

# LTO-POISTOPATTERIN HUURTUMISEN RAJOITTAMINEN 2018

## 1. NYKYINEN MENETELMÄ: PATTERIPARI JA 3-TIEVENTTIILI - EI TOIMI ENÄÄ

Huurtuminen estäminen matalissa lämpötiloissa korkeilla hyötysuhteilla ( $\Rightarrow 68\%$ ) johtaa uusiin ratkaisumalleihin, koska perinteisillä kytkentätavoilla huurtumista ei kyetä hallitsemaan. Jatkuvasti käyvissä ilmanvaihtolaitoksissa nestevirran ohitus tulopatterilla ei riitä. Alla on huurtumistarkastelu vanhalla menetelmällä ilmastovyöhykkeellä II kun tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret. Mitoitusulkolämpötila  $t_u = -29^\circ\text{C}$ .

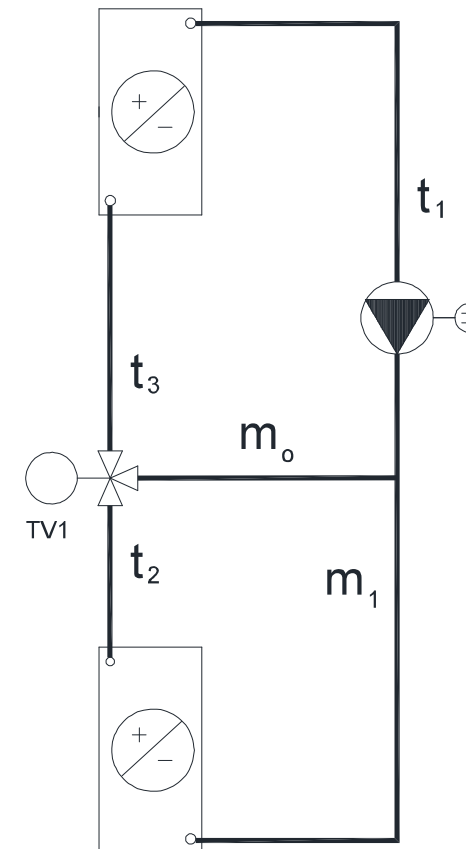
Lähtötiedot:

Ulkoilmavirta	1,5 m <sup>3</sup> /s
Poistoilmavirta	1,5 m <sup>3</sup> /s
Ilmavirran nopeus	1,42 m/s
Putkirivien lukumäärä	12
Glykoliliuos (et.glyk./vesi)	35%p
Jäätymispiste	-16,6°C
Ominaislämpökapasiteetti $c_p$	3,536 kJ/kgK
Tiheys	1,05 kg/dm <sup>3</sup>
Nestevirta huurt.estossa	1,0 l/s (3600 m <sup>3</sup> /h)
Nesteen max. $\Delta p$ , patterit	n.310 kPa
Ulkoilman lämpötila	-29°C
Poistoilma	22°C 30%RH
Hyötysuhde (Ekodir.2018 $\Rightarrow 68\%$ )	69%

**Parametrit, kun patterin huurtuminen pystytään estämään:**

Poistopatterilta lähtevän ilman lämpötila min. 1..1,5°C

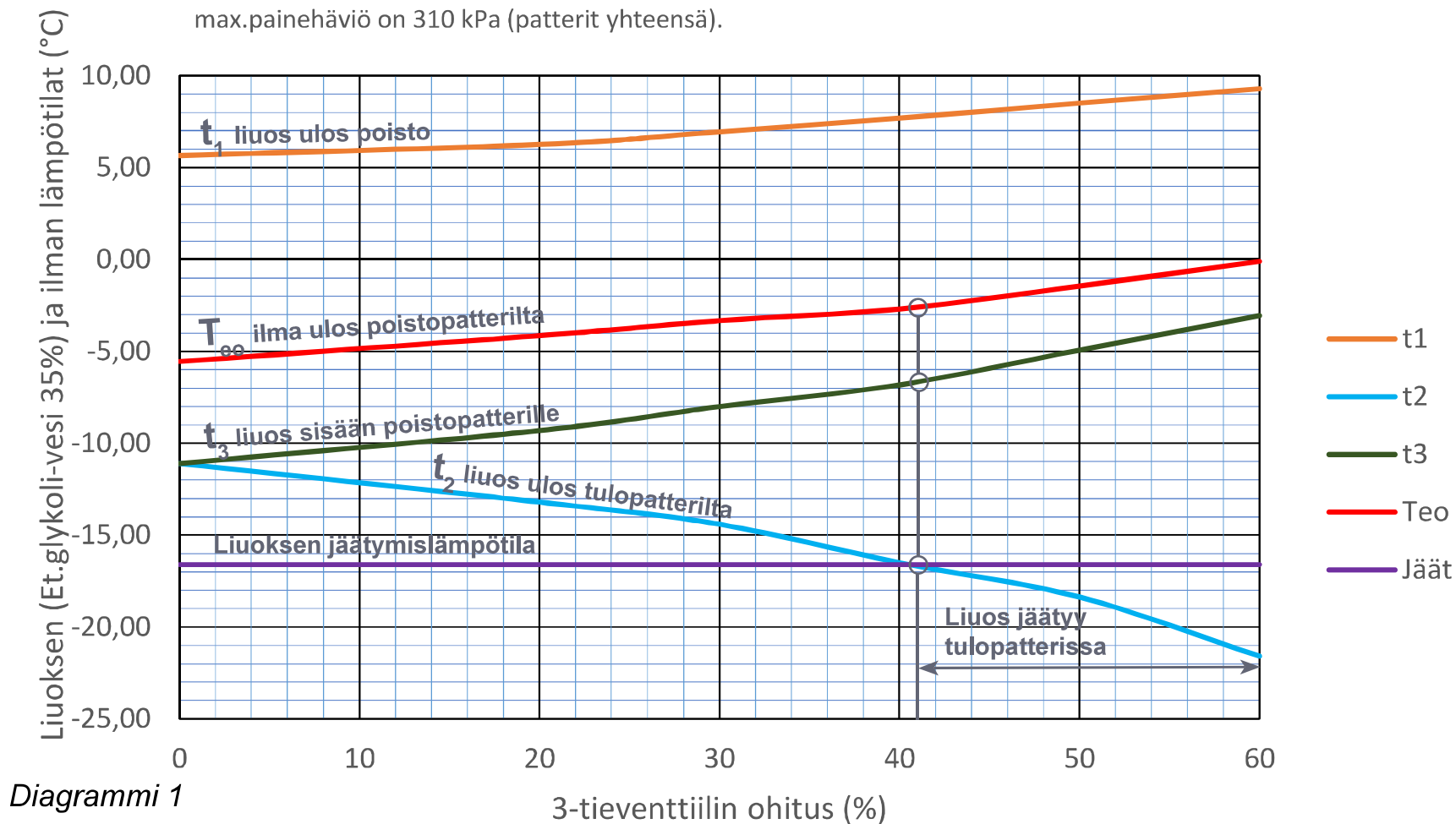
Poistopatterille menevän liuoksen lämpötila min. -1..-1.5°C



Putkikaavio 1

## PERINTEINEN TAPA, HUURTUMISTA EI VOIDA HALLITA.

Ilman ja LTO-liuoksen lämpötilat kun  $t_u = -29^\circ\text{C}$ . Liuosvirta on 1,0 l/s. Nesteen max.painehäviö on 310 kPa (patterit yhteensä).



Diagrammista (1) nähdään, että 1-portaisella patteriparilla ei poistopatterille menevän nesteen lämpötilaa  $t_3$  pystytä 3-tieventtiilillä ohittamalla pitämään huurtumisrajan yläpuolella. Lisäksi jo 41% ohituksella tulopatterin nesteen lämpötila laskee liuoksen jäätymislämpötilan  $-16,6^\circ\text{C}$  alapuolelle. Edelleen ohitusta lisäämällä liuoksen jäätyminen aiheuttaa nestekierron pysähtymisen, jolloin lämmöntalteenoton toiminta lakkaa. Venttiilin ohituksella 0..41% lämpötila  $t_3$  on  $-11..-6,6^\circ\text{C}$  ja patterilta lähtevän ilman lämpötila  $T_{eo}$  on  $-5,5..-2,5^\circ\text{C}$ , eli poistopatterissa tiivistynyt vesi on koko ajan jäämuodossa eikä huurtumisen esto toimi.

