HEITVEE SOOJUSTAGASTUSE LAHENDUSED HOONETES

Baseerub TalTechis kaitstud magistritööl

Töö autor: Karl Sachris (Novarc Group AS)
Juhendajad: Kalle Kuusk ja Karin Pachel
Ehituse ja Arhitektuuri Instituut
Tallinna Tehnikaülikool

2.09.2020

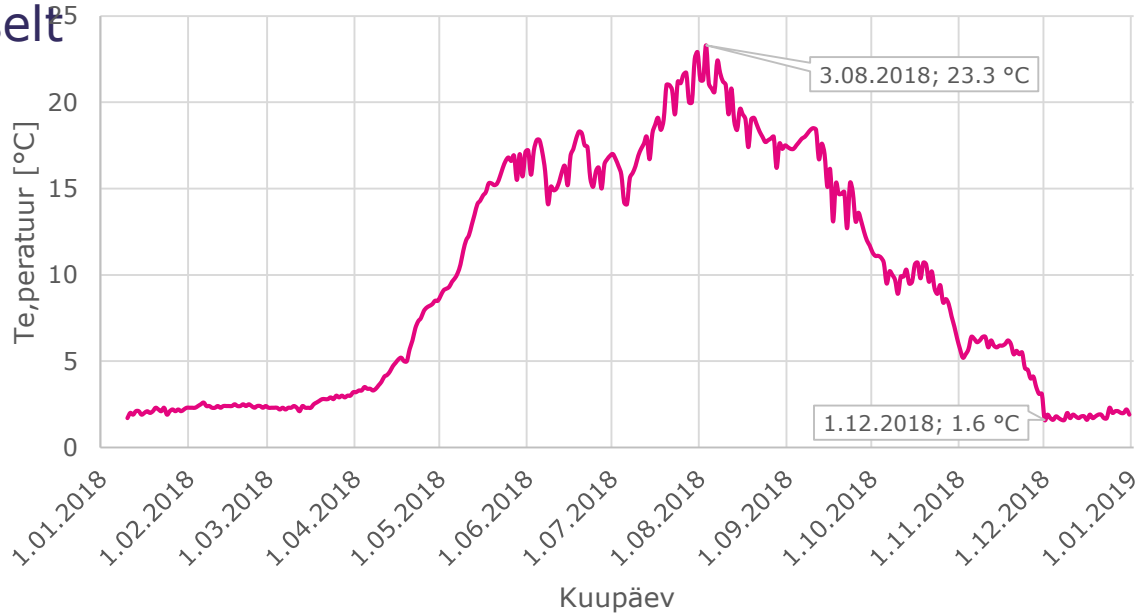
TEOORIA
SOOJUSTAGASTITE TÖÖPÕHIMÕTE JA ARVUTUSLIKUD ALUSED

HOONETE SOOJAVEEVARUSTUS JA DUŠI VEETARBIMINE

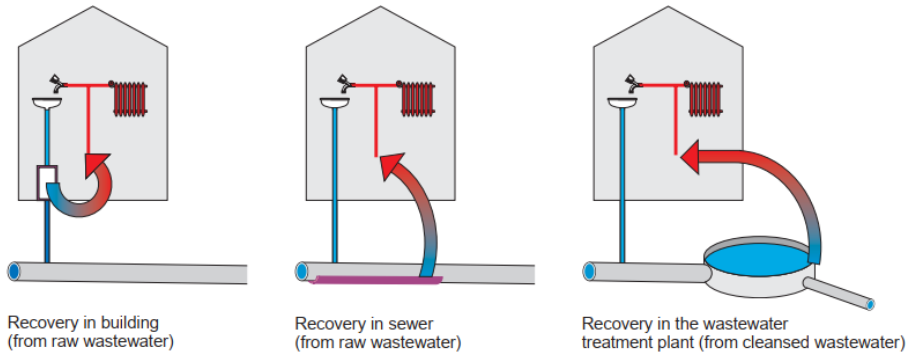
- Sooja vee tarbimist iseloomustab ebaühtlus päeva lõikes, tööpäevadel tippudega hommikutel ja õhtutel
- Segisti veetemperatuur 40 °C
- Sooja vee seadetemperatuur 55 °C
- Külma vee sisendtemperatuur oleneb aastajast
- Olenevalt riigist tarbitakse 20-90 liitrit sooja vett päevas inimese kohta. (Eestis 45 l/d)
- Duši kestus 3,5-12 min erinevate allikate kohaselt
- Duši vooluhulk olenevalt segistist ja tarbija eelistustest 5,8-12,5 l/min

$$\Phi_{SV} = \frac{\rho \cdot c_p \cdot q_{wh} \cdot (T_{wh} - T_{wc})}{1000} \text{ [kW]}$$

