

KÜTTESÜSTEEMID JA ENERGIAKULU Lahendused Mõõtmine

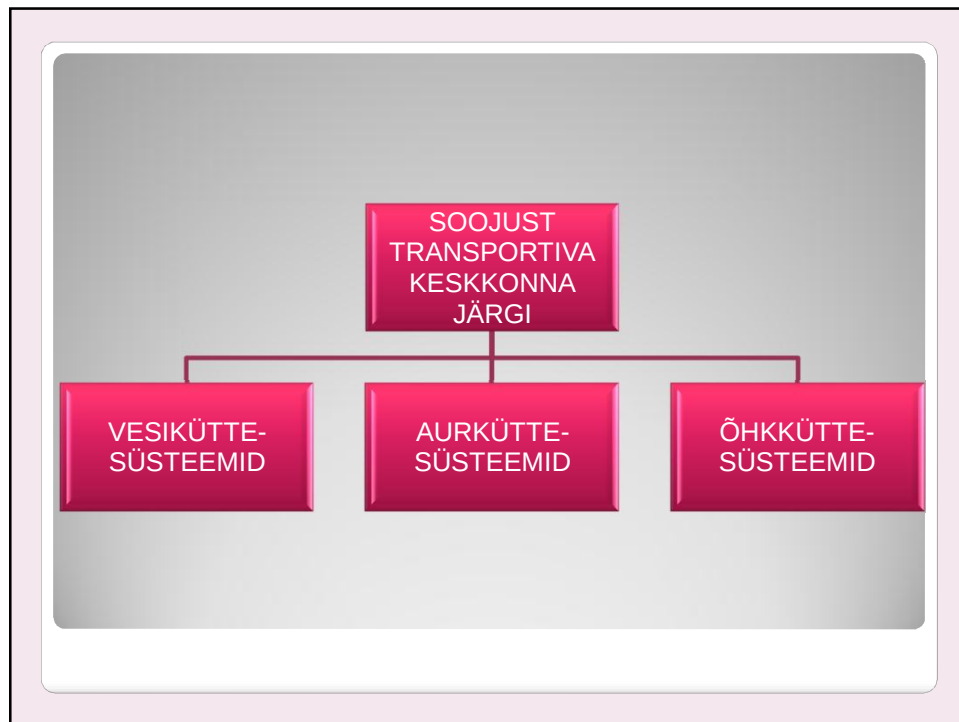
Aivar Rant

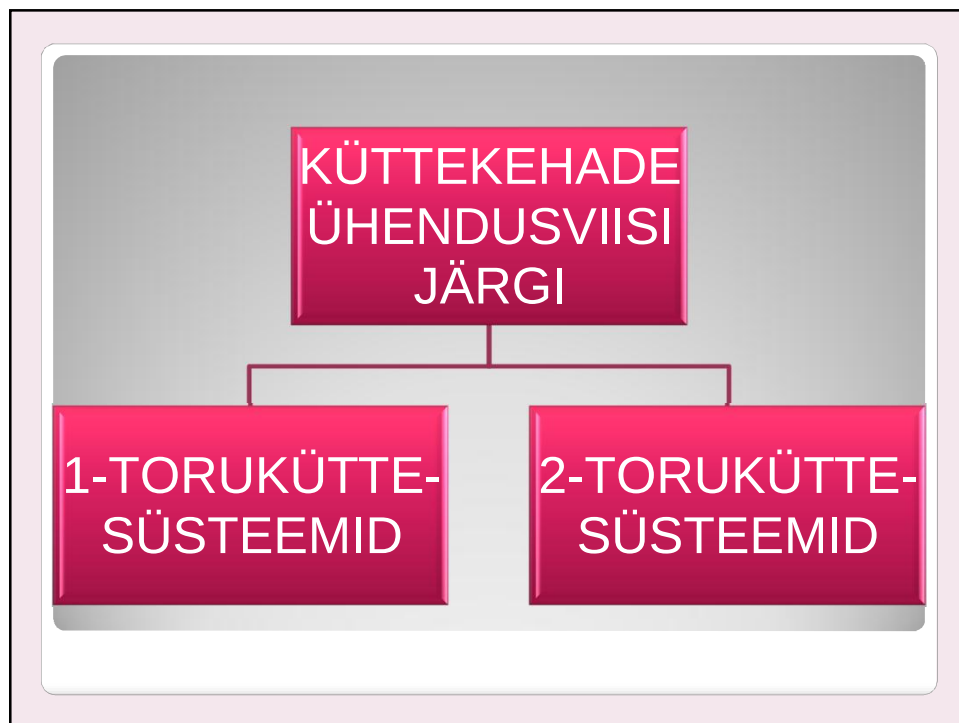
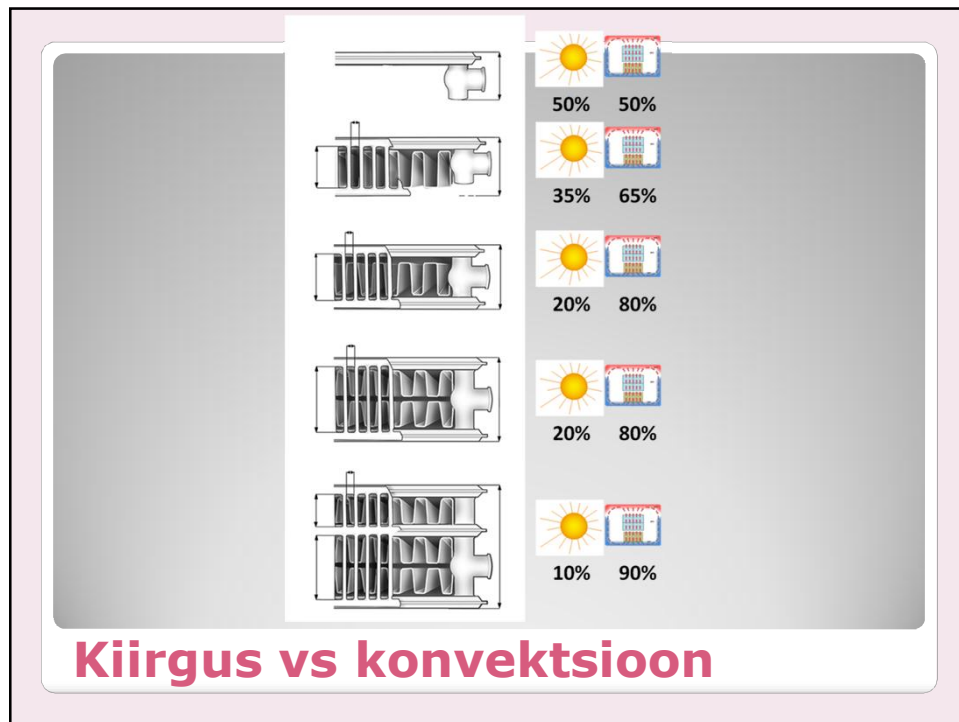
Tallinn
19.06.2012