# LTO-POISTOPATTERIN HUURTUMISEN RAJOITTAMINEN 2018

## 2. TOIMIVA MENETELMÄ: 2-LOHKOINEN TULOPATTERI JA KAKSI 3-TIEVENTTIILIÄ

### 2.1 Järjestelmän toiminta tasailmavirroilla

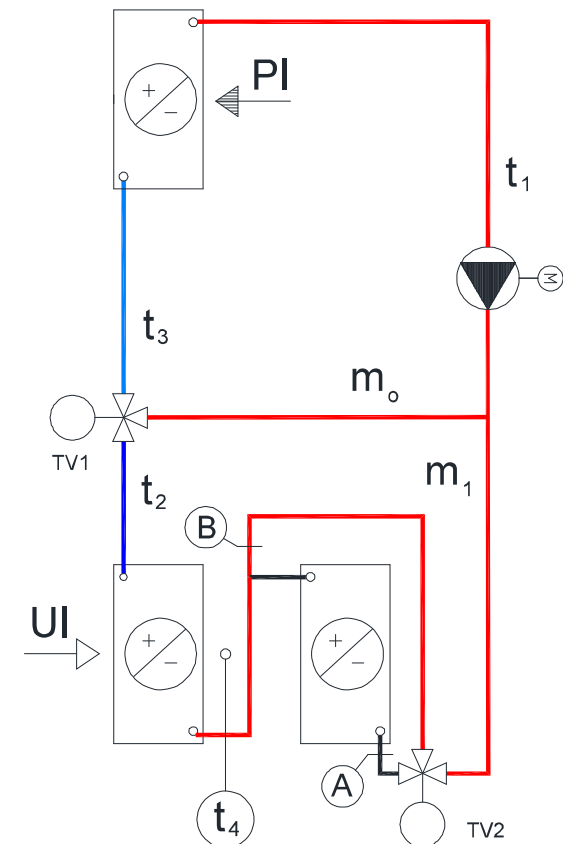
Tulopatteri jaetaan kahdeksi peräkkäiseksi lohkoksi siten, että ilmavirran suunnassa ensimmäisenä oleva porraskäytävä on lämmönsiirtopinta-alaltaan n. 1/4 kummankin patterin yhteisestä pinta-alasta. Lämpötilan  $t_3$  laskiessa huurtumisrajalle, venttiili TV2 ohittaa jälkimmäistä tulopatteria siten, että lämpötila  $t_3$  pysyy huurtumisrajan yläpuolella.

Ulkoilman lämpötilan laskiessa edelleen, jälkimmäinen tulopatteri ohitetaan nestepuolelta lopulta kokonaan ja säätö tapahtuu tästä eteenpäin venttiilillä TV1. Tällä menetelmällä poistopatterin huurtuminen hallitaan kaikissa olosuhteissa, liuos ei jäädy tulopatterissa eikä ongelmia synny.

Nestevirtojen ja pattereiden mitoituksessa on noudatettu likimain seuraavia ohjearvoja:

- Normaali nestevirta: 0,52 l/s per 1 m<sup>3</sup>/s ilmaa
- Huurteenesto nestevirta 0,67 l/s per 1 m<sup>3</sup>/s ilmaa
- Huurteenesto kun  $t_u < -38^\circ\text{C}$  0,78 l/s per 1 m<sup>3</sup>/s ilmaa
- Tulopatterit yht.  $\Delta p_{\text{neste}} > 90 \text{ kPa}$  norm. nestevirralla

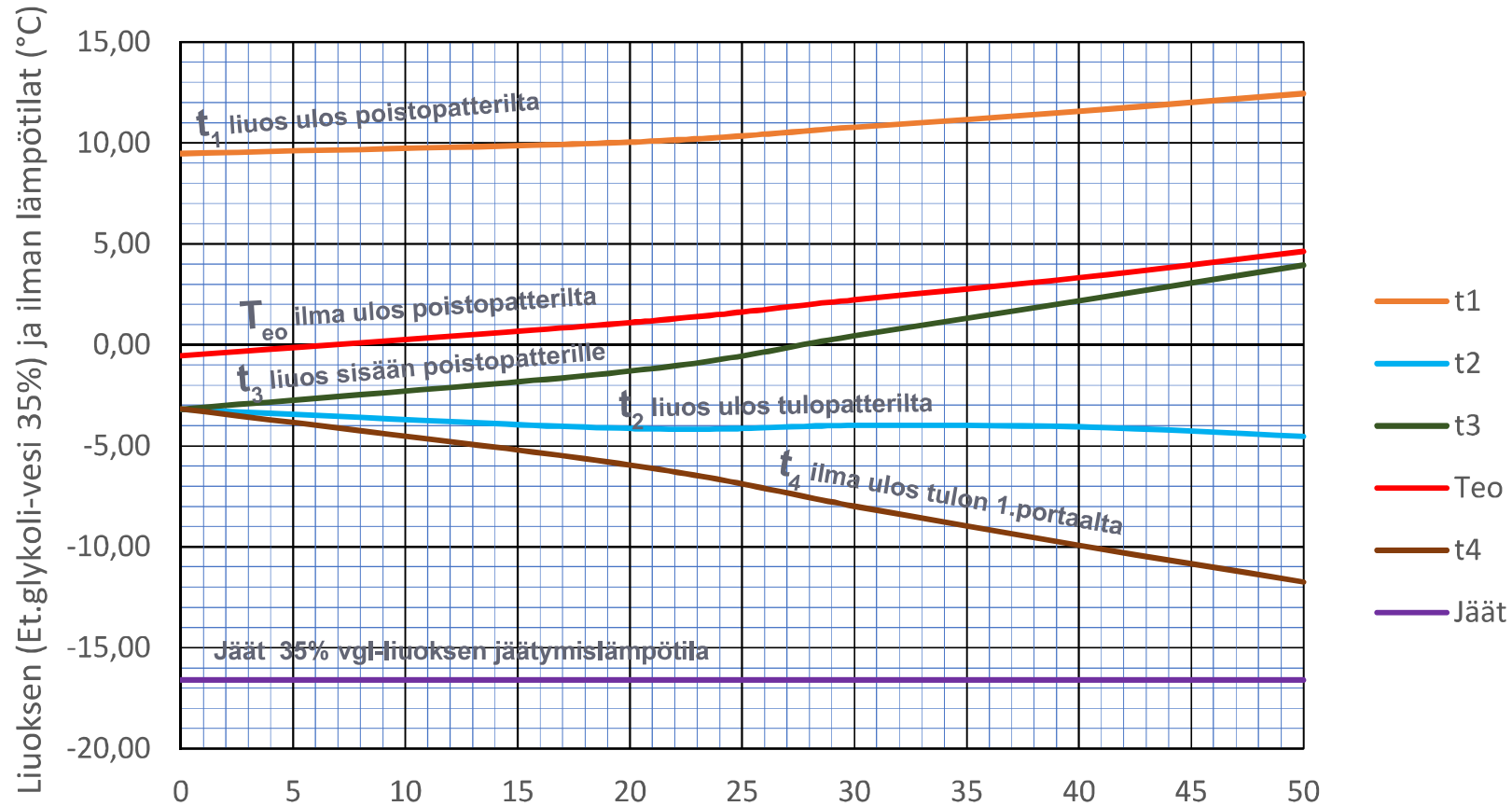
Tällä patterikytkennällä ja toiminnalla estetään tulopatterin nesteen lämpötilan  $t_2$  laskeminen jäätymispisteen alapuolelle kaikissa olosuhteissa. Käytettäväksi suositellaan 35% liuosta vyöhykkeillä I -III ja 40% liuosta ilmastovyöhykkeillä IV.



Putkikaavio 2

## VYÖHYKE II - ILMAVIRTASUHDE (TULO/POISTO) $f = 1,0$ 2-PORTAINEN TULOPATTERI MITOITUSOLOSUHTEISSA

Ilman ja LTO-liuoksen lämpötilat kun  $t_u = -29^\circ\text{C}$  ja käytössä 1. LTO-porras. Liuosvirta on 1,0 l/s. Nesteen max.painehäviö on 310 kPa (patterit yhteensä).



Diagrammi 2

Tulopatterin ohitus nestepuolella (%)

Diagrammista 2 nähdään, että venttiilillä TV1 säätäen ja 1. tulopatteriporrasta käyttäen poistopatterille menevän nesteen lämpötilan  $t_3$  sekä poistuvan ilman lämpötilan  $T_{eo}$  säätö haluttuihin arvoihin onnistuu mitoittavassa ulkoilman lämpötilassa. Nesteen  $t_3$  lämpötila  $-1^\circ\text{C}$  saavutetaan 22% ohituksella.  $T_{eo}$  on tuolla arvolla  $1,3^\circ\text{C}$ . Tulopatterilta lähtevän nesteen lämpötila pysyy kaikissa oloissa jäätymisrajan  $-16,6^\circ\text{C}$  yläpuolella.

