

# Hoone soojusega varustamine

Anti Hamburg

# Soojusvarustuse liigitus

- Kaugküte- Piirkondlik soojusvarustuse süsteem
- Lokaalküte- Hoonepõhine küttesüsteem
- Individuaalne küte- Ruumi või ruumigrupi põhine küttesüsteem

# Hoone soojuskeskused

Sõltub soojusvarustuse liigist

Kaugkütte puhul on selleks kaugkütte soojussõlm, mis võib olla kombineeritud akumulatsiooni paagi kaudu ülejäänud lokaalsete soojusallikatega

Lokaalkütte puhul on eelistatum ilma soojusvahetiteta akumulatsioonipaagiga soojuskeskus-

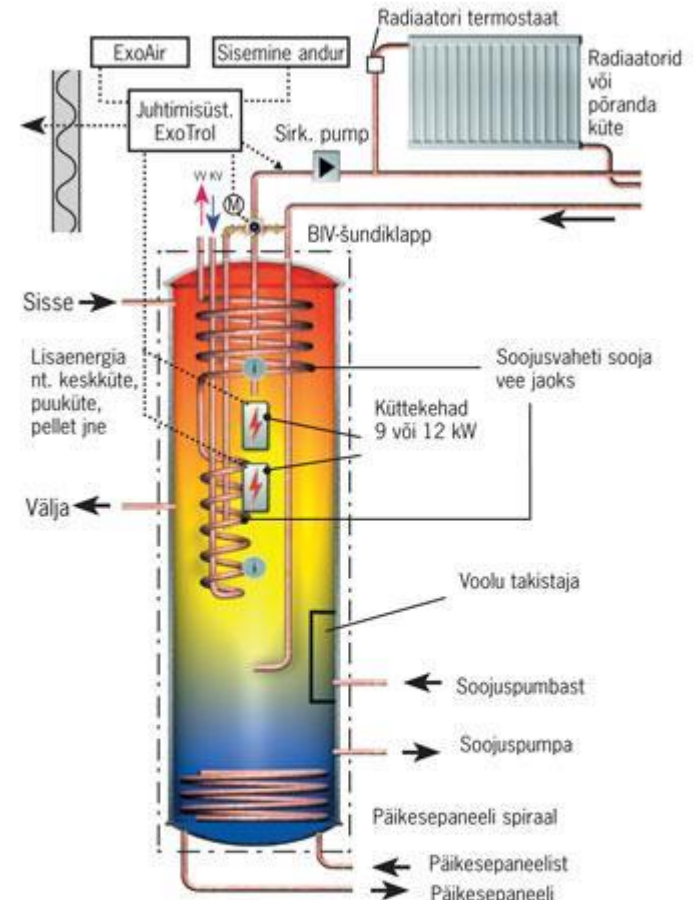
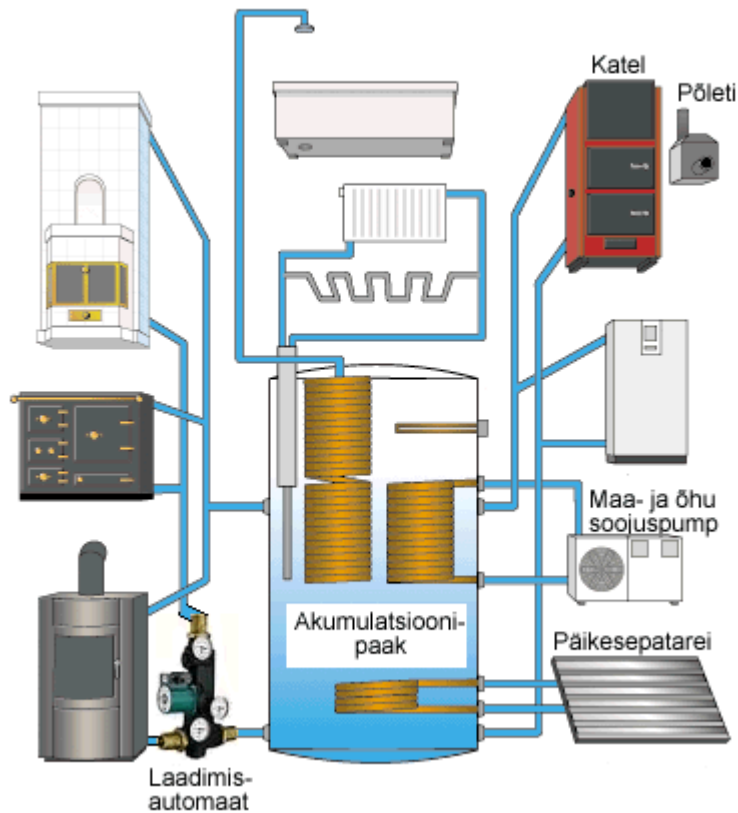
Individaalkütte puhul on selleks konkreetne küttekeha näiteks elektriradiaator, mis on ka osa küttesüsteemist või ahi.

# Hoone soojusvarustussüsteemide kombineerimine

## Eelistada

1. Katel mis toodab samal ajal nii sooja kütteks kui ka tarbevee valmistamiseks
2. Süsteemi on võimalik liita erinevaid soojusallikaid. Talvel näiteks tahkekütte katel suvel päikesepaneelid
3. Süsteemi on võimalik automatiseerida.
4. Süsteemide valik peab olema majanduslikult põhjendatud

# Kombineeritud süsteemid



**FlexiFuel**  
SÜSTEEMIJOONIS

See on FlexiFuel süsteem, millele spetsiaalsed ühendused ExoAir tarvis. Teiste tootjate tooteid ei saa süsteemi ühendada.

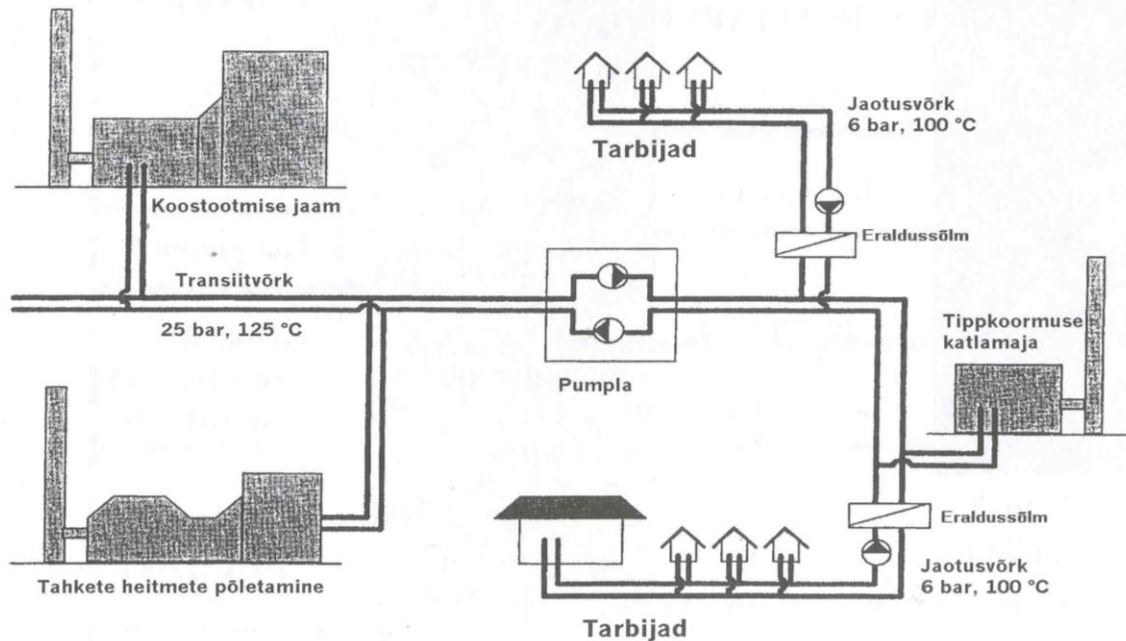


Kaugküte

# Kaugküte

**Kaugküttesüsteem** on piirkondlik soojusvarustuse süsteem, mis koosneb soojusallikast (soojusallikatest), soojusvõrgust ja tarbijate soojust vastuvõtivatest seadmetest. Kaugküttesüsteemi soojusallikateks võivad olla katlamajad, soojuse ja elektri koostootmise jaamad (kütte- ja elektri jaamad) ning teised soojusallikad.

Joonisel 11.2 on kaugküttesüsteemi näide. Tegemist on kaheastmelise süsteemiga: transiitvõrgus on soojuskandja parameetrid nt 25 bar, 125°C (vahel rakendatakse ka kõrgemat temperatuuri 130...180°C); jaotusvõrgus on tarbijate sõltuva ühenduse korral soojuskandja parameetrid tavaliselt 6 bar ja 100°C, sõltumatu ühenduse korral aga 10 bar ja 100...120°C.



Joonis 11.2. Kaugküttesüsteem



# Küttesüsteemide ühendamine soojusvõrguga

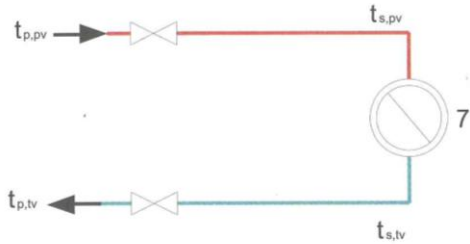
Olenevalt ühendusviisist jaotatakse küttesüsteeme:

1. Sõltuvateks (katlamajast tulev soojuskandja läbib tarbija juures olevaid küttekehasid)
2. Sõltumatuteks (ei läbi)

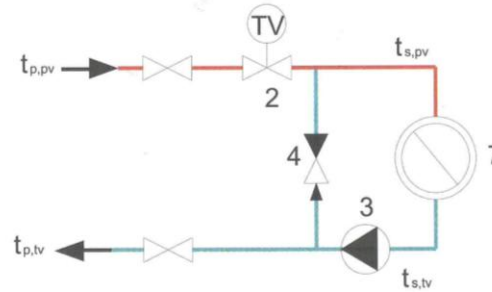
Kompaktsed ja efektiivsed sojussõlmed on ettenähtud hoonete kütmiseks ja kuuma tarbevee varustamiseks.

