

Veijo Ukkola

**IIN KUNNANVARIKON ILMANVAIHTOKONE JA ILMA-VESILÄM-
PÖPUMPPU**

IIN KUNNANVARIKON ILMANVAIHTOKONE JA ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU

Veijo Ukkola
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Veijo Ukkola

Opinnäytetyön nimi: lin kunnanvarikon ilmanvaihtokone ja ilma-vesilämpöpumppu

Työn ohjaajat: Veli-Matti Mäkelä ja Jukka Härkin

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 37 + 4 liitettä

Työn tavoitteena oli tehdä toimintakoe lin kunnanvarikon ilmanvaihtokoneelle, jonka automatiikka oli uusittu ja vanhat hihnakäyttöiset puhaltimet oli vaihdettu suoravetoisiin. Lisäksi tavoitteena oli perehtyä samaan rakennukseen asennettuun ilma-vesilämpöpumppuun ja tehdä pumpulle yksinkertaistetut käyttöohjeet eri säätöjen asettamista varten.

Työn teossa rakennuksen ilma-vesilämpöpumppuun perehtyminen tapahtui tutkimalla kylmätekniistä kiertoprosessia sekä lämpöpumpun tekniikkaa. Lämpöpumpulle tehtiin tiivis käyttöohje pumpun yksinkertaisimpien asetusten, muun muassa sisälämpötilan hallinnasta. Työssä myös tutkittiin, että toimiiko pumppu sillä tehokkuudella mitä valmistaja ilmoittaa. Ilmanvaihtokoneen osalta perehdyttiin toimintakokeen sisältöön ja toimintakokeen suorituksesta luotiin liitteistä löytyvä toimintakoeopöytäkirja. Työn teossa tarvittuja tietoja ja materiaaleja etsittiin alan kirjallisuudesta, rakennustiedon tietokannasta, rakennukseen asennetun lämpöpumpun valmistajalta sekä työn ohjaajilta ja kunnanvarikon työntekijöiltä kysymällä.

Työn tuloksina voidaan todeta rakennukseen asennetun lämpöpumpun toimivan valmistajan ilmoittamalla tavalla. Voidaan myös sanoa nykyaikaisen lämpöpumpun olevan erittäin vaivaton ja helppokäyttöinen käyttäjälleen. Myös ilmanvaihtokone toimii suunnitellusti.

Asiasanat: ilmanvaihtolaitteet, jäähdytyslaitteet, kestävä kehitys, kylmätekniikka, lämpöpumput

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 ILMA-VESILÄMPÖPUMPUN TOIMINTAPERIAATE	6
2.1 Kylmätekniinen kiertoprosessi	7
2.2 Kylmälaitoksen pääkomponentit	10
2.2.1 Kompressori	10
2.2.2 Lauhdutin	10
2.2.3 Paisuntaventtiili	10
2.2.4 Höyrystin	13
2.3 NIBE F2120 -lämpöpumppu	13
2.4 R410A-kylmäaine	16
3 TOIMINTAKOE	18
3.1 Toimintakokeita varten vaadittava eri urakoiden valmiusaste	19
3.2 Tarkastettavat kohteet	20
3.3 Ilmanvaihtokoneen toimintakoe	20
4 LÄMPÖPUMPUN ASETUSTEN SÄÄTÖ JA VIRITYS	22
5 KÄYTÖNOPASTUS	28
5.1 Lämmityksen säätökäyrä	28
5.2 Loma-ohjelma	31
5.3 Ohjelman luominen eri viikonpäiville	31
5.4 Asteminuuttiasetukset ja lisälämmön kytkeytyminen	32
5.5 Sulatus	32
6 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	
Liite 1 Toimintakoeopöytäkirja	
Liite 2 Säätoakaavio TK01	
Liite 3 KytKentäkaavio IVLP01	
Liite 4 Käytönopastuksen ohje	

1 JOHDANTO

Työn teettäjänä toimi Iin kunta, jossa energia-asiat ovat vahvasti esillä. Vuonna 2017 Iin kunta voitti Euroopan komission RegioStars 2017 -kilpailun. Ii tavoittelee hiilineutraalisuutta jätteettömyyden ja globaalisti kestävästä kulutuksesta ohella vuoteen 2050 mennessä. Kunta on mukana Motivan ja Suomen ympäristökeskuksen vetämässä FISU (Finnish Sustainable communities) -verkostossa sekä Suomen ympäristökeskuksen vetämässä HINKU (Hiilineutraalit kunnat) -verkostossa. (1, s. 4.)

Ii on noin 10 000 asukkaan kunta Pohjois-Pohjanmaalla Perämeren rannikolla. Sen naapurikuntia ovat Oulu, Pudasjärvi, Ranua ja Simo. Energiantuotannon kannalta Ii on omavarainen, ja kunnassa panostetaan uusiutuvan energian tuotantoon. Vuonna 2014 sähköenergiaa uusiutuvilla energialähteillä tuotettiin noin 573 GWh, josta Raasakan vesivoimalaitoksen osuus oli 400 GWh, tuulivoimaloiden 133 GWh ja puuenergian 40 GWh. Sähköenergiaa lissä käytetään noin 80 GWh vuodessa, joten energiaa viedään myös kunnan ulkopuolelle. Kunnan kiinteistöihin on tehty huolto- ja säätötoimenpiteitä, ja niiden käyttäjiä on koulutettu toimimaan energiaa säästävien toimintamallien mukaisesti. Kunta tavoittelee vuoteen 2020 mennessä 80 %:n vähennystä hiilidioksidipäästöissä, mikä on 30 vuotta EU:n ilmastotavoitetta edellä. (1, s. 6.)

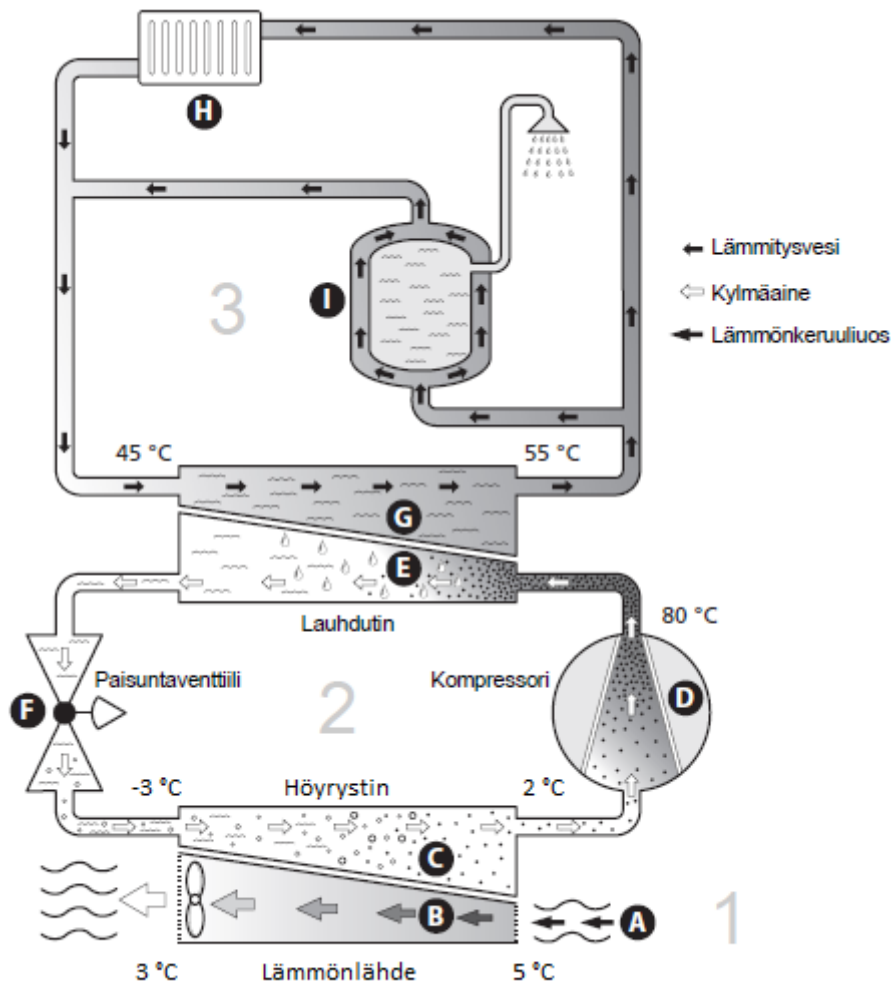
Työn kohteena toimi Iin kunnanvarikolle alkuvuodesta 2018 puhaltimien ja automatiikan osalta uusittu ilmanvaihtokone sekä rakennukseen asennettu ilma-vesilämpöpumppu, jolla korvattiin rakennuksen aikaisempi suora sähkölämmitys. Nykyään lämpöpumppu lämmittää patteri- ja iv-verkostossa kiertävän lämmitysveden. Lämpöakkuna verkostossa toimii varaaja, jonka tilavuus on 1 m³. Rakennuksen lämmin käyttövesi lämpiää erillisessä varaajassa suoralla sähköllä.