# LTO-POISTOPATTERIN HUURTUMISEN RAJOITTAMINEN 2018

---

## 2.2 Järjestelmän toiminta erisuurilla ilmavirroilla

Käytännössä iv-kojeen ilmavirrat ovat harvoin täsmälleen yhtäsuuret. Jos poistoilmavirta on suurempi kuin tuloilmavirta, so. lämmin virta on kylmää virtaa suurempi, huurtumistilanne on helpompi kuin edellä (kts. diagrammi 2). Yleisintä kuitenkin on, että poistoilmavirta on tuloilmavirtaa pienempi. Mitä 2-portaisella tulopatterilla varustetussa järjestelmässä tapahtuu, kun poistoilmavirta on tuntuvasti pienempi kuin tuloilmavirta?

Tlannetta tarkasteltiin sivun 1 mukaisella patteriparilla seuraavasti:

### **Diagrammi 3a sivulla 7**

- Tuloilmavirta on  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Poistoilmavirta on  $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$
- Ilmavirtasuhde =  $1,5/1,25 = 1,2$  (tuloilmaa 20% enemmän kuin poistoilmaa)
- Muut lähtöarvot ovat samat kuin aikaisemmissa esimerkeissä.

### **Diagrammi 3b sivulla 8**

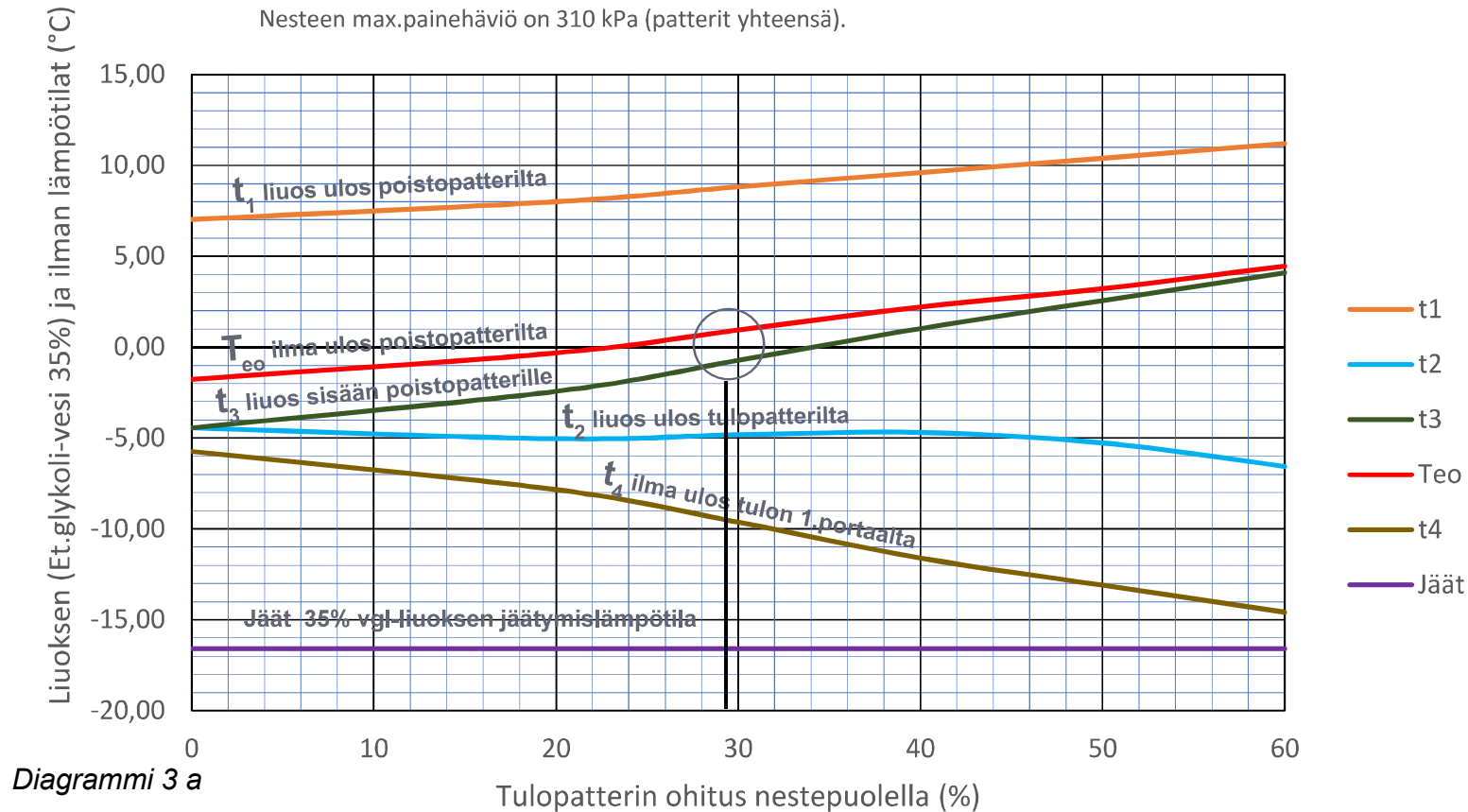
- Tuloilmavirta on  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Poistoilmavirta on  $1,07 \text{ m}^3/\text{s}$
- Ilmavirtasuhde =  $1,5/1,07 = 1,4$  (tuloilmaa 40% enemmän kuin poistoilmaa)
- Muut lähtöarvot ovat samat kuin aikaisemmissa esimerkeissä.

Laskenta on tehty valmistajan D.B.M. SpA valintaohjelmalla iteroimalla tulo- ja poisto LTO- pattereilla laskettuja tuloksia riittävän monta kierrosta. Tulosten perusteella on saatu diagrammien 3a ja 3b laatimisessa käytetyt arvot.

## VYÖHYKE II - ILMAVIRTASUHDE (TULO/POISTO) $f = 1,2$

### 2-PORTAINEN TULOPATTERI MITOITUSOLOSUHTEISSA

Ilman ja LTO-liuoksen lämpötilat kun  $t_u = -29^\circ\text{C}$  ja käytössä 1. LTO-porras. Liuosvirta on  $1,0 \text{ l/s}$ . Nesteen max.painehäviö on  $310 \text{ kPa}$  (patterit yhteensä).