# Kaugkütte ühendused

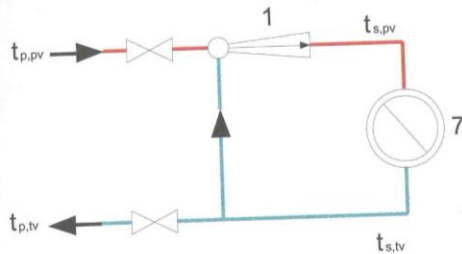
Vahetu ühendus



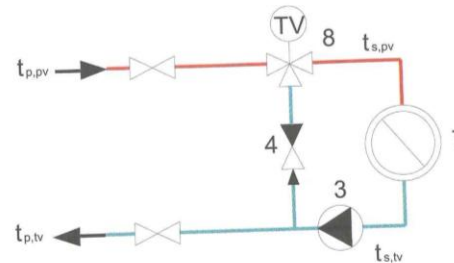
Segamispumbaga ühendus



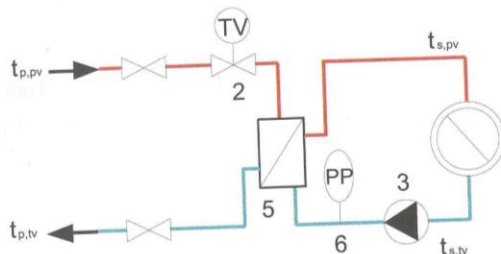
Jugapumbaga ühendus



3-tee ventiiliga ühendus

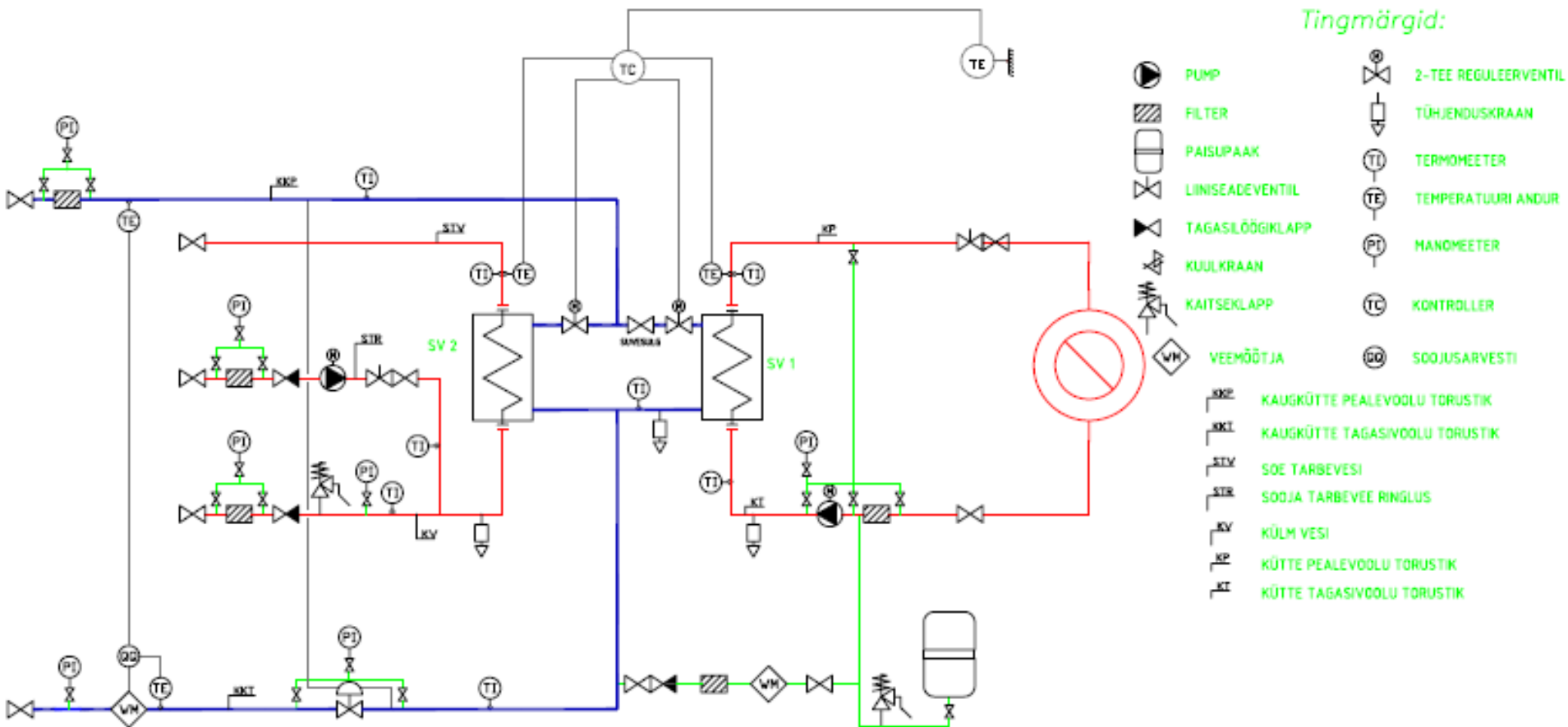


Soojusvahetiga ühendus




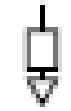











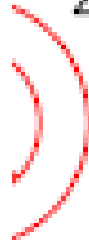









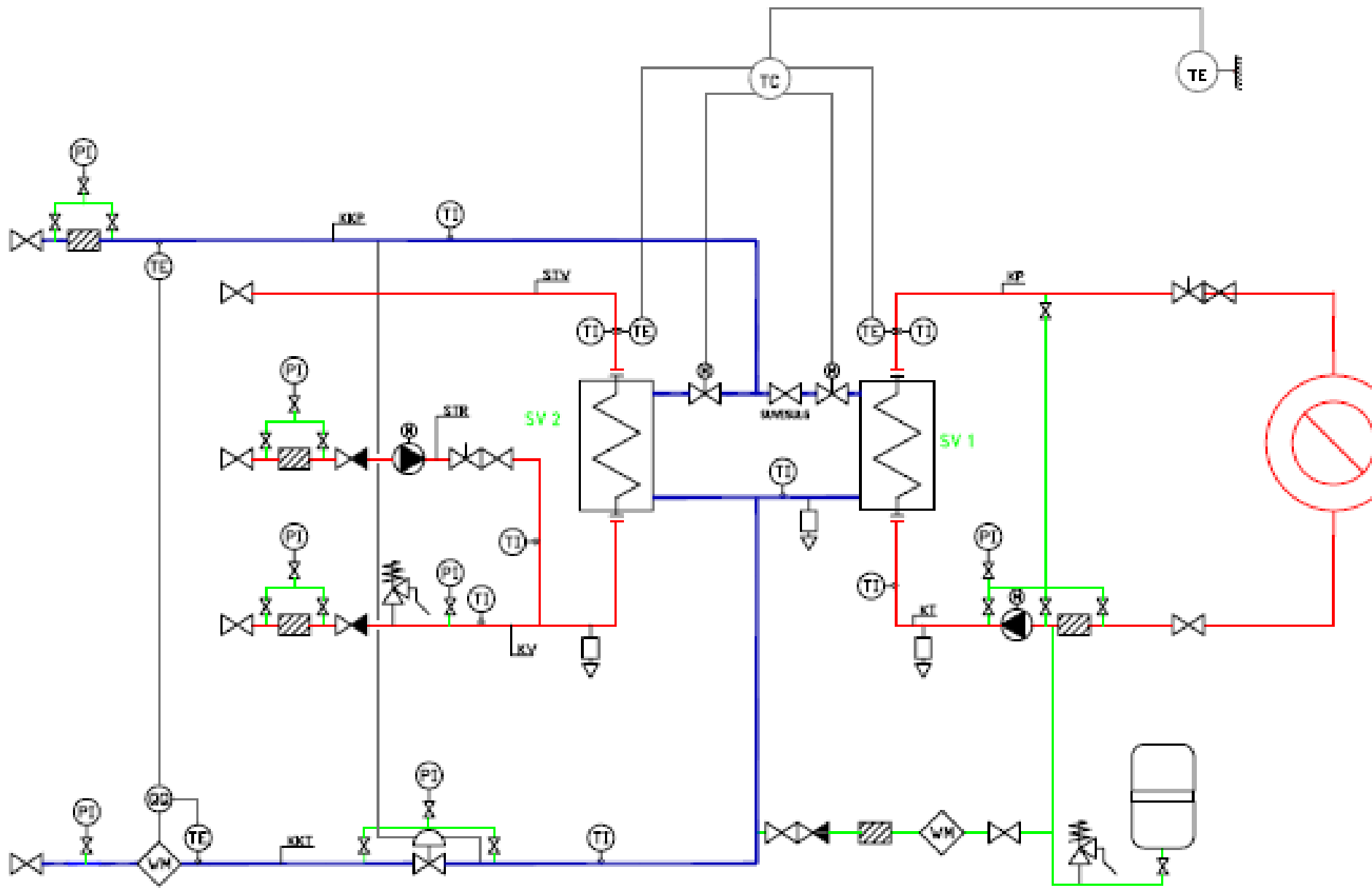
Joonis 11.9. Küttesüsteemide ühendusskeemid: 1 – jugapump-elevaator, 2 – ajamiga 2-tee reguleeriventiil, 3 – kütte ringluspump, 4 – tagasilöögiklapp, 5 – kütte soojusvaheti, 6 – paisupaak, 7 – küttesüsteem, 8 – 3-tee ventiil