Työn aikana tehtiin Iin kunnanvarikon uusitulle iv-koneelle toimintakoe sekä perehdyttiin rakennuksen uuden ilma-vesilämpöpumpun ja sen ohjainyksikön toimintaan ja käyttöön. Lisäksi pumpulle laadittiin tiivis käyttöohje.

2 ILMA-VESILÄMPÖPUMPUN TOIMINTAPERIAATE

Kuvassa 1 esitetty ilma-vesilämpöpumppu kerää ilmassa olevaa energiaa, joka muutetaan lämmöksi kolmessa eri piirissä. Nämä piirit ovat lämmönkeruupiiri, kylmäainepiiri sekä lämmityspiiri. Ensimmäisenä ulkoilma ohjautuu höyrystimelle puhaltimen aikaansaaman virtauksen vaikutuksesta. Höyrystimessä kylmäaine vastaanottaa lämpöenergiaa ulkoilmasta. Höyrystimen jälkeen sähkökäyttöinen kompressori imee ja puristaa höyrystimessä kaasuuntuneen kylmäaineen. (2, s. 11.)

Kompressorin tekemän työn vaikutuksesta kaasun lämpötila nousee voimakkaasti. Kompressori työntää kylmäaineen lauhduttimeen, jossa kylmäaine jäähtyy, tiivistyy nesteeksi ja luovuttaa lämpöä talon vesikiertoiseen lämmityspiiriin. Lauhduttimen jälkeen kylmäaineen paine lasketaan paisuntaventtiilin avulla, minkä jälkeen se kulkeutuu jälleen höyrystimelle ja aloittaa uuden kierron. Kylmäaineesta lämpöä vastaanottanut vesi kiertää lämminvesivaraajaan ja lämmityspattereihin sekä siirtää lämpöä lämpimän käyttöveden lämmityskierukoihin. (2, s. 11.) lin kunnanvarikolla käyttövesi lämmitetään sähköllä erillisessä varaajassa.



KUVA 1 Ilma-vesilämpöpumpun toiminta (2, s. 10)

2.1 Kylmätekninen kiertoprosessi

Lämpöpumpun toiminta perustuu siinä kiertävän kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhtumiseen. Tämä saadaan aikaan prosessiin tehdyn työn eli käytännössä kompressorin ottaman sähkötehon avulla (3, s.17). Koska lämpö siirtyy aina lämpimästä kylmempään termodynamiikan 2. pääsäännön mukaisesti, täytyy kylmätekniseen prosessiin aina tehdä työtä, mikäli halutaan siirtää lämpöä matalammasta lämpötilasta korkeampaan (3, s. 17).

Höyrystimessä kylmäaine kaasuuntuu sekä tulistuu matalassa paineessa ja lämpötilassa. Tämän jälkeen kylmäaine imetään kompressorille, joka puristaa sen

korkeampaan paineeseen. Kompressorin prosessiin tekemän puristuksen vaikutuksesta kylmäaineen lämpötila nousee ja se tulistuu lisää. Lauhduttimeen kompressorilta tuleva kylmäaine lauhtuu nesteeksi luovuttaen höyrystimessä sitoutuneen lämmön lämmityspiiriin. Tämän jälkeen prosessissa seuraa paisuntaventtiili. Siinä lauhduttimen jäljiltä nestemäisenä oleva kylmäaine jäähtyy, paisuu ja osittain höyrystyy jo ennen höyrystintä. (3, s. 18.)

Lämpöpumpun tehokkuutta kuvataan lämpökertoimen eli COP-arvon (coefficient of performance) avulla, joka voidaan määrittää kaavan 1 avulla seuraavalla tavalla (4, s. 536):

$$COP = \frac{\dot{Q}_l}{P_k} = \frac{Q_l}{W_k} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad \text{KAAVA 1}$$

\dot{Q}_l = lauhduttimen lämpöteho [W]

P_k = kompressorin ottoteho [W]

Q_l = lauhduttimen tuottama lämpöenergia [J]

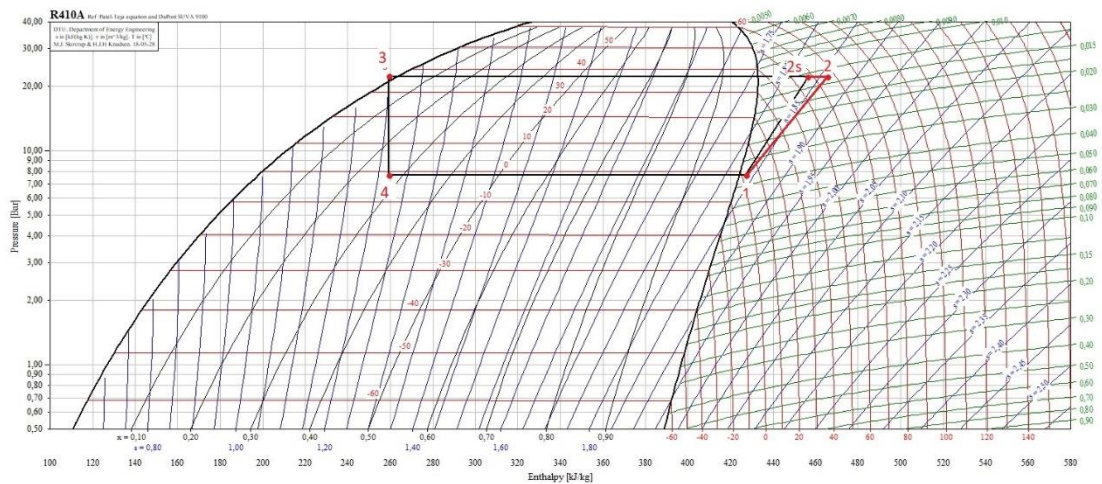
W_k = kompressorin prosessiin tekemä työ [J]

h_x = entalpia tietyssä pisteessä [J/g]

Todellista prosessia tutkittaessa täytyy huomioida myös kompressorin isentrooppinen hyötysuhde, joka saadaan laskettua kaavalla 2 (4, s. 290).

$$\eta_s = \frac{\Delta h_s}{\Delta h_{tod.}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \quad \text{KAAVA 2}$$

Lisäksi todellisessa prosessissa lämmönsiirtimissä ja putkissa tapahtuu painehäviöitä, jotka tätä työtä tehtäessä pystyttiin lukemaan lämpöpumpun ohjausyksiköstä kutakin painetta vastaavana lämpötilana. Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen kylmäprosessi ilman painehäviöitä logaritmisessa paine-entalpiapiirroksessa.