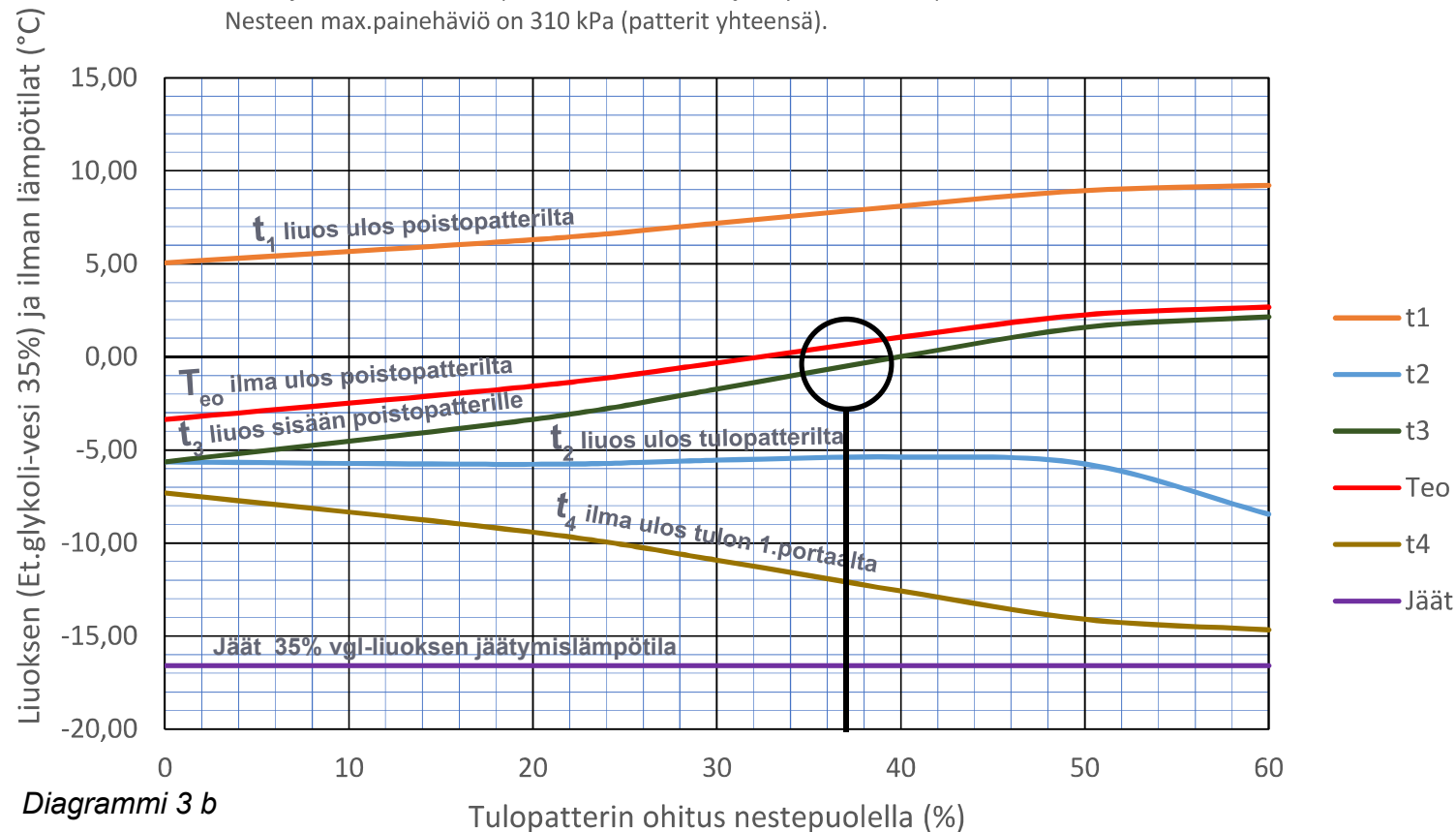


Ylläolevan diagrammin (3 a) mukaan poistopatterilta lähtevän ilman ja patterille tulevan liuoksen lämpötilojen  $T_{eo}$  ja  $t_3$  keskiarvo ylittää  $0^\circ\text{C}$  kun tulopatterin 1. porrasta (ilmavirran suunnassa) ohitetaan n. 29%. Diagrammista nähdään, että venttiilillä TV1 sääten ja 1. tulopatterin porrasta käyttäen nesteen lämpötila  $t_3$  sekä lähtevän ilman lämpötila  $T_{eo}$  voidaan pitää huurtumisalueen yläpuolella. Nesteen  $t_3$  lämpötila  $-1^\circ\text{C}$  saavutetaan 29% ohituksella.  $T_{eo}$  on tuolla arvolla n.  $0,9^\circ\text{C}$ . Tulopatterilta lähtevän nesteen lämpötila pysyy kaikissa oloissa jäätymisrajan  $-16,6^\circ\text{C}$  yläpuolella.

Tämän tarkastelun perusteella voidaan todeta, että ilmastovyöhykkeellä II nestekiertoisen järjestelmän huurtuminen voidaan estää 100% varmuudella kun tulo- ja poistoilmavirtojen suhde on  $\leq 1,20$  ja nestevirran suuruus on n.  $0,67 \text{ l/s}$  tuloilmavirran  $\text{m}^3/\text{s}$  kohti.

## VYÖHYKE II - ILMAVIRTASUHDE (TULO/POISTO) $f = 1,4$ 2-PORTAINEN TULOPATTERI MITOITUSOLOSUHTEISSA

Ilman ja LTO-liuoksen lämpötilat kun  $t_u = -29^\circ\text{C}$  ja käytössä 1. LTO-porras. Liuosvirta on  $1,0 \text{ l/s}$ .  
Nesteen max.painehäviö on  $310 \text{ kPa}$  (patterit yhteensä).



Diagrammi 3 b

Tulopatterin ohitus nestepuolella (%)

Ylläolevan diagrammin (3 b) mukaan poistopatterilta lähtevän ilman ja patterille tulevan liuoksen lämpötilojen  $T_{eo}$  ja  $t_3$  keskiarvo ylittää  $0^\circ\text{C}$  kun tulopatterin 1. porrasta (ilmavirran suunnassa) ohitetaan n. 37%.  $T_{eo}$  on tuolla arvolla n.  $0,8^\circ\text{C}$ . Diagrammista nähdään, että venttiilillä TV1 säätäen ja 1. tulopatterin porrasta käyttäen nesteen lämpötila  $t_3$  sekä lähtevän ilman lämpötila  $T_{eo}$  voidaan pitää huurtumisalueen yläpuolella. Nesteen  $t_3$  lämpötila  $-1^\circ\text{C}$  saavutetaan jo 34% ohituksella. Tulopatterilta lähtevän nesteen lämpötila pysyy kaikissa oloissa jäätymisrajan  $-16,6^\circ\text{C}$  yläpuolella.

Tämän tarkastelun perusteella voidaan todeta, että ilmastovyöhykkeellä II nestekiertoisen järjestelmän huurtuminen voidaan estää 100% varmuudella kun tulo- ja poistoilmavirtojen suhde on  $\leq 1,20$  ja nestevirran suuruus on n.  $0,67 \text{ l/s}$  tuloilmavirran



## TOIMINTASELOSTUS

### Yleistä

Puhallinmoottoreiden pyörimisnopeutta säädetään taajuusmuuttajilla. Kanavapaineet pidetään vakiona. Puhattimet on varustettu ilmavirtamittareilla. Tuloilmakoje on varustettu kahdella peräkkäin asennetulla LTO-patterilla huurtumisen rajoittamiseksi kaikissa ulkoilman olosuhteissa.

### Toiminta kojeen käydessä

#### Lämpötilan säätö

Koje käy jatkuvasti. Toimintoja ohjataan DDC-säätimellä. Ulkoilmapelti FG01 ja jäteilmapelti FG30 ovat auki. Tulo- ja poistoilman kanavapainet PE10 ja PE30 pidetään asetusarvossa muuttamalla puhaltimien pyörimisnopeutta taajuusmuuttajien avulla tarpeen mukaan.

Kojeella pyritään pitämään poistoilman lämpötila TE30 asetellussa arvossa. Tuloilman lämpötilan TE10 mittauksen perusteella säädetään sarjassa venttiileitä TV60, TV50 ja TV45 siten, että TE10:n asetusarvo saavutetaan. Lämmöntarpeen kasvaessa säätöventtiili TV50 on auki jolloin neste virtaa sarjassa kummankin patterin tai kokonaan LTO1.1:n ja osittain LTO1.2:n läpi. PU50:n nestevirta (pyörimisnopeus) rajoitetaan normaaliin mitoitusvirtaamaan. TE10 asetusarvo määräytyy poistoilman lämpötilan TE30 perusteella (esim. 16..19°C).

#### Huurtumisen rajoittaminen

Ulkoilman lämpötilan laskiessa pumpun PU50 virtaamaa lisätään aseteltuun huurtumisenrajoitusarvoon saakka (normaalivirtaama + 20%) siten, että nesteen lämpötila TE4 ei alita huurtumisrajaa (esim. -1..-2°C). Kun virtaaman maksimiarvo on saavutettu ja lämpötila TE4 pyrkii edelleen laskemaan, ohitetaan patteria LTO1.2 sulkemalla venttiiliä TV50.

Kun LTO1.2 on kokonaan ohitettu, ja TE4 pyrkii edelleen las-

kemaan, patteria LTO1.1 ohitetaan sulkemalla venttiiliä TV51 siten, että TE4 ei laske asetellun lämpötilan alapuolelle. Kun ulkoilma lämpötila nousee, toiminta on päinvastainen.

### Turvatoiminnot

- jos paluuveden lämpötila laskee asetellun arvon alapuolelle, pelti FG01 sulkeutuu ja tapahtuu hälytys
- puhaltimien käynti on lukittu pumpun käyntiin
- pelti FG01 (jousipal.) on lukittu tulopuhaltimen käyntiin
- pelti FG30 (jousipal.) on lukittu poistopuhaltimen käyntiin
- pumppu PU40 käy jatkuvasti
- puhaltimien taajuusmuuttajien hälytys: koje pysähtyy
- jos suodattimien paine-ero ylittää painelähtettimien PDE asettelurajan, tapahtuu hälytys
- Lämpötilan TE10/TE30 ylittäessä 50°C puhaltimet pysähtyvät ja tapahtuu hälytys
- Kun iv-hätä-seis painiketta painetaan, puhaltimet pysähtyvät ja tapahtuu hälytys

### Varusteet

Puhaltimien Ilmavirtamittarit FI 1 ja FI 2 toimivat paikallisina ilmavirtamittareina. Tarvittaessa niistä saadaan ilmavirtatieto 0-10V viestillä.