# Soojussõlmeskeem



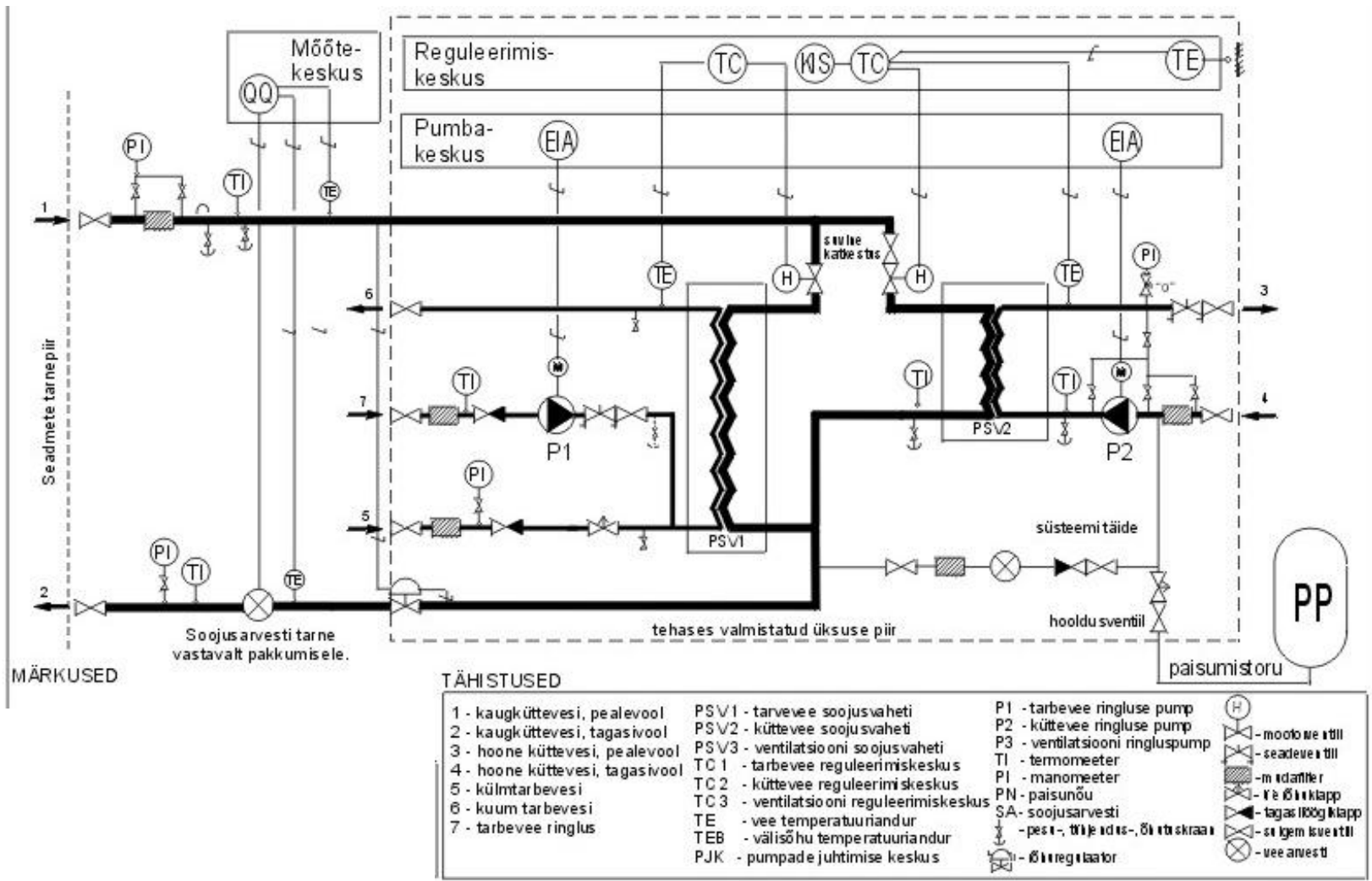
# Tingmärgid:

	PUMP		2-TEE REGULEERVENTIL
	FILTER		TÜHJENDUSKRAAN
	PAISUPAAK		TERMOMEETER
	LIINESEVENTIL		TEMPERATUURI ANDUR
	TAGASILÖÖGIKLAAP		MANOMEETER
	KUULKRAAN		KONTROLLER
	KAITSEKLAAP		SOOJUSARVESTI
	VEEMÕÕTJA		
			
	KAUGKÜTTE PEALEVOOLU TORUSTIK		
	KAUGKÜTTE TAGASIVOOLU TORUSTIK		
	SOE TARBEVESI		
	SOOJA TARBEVEE RINGLUS		
	KÜLM VESI		
	KÜTTE PEALEVOOLU TORUSTIK		
	KÜTTE TAGASIVOOLU TORUSTIK		

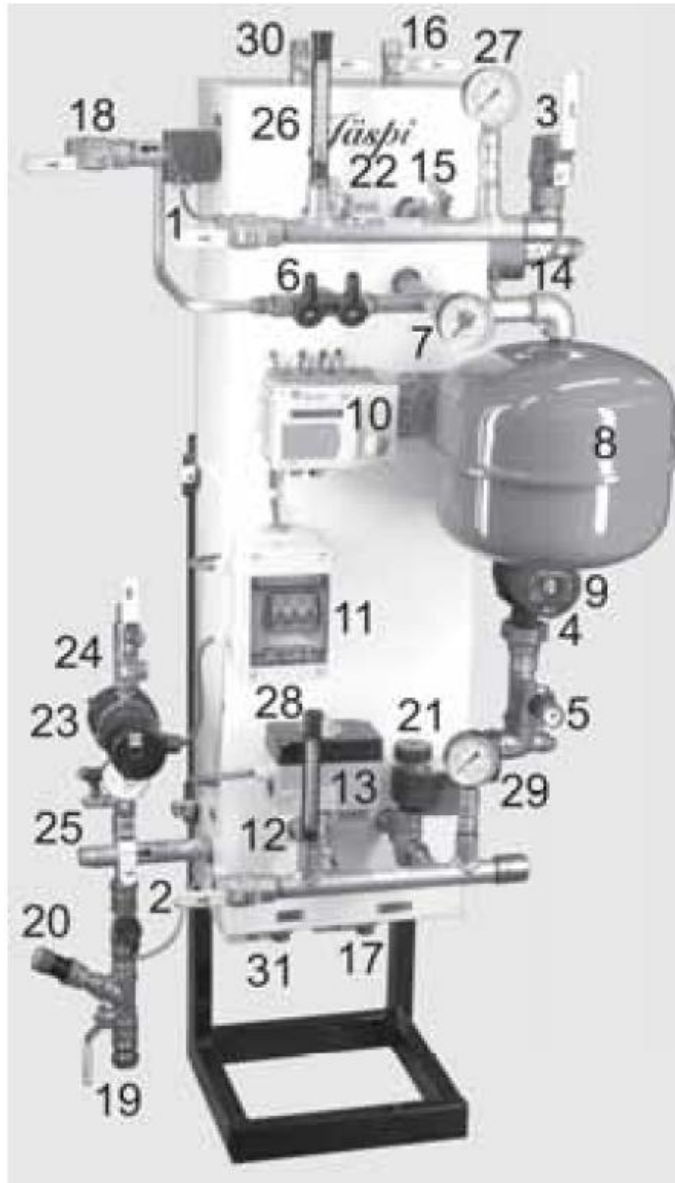


# Soojussõlm

- Keskne seade soojussõlmes on soojusvaheti



# Väikemaja kaugküttesõlm



*Pildil on kujutatud Jäspi-Kauko väikemaja kaugküttesõlme.*

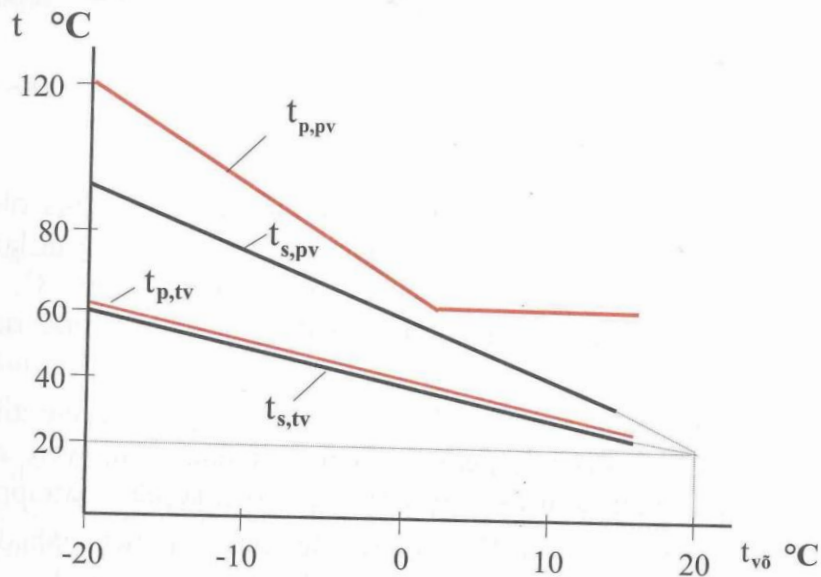
1. Kaugküte sisse NS 20
2. Kaugküte välja NS 20
3. Küttekontuuri väljund R1
4. Küttekontuuri sisend R1
5. Küttekontuuri kaitseventiil R ½ 2,5 baari
6. Küttekontuuri täitplokk R ½
7. Küttekontuuri manomeeter R ¼
8. Paisupaak V = 12 l (18 l)
9. Küttekontuuri pump (reguleeritav)
10. Kütte reguleerimiskeskus + kell
11. Pumba juhtkeskus
12. Kütte reguleeriventiil NS 15
13. Kütte ventiilisolenoid
14. Edastusvee andur
15. Küttekontuuri suvesulgur R ½
16. Soojusvaheti õhuärastus R 3/8
17. Soojusvaheti tühjendus R 3/8
18. Soe tarbevesi R ¾
19. Külma vesi sisse R ¾
20. Tarbeveesüsteemi kaitseventiil R ½ 10 baari
21. Tarbevee reguleeriventiil
22. Tarbeveekontuuri sulgur R ½
23. Tarbevee ringluspump
24. Pumbaventiil R ½
25. Drosselklapp R ½
26. Termomeeter, saabuv kaugküttesee
27. Manomeeter, saabuv kaugküttesee
28. Termomeeter, lahkuv kaugküttesee
29. Manomeeter, lahkuv kaugküttesee
30. Kaugküttekontuuri õhuärastus R 3/8
31. Kaugküttekontuuri tühjendus R 3/8

# Küttegaafikud

täidetud.