KUVA 2 Kylmäprosessi kylmäaineella R410 (5)

Tila 1 - 2

Kylmäaine on tulistunutta höyryä. Kompressorin prosessiin tekemän työn vaikutuksesta höyryn lämpötila ja paine nousevat.

Tila 2 - 3

Vakiopaineinen eli isobaarinen tulistuksen poisto, höyryn lauhtuminen kylläiseksi nesteeksi sekä höyryn alijäähtyminen tapahtuvat pääosin lauhduttimessa.

Tila 3 - 4

Paisuntaventtiilissä alijäähtyneen kylmäaineen paine laskee, ja se osin höyrystyy jo ennen höyrystintä. Entalpia säilyy vakiona.

Tila 4 - 1

Höyrystyminen tulistetuksi höyryksi vakiopaineessa. Tilasta 1 prosessi alkaa alusta.

2.2 Kylmälaitoksen pääkomponentit

2.2.1 Kompressori

Kompressorin tehtävä on imeä kylläinen tai hieman tulistunut kylmäaine höyrystimeltä ja pakottaa se lauhduttimeen nostamalla höyryn painetta. Tällöin myös kylmäaineen lämpötila nousee. Kompressori vaatii ulkopuolista energiaa tehdesään työtä systeemiin, ja tämän työn vaikutuksesta kylmäaine tulistuu lisää. (6, s. 9.)

2.2.2 Lauhdutin

Lauhduttimessa kylmäaine luovuttaa lämpöä matalammassa lämpötilassa olevaan väliaineeseen sen verran, mitä siihen on höyrystymisen ja kompressorin kylmäaineeseen tekemän työn vaikutuksesta sitoutunut. Väliaineena voi toimia ympäröivä huoneilma tai vesi. Lauhduttimessa tapahtuva prosessi on samankaltainen kuin höyrystimessä, mutta faasimuutos tapahtuu höyrystä nesteeksi. (6, s. 10.)

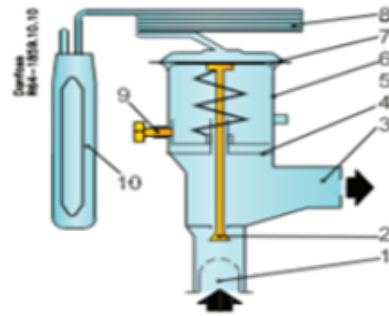
2.2.3 Paisuntaventtiili

Paisuntaventtiin päätehtävänä on ylläpitää riittävä paine-ero laitteiston matala- ja korkeapainepuolien välillä säätämällä kylmäaineen ruiskutusta höyrystimeen. Yksinkertaisimmillaan tämä voi tapahtua kapillaariputkella mutta vain pienissä laitoksissa, sillä kapillaariputken kautta ei voida toimittaa höyrystimelle ison laitoksen vaatimaa kylmäainemäärää (6, s.15). Tällöin tarvitaan joko elektroninen tai termostaattinen paisuntaventtiili.

Termostaattinen paisuntaventtiili

Kuvassa 3 esitetty termostaattinen paisuntaventtiili sisäisellä paineentasauksella koostuu venttiilirungosta sekä termostaattisesta elementistä, jotka on erotettu toisistaan kalvolla. Venttiilirunko asennetaan nestejohtoon, tuntoelin imujohdon kylkeen höyrystimen jälkeen (6, s.15). Tulistuksen kasvaessa nousee myös imuputkessa olevan kylmäaineen lämpötila. Silloin myös tuntoelimen paine ja lämpötila nousevat. Tämä paine välittyy kapillaariputkea pitkin kalvon yläpuolelle ja tällöin lisää kylmäainetta pääsee virtaamaan höyrystimeen. Kalvon alapuolella on paisuntaventtiilin sisäinen paine, ja paine-ero, joka vastaa tulistuksesta, määräytyy jousen voimasta. Venttiilin avaava voima on kalvon yläpuolella vaikuttava tuntoelimen paine, ja sulkevia voimia ovat kalvon alapuolella vaikuttavat venttiilin sisäinen paine, sekä jousen aiheuttama paine. Tulistusta voidaan säätää säätämällä jousen esijännitystä. (3, s. 57.)

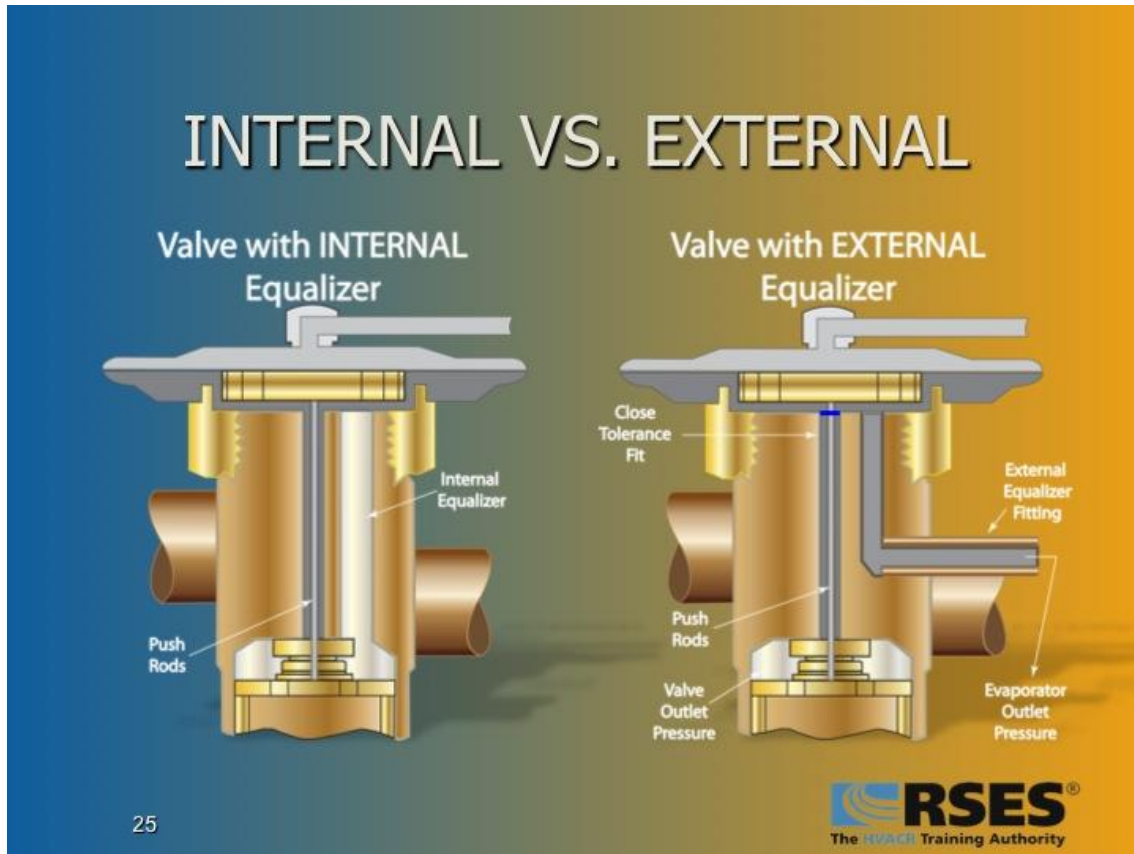
1. Tuloaukko ja sihti
2. Kartio
3. Poistoaukko
4. Aukko
5. Paineentasausaukko
6. Jousikotelo
7. Kalvo
8. Kapillaariputki
9. Kara jousen esijännityksen säädölle (tulistuksen säätö)
10. Tuntoelin