F [1/in]	p [s]	Twh [°C]	Twc [°C]	m_m [kg/s]	T_m [°]
1,5	600	55	10	9,2	40



HALLVEE SOOJUSTAGASTUSTEHNOLOOGIA TÜÜBID JA TÖÖPÕHIMÕTE



EFEKTIIVSUST MÕJUTAB

- Soojusülekande pindala
- Vedelike temperatuurid
- Soojustagasti orientatsioon
- Vedelike kokkupuuteaeg (kiirused)

KOHTSOOJUSTAGASTITE JAOTUS

- Plaatsoojusvahetid
- Toru-torus tüüpi soojusvahetid
- Horisontaalsed ja vertikaalsed
- Päri- ja vastuvoolsed

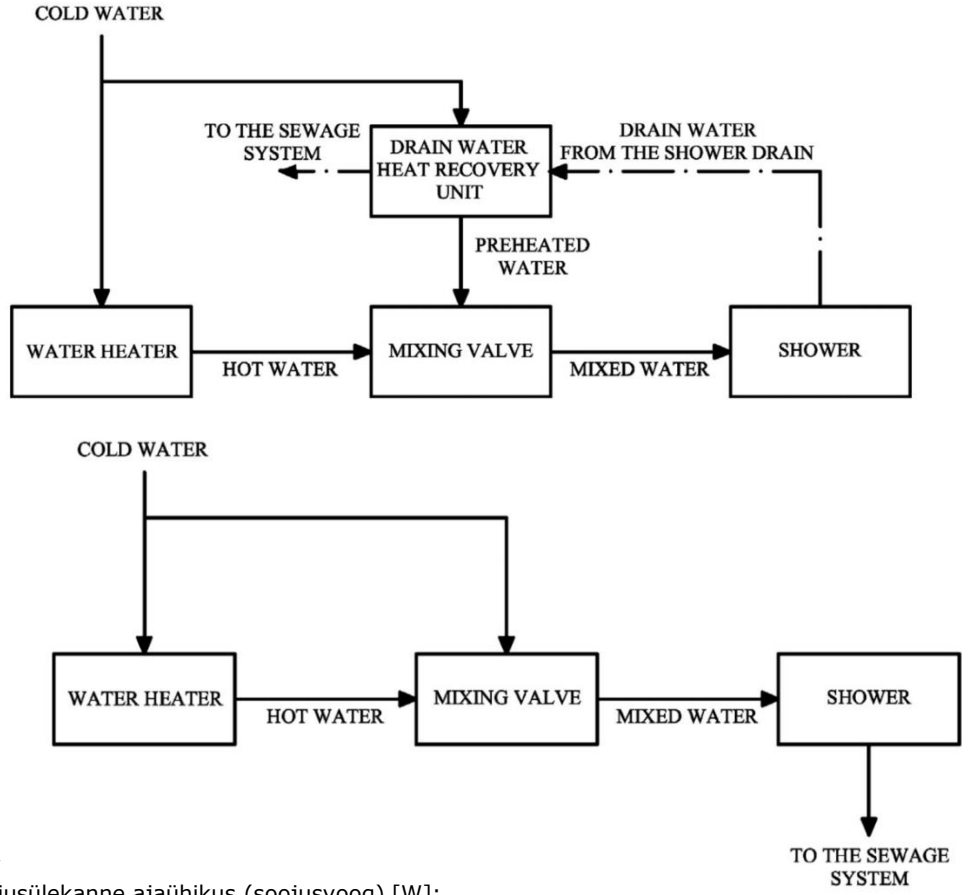
SOOJUSTAGASTI EFEKTIIVUS JA ENERGIASÄÄSTUTEGUR

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{max}} = \frac{C_c\left(T_{c,o} - T_{c,i}\right)}{C_{min}\left(T_{h,i} - T_{c,i}\right)}$$

Efektiivsus on soojusvahetis reaalselt toimuva ning maksimaalse võimaliku soojusülekande suhe ajaühikus

$$S_1 = \frac{q}{q_w} = \frac{C_c\left(T_{c,o} - T_{c,i}\right)}{C_h\left(T_{h,i} - T_{c,i}\right)}$$

Energiasäästutegur on soojusvahetis ajaühikus toimuva soojusülekande ning soojusvahetita duši energiakulu suhe ajaühikus