Vesikaugküttevõrkudes rakendatakse Eestis kvalitatiivset reguleerimist, st soojuskandja temperatuur sõltub välisõhu temperatuurist. Juhul kui tarbijateks on ka sooja tarbevee süsteemid, ei lange kaugkütte pealevoolutorus võrguvee temperatuur ( $t_{p,pv}$ ) alla  $70...65^{\circ}\text{C}$ . Ka küttesüsteemides on kasutusel kvalitatiivse reguleerimisega temperatuurigraafikud (joonis 11.7).

Küttesüsteemi pealevoolu temperatuurigraafik seadistatakse automatiseeritud sojussõlmes kütteregulaatoriga.



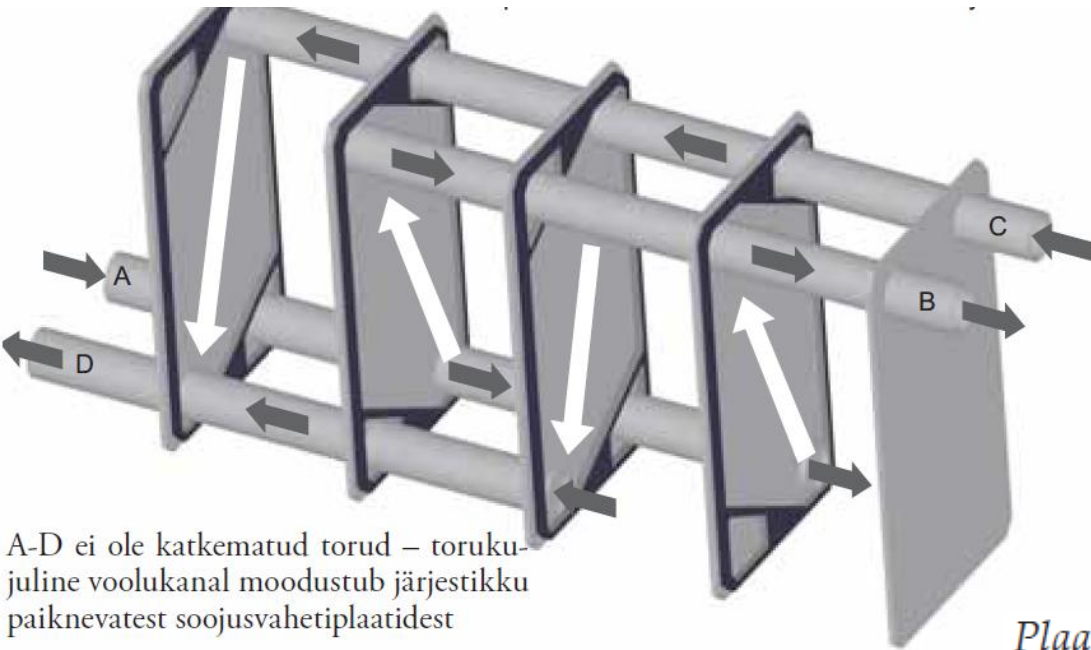
Joonis 11.7. Soojuskandja temperatuurigraafikud kaugkütte- ja hoonesüsteemis:  $t_{p,pv}$  – soojusvõrgu pealevool,  $t_{p,tv}$  – soojusvõrgu tagasivool,  $t_{s,pv}$  – küttesüsteemi pealevool,  $t_{s,tv}$  – küttesüsteemi tagasivool



# Soojusvahetid



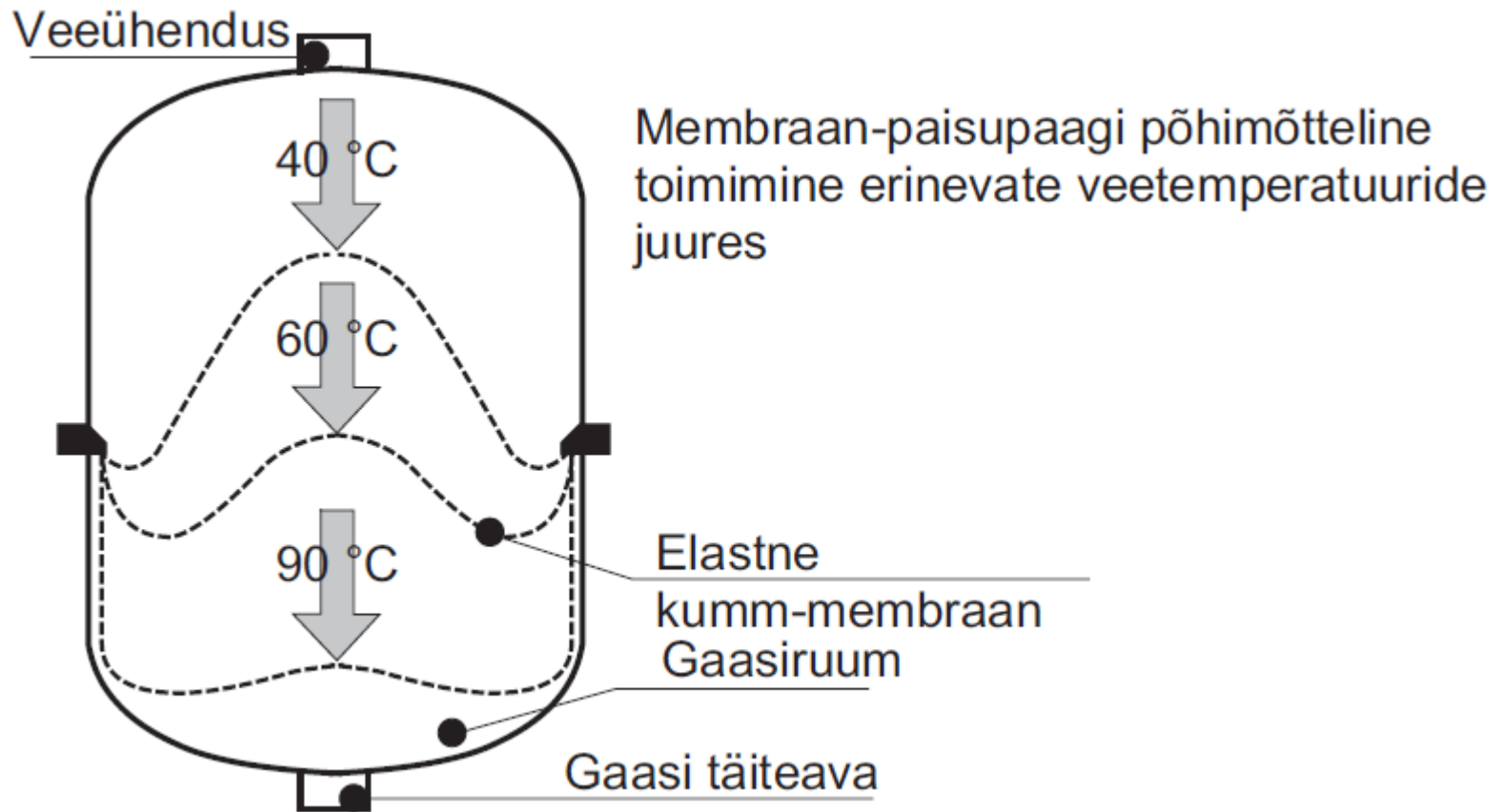
# Soojusvaheti



A-D ei ole katkematud torud – torukujuline voolukanal moodustub järjestikku paiknevatest soojusvahetiplaatidest

*Plaatsoojusvaheti koosneb mitmekümnest roosteabast terasest plaadist, vt. kõrvaltoodud skeemjoonis. Plaatide arvust sõltub soojusvaheti pindala, soojuse loovutustõhusus. Plaadid on joonisel kujutatud tihendite abil üksteise külge kinnitatud. Plaatide kooshoidvaid ühenduspoldid on jooniselt välja jäetud. Plaatide tihedalt lainestatud pind kutsub voolavas vees esile keerisvoolu, mis soojuse ülekannet tõhustab. Veed omavahel ei segune, vaid kulgevad soojusvahetis nendele ettenähtud kanaleid mööda.*

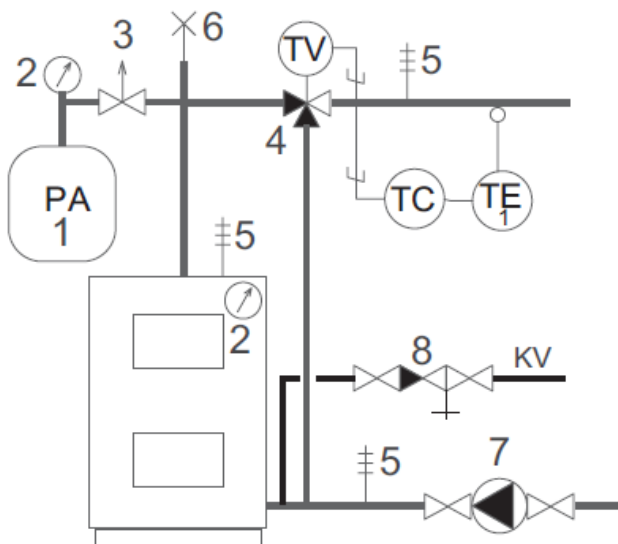
# Paisupaak



# Membraanpaisupaak

**Membraan-paisupaagi eelrõhk** Kui nt. kolmekorrulise eramaja ülemine radiaator on keldris asuvast paisupaagist 6 m võrra kõrgemal, peaks eelrõhk võrduma vähemalt 6-meetrise veesamba kõrgusega = 60 kPa + 35-50 kPa kindluse mõttes = 100 kPa. Ühekorruselise maja korral on piisavaks eelrõhuks 50 kPa (= 0,5 baari).