SOOJUSALLIKA
ASUKOHA
JÄRGI

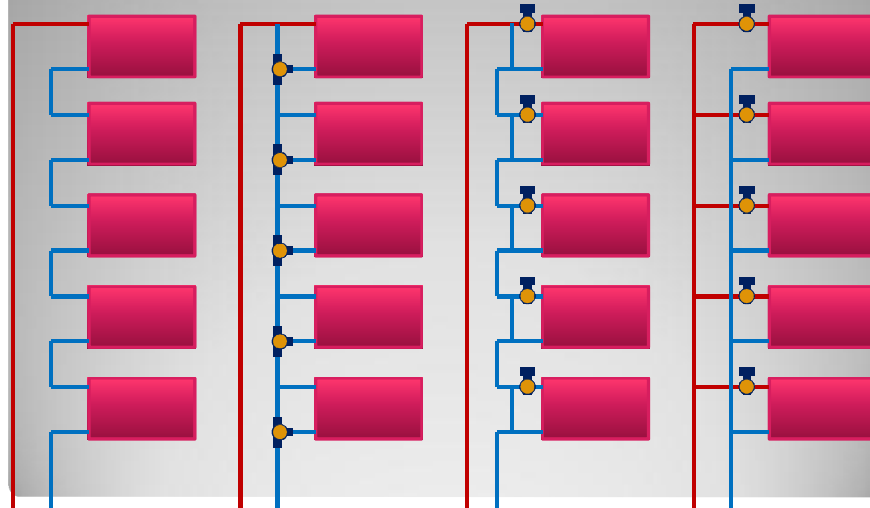
KOHTKÜTTE-
SÜSTEEMID

KESKKÜTTE-
SÜSTEEMID





Kas 1- või 2-toruküttesüsteem ?



7

Kas 1- või 2-toruküttesüsteem ?

1-TORUSÜSTEEM vs 2-TORUSÜSTEEM:

- mõnevõrra väiksem materjali (küttekehad, torud) kulu
- süsteem töötab hüdrauliselt stabiilsemalt kui pole tasakaalustatud
- soojuslikult ebastabiilne (ühe radiaatori sulgemine /avamine mõjutab teiste püstikul olevate küttekehade soojusväljastust)
- ülemisel naabril on võimalik alumise eest soe „ära võtta“
- püstikul oleva 3-tee radiaatorventiili keeramine valesse asendisse rikub kõigi sellel püstikul asuvate tarbijate normaalse töö
- enamikel juhtudel pole võimalik kaasajastada ilma süsteemi osaliselt ümber ehitamata
- energeetilise efektiivsuse seisukohast loetakse neid energiaauditites võrdväärseteks!

8

Kas 1- või 2-toruküttesüsteem ?

ENNE LÕPLIKU OTSUSE TEGEMIST OLEKS MÕISTLIK LEIDA VASTUSED MÕNEDELE KÜSIMUSTELE:

1. Kui vana on renoveeritav küttesüsteem?
2. Mis on olemasoleva küttesüsteemi probleemid?
3. Kui hästi hooldatud see süsteem on?
4. Kas on olnud avariisid, lekkeid jne ? Kas probleemid on peamiselt torustike või küttekehadega?
5. Millised on olemasolevad küttekehad?
6. Kui palju küttekehadest on välja vahetatud uuemate vastu? Kui suur on sealjuures „isetegevuse“ osakaal?
7. Kui palju tuleb 2 -torusüsteemile üleminekul puurida täiendavaid auke ja panna kinni olemasolevaid toruläbiviike?

9

Kas 1- või 2-toruküttesüsteem ?

1-TORUSÜSTEEMI KASUKS RÄÄGIVAD:

1. Märgatav rahaline kokkuhoid ehituskuludes (eeldusel, et säilitatakse olemasolevad küttekehad!)
2. Ümberehitustööd on minimaalsed ja segavad igapäevast elukorraldust vähe (oleneb muidugi ümberehitustööde vajalikust mahust!)
3. Ka pärast renoveerimist toimib süsteem paljuski juba sissetallatud rada mööda, aga juba „automaatselt“

10

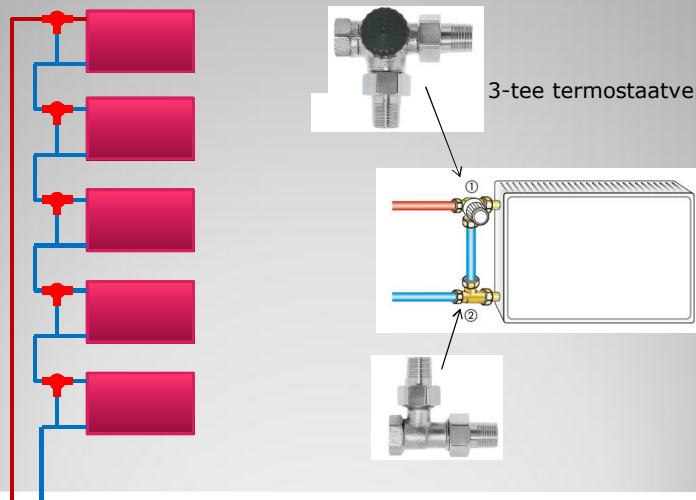
Kas 1- või 2-toruküttesüsteem ?

1-TORUSÜSTEEMI KAHJUKS RÄÄGIVAD:

1. Vanad süsteemi osad on lühema elueaga ja avariiohtlikumad
2. Süsteemi jäänud sade ja korrosiooniproduktid võivad ära rikkuda paigaldatud reguleeriseadmed ja pumbad, ummistada soojusvahetid jne
3. Soojuslikult ebastabiilne (ühe radiaatori sulgemine/avamine mõjutab teiste püstikul olevate küttekehade soojusväljastust)
4. Probleemne individuaalsete soojuskulu jaoturite kasutamine
5. Suhteliselt muutumatu küttesüsteemis ringleva soojuskandja kogus ei võimalda vähendada ringluspumba elektritarvet
6. Ebakorrektnenoveerimislahendus võib põhjustada hiljem tõsisemaid probleeme hoone küttesüsteemi töös