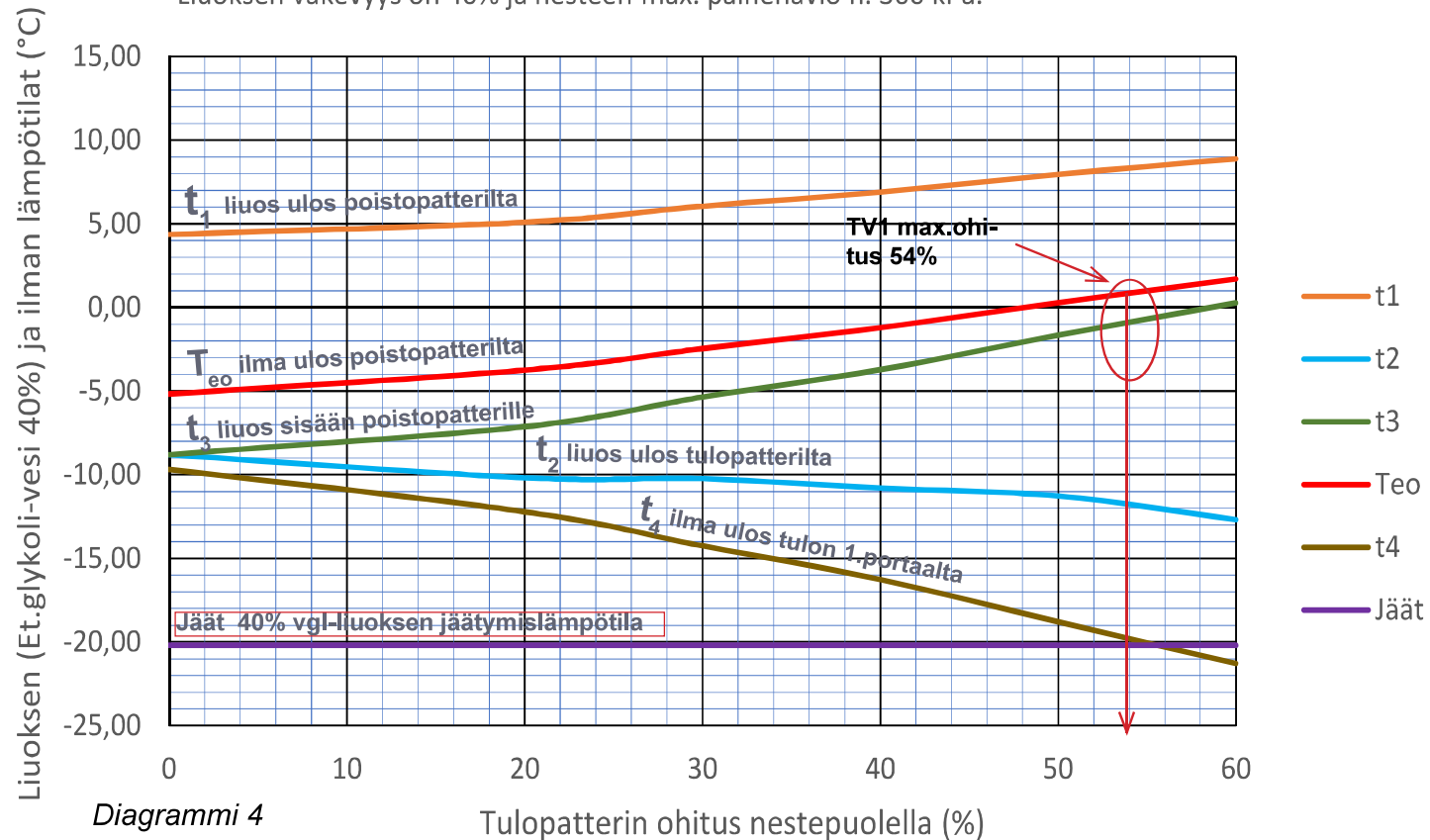
# LTO-POISTOPATTERIN HUURTUMISEN RAJOITTAMINEN 2018

## 4. JÄRJESTELMÄN TOIMINTA ERITTÄIN KYLMISSÄ OLOSUHTEISSA

### VYÖHYKE IV - ILMAVIRTASUHDE (TULO/POISTO) $f = 1$ , $t_u = -43^\circ\text{C}$

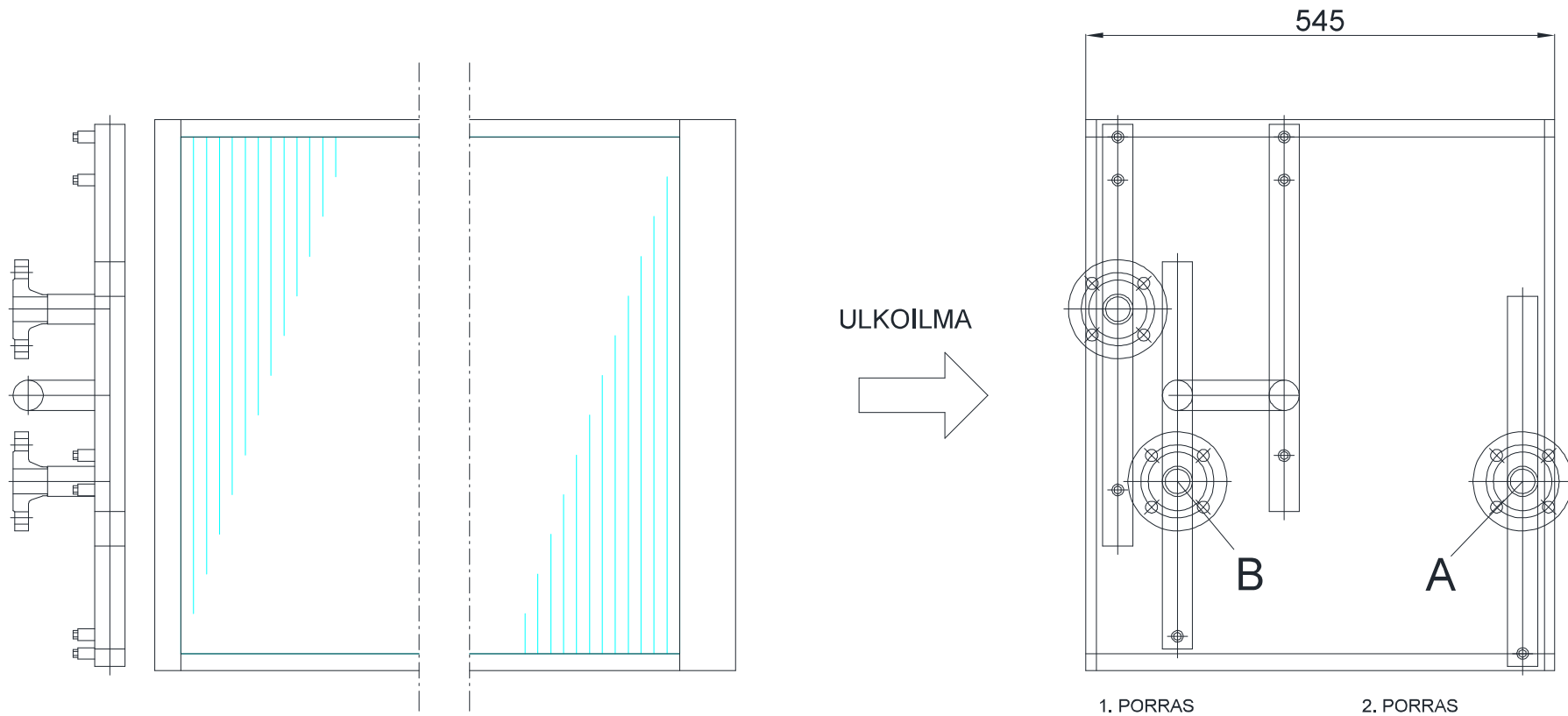
Ilman ja LTO-liuoksen lämpötilat kun käytössä on tulopatterin 1. porras.

Liuoksen väkevyys on 40% ja nesteen max. painehäviö n. 300 kPa.



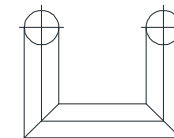
Diagrammi 3 on laadittu  $-43^\circ\text{C}$  ulkolämpötilassa vallitsevalla tilanteella aikaisempien esimerkkien mukaisilla LTO-pattereilla. Ekodirektiiviolosuhteiden mitoitusnestevirtaa on lisätty 50%, jolloin järjestelmä toimii tasailma-  
virroilla siten, että poistopatterilla tiivistyvän veden huurtuminen sekä liuoksen jäätyminen tulopatterin sisällä estetään. Mikäli ilmapuhtausuhde on yli 1, liuoksen väkevyttä on lisättävä.