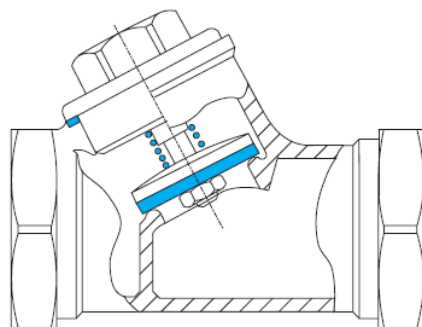
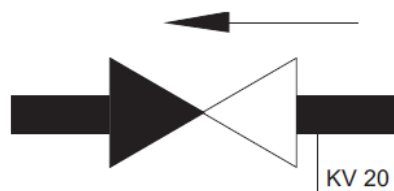
Õhk muudab paisupaagi membraani hapraks, mistõttu õhuärastuse eest tuleb hoolt kanda nt. automaatse õhuärasti abil. Gaasikogus võib lekke või membraani purunemise tõttu väheneda. Niisugusel juhul tekib vajadus küttesüsteemi sagedase täitmise järele, millega kaasnevad õhuhapnikust põhjustatud korrosiooniprobleemid kogu süsteemis. Paisupaagi kahjustused tuleks võimalikult ruttu parandada. Suletud membraan-paisusüsteemi eelisteks on lihtne paigaldus, lühikesed kaitsetorud, paisupaagi paiknemine katla lähedal ja madalad paigalduskulud. Soojas ruumis ei ohusta paisupaaki jäätumine



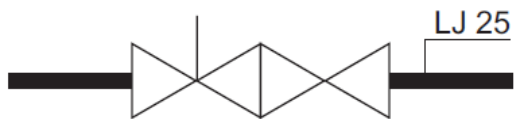
1. Paisupaak
2. Manomeeter
3. Kaitseventiil
4. Kolmekäiguline seguventiil
5. Termomeeter
6. Automaatne õhuärasti
7. Pump
8. Radiaatorisüsteemi täiteventiil

*Kui paagi manomeetri näiduks on null ja süsteemis pole lekkeid, võib kumm-membraan olla purunenud. Vahetage paisupaak välja.*

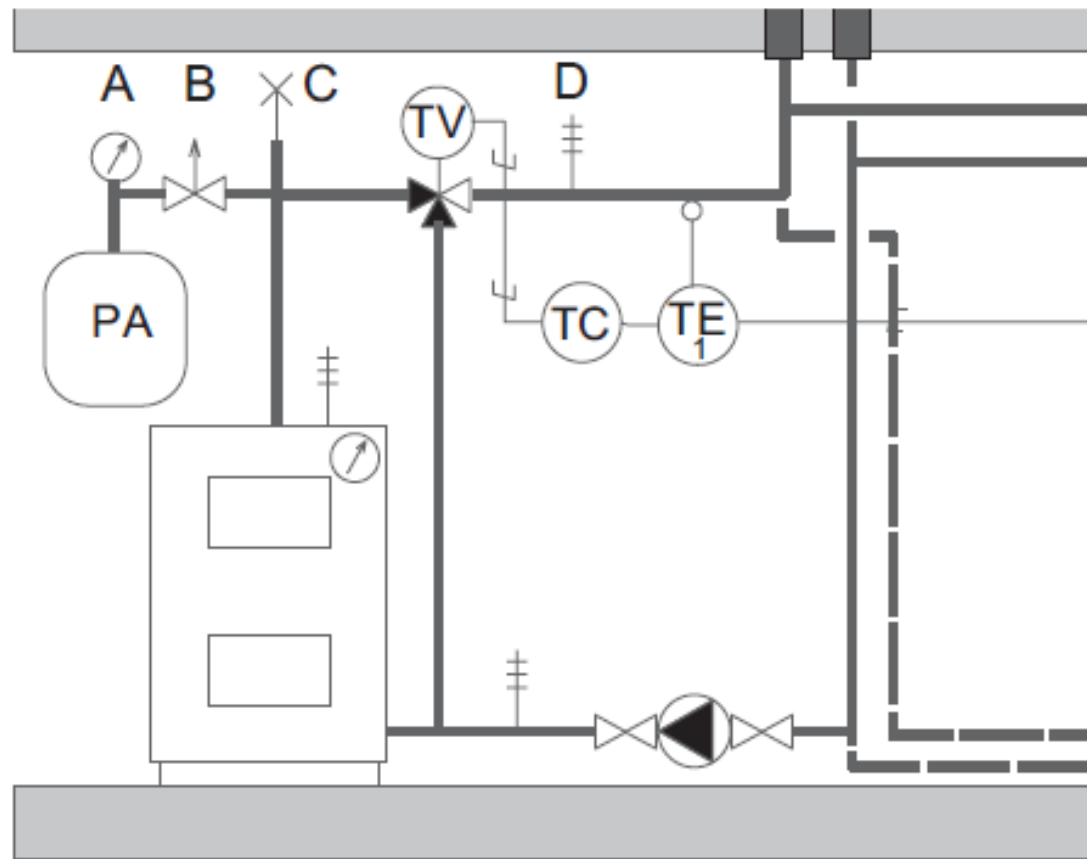
# Tagasilöögiklapp



# Reguleerventiil



# Ajamiga ventiil









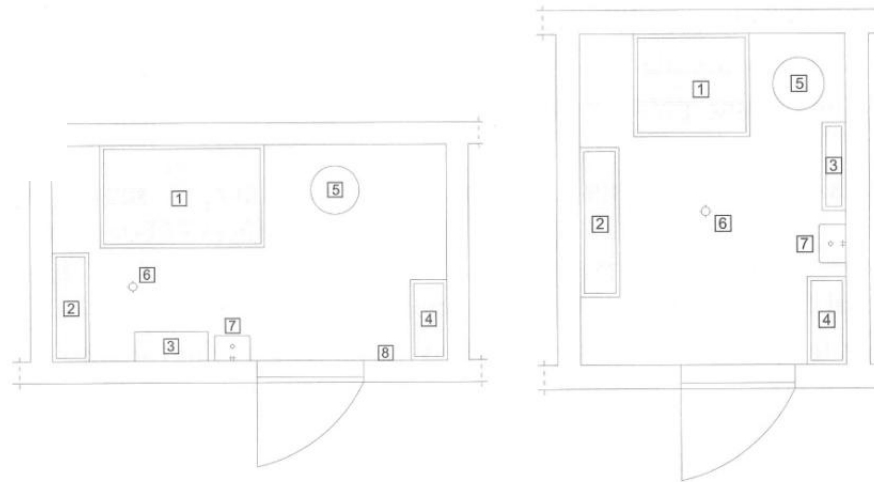
# Soojussõlme ruum

$\Phi$ , kW

Vajalik ruumi pindala, m<sup>2</sup>

30  
200  
400  
800  
1200

3  
4  
5  
6  
8



- 1 Soojussõlm
- 2 Soojusmõõtesõlm
- 3 Veearvesti
- 4 Elektrikilp
- 5 Paisupaak
- 6 Trapp
- 7 Valamu

Joonis 11.8. Soojussõlme seadmete paigutuse näiteid

Mõõtesõlme ees peab olema 0,8 m laiune hoolduskoridor. Hoolduskõrgus peaks olema vähemalt 2 m. Soojussõlme hooldamist vajavatele külgedele jäetakse vähemalt 0,6 m laiune hoolduskoridor. Ruumi temperatuur ei tohi olla alla +10 °C ega ületada +35 °C. Kui miinimumtemperatuuri ei suudeta tagada, varustatakse ruum küttega. Soojussõlme ruumi nähakse ette ventilatsioon.

Torustikud ja seadmed varustatakse tõhusa soojusisolatsiooniga, millega hoitakse ära ka ruumitemperatuuri ülemäärane tõus. Soojussõlmes peaks olema võimalus võtta vett sooja tarbevee süsteemist (vajalik regulaatori seadistamiseks). Ruumis peab olema põrandatrapp.

Ruum varustatakse kohtkindla valgustusega. Mõõte- ja reguleerimisseadmete läheduses peab valgustugevus olema vähemalt 150 luksit. Pistikupesad peavad olema maandatud.

Uutes soojussõlmedes nähakse ette andmeside võimalus.

Võrgutoitega soojusarvesti peakilpi peavad toitekaabli ette olema paigaldatud plommitavad kaitsmed. Toitekaablil ei tohi olla jätke ja muid haruühendusi. Järelikult ei tohi sellega ühendada teisi tarbijaid. Elektrikilbi kohal ei tohi asetseda vee- ega kanalisatsioonitorud.

# Soojussõlmade hooldus ja ülevaatus

Soojussõlmade ülevaatus ja ekspluatatsioon seisneb seadmete kontrollis, nt vähemalt iga paari kuu tagant oleks soovitatav kontrollida pumpade ja mootorventiilide tööd. Temperatuuri-regulaatorite seadistust kontrollitakse ja muudetakse vastavalt vajadusele. Filtrite seisukorra kontrolli sagedus tuleb määrata vastavalt kohalikele oludele.

Vajadusel tehakse soojusvahetite küttepinna puhtuse kontroll. Tavaliselt toimub see kaudsete meetoditega.