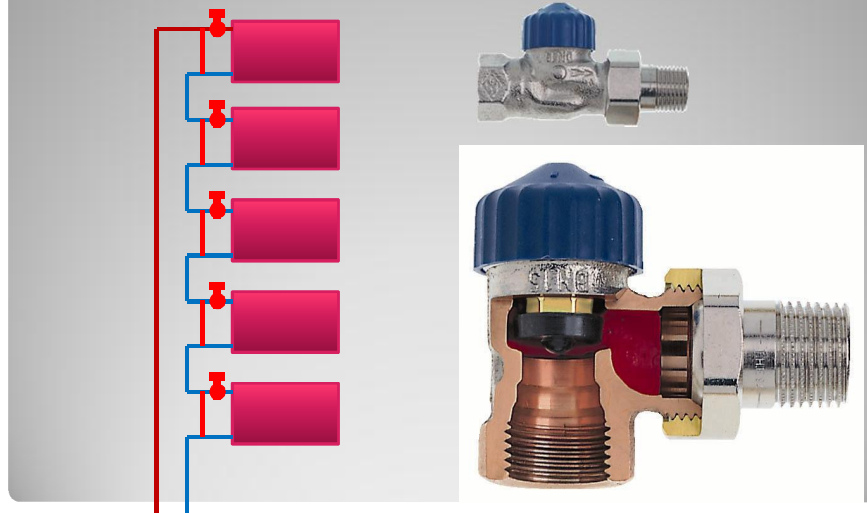
11

Kas 1- või 2-toruküttesüsteem ?



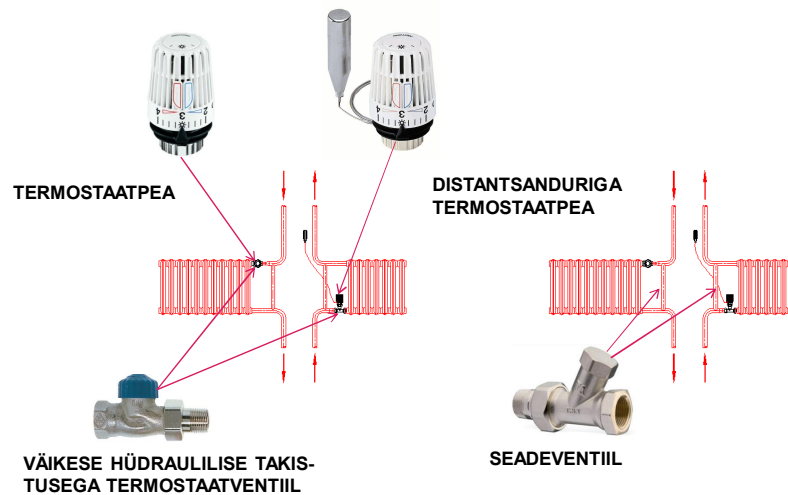
12

Kas 1- või 2-torukütesüsteem ?

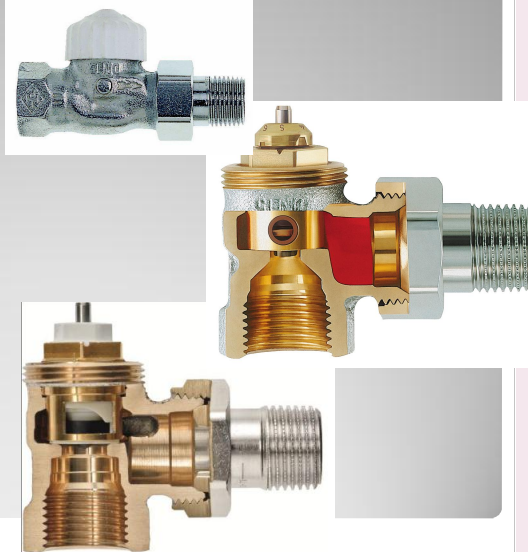
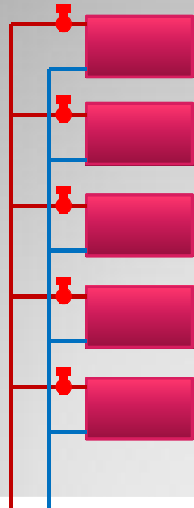


13

1-torusüsteemi renoveerimine



Kas 1- või 2-toruküttesüsteem ?



15

Milline toru valida?

PLASTMASSTORUD

plussid

- ✓ korrosioonikindel;
- ✓ vastupidav erinevatele kemikaalidele;
- ✓ sobiv paigaldamiseks agressiivsetesse keskkondadesse;
- ✓ paigaldamine kiire ja lihtne, mistõttu puudub vajadus eriväljaõppega paigaldajate järgi;
- ✓ madal omahind ja paigalduse maksumus.

miinused

- ✓ mehaanilise vigastamise oht, mistõttu avatud paigalduseks pole soovitatav kasutada; selle vastu räägib ka asjaolu, et plasttorude puhul on problemaatiline korrektse, sirgjoonelise lõpptulemuse tagamine;
- ✓ suur soojuspaisumine; seega tuleb küttesüsteemis arvestada torude pikenemise kompenseerimise vajadusega;
- ✓ ei ole difusioonikindlad;
- ✓ tundlikud ultraviolettkiirguse suhtes;
- ✓ piiratud töö rõhk ja töötemperatuur; mida kõrgematel tööparameetritel kasutada, seda lühem eluiga.



16

Milline toru valida?

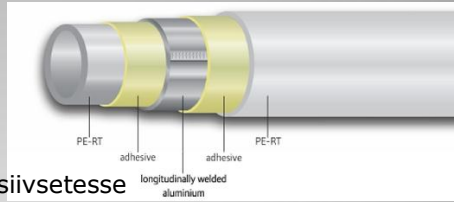
KIHTTORUD

plussid

- ✗ korrosioonikindel;
- ✗ difusioonikindel;
- ✗ sobiv paigaldamiseks agressiivsetesse keskkondadesse;
- ✗ paigaldamine kiire ja lihtne, mistõttu puudub vajadus eriväljaõppega paigaldajate järgi;
- ✗ sirgete torude kasutamisel tulemus esteetiline ja korrektne; väikseid suunamuutusi on õhemaseinaliste kihttorude puhul võimalik teha lihtsalt toru painutamisega ilma väljanägemist või hüdraulikat rikkumata;
- ✗ madal omahind ja paigalduse maksumus.

miinused

- ✗ mehaanilise vigastamise oht;
- ✗ elektrokeemilise korrosiooni tekkimise võimalus liitekohtades;
- ✗ paigaldamisel toru deformeerimise oht.



17

Milline toru valida?