ε – Soojusvaheti efektiivus [];

q – Soojusvahetis toimuv soojusülekanne ajaühikus (soojusvoog) [W];

q_{max} – Maksimaalne võimalik soojusülekanne ajaühikus [W];

q_w – Maksimaalne võimalik soojusülekanne ajaühikus [W];

$T_{c,o}$ – Külma vee (eelsoojendatava) temperatuur soojusvahetist väljudes [° C];

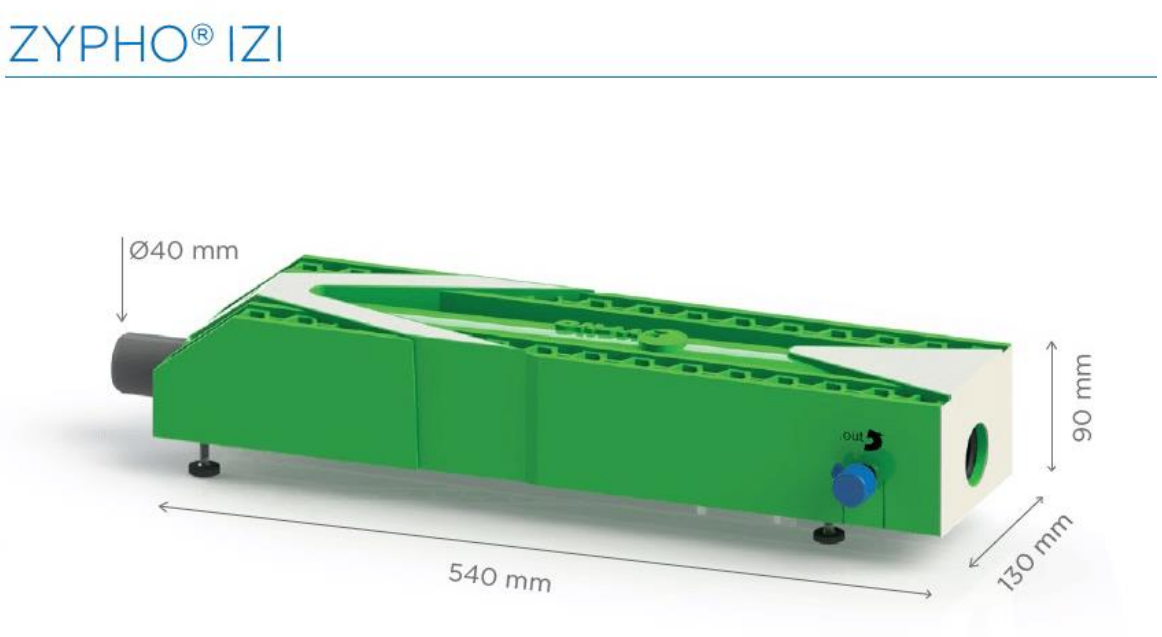
$T_{c,i}$ – Külma vee (eelsoojendatava) temperatuur soojusvahetisse sisenedes [° C];

C – Vedeliku soojusmahtuvuse määr [W/° C]