Soojussõlmade ülevaatus käigus tuleb

- hinnata soojussõlme, seadmete, torustiku ja toruarmatuuri üldist seisundit
- kontrollida vajalike kontrollmõõteriistade olemasolu ja seisundit.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata

- ◆ soojusarvestile, veearvestitele (ka nende olemasolule)
- ◆ temperatuuriregulaatoritele
- ◆ rõhuregulaatoritele
- ◆ ringluspumpadele (kas töötavad optimaalses režiimis)
- ◆ reguleerventiilidele ja nende ajamitele
- ◆ soojusvahetite seisukorrale
- ◆ torustiku ja seadmete soojusisolatsioonile.

Soojussõlme eraldamiseks välisvõrgust sule esmalt pealevool, siis tagasivool. Eriti oluline on see kütte sõltuva ühenduse korral soojusvõrguga. Soojussõlme avamisel toimi vastupidises järjekorras.

Nüüdisaegsetes korrektselt komplekteeritud soojussõlmedes on põhiline ekspluatatsiooniline tegevus temperatuuriregulaatorite seadistuse kontroll ja vajadusel selle korrigeerimine ning paisupaagi kontroll. Kütteregulaatori õige seadistamisega on võimalik soojust säästa.

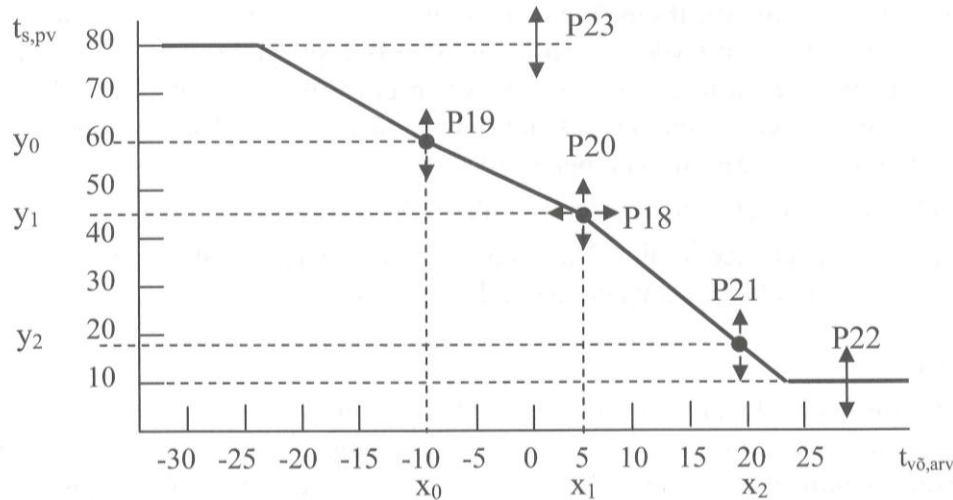
Arvutuslik välisõhu temperatuur on teatud ajavahemiku (näit 4, 6, 10 või mingi muu viimase tunni) keskmine välisõhu temperatuur. Siseõhu temperatuuri jälgimisega süsteemides toimub kütte väljalülitamine dünaamiliselt, st selle järgi, kas kütte vajadust on või ei ole, mitte aga fikseeritud välisõhu temperatuuri juures.

Soojussõlmade kütteperioodieelsel ülevaatusel tuleb veel kontrollida, kas süsteem on veega täidetud õige täitmiserõhuni (nt manomeetrite näidu järgi), kas kaitseklapid on korras, kas ei esine lekkeid, kas filtrid on puhtad.

Ringluspumpasid ei tohi jätta kauaks kuivalt seisma. Eriti kehtib see märgmootoriga pumba kohta, mida on vaja suvel (kui kütte ei tööta) aeg-ajalt tööle lülitada. Nüüdisaegsetel regulaatoritel on pumba treeningfunktsioon tavaliselt olemas.

Üheks oluliseks tegevuseks soojussõlmes on kütteregulaatori seadistamine köetavale hoonele sobivaimale temperatuurigraafikule (joonis 11.64).

# Soojussõlme seadistamine



Joonis 11.64. Regulaatori seadistamine sobivale küttegaafikule, P – parameeter

Soojustatud hoonete olemasolevad 1-toruküttesüsteemid tulevad ümber seadistada. Küttegaafikute väljatöötamise aluseks on uute vähenenud soojuskadude analüüs. Selle tulemusena saadakse uus küttegaafik, nt 60–45 °C, endise küttegaafiku 90–70 °C asemel. Uue küttegaafiku sobivuse kontroll tehakse tavaliselt tabelarvutusega. Nagu eeltoodust näha, on olemasolevates 1-toruküttesüsteemides soojusliku tasakaalu saavutamiseks tavaliselt vajalik nii küttegaafiku alandamine kui ka temperatuurilangu vähendamine (vooluhulga suurendamine). Seejuures saadakse graafiku väljatöötamisel parimad tulemused piirdetarindite kompleksel renoveerimisel.

Nüüdisaegsete soojussõlmede töö hindamiseks on vahel vajalik soojuskandja temperatuure, vooluhulki ja rõhulange **mõõta**, milleks kasutatakse portatiivseid elektroonilisi termomeetreid, vooluhulgamõõtureid (nt ultraheli), diferentsiaalrõhu mõõtureid, abiks on ka nüüdisaegsed soojusmõõturid, mis registreerivad nii soojuskandja temperatuurid kui ka vooluhulgad.

# Häired soojussõlmedes

Kütteregulaator on avatud, kuid maja on alaküttes:

- rõhuvaheregulaator ei ole õigesti seadistatud
- vabarõhk ei vasta projekteeritule
- filter on ummistunud
- soojusvõrgu pealevoolu temperatuur on liialt madal
- soojusvaheti küttepind on liialt väike (või on saastunud)
- küttesüsteemis on õhk (küttesüsteem vajab õhutamist ja täitmist)
- ringluspump on seiskunud.

Küttesüsteem on tasakaalustatud, kuid töötab ebastabiilselt:

- küttegaafik ei ole õigesti valitud (seadistatud)
- küttesüsteemis on õhk
- paisupaak on valesti seadistatud
- soojusvaheti on saastunud
- ringluspump on seadistatud ettenähtust väiksemale tootlikkusele
- katkestus kütteregulaatori välisõhu anduris või ühendusjuhtmetes.

Sooja vee temperatuuri kõikumised on suured:

- suur vabarõhk, rõhuvähe regulaator puudub
- vead reguleeriviitli valikul
- reguleerimisseadmed (nt ajam) on halvasti sobitatud või valitud.

Sooja vee temperatuur on tipptarbimise ajal madal:

- soojusvaheti on saastunud
- soojusvaheti küttepind on liiga väike
- primaarpoolel on soojuskandja vooluhulk liiga väike.

Lokaalküte

# Lokaalkatlamajad

Katlad liigituvad:

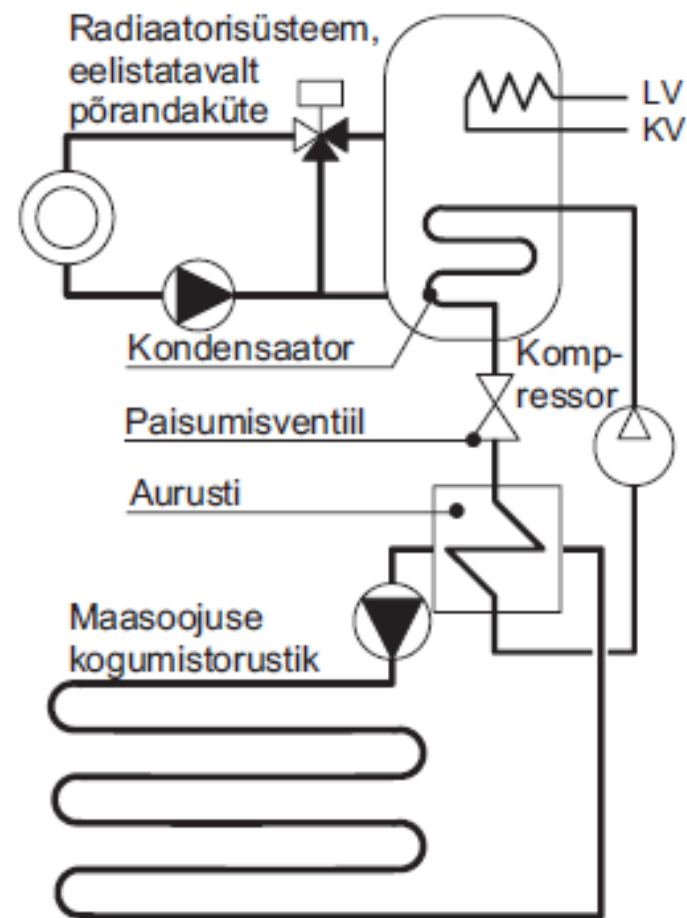
- Standardised küttekatlad
- Madalatemperatuurilised katlad
- Kondensatsioonkatlad

Vaata õpikust ka 11.2.1 joonist ning katlaid iseloomustavaid põhisuuruseid.

# Soojuspump

Soojuspump võib ammutada soojust välisõhust, ärastusõhust, pinnasest, päikesekiirgusest, reovetest või veekogudest.

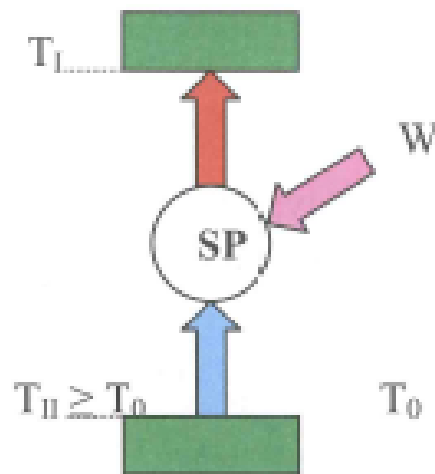
Soojuspumba töö põhineb külmatootmistehnoloogial. Soojuse ülekannet võiks võrrelda vee loomuliku laskumisega kärestikust. Pumpade abil saab vett ka teistpidi voolama panna. Samuti saab soojust madalamalt temperatuurilt kõrgemale "pumbata". Niisugusel viisil toimib nt. külmkapp, mis kannab soojust kapis olevatest toiduainetest üle kapi taha, ümbritsevasse keskkonda. Külmkapis hoitavate toiduainete temperatuur võib olla nt. +5 C ja külmkapi taga soojust ärajuhtiva kondensaatori temperatuur +50 C.