## 5. KOMPAKTI 2-PORTAINEN TULOPATTERIRATKAISU TANIPLAN OY:N VALIKOIMASSA



2-portainen tulopatteri voidaan rakentaa yhdeksi lohkoksi, jolloin portaiden välinen yhdysputki on kytketty valmiiksi ja portaat on asennettu yhteiseen kehykseen.

Laippaliitokset A ja B vittaavat sivun 2 putkikytkentäkaavion vastaaviin kohtiin. Kuvan patteriratkaisu sisältyy Taniplan Oy:n tuotevalikoimaan.



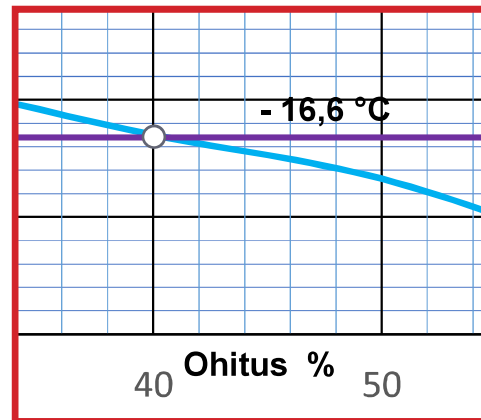
YHDYS-  
PUTKI  
DET.

# LTO-POISTOPATTERIN HUURTUMISEN RAJOITTAMINEN 2018

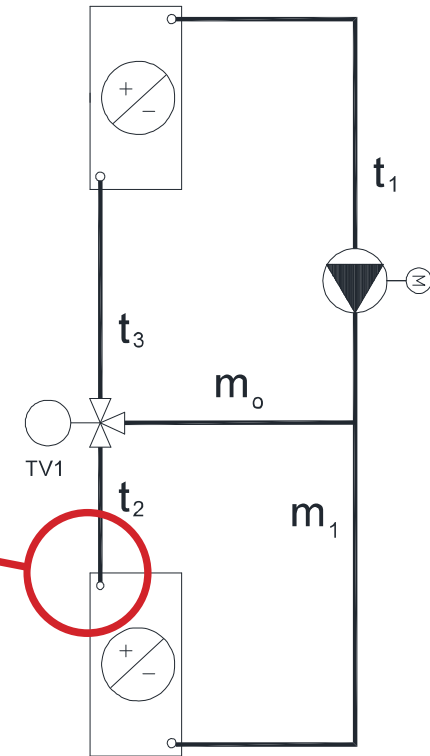
## 6. MIKSI LÄMMÖNTALTEENOTTO EI TOIMI VANHALLA HUURTEENESTOTAVALLA ?

Laitoksissa, joissa iv-kojeet käyvät jatkuvasti, LTO-liuoksen kierto on talvisin jossakin vaiheessa pysähtynyt. Tulopatterin liuos on jäänyt nestevirtaa ohitettaessa. Pattereiden nestevirrat oli usein mitoitettu liian pieniksi. Patteriden huurtumista/jäätymistä ei tunnistettu. Alla näkymä sivun 1 diagrammista vanhalla huurtumisenestotavalla, joka aiheuttaa 35% glykoli-vesiliuoksen jäätyksen patterissa II vyöhykkeellä. Läsna on myös aina nestettä, mutta jäänyt vesi muodostaa kiertopiirin loppupäähän sohjon, joka ensin pienentää kiertävän liuoksen määrää. Tämä nopeuttaa lopun patterissa olevan nesteen jäätymistä, ja kierto estyy lopulta kokonaan. Tämä aiheuttaa mm. levylämmönsiirtimeen verrattuna poikkeavan käyttäytymisen:

- Levysiirrin huurtuisi lopulta umpeen, jos huurteenpoisto ei toimi ja iv-koje käy koko ajan (varustettava lohkosulatuksella). Vika huomattaisiin, koska ilmanvaihto ei toimi.
- LTO-poistopatteri on alussa huurtunut ja ilmavirta pienentynyt. Kun tulopatterin sisällä oleva liuos jäätyy ja kierto estyy, poistopatterin huurre sulaa poistoilman lämmöstä, vaikka koje kävisi jatkuvasti.
- Jos jälkilämmityspatterin teho riittää, LTO:n toiminnan häiriötä ei edelleenkään huomata. Syntyi myytti ”glykoli-vesiliuos ei jäädy, jos neste liikkuu”. Todellisuudessa kiertopumppu käy mutta hyötysuhde on  $\sim 0$ .



Liuos jäätyy, koska tulopatterilta lähtevän liuoksen lämpötila laskee  $-16,6^{\circ}\text{C}$  alapuolelle kun patteria ohitetaan n. 40%. Nesteen jäätyessä poistopatterille menevän liuoksen lämpötila  $t_3$  on  $-6,8^{\circ}\text{C}$  ja poistopatterilta lähtevän ilman lämpötila  $-2,8^{\circ}\text{C}$ . Poistopatteri on jo ollut liikaa huurtuneena (Diagrammi 1 sivulla 1).



Huurtumisen rajoittaminen onnistuneesti on elintärkeää ilmanvaihtolaitoksissa, joiden on toimittava keskeytyksettä 24 h vuorokaudessa. Tällaisia ovat mm. asuinkerrostalot, sairaalat, hoivalaitokset, teollisuuden prosessit jne.

## 7. LÄMMÖNSIIRTONESTEIDEN OMINAISUUKSIA

### Etyleeniglykoli-vesi-liuoksen ominaisuuksia

p	(%)	20	25	30	35	40	45	50
t <sub>f</sub>	(°C)	-6,9	-9,9	-13,1	-16,6	-20,2	-23,9	-27,6
ρ	(kg/dm <sup>3</sup> )	1,029	1,037	1,044	1,052	1,06	1,067	1,074
c <sub>p</sub>	(kJ/kgK)	3,86	3,75	3,63	3,52	3,41	3,29	3,18

### Propyleeniglykoli-vesi-liuoksen ominaisuuksia

p	(%)	20	25	30	35	40	45	50
t <sub>f</sub>	(°C)	-8	-11	-14,6	-18,9	-24	-30	-37,1
ρ	(kg/dm <sup>3</sup> )	1,048	1,024	1,030	1,036	1,042	1,045	1,049
c <sub>p</sub>	(kJ/kgK)	4,04	3,96	3,88	3,80	3,72	3,61	3,51

p = Liuospitoisuus painoprosenttina

t<sub>f</sub> = Jäätymislämpötila

ρ = Tiheys

c<sub>p</sub> = Ominaislämpökapasiteetti

Helsinki 1.2.2018



Jussi Tani

Taniplan Oy  
Kylätie 18 B 20  
00320 Helsinki  
info@taniplan.fi  
www.taniplan.fi

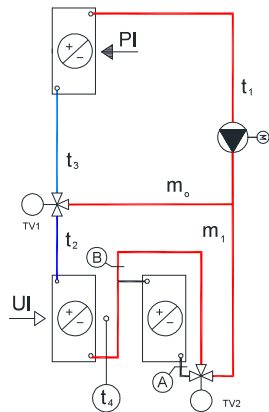
# ENERGIANKULUTUKSEN JA TALTEEN SAADUN ENERGIAN OSUUDEN MÄÄRITTÄMINEN LÄMPÖTILAN PYSYVYYSTIETOJEN MUKAAN

## 1. Meteorologiset perusteet

Laskennassa on käytetty D5(2007):n säävyöhykkeiden tietoja.

## 2. Huurteeneston aloituksen määrittely

Säätöjärjestelmä pitää lämpötilan  $t_3$  arvioidun huurtumisrajan (-1...-2°C) yläpuolella ohittamalla ensin tulopatterin 2. porrasta venttiilillä TV2. Kun poistopatterille menevän liuoksen lämpötila alenee edelleen ja 2. porrasta on kokonaan ohitettu, säätö siirtyy venttiilille TV1, jolla nestevirta ohjataan tarvittavassa määrin 1. patteriportaan ohi siten, että lämpötila  $t_3$  ei alita aseteltua arvoa.



Alla on taulukko mitoitusajasta siten, että tulopatterin portaat toimivat sarjassa eikä 1. porrasta ohiteta. Poistoilman suhteellinen kosteus on 30% ja lämpötila 22°C.