TERASTORUD

plussid

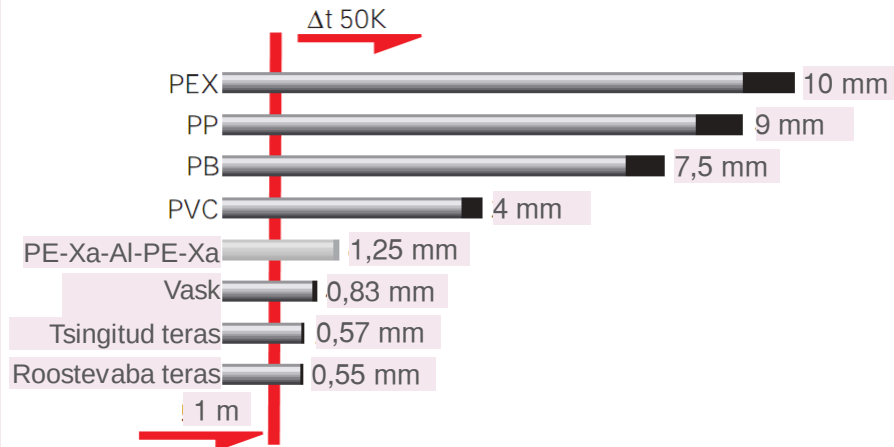
- ✗ suurepärase mehaaniline tugevus, mis võimaldab teda kasutada ka kohtades, kus on olemas kütetoru vigastamise oht;
- ✗ võib paigaldada avatult, jääb esteetiline ja korrektne;
- ✗ väike joonpaisumine, mistõttu puudub tavaliselt vajadus kompensaatorite kasutamise järel küttesüsteemides;
- ✗ talub kõrgeid soojuskandja temperatuure;
- ✗ difusioonikindel;
- ✗ standardlähimõõtude lai valik;
- ✗ pikaealisus, mis õige ekspluatatsiooni korral võib ulatuda kaugelt üle 50 aasta;
- ✗ kauaaegne kasutamiskogemus kodumaises praktikas.

miinused

- ✗ korrosioonioht kui soojuskandja kvaliteet (eriti O₂-sisaldus) ei ole nõuetekohane;
- ✗ paigaldamisel töömahukam, veetihedate ühenduste tegemine eeldab väljaõppinud ja kogemustega paigaldajaid (eriti problemaatiline on heade spetsialistide nappuse tõttu torustiku ühendamine keevisühendusega);
- ✗ suhteliselt kõrge omahind ja paigalduse maksumus.

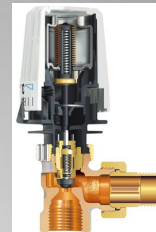
18

Torude joonpaisumise võrdlus



TRV-de kvaliteedinõuded

	Näitaja	Ühik	Hea väärtus
C	Hüsterees*	K	0.3-0.4 K
W	Veetemperatuuri mõju*	K	0.3-0.7 K
D	Rõhuvahe mõju*	K	0.3 K
Z	Sulgemisaeg*	min.	≤ 25 minutit

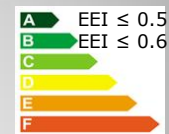


- TELL klassifikaator (Energy Efficiency Indicator):

$$EEI = (C/1.0 + W/1.5^{(a)} + D/1.0 + Z/40) / 4$$
(a) 1.5 sissehitatud anduri korral; 0.75 kauganduri korral

• **K head: $EEI = (0,2/1.0 + 0,4/1.5^{(1.5)} + 0,3/1.0 + 24/40) / 4 = 0,33!!!$**

- Enne 1988 aastat toodetud termostaatiliste radiaatorventiilide asendamisel uutega annab täiendavalt:
 - 7% säästu režiimis 90/70/20 °C
 - 5% säästu režiimis 70/55/20 °C



Andmed :Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik

TRV-de võimaluste laiendamine

- Å Ideaalne erineva kasutusajaga või erinevate kasutusotstarvetega ruumide korral
- Å Võimaldab max. nelja madalama temperatuuriga töötüklit ööpäevas individuaalseks säästurežiimiks
- Å Energiasääst kuni%
- Å Avatud akna äratundmine
- Å Suve-/talveaja muutmine
- Å Lihtne kasutada, ilma LCD ja aeganõudva programmeerimiseta



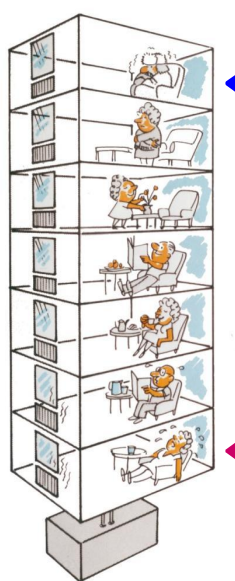
TRV-de võimaluste laiendamine



Keskjuhtimissüsteemi säästu- programmide ühitamine indi- viduaalsete reguleeseadmete võimalustega võimaldab sästa kuni 20%

*Allikas: Fakte hüdraulika ja energiatõhususe seostest.
TA Hydronics 2012*

Tasakaalustamata süsteem

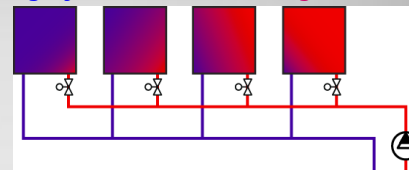


◀ 17°C

Hüdraulilise tasakaalustamiseta ringlevad esimestes vooluringides arvutuslikest suuremad ja viimastes arvutuslikest väiksemad vooluhulgad. Reguleerventiilid seda probleemi ei kõrvalda.