KUVA 3 Termostaattinen paisuntaventtiili (6, s. 15)

Ulkoisella paineentasauksella varustettu paisuntaventtiili eroaa sisäisellä paineentasauksella olevasta paisuntaventtiilistä siten, että siinä imujohdon ja venttiilin sisällä oleva paine-ero tasataan paineentasausputkella ja venttiiliä avaavan ja sulkevan neulan ympärillä on tiiviste, jottei venttiilin lähtöaukon paine vaikuttaisi kalvoon. Ulkoista paineentasausta käytetään kompensoimaan liiallista painehäviötä höyrystimessä. Paisuntaventtiilissä täytyy olla ulkoinen paineenta-

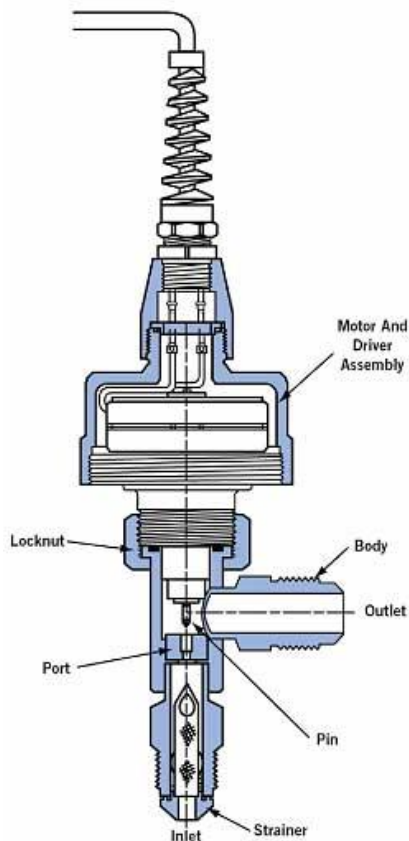
saus, kun käytetään nesteenjakaajaa höyrystimelle mentäessä nesteenjakaajan aiheuttaman painehäviön vuoksi. (8.) Ulkoisen ja sisäisen paineentasauksen erot on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4 Sisäisellä sekä ulkoisella paineentasauksella varustettu paisuntaventtiili (8)

Elektroninen paisuntaventtiili

Kuvassa 5 esitetty elektroninen paisuntaventtiili askelmoottorilla säätää höyrystimelle menevää kylmäainevirtaa säätimeltä saamansa signaalin mukaan. Sen pääosat ovat venttiiliä fyysisesti säätävä askelmoottori, venttiilin runko, säädin ja lämpötila- sekä paineanturit. Toiminta määräytyy säätimen paineen ja lämpötilan mittauksen perusteella. Mekaaniseen paisuntaventtiiliin verrattaessa elektroninen on paljon nopeampi ja tarkempi, mistä johtuen se ei tarvitse erillistä ulkoista paineentasausta. (9, s. 9)



KUVA 5 Elektroninen paisuntaventtiili, jossa askelmoottori (10)

2.2.4 Höyrystin

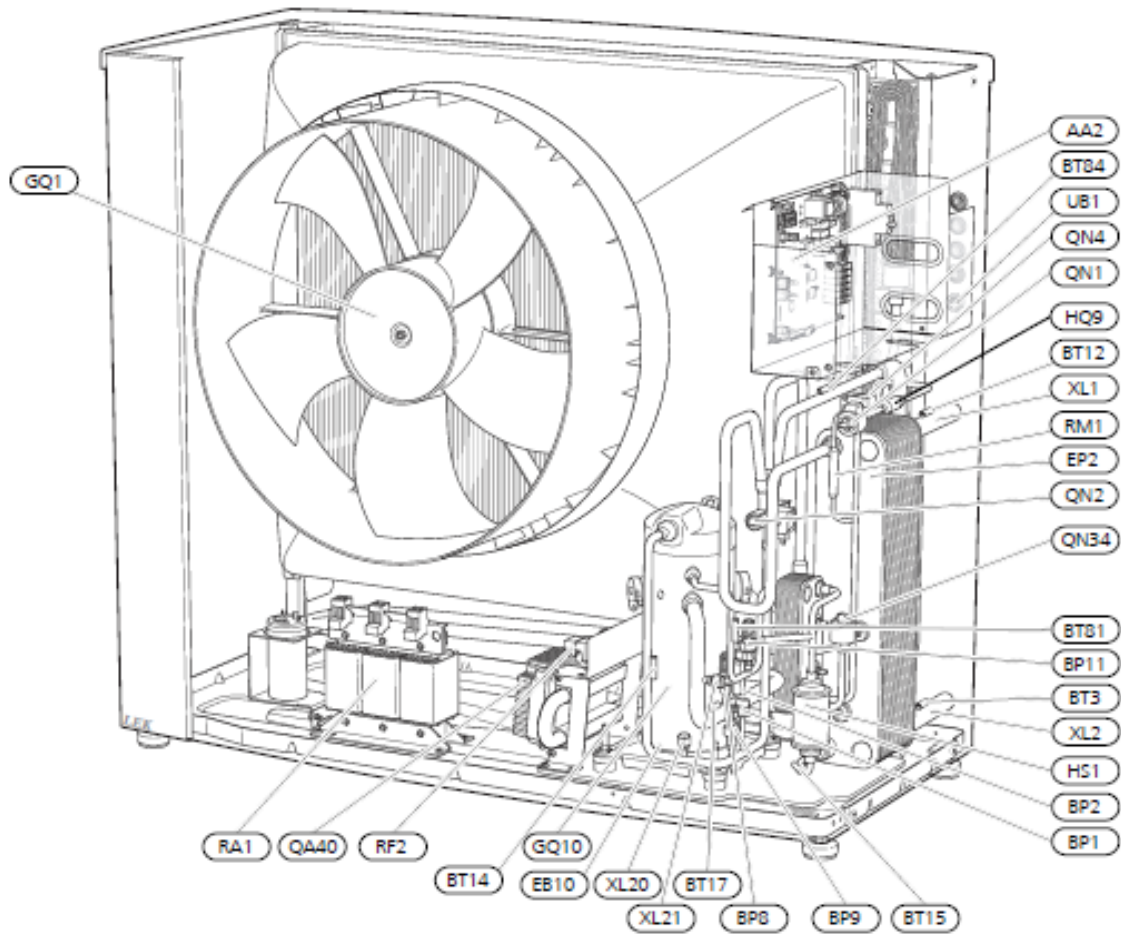
Höyrystin on lämmönsiirrin, jossa lämpöpumpussa kiertävään kylmäaineeseen absorboituu lämpöä sen höyrystyessä (7, s. 11).