EKSPERIMENT
OBJEKTI- JA LABORIMÕÕTMISED

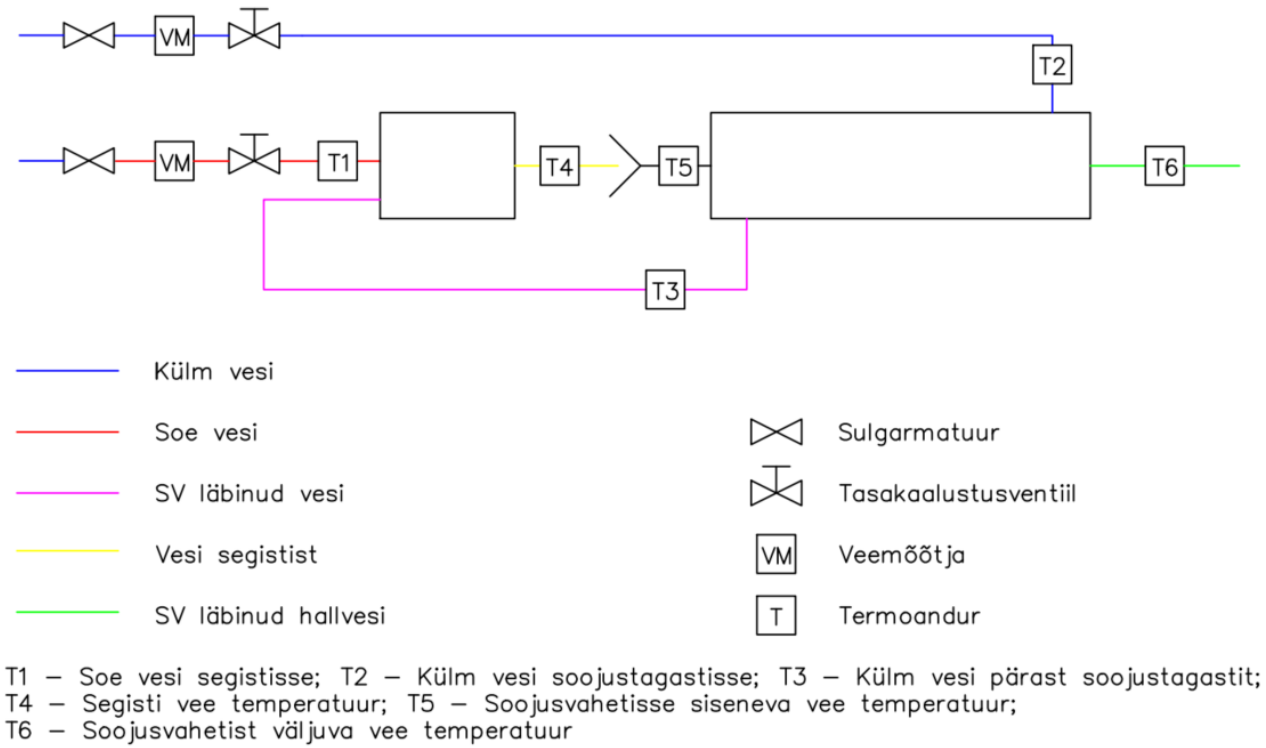
KATSETE EESMÄRGID JA SEADE

- Kohtsoojusvaheti efektiivsuse määramine standardvooluhulkadel mitte-tasakaalustatud voolu tingimustes
- (Diskonto)tasuvusaegade määramine erinevatel kasutustingimustel
- Süsteemi dünaamika uurimine laboritingimustel ja objektil



