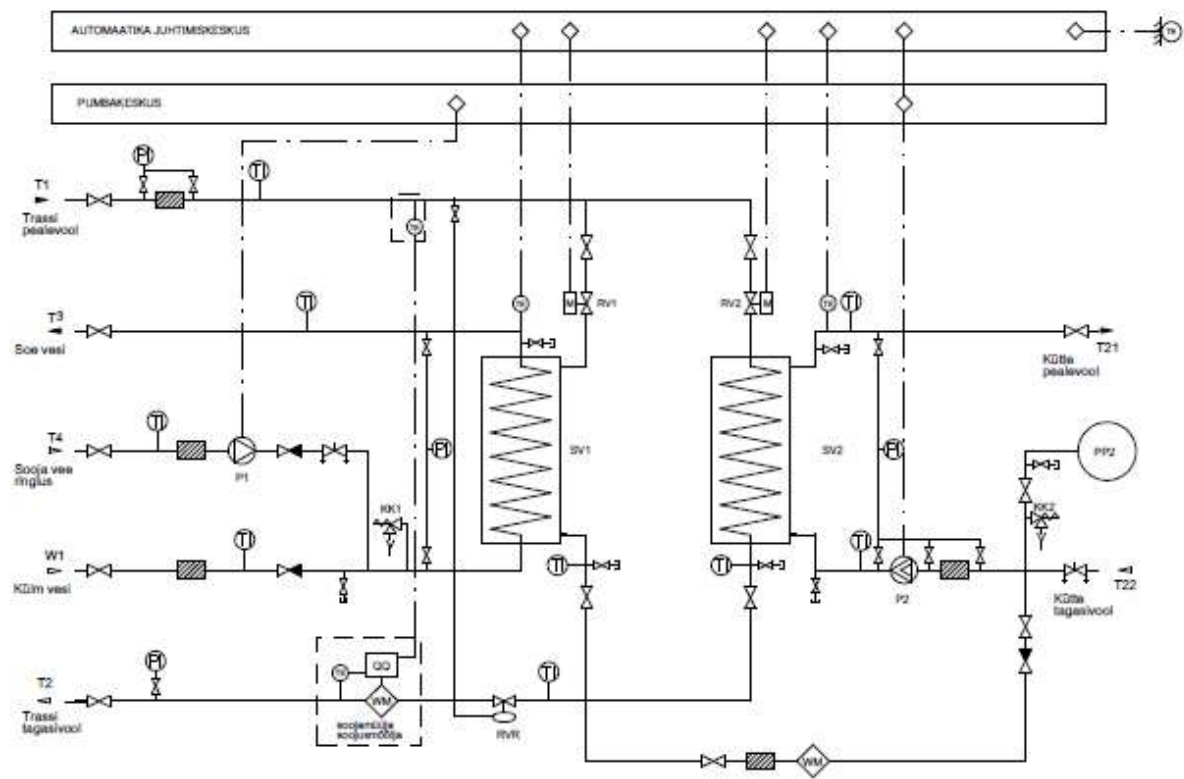

 Keskonnabüroo  
 785005 Saue Estonia  
 +372 6 596 065  
 +372 6 585 106



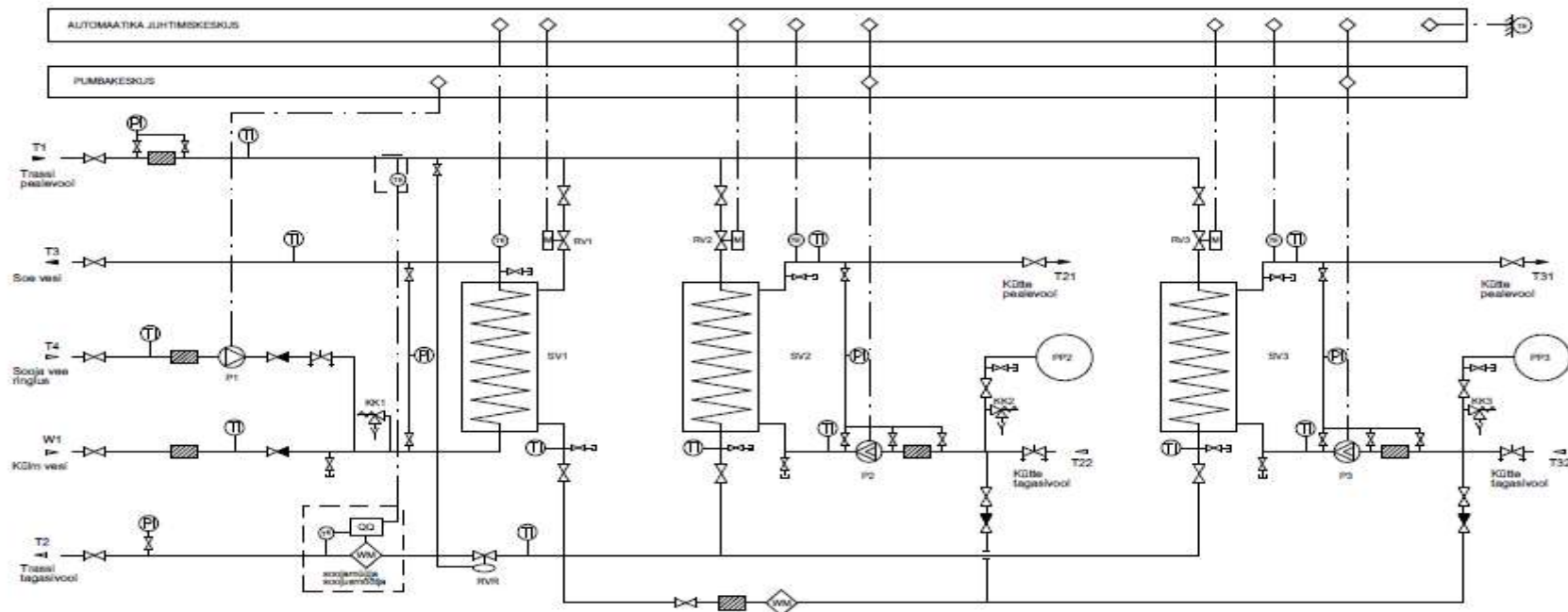
Märkus:  
 Rõhuvabe regulaatoril RVR ja/või vooluhulga maksimumi piiramisvajadus (näiteks tasakaalustusventiiliga) täpsustatakse soojussõlme projekti koostamise käigus vastavalt võrguettevõtte poolt väljastatud tehnilistele tingimustele.

	RETTER nr	Joonis	Staad.	Projekt
		Põhimõtteskeem		
Joonestab		Soojussõlm: Küte ETSS [kW]:		
Kontrollib				
Kuupäev				
 Keskonnabuur Keskonnabuur Keskonnabuur		Leht	Ühe kontuuriga sõlm	
Keskonnabuur Keskonnabuur Keskonnabuur		1/1		

KESKONNABUUR

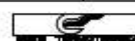


Märkus:  
 Rõhuvahe regulaatori RVR ja/või vedu hulga maksimumi piiramisvajadus (näiteks tasakaalustusventiiliga) täpsustatakse soojussüsteemi projekti koostamise käigus vastavalt võtmetehavite poolt väljastatud tehnilistele tingimustele.