2.3 NIBE F2120 -lämpöpumppu

Kuvasta 6 ja 7 nähdään rakennukseen asennetun lämpöpumpun rakenne. Kuvassa 6 esiintyvät merkinnät:

AA2	peruskortti
BP1	ylipaineensäädin
BP2	alipaineensäädin
BP8	matalapainelähetin
BP9	korkeapaineanturi

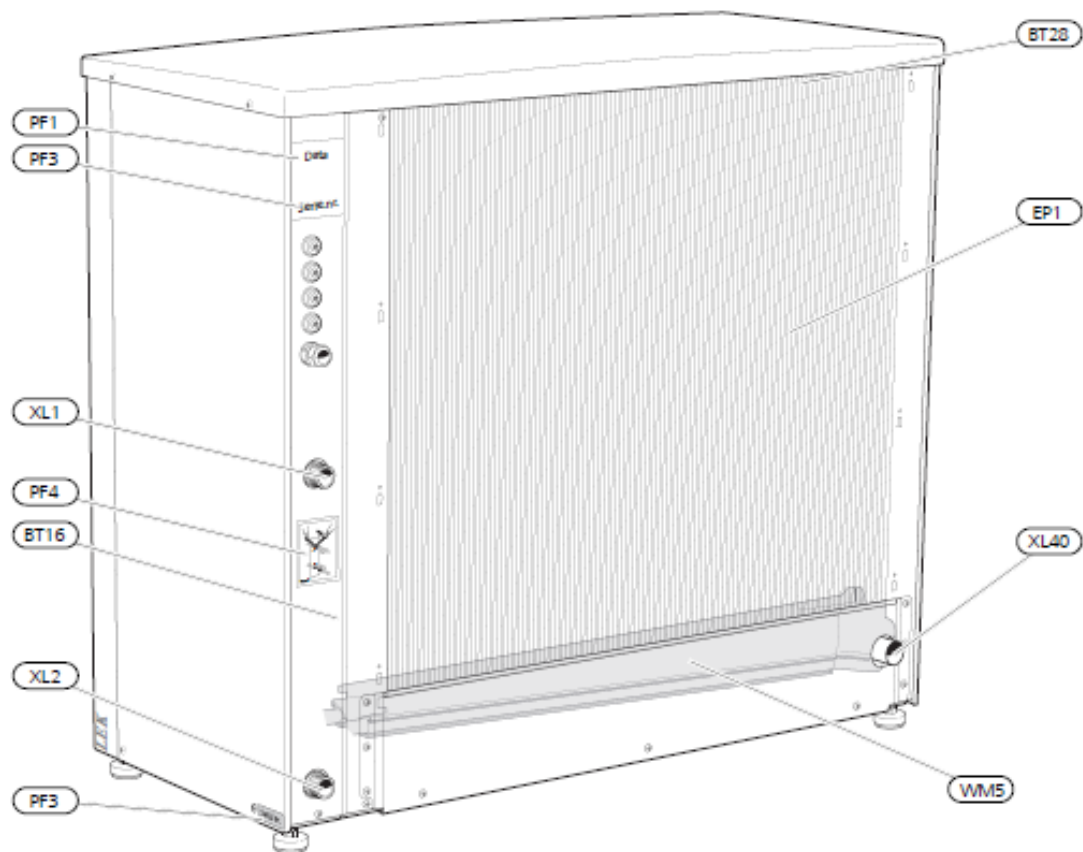
BP11	paineanturi, ruiskutus
BT3	lämpötila-anturi, paluujohto
BT12	lämpötila-anturi, lauhduttimen menojohto
BT14	lämpötila-anturi, kuumakaasu
BT15	lämpötila-anturi, käyttövesi
BT17	lämpötila-anturi, imukaasu
BT81	lämpötila-anturi, ruiskutus, EVI-kompressori
BT84	lämpötila-anturi, imukaasu, höyrystin
EP2	lauhdutin
EB10	kompressorilämmitin
GQ1	höyrystinpuhallin
GQ10	kompressori
HQ9	hiukkassuodatin
HS1	kuivaussuodatin
RA1	harmoninen suodatin
RF2	EMC-suodatin
RM1	takaiskuventtiili
QA40	invertteri
QN1	paisuntaventtiili
QN2	4-tieventtiili
QN4	ohitusventtiili
QN34	paisuntaventtiili, alijäähdytys
UB1	kaapeliläpivienti, syöttöjohdot
XL20	huoltoliitäntä, ylipaine
XL21	huoltoliitäntä, alipaine (11, s.17).



KUVA 6 Nibe F2120 -lämpöpumpun rakenne (11, s. 15)

Kuvassa 7 esiintyvät merkinnät:

EP1	höyrystin
BT16	lämpötila-anturi
BT28	lämpötila-anturi, ulkoilma
PF1	tyyppikilpi
PF3	sarjanumero
PF4	kilpi, putkiliitântä
XL1	liitântä, lämmitysvesi lämpöpumpusta
XL2	liitântä, lämmitysvesi lämpöpumppuun
XL40	kondenssivesikouru, vedenpoistoliitântä
WM5	kondenssivesikouru (11, s.17).



KUVA 7 Nibe F2120 -lämpöpumpun rakenne (11, s. 16)

2.4 R410A-ylmäaine

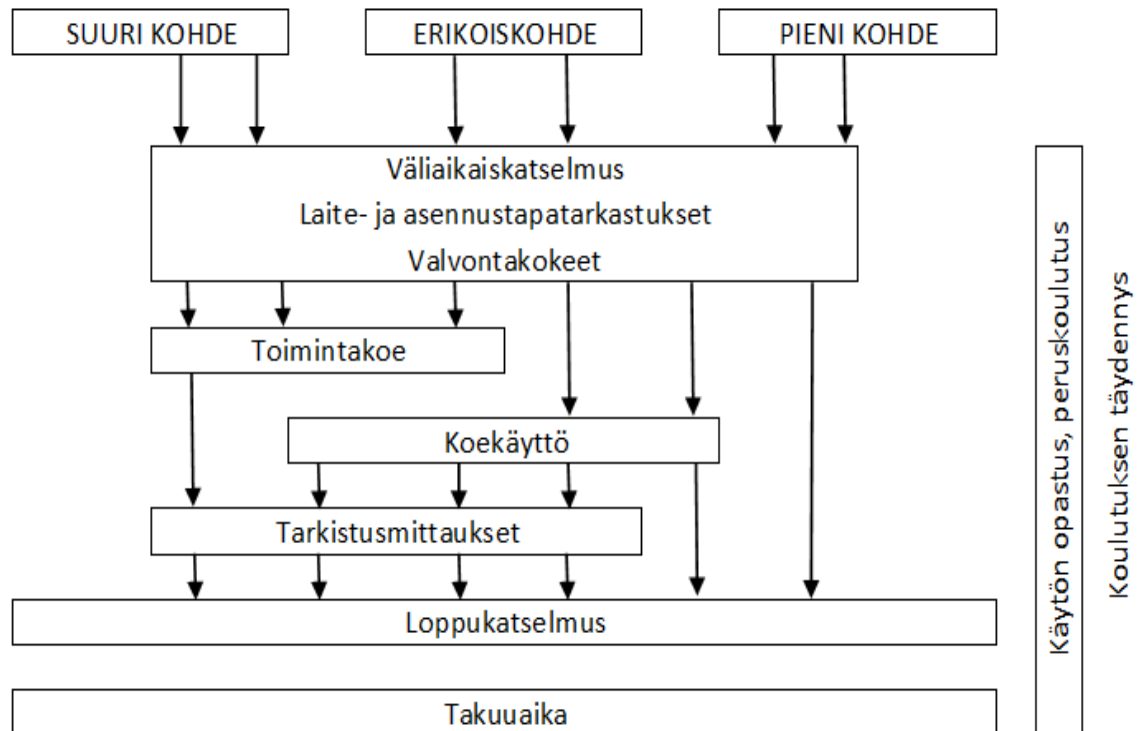
Nibe F2120 -lämpöpumpussa kiertää HFC (HydroFluoroCarbons) -ylmäaine R410A. HFC-aineet eivät aiheuta otsonikatoa, mutta ne ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja, ja tämän vuoksi HFC-aineille haetaan jatkuvasti korvaajia. Muita HFC-aineita ovat esimerkiksi R134a, R404A, R407C ja R507. Nämä kylmäaineet ovat ongelmajätettä, ja ne tulee aina ottaa talteen sekä toimittaa käsiteltäväksi oikealla tavalla. (12, s. 1.)