LABORIMÕÕTMISED

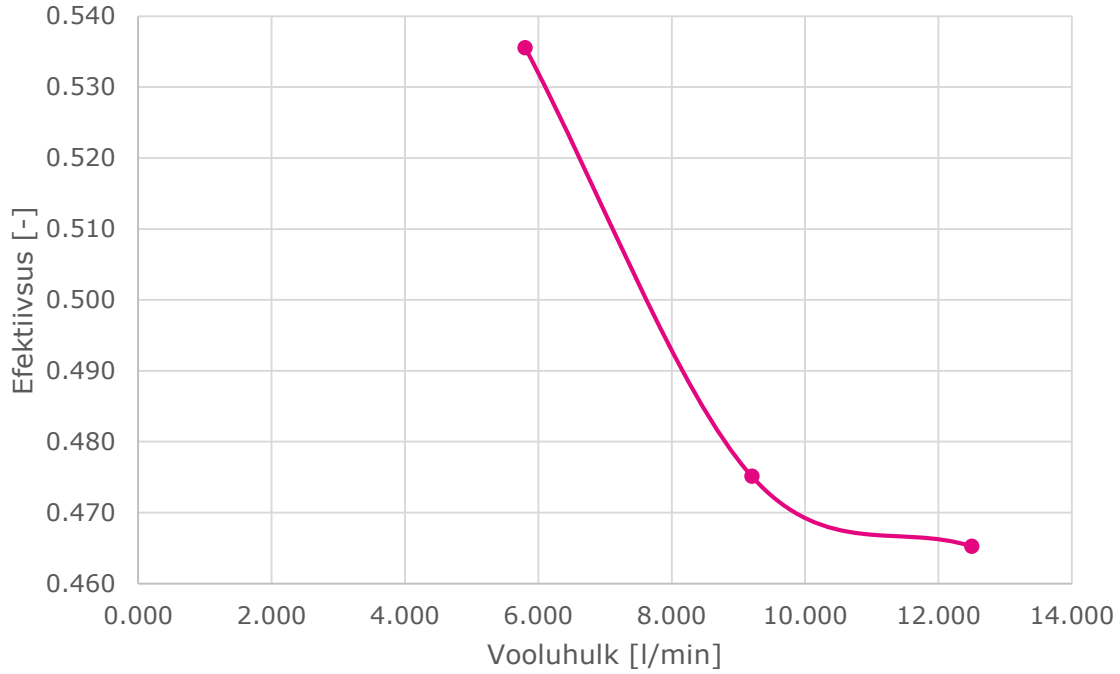
Laborimõõtmiste katsestend



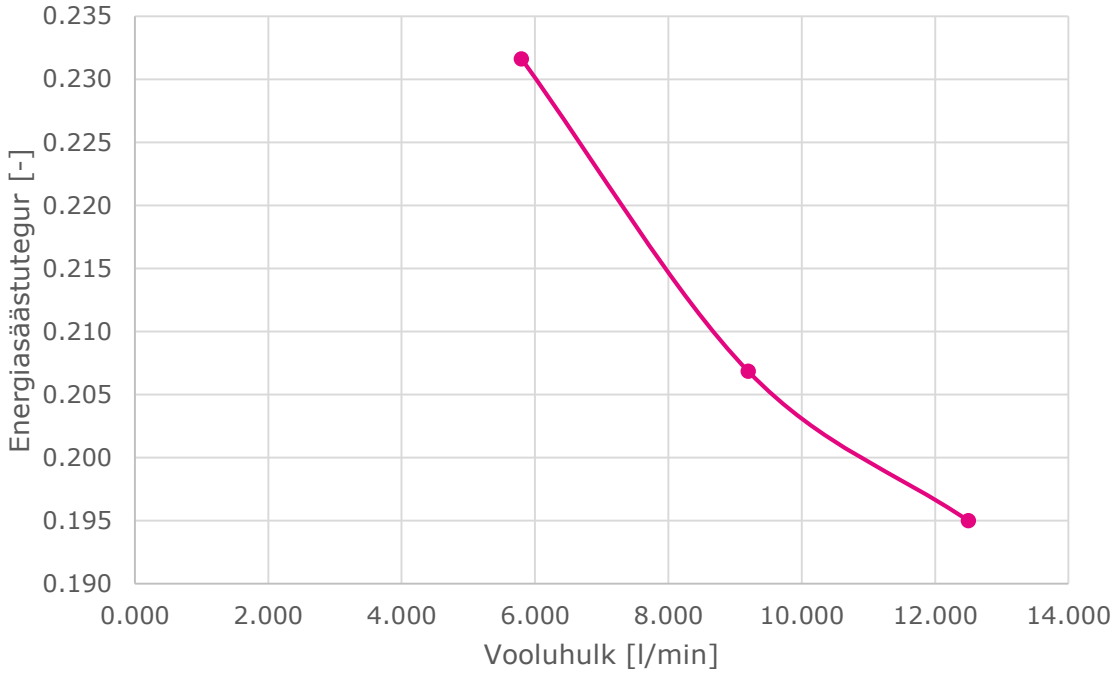
T1 – Soe vesi segistisse; T2 – Külm vesi soojustagastisse; T3 – Külm vesi pärast soojustagastit;
T4 – Segisti vee temperatuur; T5 – Soojusvahetisse siseneva vee temperatuur;
T6 – Soojusvahetist väljuva vee temperatuur

Laborimõõtmiste skeem

LABORIMÕÕTMISED



Testitud soojustagasti efektiivuse sõltuvus vooluhulgast



Testitud soojustagasti energiasäästuteguri sõltuvus vooluhulgast

KIWA poolt sertifitseeritud väärtused (tasakaalustatud vool)

Vooluhulk [l/min]	5,8	9,2	12,5
Efektiivsus [%]	36,6	31,6	27,9

MAJANDUSLIK TASUVUS

$$NPV = \sum_{t=0}^{t} \frac{CF_t.}{(1+r)^t} \qquad DPP = Y + \frac{|NPV_Y|}{CF_{(Y+1)}.}$$

Vooluhulk [l/min]	Tarbijate arv			
	1	2	3	4
5,8	10,7	5,1	3,4	2,5
9,2	7,2	3,5	2,3	1,7
12,5	5,8	2,8	1,9	1,4