$t_u$	$q_i$		$\eta_{luo}$	$T_{eo}$	$t_2=t_3$	H
°C	l/h	l/s	%	°C	°C	kPa
5,00	2800	0,78	69,1	10,45	9,63	142
0,00	2800	0,78	69,1	7,31	5,96	182
-5,00	2800	0,78	69,1	4,40	2,32	188
-10,40	3000	0,83	67,5	2,36	-1,00	190
-12,61	3600	1,00	65,8	1,44	-1,00	238
-15,00	3600	1,00	65,8	0,50	-2,52	242
-20,00	3600	1,00	65,8	-1,20	-5,82	248
-25,00	3600	1,00	65,8	-2,99	-8,89	256
-30,00	3600	1,00	65,8	-4,84	-11,93	264
-38,00	3600	1,00	65,8	-8,03	-16,61	270

Taulukko 1: Lämpötilat ilman huurtumisen estoa

Taulukosta nähdään, että huurteeneston on käynnistytävä -12,61°C ulkolämpötilan alapuolella. Patterit on mitoitettu 0,78 l/s nestevirralla. Nestevirtaa on jouduttu lisäämään -12°C kohdalla 1,0 l/s:ssa jotta lämpötila  $t_3$  ei alene siten, että poistopatterin ilman sisältämä kosteus jäätyy lämmönsiirtopinnoille.

## 3. Hyötysuhteen määrittely huurtumisrajan alapuolella

Poistopatterilta lähtevän ilman lämpötila ei voi olla alle +1...1,5°C jotta lämmönsiirtopinnat pysyvät huurteettomina. Jäljempänä taulukot poistoilman entalpiamuutokselle 20% ja 30% suhteellisella kosteudella kun poistoilman lämpötila on 20-24°C. Kun jäteilman minimilämpötila on saavutettu, poistopatterista saadaan vakioiteho, jolla ulkoilman lämmönousu voidaan laskea. Lasketuista lämpötiloista saadaan tuloilman hyötysuhde, jota käytetään laskettaessa LTO-energian sekä jäljelle jäävän lisälämmöntarpeen määrä. Huurteen estämiseen kuluva energia saadaan laskennassa vertaamalla huurteettoman järjestelmän hyötysuhtetta todelliseen hyötysuhteeseen sinä aikana, kun huurtumisen eston on oltava käynnissä.

$t_1$	$i_1$	$t_2$	$i_2$	$\Delta i$
°C	kJ/kg	°C	kJ/kg	kJ/kg
24	38,21	1,48	11,99	26,22
23	36,37	1,47	11,97	24,4
22	34,57	1,5	12,02	22,55
21	32,81	1,52	12,06	20,75
20	31,09	1,52	12,06	19,03

Taulukko 2: RH 30%

$t_1$	$i_1$	$t_2$	$i_2$	$\Delta i$
°C	kJ/kg	°C	kJ/kg	kJ/kg
24	33,49	1,03	10,34	23,15
23	31,93	1	9,77	22,16
22	30,39	1,01	9,24	21,15
21	28,89	0,97	8,71	20,18
20	27,41	0,98	8,25	19,16

Taulukko 3: RH 20%

Taulukoissa:

$t_1$  = poistopatterille tulevan ilman lämpötila  
 $i_1$  = tulevan poistoilman entalpia  
 $t_2$  = poistopatterilta lähtevän ilman lämpötila  
 $i_2$  = poistopatterilta lähtevän ilman entalpia  
 $\Delta i$  = talteen otettavissa oleva entalpiaero

## Huurtumisrajan määrittely

Alla esimerkkitaulukko huurtumislämpötiloista kun poistoilman suhteellinen kosteus on 30% tai 20%. Huurtumisraja, ts. huurtumisen rajoituksen aloituslämpötila lasketaan patterivalmistajan ohjelmalla pitäen tulevan nesteen ja lähtevän ilman lämpötilat sivulla 1 annetuissa rajoissa.

Poisto- lämpöt	RH 30%	RH 20%
°C	°C	°C
24	-15,78	-12,60
23	-14,38	-11,84
22	-12,88	-11,27
21	-11,40	-10,70
20	-11,27	-10,07

Taulukko 4: Huurtumislämpötiloja

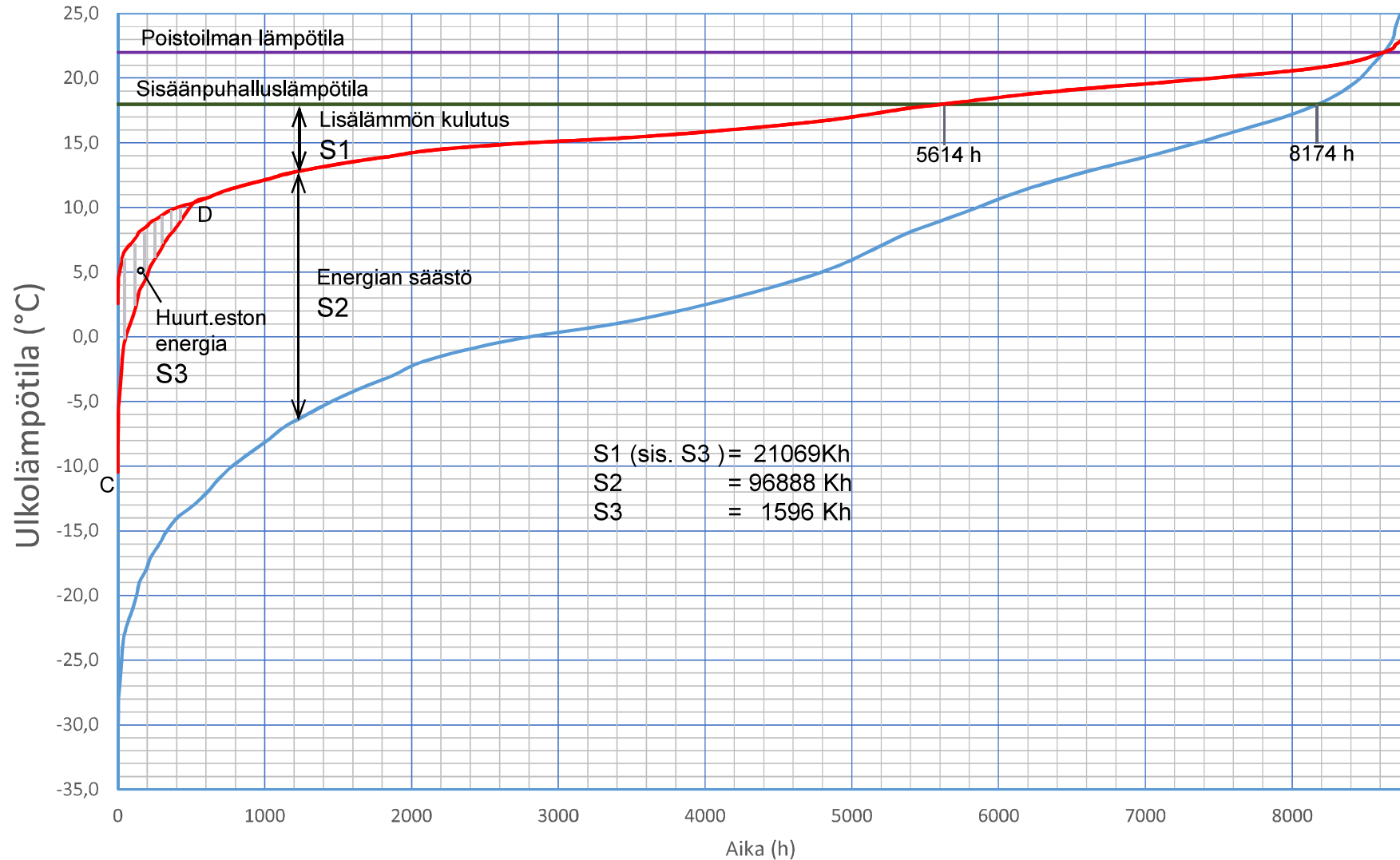
## 4. Laskennan suorittaminen, johtopäätökset

Laskenta on tehty esimerkkipattereilla 1,5 Sm<sup>3</sup>/s ilmavirroilla ja patteriparin ekodirektiivin mukaisella hyötysuhteella 68%. Poistoilman tila on 22°C ja 30% RH. Kyseinen menetelmä on välttämätön kaikilla Suomen ilmastovyöhykkeillä jos järjestelmän lämpötilahyötysuhde on => 68%.