# Soojuspumbast

## Soojuspumpade töö teoreetilised alused

Termodünaamika II seaduse kohaselt ei suundu soojus iseenesest madalama temperatuuriga kehalt kõrgema temperatuuriga kehale. See on võimalik pöördringprotsesside vahendusel, kui selleks tehakse tööd. Seda protsessi nimetatakse soojuse transformatsiooniks. Kui seda protsessi rakendatakse hoonete soojusvarustuseks, siis kasutatakse soojuspumpasid.



Joonis 11.77. Temperatuuriniivood soojuspump-protsessis:  $W$  – soojuspumba tööks vajalik lisaenergia,  $T_1$  – ülemise soojusallika temperatuur,  $T_{II}$  – alumise soojusallika temperatuur,  $T_0$  – keskkonna temperatuur

Soojuspump-protsesse kasutatakse soojuse viimiseks väliskeskkonna temperatuurilt kõrgema temperatuuriga kehale. Seda rakendatakse soojusvarustuses (hoonete kütte, ventilatsioon ja soojaveevarustus) piirkondades, kus kaugküte ennast ei õigusta.



# Soojuspumba soojustegur

$$COP_{HP} = q_2/w_k = (q_1 + w_k)/w_k$$

kus  $COP_{HP}$  – soojuspumba soojustegur (ingl *Coefficient of Performance*)

$q_2$  – tarbijale antud soojus kJ/kg

$w_k$  – soojuse ülekandmiseks soor tatud töö kJ/kg

$q_1$  – soojusallikast ammutatud soojus kJ/kg.

Ideaalse soojuspumba iseloomustamiseks kasutatakse *Carnot' soojustegurit*, mis on lihtsalt avaldatav absoluutsete temperatuuride abil

$$COP_{HP\,carnot} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (11.28)$$

kus  $T_1$  – kondenseerumistemperatuur K

( $T_1 = T_1 + \Delta T_K$ , kus  $\Delta T_K$  on jahutava keskkonna ja kondenseerumistemperatuuride vahe)

$T_2$  – aurustumistemperatuur K

( $T_2 = T_{II} - \Delta T_A$ , kus  $\Delta T_A$  on madalatemperatuurilisest soojusallikast tuleva soojuskandja ja aurustumistemperatuuride vahe).  $\Delta T$ -d olenevad soojusvahetite efektiivsusest.

Lisaks teoreetilisele soojustegurile ( $COP$ ) kasutatakse soojuspumpade iseloomustamisel soojuspumba ja süsteemi  $COP$ -d.

Kui külmutusseadme ringprotsessi kasulikuks efektiks on soojushulga eemaldamine jahutatavalt kehalt, siis soojuspumbas on selleks soojuse ülekandmine väliskeskkonnalt selle temperatuurist kõrgemale kehale. Ülekandav soojushulk ületab alati transformeerimiseks vajaliku töö ning soojustegur  $COP_{HP} > 1$ .

Soojuspumba tõhususe sesoonseks hindamiseks kasutatakse **SPF** faktorit (ingl *Seasonal Performance Factor*), s.o toodetud soojuse ja tarbitud elektrienergia suhtarvu seost (11.29)

$$SPF = q_2/w_k \quad (11.29)$$

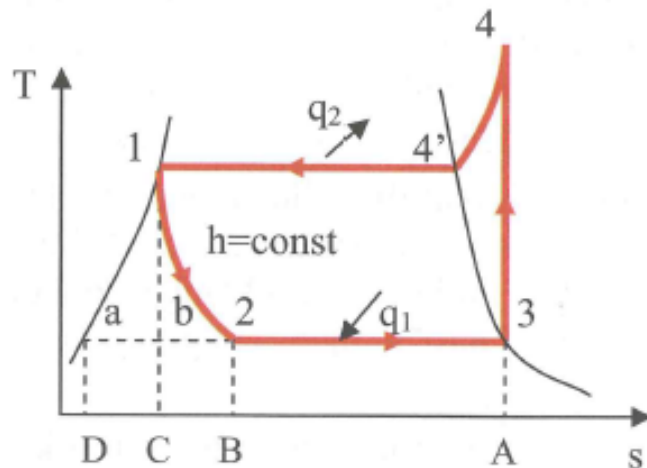
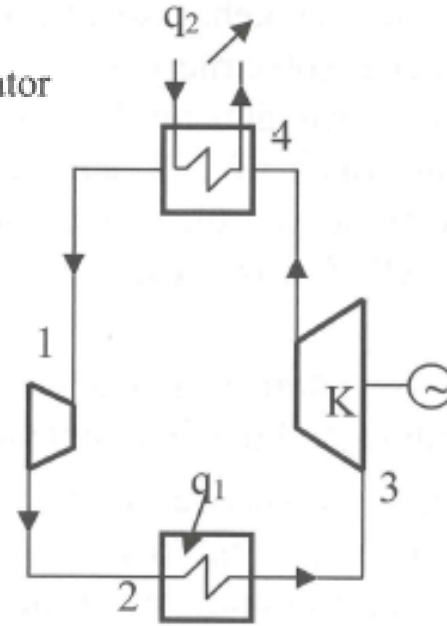
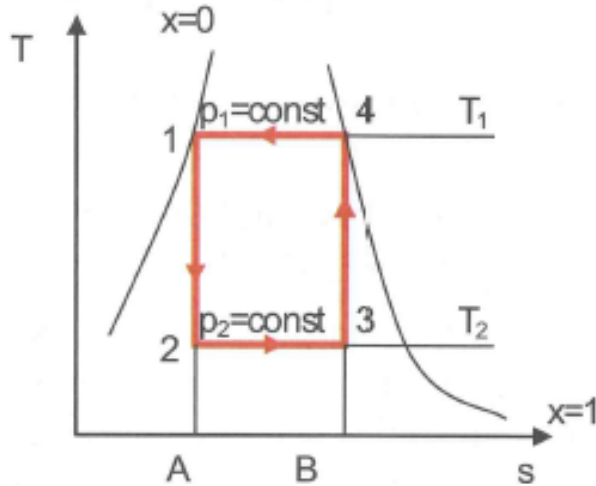
# Külmaagentsid

Külmutusagens	Nimetus/koostis	Segukoostis	Keemiline valem	Mõju globaalsele soojenemisele GWP	Osooni lagundav toime ODP
R-11	triklorofluormetaan		$\text{CCl}_3\text{F}$	4000	1
R-12	diklorodifluormetaan		$\text{CCl}_2\text{F}_2$	2400	1
R-22	klorodifluormetaan		$\text{CHClF}_2$	1700	0,05
R-32	difluormetaan		$\text{CH}_2\text{F}_2$	650	0
R-123	diklorotrifluoroetaan		$\text{CHCl}_2\text{CF}_3$	0,02	0,02
R-125	pentafluoroetaan		$\text{CHF}_2\text{CF}_3$	3400	0
R-134a	tetrafluoroetaan		$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$	1200	0
R-245a	pentafluoropropaan		$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$		0
R-290*	propaan		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	3	0
R-404a	R-125/143a/134a	44/52/4		3300	0
R-407C	R-32/125/134a	23/25/52		1600	0
R-410A	R-32/125	50/50		1725	0
R-500	R-12/152a	73,8/26,2			0,75
R-507	R-125/143	45/55		3300	0
R-600*	butaan		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$		0
R-717	ammoniaak		$\text{NH}_3$		0
R-718	vesi		$\text{H}_2\text{O}$		0
R-744	süsinikdioksiid		$\text{CO}_2$	1	0

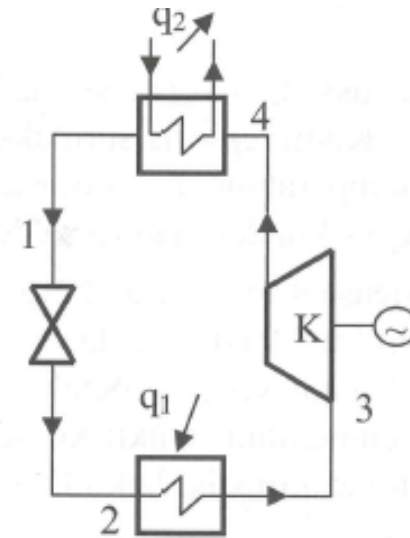
\* Väga tuleohtlik

# Carnot' ja reaalne protsess

1 – detander, 2 – aurusti, 3 – kompressor, 4 – kondensaator



1 – paisventiil



# Maasoojuspump

Selleks et soojuspump töotaks vesiküttesüsteemiga hoones tõhusalt, peab kondenseerumistemperatuur olema võimalikult madal. See on saavutatav madalatemperatuurilise veega küttesüsteemis. Seetõttu sobib hoone soojusvarustamisel soojuspumbaga hästi põrandküttesüsteem, kuid saab kasutada ka madalatemperatuurilist radiaatorkütet.