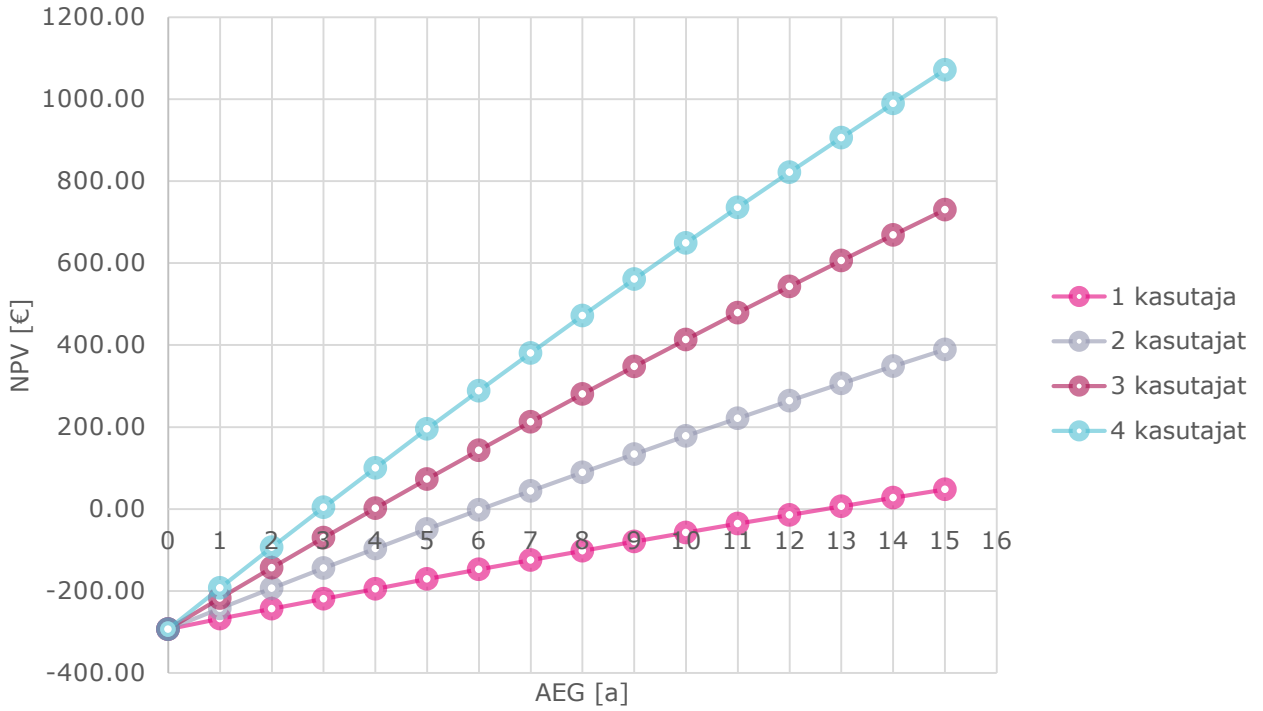
Diskontotasuvusaeg aastates, elektriküte

Vooluhulk [l/min]	Tarbijate arv			
	1	2	3	4
5,8	-	8,9	5,8	4,3
9,2	**12,7**	**6,0**	**4,0**	**3,0**
12,5	10,1	4,9	3,2	2,4

Diskontotasuvusaeg aastates, kaugküte

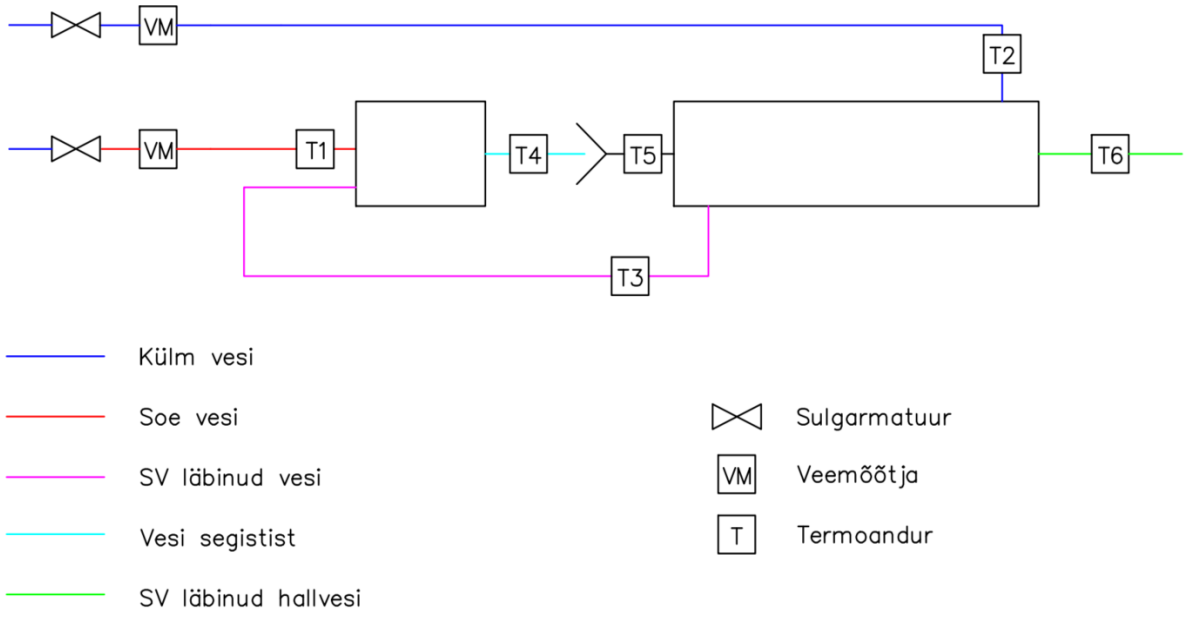
Vooluhulk [l/min]	Tarbijate arv			
	1	2	3	4
5,8	-	11,9	7,7	5,7
9,2	-	8,0	5,2	3,9
12,5	13,6	6,5	4,2	3,2