R410A-ylmäaineen GWP (Global warming potential) -arvo on 2088. Luku kuvaa aineen vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. Vertailukohtana käytetään hiilidioksidia, jonka GWP on 1,0. R410A on lähes atseotrooppinen kylmäaineseos ja sen lämpötilaliukuma kaksifaasialueella vakioaineessa on noin 0,2 °C. (13.) R410A

koostuu kahdesta eri seoksesta, jotka ovat pentafluorietaani C_2HF_5 ja Difluorimetaani CH_2F_2 . Näillä nimellispiteisyydet painoprosentteina ovat 30,3 % pentafluorietaanilla ja 69,7 % difluorimetaanilla. (14, s. 2.)

3 TOIMINTAKOE

Toimintakokeet ovat osa LVI-laitteiden kuvassa 8 esitettyä vastaanottomenettelyä. Vastaanottoon kuuluvat myös ennen toimintakoetta tapahtuvat laite- ja asennustapatarkastukset sekä toimintakokeiden jälkeen pidettävät tarkistusmittaukset ja loppukatselmus. Vastaanottomenettely riippuu kohteen laajuudesta. (15, s. 2.)



KUVA 8 LVI-laitteiden vastaanottomenettely (15, s. 2)

Rakennuttajaa ajatellen toimintakokeilla on lähtökohtaisesti kaksi tehtävää. Nämä ovat:

1. Tarkastetaan hyvissä ajoin ennen rakennuksen luovutusta, että laitteet toimivat halutulla tavalla. Tällöin toimintakokeessa havaitut puutteet asennustavassa tai toiminnassa voidaan korjata ennen käyttöönottoa.

2. Tarkastetaan eri urakoitsijoiden pysyminen aikataulussaan, jotta LVI-laitteiden energiataloudellisesti merkittävälle säätötyölle jää riittävästi aikaa ennen rakennuksen luovuttamista. (15, s. 3.)

Toimintakokeessa rakennuttaja tarkastaa yhteistyössä urakoitsijoiden kanssa laitteiden oikean asennuksen sekä sähköllä toimivien laitteiden oikeat virtayhteydet. Pakkokytkentöjen, hälytysten ja käynnistyshidastusten on oltava oikein kytketyt. Lisäksi moottoreiden, säätöpeltien ja automatiikkalaitteiden on liikuttava oikeaan suuntaan. (15, s. 3.)

Toimintakokeet suoritetaan pääasiassa koneteknisissä tiloissa. Toimintakokein varmistetaan tiloihin asennetun laitteiston vastaavan piirustuksia ja työselityksiä. Toimintakokeet pidetään tavallisesti järjestelmäkohtaisten tarkistuslistojen mukaisesti, ja ne pidetään vain toimintakuntoisille ja valmiille järjestelmille. (15, s. 3.)

3.1 Toimintakokeita varten vaadittava eri urakoiden valmiusaste

Rakennustöistä valvomotilojen, sähkökeskusten ja konehuoneiden on oltava alustavasti valmiit sekä siistityt. Tilojen on myös oltava sellaisessa kunnossa, jossa toimintakoe ja sen jälkeiset säätö- ja viritystyöt voidaan aloittaa. (15, s. 4.)

Putkitöistä verkoston sekä laitteiden tulee olla asennettu ja verkoston huuhdeltu sekä esisäädetty. Myös putkiston eristystöiden täytyy olla pääosin valmiit. (15, s. 4.)

Ilmanvaihtotöistä iv-koneiden, laitteiden, venttiilien ja säleikköjen tulee olla asennettu. Lisäksi puhaltimet sekä iv-kanavat tulee olla puhdistettu ja urakoitsijoille kuuluvat toimintatarkastukset tehty. (15, s. 4.)

Sähkötöistä johdotukset ja sähkökeskukset tulee olla asennettuna siten, että virta kojeille tulee lopullista kytkentää pitkin. Sähkömoottoreiden lämpösuojien tulee olla viritetyt, moottoreiden pyörimissuuntien tarkastetut, niiden hälytykset kokeiltu sekä pakkokytkennät tarkastettu. Lisäksi konehuoneissa tulee olla toimiva valaistus. (15, s. 4.)

Säätölaitetöistä valvonta- ja säätölaitteiden tulee olla asennettu, niiden automaatiikan tulee olla kytketty sekä asetusrivot viritetty (15, s. 4).

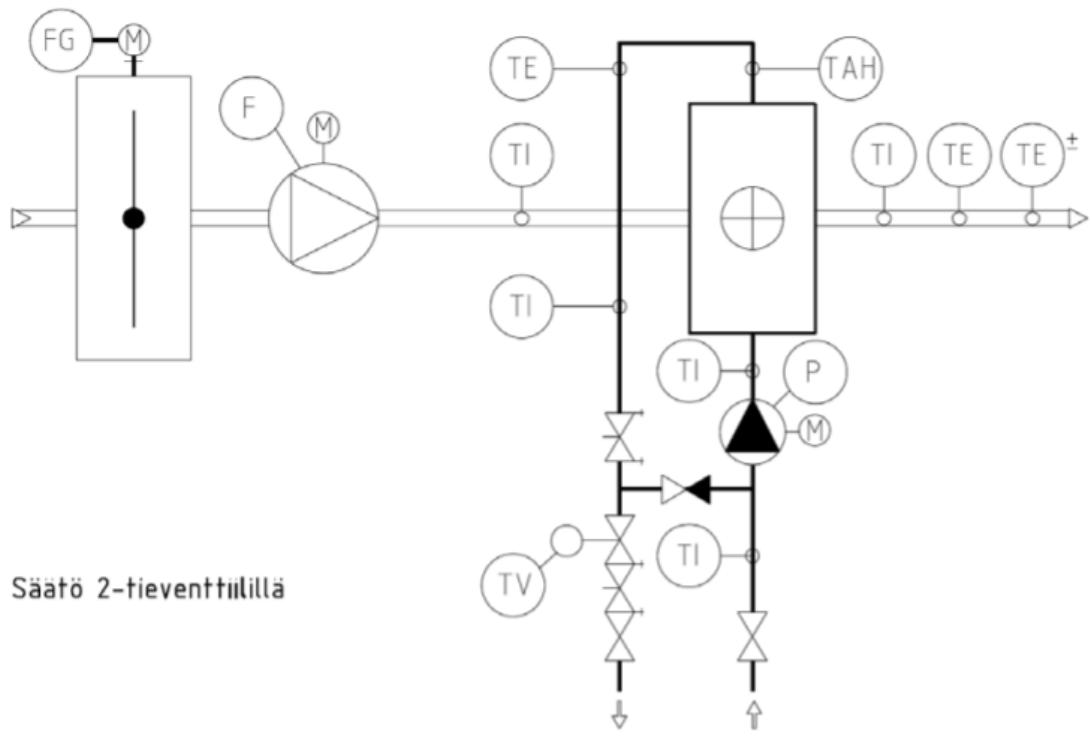
Suosituksena on, että mikäli jotain edellä mainituista töistä on kesken toimintakokeita ei suoriteta. Lisäksi, jos toimintakokeen aikana havaitaan toiminnallisia puutteita merkittävässä määrin, toimintakoe keskeytetään. (15, s. 4.)