Märkus:  
Rõhuvähe regulaatorid RVR ja/või vooluhulga maksimumi piiramisvaja (näiteks tasakaalustusventiiliga) täpsustatakse soojussõlme projekti koostamise käigus vastavalt võrguettevõtte poolt väljastatud tehnilistele tingimustele.

	REITER nr	Joonis	Staad.	Projekt
		Põhimõtteskeem		
Joonestab		Soojussõlm: Soe vesi / Küte / Küte		
Kontrollis		ETSS [kW]:		
Kuupäev		Leht	Kolme kontuuriga sõlm	
		1/1		



Kasasalu 8  
76505 Saue, Estonia  
+ 372 6 596 065  
+ 372 6 565 106

4.00.01.00000000





Soojussõlmede arvutusprogramm «Diana»

Copyright 2020 © Eesti Termotehnika. All Rights Reserved.

# Kontaktandmed



- Hain Dengo
- Eesti Termotehnika AS
- Tel. +372 509 3071
- [hain.dengo@termotehnika.ee](mailto:hain.dengo@termotehnika.ee)

- Jaan Leemet
- SampoCorp OÜ
- Tel. +372 51 99 50 86
- [jaan.leemet@sampocorp.ee](mailto:jaan.leemet@sampocorp.ee)

---



**Täna  
tähelepanu eest!**

---