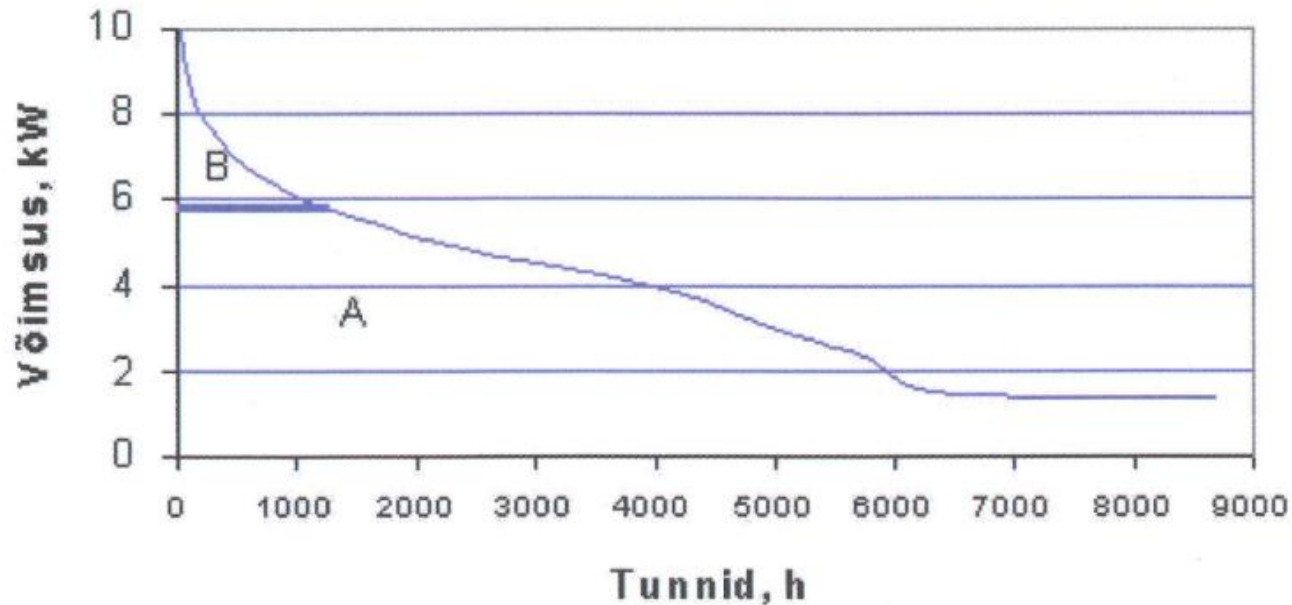
Soovitatavad arvutuslikud temperatuurid:

radiaatorküte                    55/45 °C

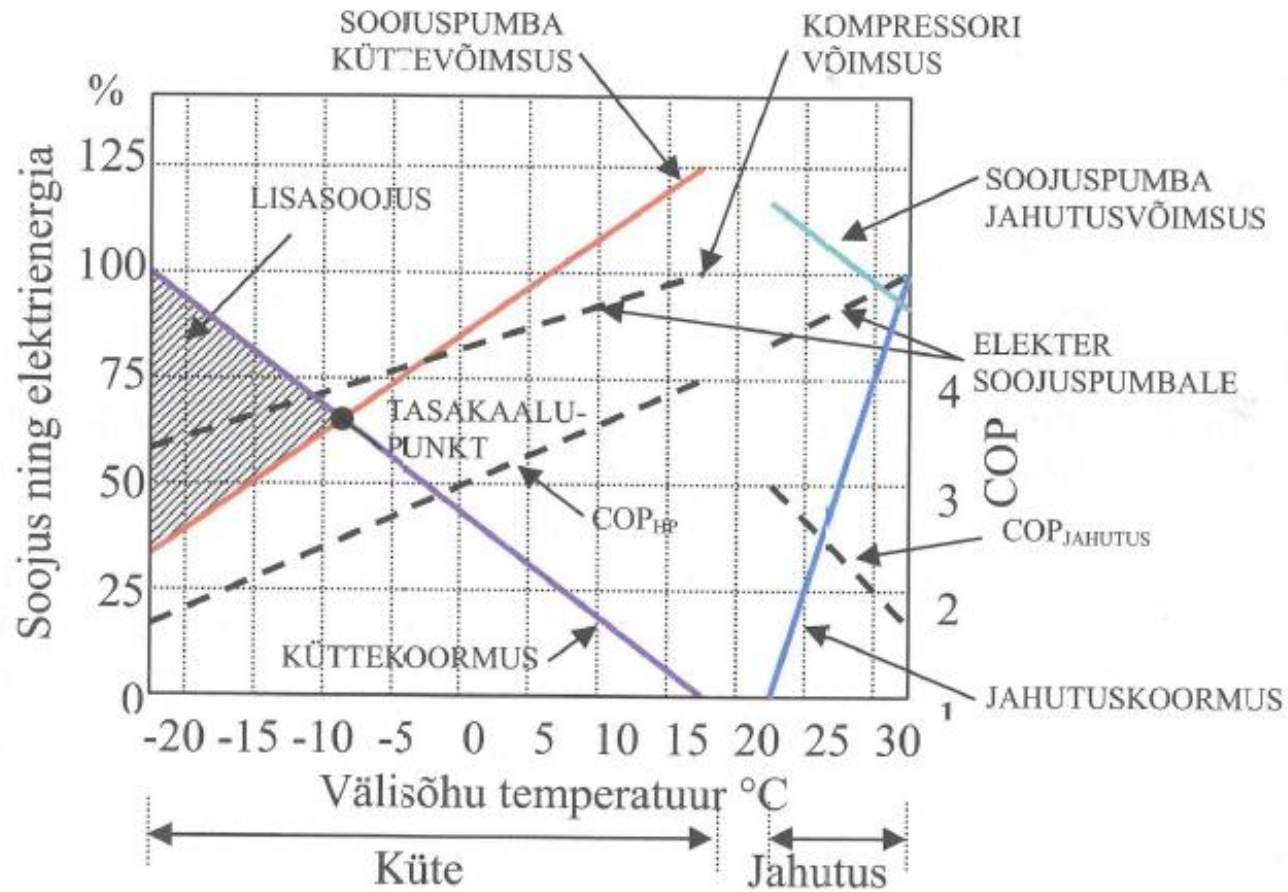
põrandküte                        35/30 °C

Soovituslik energiavajaduse katmine soojuspumbaga 90–95%.

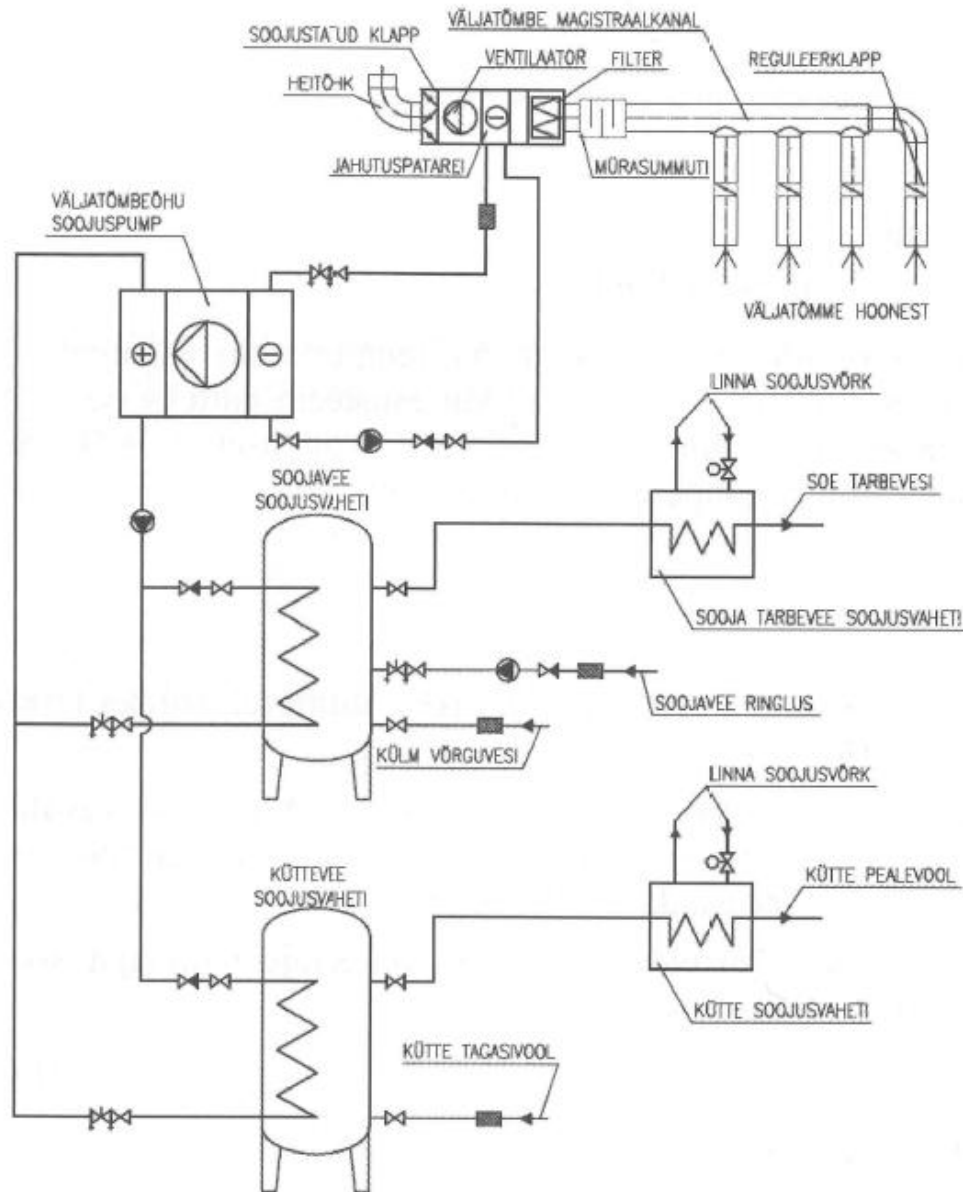
Soovituslik soojuspumbaga tagatud võimsus 55–65% (vt graafik joonisel 11.84).



# Õhk-õhk soojuspump



# Heitõhu soojuspump



# Mikro koostootmisjaamad

- Kütteõpik lk 299