Puudujääk
= liiga jahe

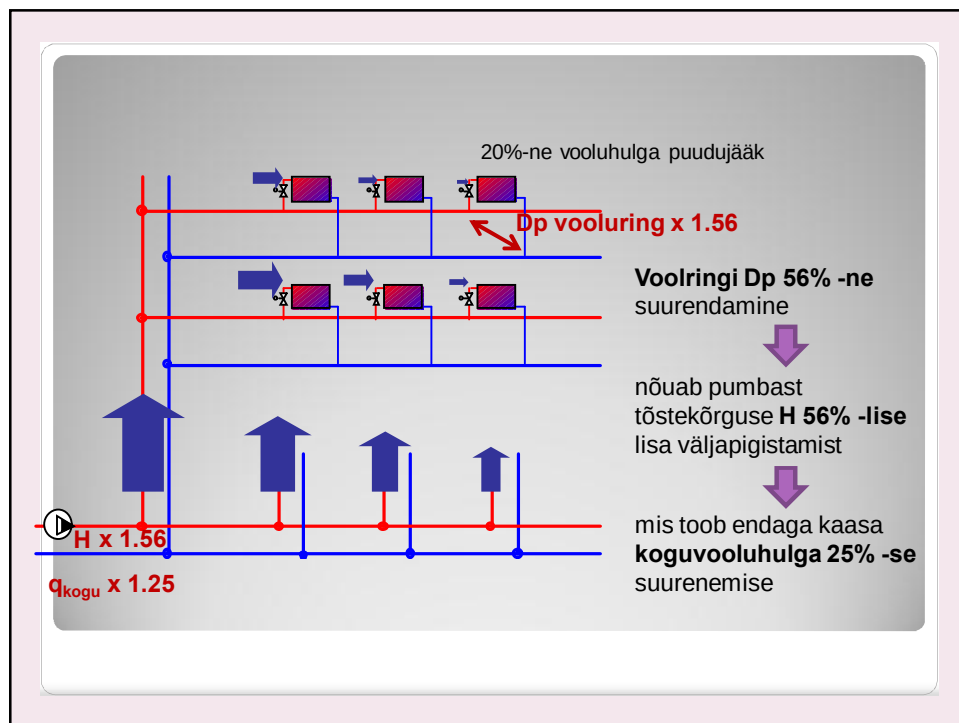
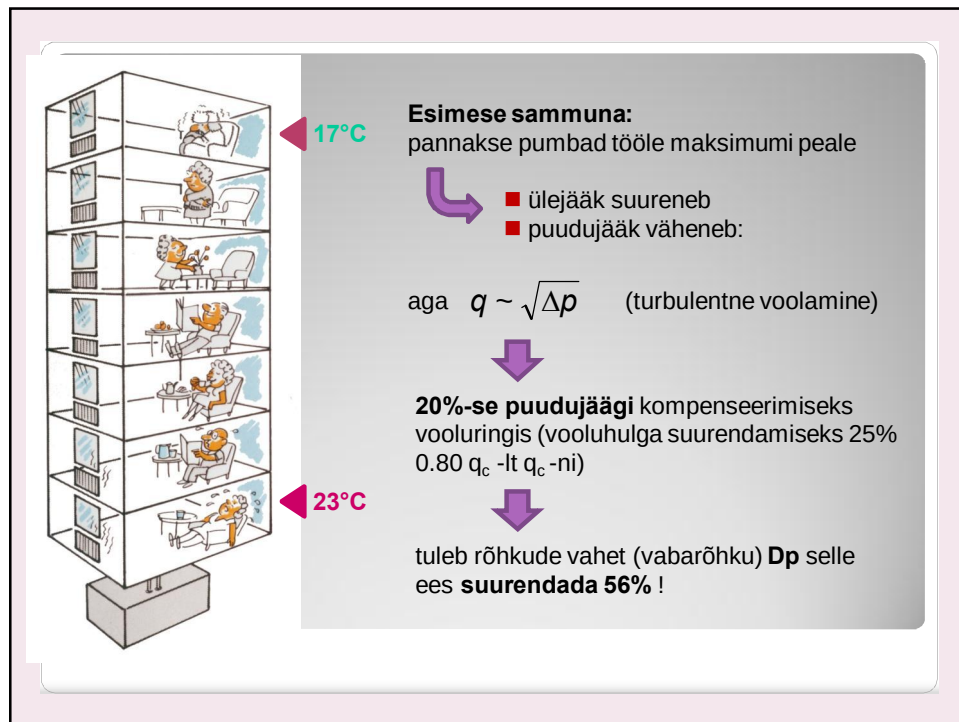
Ülejääk
= liiga soe



◀ 23°C

Väike
rõhkude
vahe

Suur
rõhkude
vahe



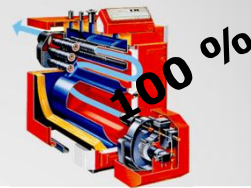
Pumbatõstekõrguse suurendamine vooluhulkade puudujääkide kompenseerimiseks süsteemi mingis osas on väga energiakulukas.

$$\text{Pumpamiskulu} \approx C_0 + \frac{\text{Pumbatõste kõrgus} \times \text{Vooluhulk}}{\text{Pumba kasutegur}}$$

$\xrightarrow{\text{x 1.56} \quad \text{x 1.25}} \text{x 1.95}$

Pumpamiskulud küttele:
(aastasest koguenergiavajadusest)

Küte



Pumba poolt arendatava rõhu suurendamine 20%-se vooluhulga puudujäägi kompenseerimiseks mõnedel tarbijatel, toob endaga kaasa ringluspumba elektrienergia tarbe suurenemise 95% võrra

*Allikas: Fakke hüdraulika ja energiatõhususe seostest.
TA Hydraulics 2012*

Võrreldes tasakaalustamata süsteemi tasakaalustatud süsteemiga, saab pumpamiskulusid vähendada kuni 40%

*Allikas: Fakke hüdraulika ja energiatõhususe seostest.
TA Hydronics 2012*

Rõhuvahe reguleerimine: milleks ?

Muutuvate vooluhulkadega süsteemides:

- a) muutub rõhkude vahe, mis halvendab reguleeriventiilide reguleerimisomadusi ja seega ka süsteemi efektiivsust (=väiksem sääst!);
- b) rõhuvahe suurenemine põhjustab müra (=halvem sisekliima!);
- c) suur rõhkude vahe takistab reguleeriventiilide sulgumist (=väiksem sääst!).

Muudetava pöörlemissagedusega pump neid probleeme ei lahenda !

TRV-dega 2-toruküttesüsteem on muutuvate vooluhulkadega !