Diskontotasuvusaeg aastates, gaasküte



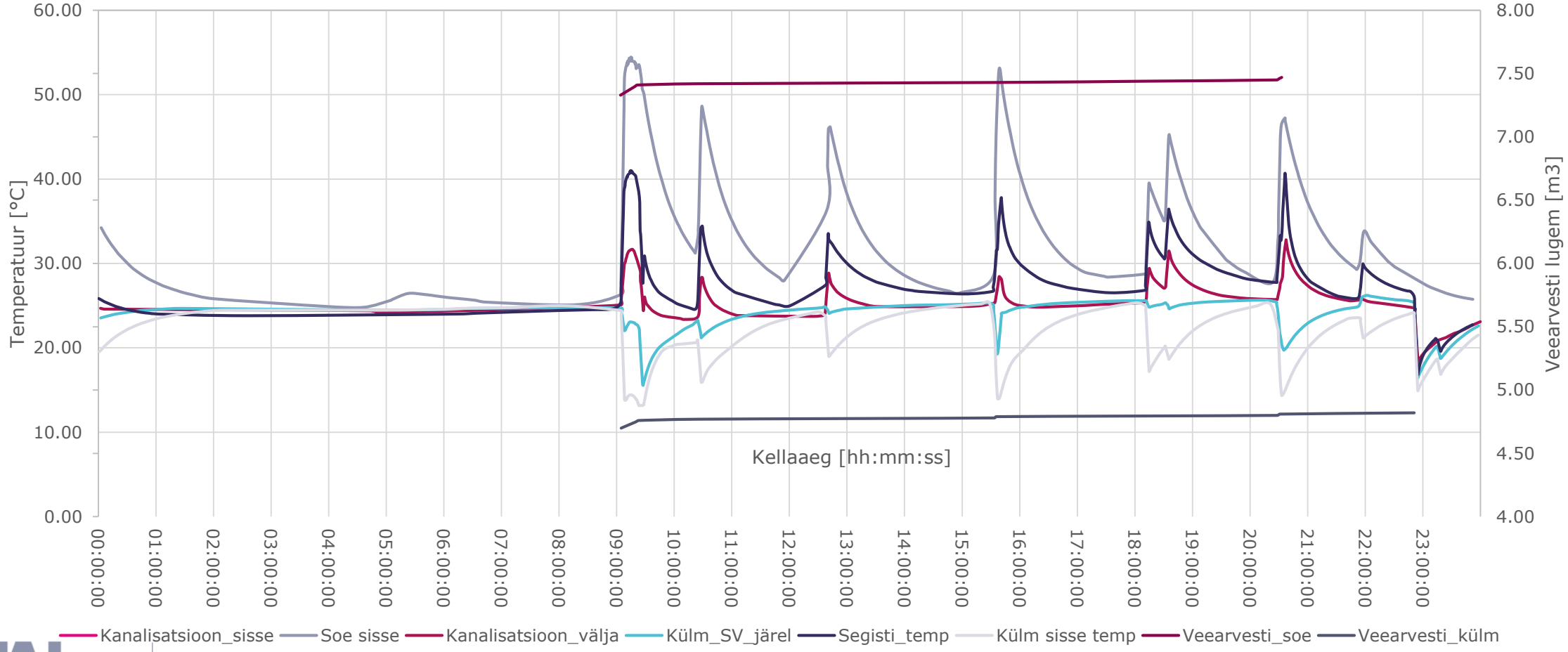
NPV erineva kasutajate arvuga kaugküttel segisti vooluhulgal 9,2 l/min