Viite **ESIMERKKI**  
 Kohde **X**

Päiväys **13.3.2018**  
 Käsittelijä **JT**

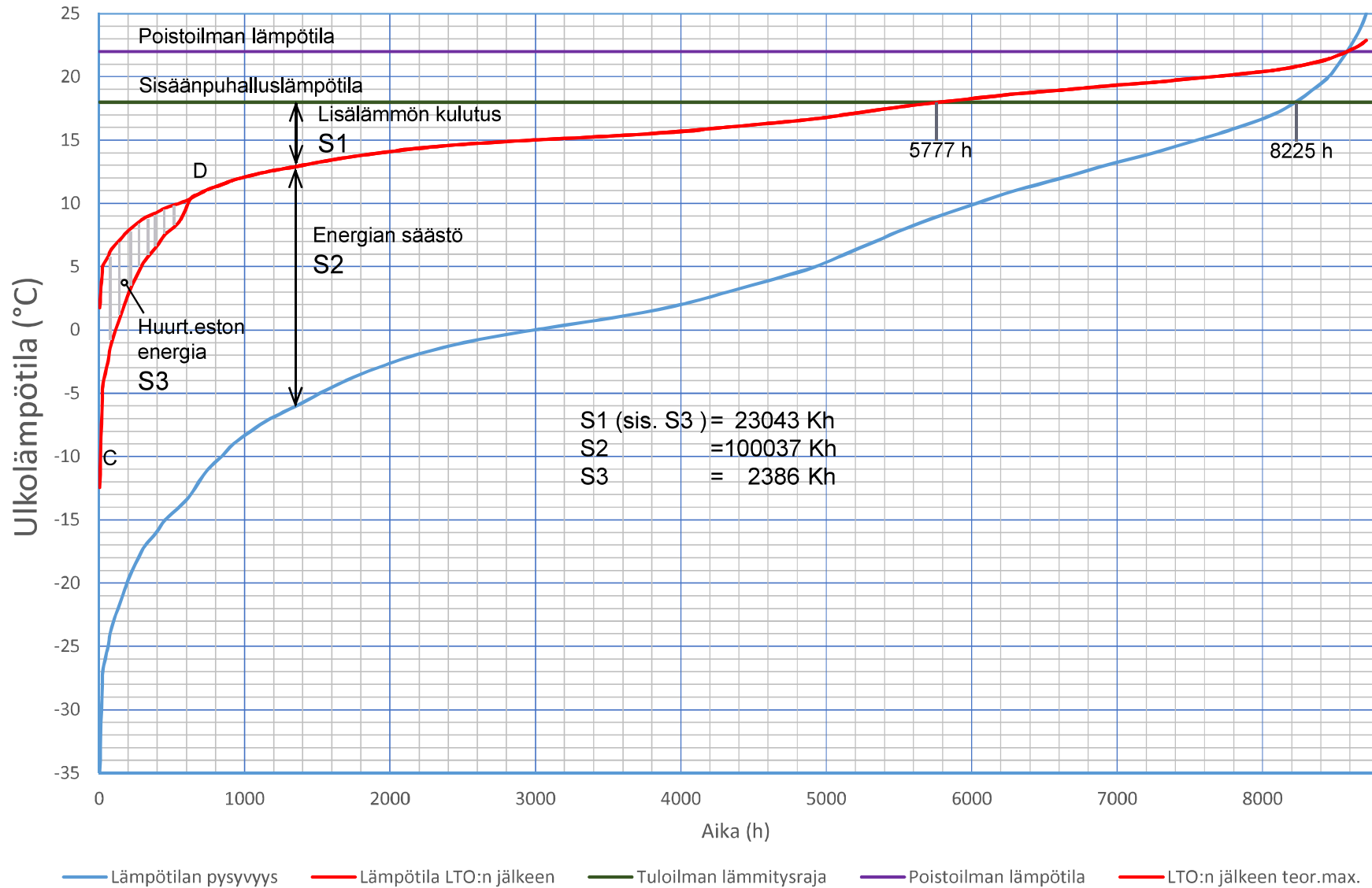
### Lämpötilan pysyvyys I vyöhykkeellä



Viite **ESIMERKKI**  
 Kohde **XXX**

Päiväys **7.3.2018**  
 Käsittelijä **JT**

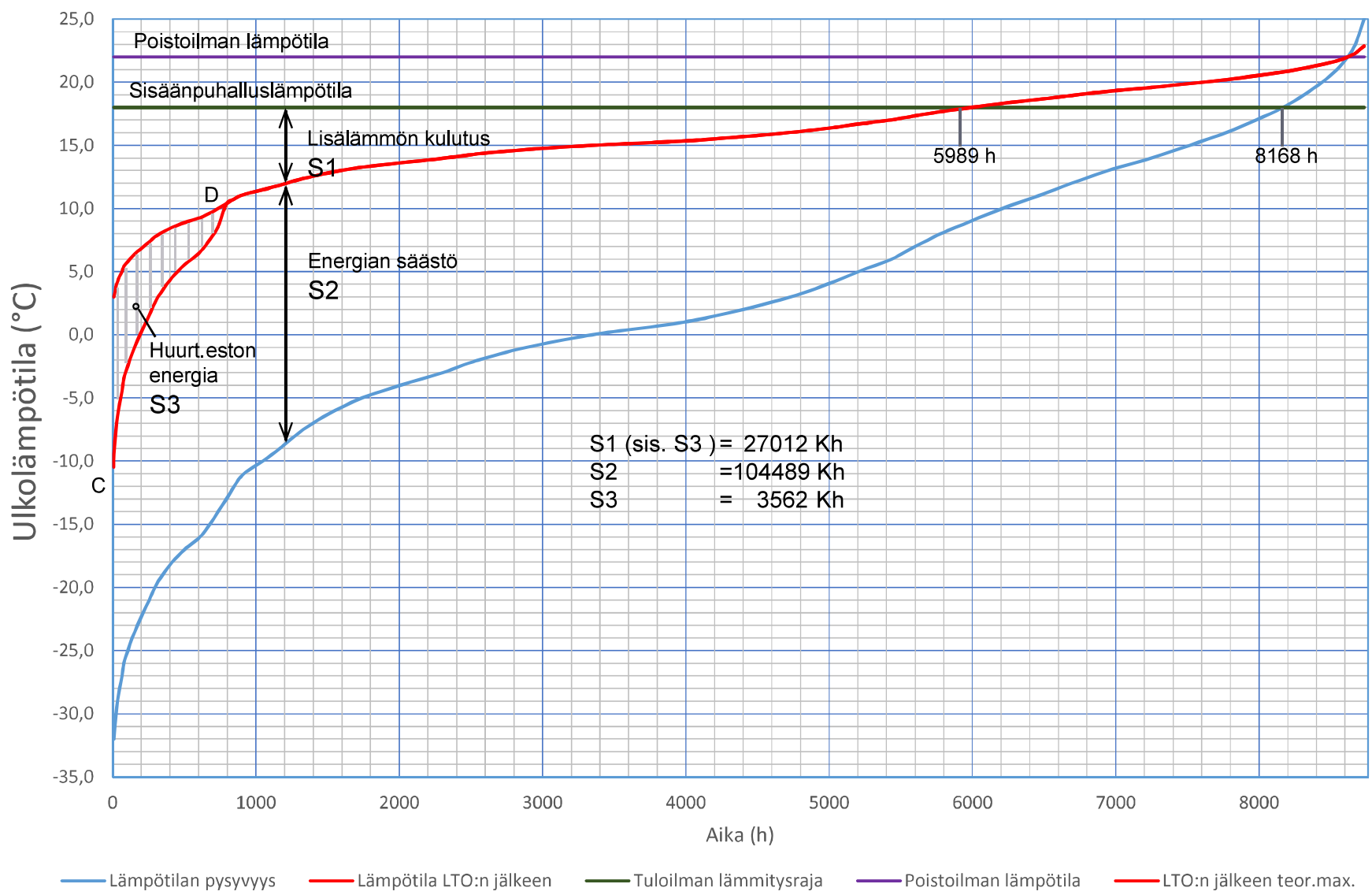
### Lämpötilan pysyvyys II vyöhykkeellä



**Viite**            **ESIMERKKI**  
**Kohde**           **XXX**

**Päiväys**        **7.3.2018**  
**Käsittelijä**    **JT**

Lämpötilan pysyvyys III vyöhykkeellä



Viite **ESIMERKKI**  
 Kohde **XXX**

Päiväys **7.3.2018**  
 Käsittelijä **JT**

### Lämpötilan pysyvyys IV vyöhykkeellä