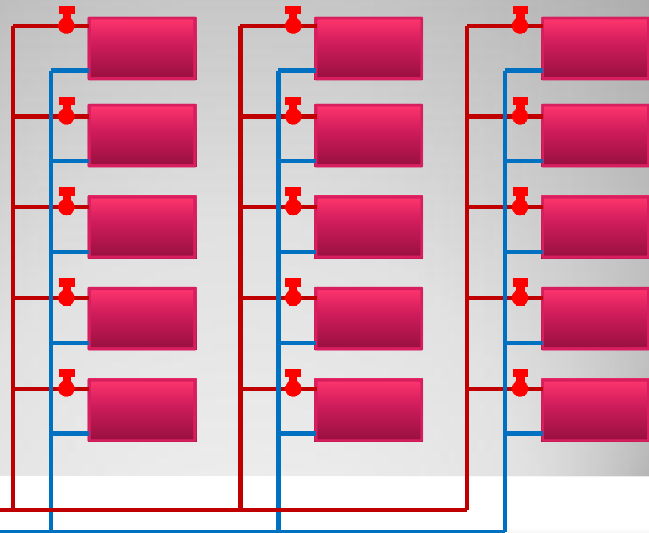


+

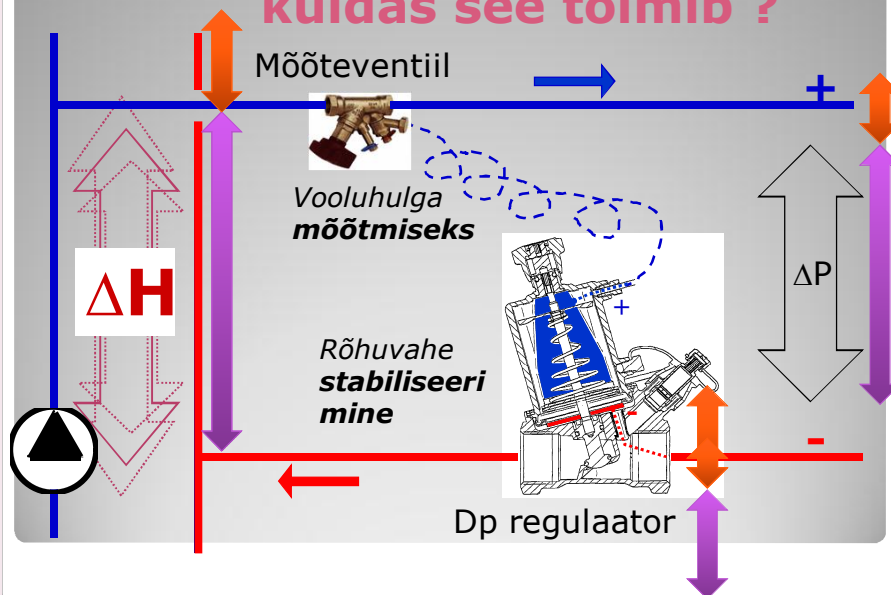


=

**muutuv
vooluhulk**



Rõhuvahe reguleerimine: kuidas see toimib ?

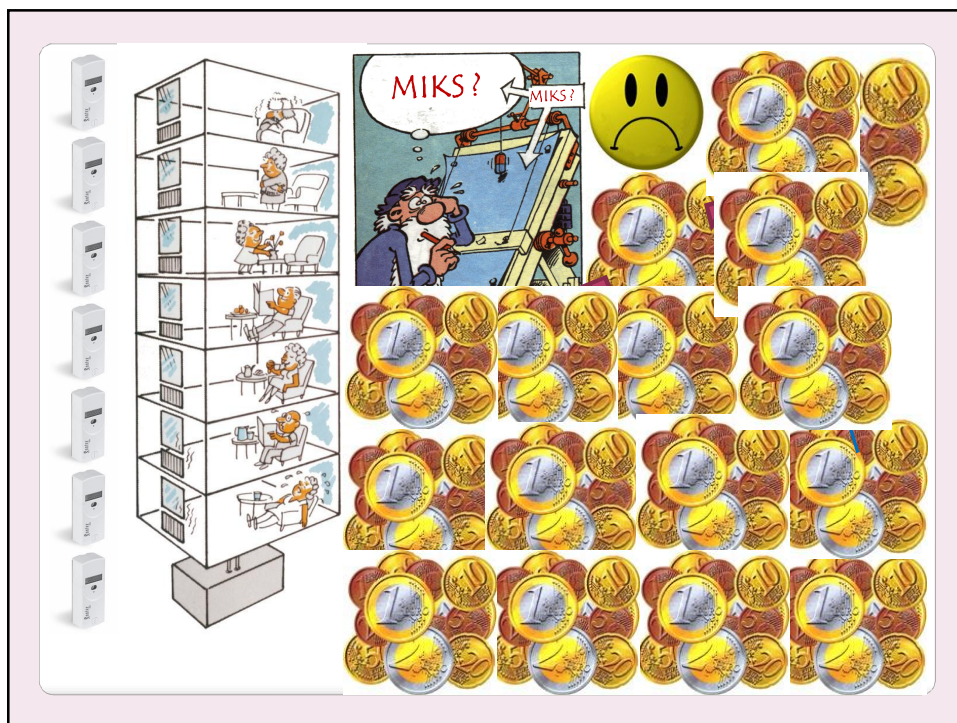




Eeskujulikult lahendatud küttesüsteem



5-kordne elumaja Tartus – 2-toruküttesüsteem rõhu reguleerimisega harude kaupa





$$\Phi = G * c * \rho * (t_{pv} - t_{tv})$$

G – soojuskandja vooluhulk

t_{pv} – pealevoolutemperatuur

t_{tv} – tagasivoolutemperatuur



$$\Phi = G * c * \rho * (t_{pv} - t_{tv})$$

Mõõdetakse (termomeeter, juhtautomaatika) – küttesüsteemi töö hindamise seisukohast väheinformatiivne



$$\Phi = G * c * \rho * (t_{pv} - t_{tv})$$

Mõõdetakse (termomeeter soojusallikas) – võimaldab ligikaudselt hinnata hüdrauiliselt tasakaalustatud küttesüsteemi kui terviku tööd



$$\Phi = G * c * \rho * (t_{pv} - t_{tv})$$

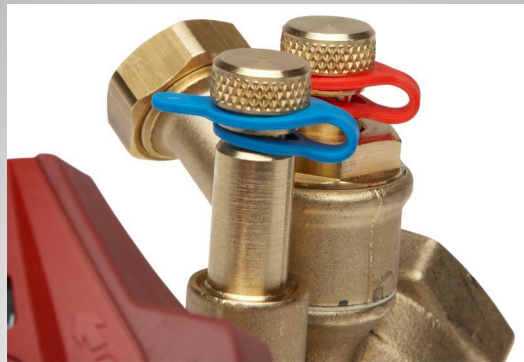
Ei mõõdeta (üldjuhul) – näitaja, mis kõige otsesemalt seotud küttesüsteemi toimimise efektiivsusega

Vooluhulga mõõtmine aitab hinnata küttesüsteemi "tervist" ja avastada võimalikke süsteemi ebarahuldava toimimise põhjuseid.

Mida rohkemates punktides on võimalik vooluhulka mõõta, seda terviklikum pilt ja ülevaatlikum informatsioon.

Mida täpsemini me saame vooluhulka mõõta, seda tõesem on tulemus ja konkreetsemad on lahendused olukorra parandamiseks.

Need kaks otsa ...



Probleemilahendaja parim sõber...