3.2 Tarkastettavat kohteet

Rakennuttaja voi tehdä tarkastuksen koko laajuudessaan tai pistokokein. Tarkastettaviin kohteisiin kuuluvat muun muassa instrumentointi ja merkinnät, pyörimissuunnat, hälytykset ja varolaitteet, ohjaukset ja pakkokytkenät sekä säättötoiminnot (15, s. 4).

3.3 Ilmanvaihtokoneen toimintakoe

Toimintakoe pidettiin 21.2.2018 rakennuksen iv-koneelle (TK01) testaamalla koneen toimintaselostuksen (liite 2) mukaiset toiminnot. Kokeessa ei havaittu poikkeuksia koneen toiminnassa. Toimintakokeesta laadittiin pöytäkirja (liite 1). Myöhemmin huomattiin, että lämmityspatterin kytkentä ei ole LVI-ohjekortin mukainen (liite 2). Oikea kytkentä on esitetty kuvassa 9.

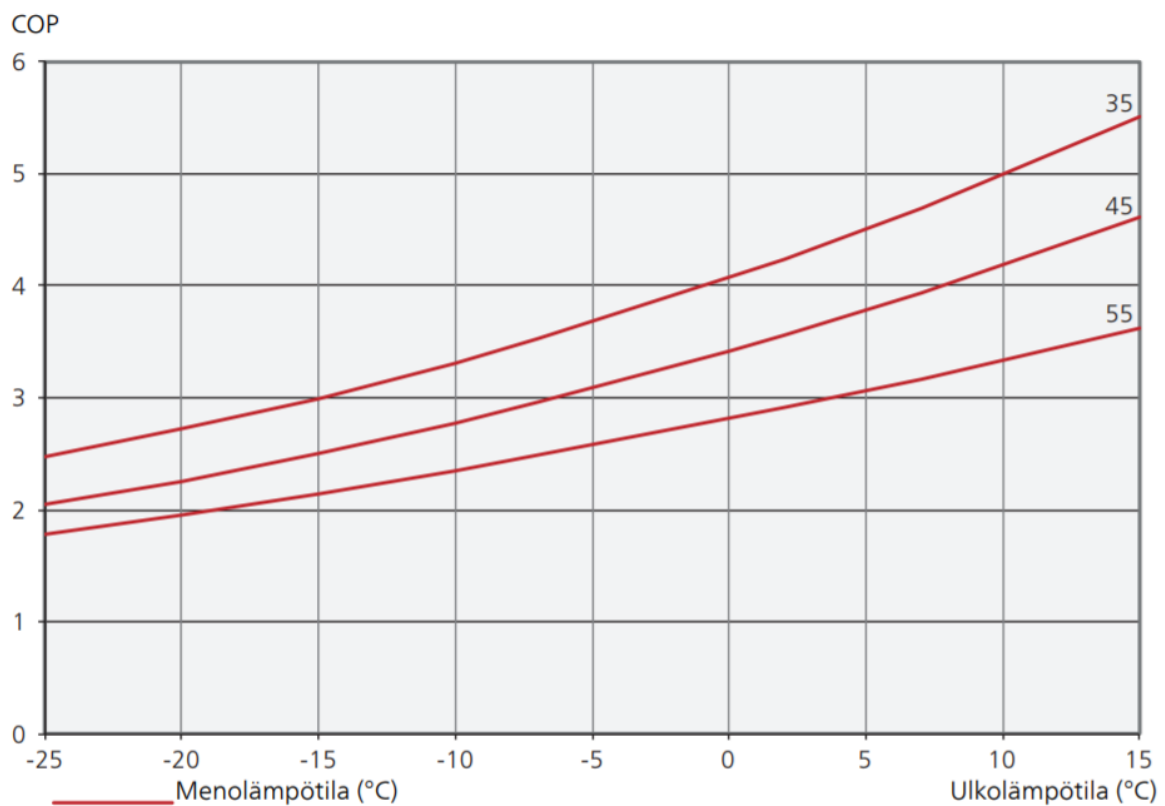


KUVA 9 LVI-ohjekortin mukainen kytkentä (16, s. 59)

4 LÄMPÖPUMPUN ASETUSTEN SÄÄTÖ JA VIRITYS

Lämpöpumpun säädöntarvetta arvioitiin määrittämällä laitteen lämpökerroin tässä luvussa esitetyllä menetelmällä eri ulkolämpötiloissa ja vertaamalla saatua tulosta valmistajan kuvassa 10 esittämiin arvoihin. Lämpökerroin määritettiin kolmessa eri tilanteessa samalla menetelmällä. Määritetyt COP-luvut esitetään taulukossa 1.

F2120-20 COP



KUVA 10 Lämpökerroin veden eri menolämpötiloilla (11, s. 47)

TAULUKKO 1 Eri tilanteissa määritetyt lämpökertoimet

Lämpökerroin	Ulkolämpötila [°C]	Menolämpötila [°C]
2,44	-17,3	51,4
3,72	-1,3	38
4,81	8,5	37,7

Lämpökertoimen määrittäminen

Pumpun lämpökertoimen määrittäminen tapahtui Coolpack-tietokoneohjelman avulla. Lämpökerroin määritettiin kolmessa eri tilanteessa. Lämpöpumpun ohjainyksiköstä käytiin lukemassa kylmäaineen ja menoveden lämpötilat eri ulkolämpötiloissa. Tämän jälkeen arvot syötettiin ohjelmaan, joka piirsi prosessin ja laski sen kylmäkerroimen. Taulukossa 2 esitetään prosessin lämpötilat tilanteessa, jossa ulkolämpötila oli 8,5 °C ja lauhduttimelta lähtevän veden lämpötila 37,7 °C.

TAULUKKO 2 Kylmäprosessin lämpötilat

	lämpötila [°C]
ulkolämpötila	8,5
kuumakaasu	66,6
lauhdutin, dew	36,7
nestejohto	32,1
höyrystin, meno	-1,1
höyrystin	-3,1
höyrystin, dew	-6,8
imukaasu	-2,9
menolämpötila	37,7

Coolpack-ohjelmaa käytettäessä siihen ei suoraan voi syöttää kuumakaasun lämpötilaa, vaan se tapahtuu laskemalla kompressorin isentrooppinen hyötysuhde entalpioiden avulla. Todelliselle prosessille lämpökerrointa määritettäessä ensimmäisenä piirrettiin tarkastelun alainen prosessi isentrooppisena, minkä jälkeen voitiin kylmäaineen entalpiat katsoa kuvan 2 esimerkin mukaisesti pisteissä h_1 , h_2 ja h_{2s} . Näin menetellen ja kaavaa 2 käyttäen saatiin kompressorin isentrooppiseksi hyötysuhteeksi 82 %.