OBJEKTIMÕÕTMISED



TAL TECH | TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

VEE TARBIMISE DÜNAAMIKA OBJEKTIL TÜÜPSEL PÄEVAL

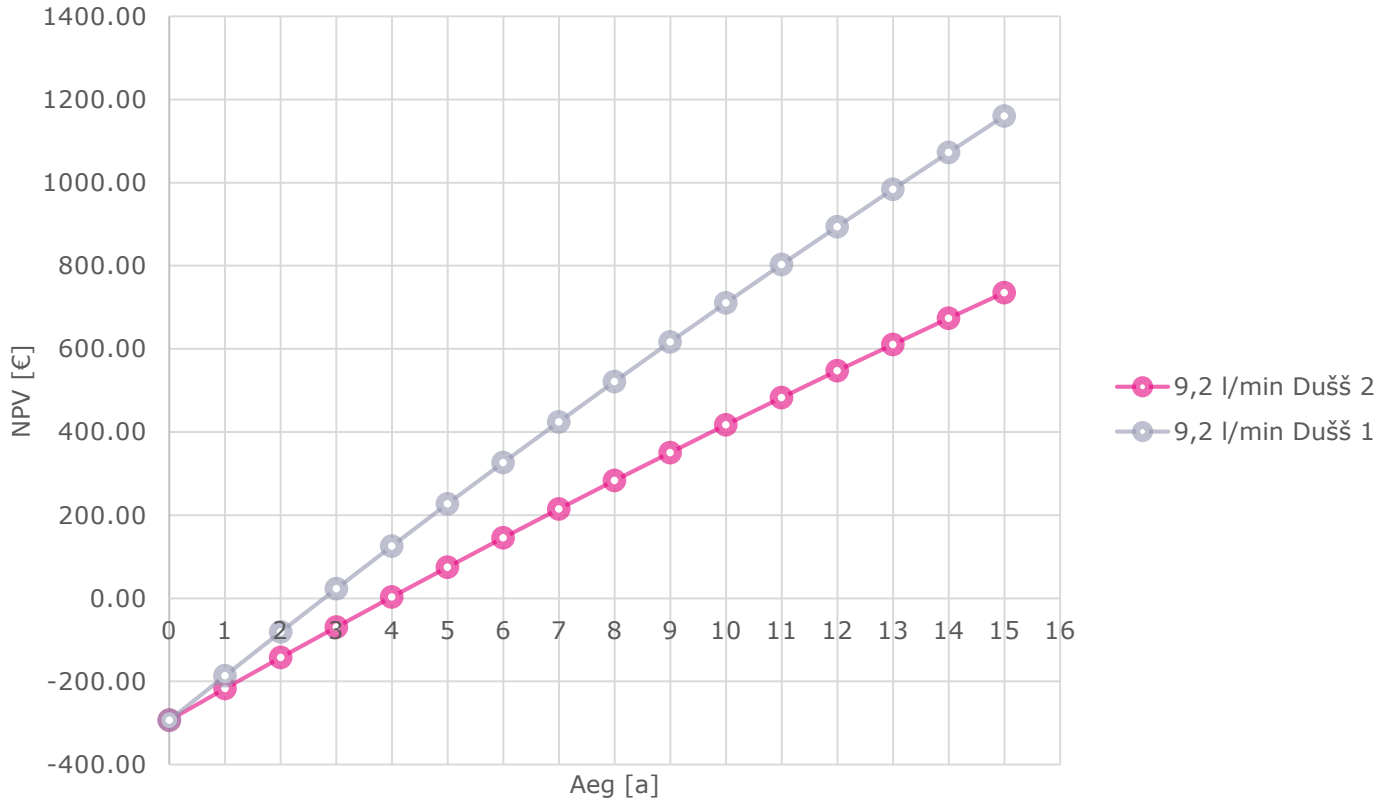


OBJEKTIMÕÕTMISTE TULEMUSED

- Efektiivsused baseeruvad laborimõõtmistel.
- Kaugkütte baasil vee soojendamine

	Dušikordade arv	Külma vee kogus [l]	Sooja vee kogus [l]	Kumulatiivne veekogus [l]	Veekulu dušikorra kohta [l]
Dušš 1	800	31640	43960	75600	94,50
Dušš 2	525	23270	30240	53510	101,92

Vooluhulk [l/min]	Diskontotasuvusaeg [a]	
	Dušš 1	Dušš 2
9,2	2,8	4,0



KOKKUVÕTE

- Majanduslik sääst oleneb inimeste tarbimisharjumustest, kasutatavast tehnoloogiast ning aastaajast jm.
- Mitte-tasakaalustatud voolu tingimustes on energia kokkuhoiuks 20-25 % olenevalt vooluhulgast
- Tasakaalustatud voolu tingimustes efektiivsus 27-37 %
- Tüüpse leibkonna kontekstis on duši lokaalsoojustagastite kasutamine majanduslikult õigustatud
  - 2-inimeseline leibkond kaugküttega vee soojendamisel ca 6 aastat
  - Lastega perede puhul arvestuslikult 3-4 aastat

Karl Sachris
ksachris@gmail.com
+372 58162565