Tasakaalustamise täpsus

	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35
70	8,6	10,7	14,8	27								
65	6,9	8	9,8	13,5	24,5							
60	5,8	6,4	7,4	9	12,3	22						
55	4,9	5,3	5,9	6,8	8,2	11	19,5					
50	4,3	4,6	4,9	5,4	6,1	7,3	9,8	17				
45	3,8	4	4,2	4,5	4,9	5,5	6,5	8,5	14,5			
40	3,5	3,6	3,7	3,9	4,1	4,4	4,9	5,7	7,3	12		
35	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	3,9	4,3	4,8	6	9,5	
30	2,9	2,9	3	3	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	4	4,8	7

t_{δ}	21	$\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
t_v	-22	
+ dt	3	

EELDUS nr 1

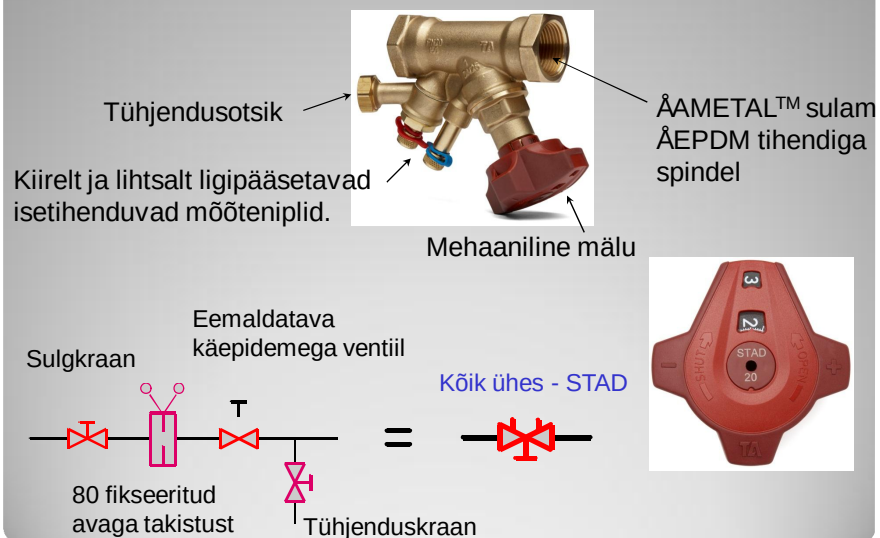
Õigesti projekteeritud süsteem

EELDUS nr 2

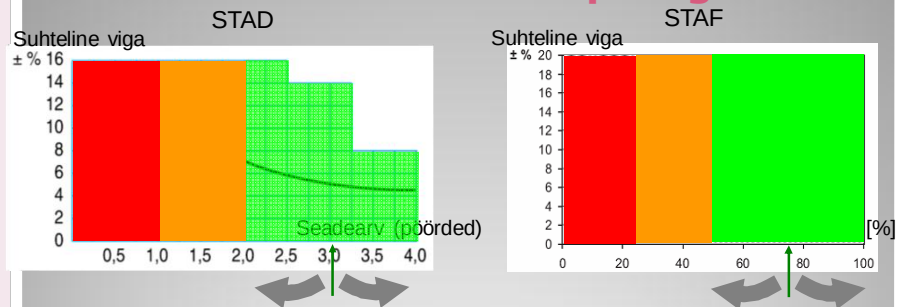
Õige tasakaalustusventiil

- ventiili õige karakteristika
- tootjapoolsed väikesed tolerantsid, st kõik sama suurusega ventiilid peavad sama seadearu ja rõhkude vahe juures näitama sama vooluhulka
- olema kergelt seadistatav ja loetav. Ventiili peab saama lihtsalt ümber häälestada ja seadearu peab olema selgelt loetav
- lihtsa ühendusega rõhumõõteniplid mõõteriista ühendamiseks ventiiliga
- käigupikkus peab tagama täpse seadistuse (st jaotustorustikule paigaldatavate TKV-de reguleerimisulatus peab olema vähemalt 4 täispööret);
- täpsusgraafikud, mis näitavad lubatud maksimaalset kõrvalekallet antud seadearu juures;
- seadearvud peavad olema kaitstud soovimatu muutmise vastu.

Tasakaalustusventiil



Tasakaalustusventiilide täpsusgraafikud



Täpsusgraafikud kehtivad kui on järgitud 5D/2D reeglit.

- Kui tasakaalustusventiili rõhulang D_p on teada enne taskaalustamist, siis see väärtus põhineb arvutustel jooniste järgi.
- Alati on erinevusi projekti ja tegelikkuse vahel.
- Ventili seadistus peab olema ligikaudu 75% kogu avatusest $\ddot{}$ see tagab hilisema projekteeritud väärtuse korrigeerimise vastavalt reaalsele olukorrale nii, et ventiili avatus jääb kõige täpsemasse reguleerimisalasse.

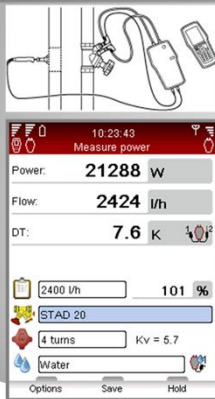
EELDUS nr 3

Täpne tasakaalustusaparaat

TA Scope

Uuenduslik juhtmevaba seade hüdraulilisteks mõõtmisteks, tasakaalustamiseks ja diagnostikaks...

Võimsuse mõõtmine



q, Dp, T ja P mõõtmine



Diagnostika



Tasakaalustuse "GPS"



Seadistused



Viskoossus- ja voolamistrežiimi parandid



Hüdrauliika kalkulaator



Andmete kogumine q, Dp, T, P



Tasakaalustusmeetodid

EELDUS nr 4

Sobiv tasakaalustusmeetod

Mõõtmisprotokoll nr 2011-005

Objekt: ELAMU, Kaskede põik 16
 Süsteem: Küttesüsteem
 Vedelik: Vesi

Informatsioon					Mõõdetud suurused				Märkused
Kuupäev/ kellaaeg	Mõõtmis- punkt	Tasakaalustusventiil Tüüp	DN	Seadearv	Arvutuslik vooluhulk l/h	Rõhkude vahe kPa	Vooluhulk l/h	± %	
20.12.2010									
13:10:31	P1	STAD-14/15	15	2.3	325	20.9	338	3.8%	-
13:11:36	P2	STAD-14/15	15	2.6	384	18.4	401	4.2%	-
13:16:35	P3	STAD-14/15	15	2.5	396	21.5	407	2.7%	-
13:17:56	P4	STAD-14/15	15	2.1	317	26.7	325	2.5%	-
13:19:28	P5	STAD-14/15	15	2.6	398	18.7	417	4.6%	-
14:35:54	H1-5	STAD-50	50	1.2	1820	11.1	1746	-4.2%	-
14:38:24	H6-10	STAD-50	50	0.9	1773	20.5	1721	-3.0%	-
13:06:06	P6	STAD-14/15	15	3.6	398	4.71	402	1.0%	-
13:04:19	P7	STAD-14/15	15	2.6	317	12.4	323	1.9%	-
13:02:49	P8	STAD-14/15	15	2.8	379	13.2	386	1.8%	-
12:59:57	P9	STAD-14/15	15	2.8	350	12.1	366	4.4%	-
12:56:45	P10	STAD-14/15	15	2.6	330	13.2	332	0.6%	-
13:24:04	P11	STAD-14/15	15	3.2	331	4.75	340	2.6%	-
13:32:02	P12	STAD-14/15	15	3.6	351	3.16	372	5.6%	-
13:35:50	P13	STAD-14/15	15	1.0	90	18.2	91	1.1%	-
13:43:09	P14	STAD-14/15	15	3.3	384	5.82	403	4.7%	-
13:47:58	P15	STAD-14/15	15	3.6	384	3.53	393	2.3%	-

Mõõtmised teostas:

Mart Mõõdistaja/ Seadistuse OÜ

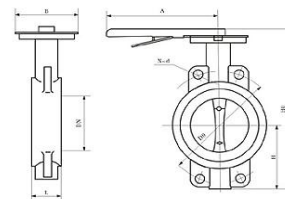
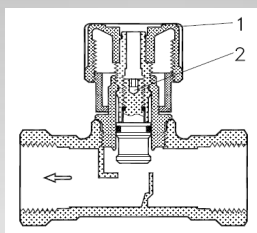
Mõõteaparaat: TA SCOPE ser nr. 00317/20241

**Hästi tasakaalustatud kütte-
või jahutussüsteem võib
säasta kuni 35%**

**Allikas: Fakte hüdraulika ja energiatõhususe seostest.
TA Hydraulics 2012**

TÄNAN KUULAMAST JA KAASAMÕTLEMAST !

EELDUSE nr 2 täitmiseks mitte sobivad ventiilide tüübid



Tasakaalustamist mitte soosivad ventiilide tüübid



Õhk küttesüsteemides

Kuidas satub õhk süsteemi?

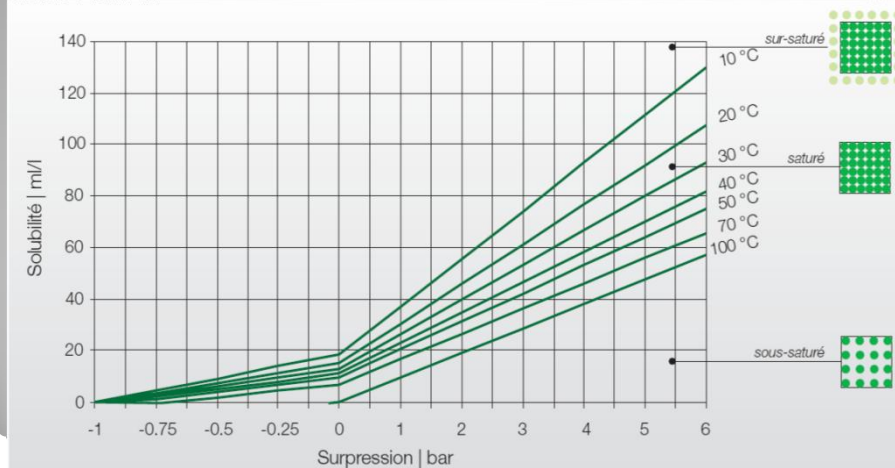
- Süsteemi täitmise käigus õhumullidena
- Vees lahustunud õhk
- Süsteemi ebatiheduste kaudu alarõhulises süsteemis
- Difusioon ja paisupaagid

Õhk küttesüsteemides

Õhk kinnises süsteemis:

- Häirib normaalset veeringlust
- Vähendab küttesüsteemi soojusväljastust
- Põhjustab müra
- Kahjustab ringluspumpa (õhukotid, erosioon)
- Rikub reguleeriseadmete tööpinnad
- Metallpindade korrosioon

Henry diagramm näitab meile millistel tingimustel ja mis kujul mingi



Lämmastiku lahustuvuse diagramm vees, kus 100% N₂ on ülalpool veepiiri ja lämmastiku osarõhk N₂ = 1 bar. Atmosfäärilisel küllastuspunktil, on lahustuvus 78% diagrammil toodud väärtustest

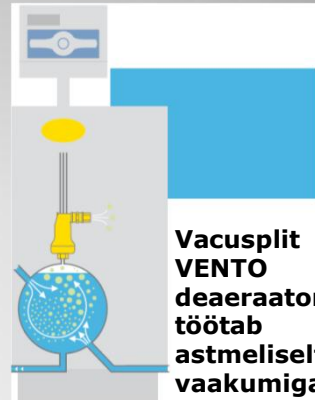
Igale gaasi olekule oma lahendus !



ZUT lekkevaba õhueraldaja püsib kuiv

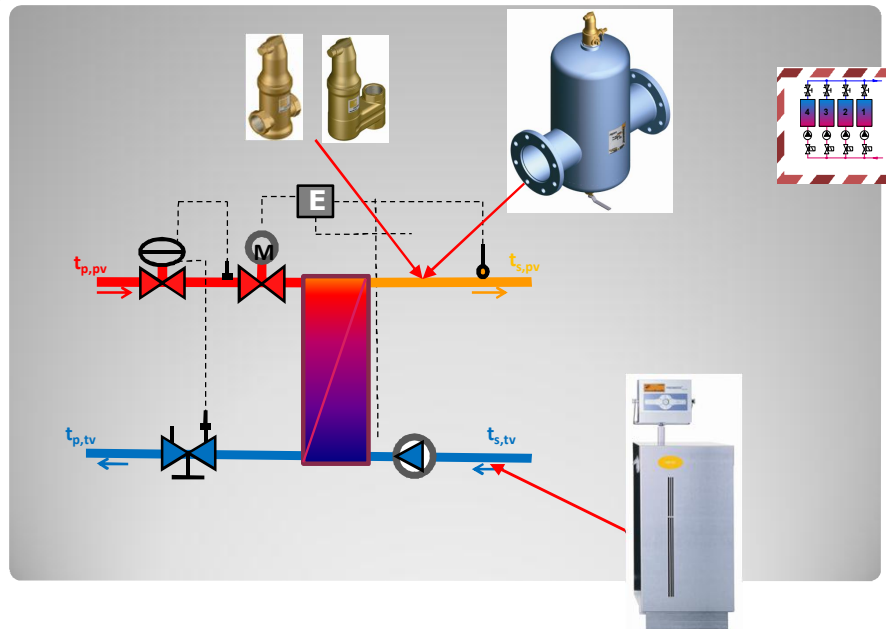


Helistill ZUV mikromullide eraldaja kombineerib eneses kõikide eraldajate põhimõtted



Vacusplit VENTO deaeraator töötab astmeliselt vaakumiga

SOOJUSSOLM



60

Õhuseparaator vs vaakumdegasaator