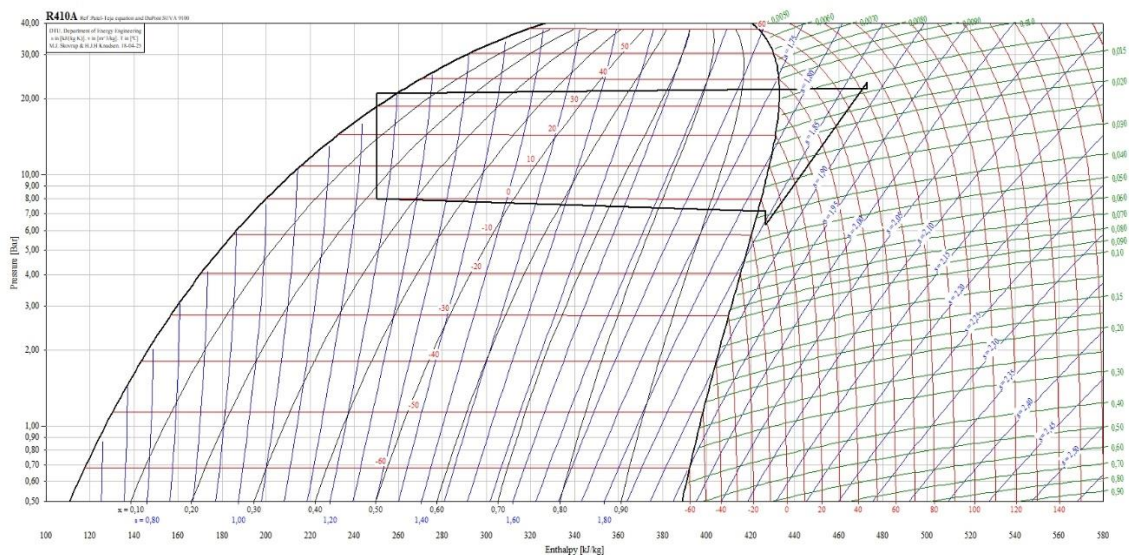
$$\eta_s = \frac{459 - 427 \text{ kJ/kg}}{466 - 427 \text{ kJ/kg}} = 0,82$$

Tämän jälkeen otettiin huomioon nesteen alijäähtyminen sekä prosessin eri osissa tapahtuvat painehäviöt. Koska ohjelmaan ei suoraan voi syöttää myöskään nestejohdon, imukaasun eikä lauhdejohdon lämpötiloja, vaan ne annetaan painehäviöiden, tulistuksen ja alijäähtymisen avulla, tehtiin prosessipiirustusta laatiessa ja lämpökerrointa määritettäessä seuraavanlaisia ratkaisuja:

- Korkeapainepuolen kylläisen höyryn piste (dew) on samalla myös lauhtumislämpötila ennen painehäviötä, jolloin alijäähtymisen määrä saadaan vähentämällä korkeapaineisen, kylläisen höyryn lämpötilasta nestejohdon lämpötila. Tällöin alijäähtymiseksi saatiin $\Delta T = 4,6 \text{ K}$.
- Tulistus lasketaan imukaasun ja matalapainepuolen dew-pisteen lämpötilojen erotuksena. Näin tulistukseksi saatiin $\Delta T = 3,9 \text{ K}$.
- Prosessissa tapahtuvat painehäviöt huomioitiin vastaavana lämpötilan muutoksena.
- Lauhduttimessa tapahtuvat painehäviöt huomioitiin laskemalla lauhduttimen dew-pisteen ja nestejohdon välinen keskilämpötila, josta vähennettiin nestejohdon lämpötila. Näin meneteltäessä lauhdejohdossa tapahtuva painehäviö huomioidaan lauhduttimessa tapahtuvana. Tässä tapauksessa lauhduttimen painehäviöksi saatiin $\Delta T = 2,3 \text{ K}$.
- Imujohdon painehäviön ajateltiin olevan samaa luokkaa tulistuksen kanssa.

- Höyrystimen painehäviön oletettiin olevan höyrystimen keskilämpötilan ja höyrystimen dew-pisteen välisten lämpötilojen erotuksen verran, tässä tapauksessa $\Delta T = 3,4$ K.
- Kuumakaasuputkessa tapahtuvan häviön oletettiin olevan $\Delta T = 2$ K.

Kuvissa 11 ja 12 esitetään prosessi tilanteessa, jossa ulkolämpötila on $8,5$ °C ja varaajaan menevän veden lämpötila on $37,7$ °C. Prosessin kylmäkerroin on $3,81$, jolloin lämpökertoimeksi saadaan $4,81$. Kuvassa 9 esitettyyn diagrammiin verrattaessa voidaan todeta, että tilanteessa jossa lämpökerroin on $4,81$, menoveden lämpötila $37,1$ ja ulkolämpötila $8,5$ °C rakennukseen asennettu lämpöpumppu toimii hyvin lähellä valmistajan ilmoittamaa lämpökerrointa. Tällöin ainakaan tässä tilanteessa säädön tarvetta ei ole.



KUVA 11 Todellinen prosessi (5)

Cycle input ×

Select cycle type:

One stage
 Two stage, closed intercooler
 Two stage, open intercooler
 Two stage, open intercooler, load at intermediate pressure

Cycle name: Draw cycle

Values:
Evaporating temperature: °C
Condensing temperature: °C
Superheat: K
Subcooling: K
Dp evaporator: K
Dp condenser: K
Dp suction line: K
Dp liquid line: K
Dp discharge line: K
Isentropic efficiency [0-1]:

Cycle creation

Create new

Calculated:

Qe [kJ/kg]
176,245

Qc [kJ/kg]
222,540

COP:
3,81

W [kJ/kg]
46,295

KUVA 12 Coolpack-ohjelmaan syötetyt ja ohjelman laskemat arvot (5)

Lämpökertoimen määritettiin samalla menetelmällä myös ulkolämpötiloissa $-17,3$ °C ja $-1,3$ °C menolämpötilojen ollessa $51,4$ °C ja $38,0$ °C. Lämpökertoimiksi saatiin $2,44$ ja $3,72$. Myös näiden havaintojen perusteella lämpöpumpun kylmätekninen prosessi toimii valmistajan arvojen mukaisesti.

Lämpökertoimen määrittelyn virheenarviointi ja kehityskohteet

Tällä menetelmällä määritetyn lämpökertoimen voidaan sanoa olevan kohtuullisen paikkansa pitävä verrattaessa saatuja tuloksia valmistajan kuvassa 10 esitettyihin arvoihin. Virhettä tulokseen kuitenkin aiheuttaa muun muassa se, että painehäviöiden arviointi on hankalaa. Lämpökertoimen määrittelyn kannalta lämpötila-antureita voisi olla useammassakin paikassa, jotta tehtyjen oletusten

määrää voitaisiin pienentää. Lisäksi höyrystimen huurteisouden aste ei ollut tiedossa lämpökerrointa määritettäessä. Saadut lämpökertoimet ovat kuitenkin sen verran hyviä, että voidaan olettaa höyrystimen kennon olleen jäystä lähes vapaa jokaisessa tapauksessa.

Jatkotoimenpiteenä voitaisiin tutkia esimerkiksi todellisia lämmitysveteen kohdistuvia lämmitystehoja latauspumpun vesivirrat selvittämällä. Oleellista olisi selvittää lämpöpumpusta saatu vuotuinen hyöty katsomalla laitekohtaiset tai koko rakennuksen tuntiset sähkökäytöt ennen lämpöpumpun käyttöönottoa ja käyttöönoton jälkeen.

5 KÄYTÖNOPASTUS

Rakennukseen asennettua lämpöpumpua ohjataan ja hallitaan NIBE SMO40 - ohjainyksiköllä. Tässä luvussa käydään läpi ohjainyksikön oleelliset asetukset normaalikäytön aikana.

Lämpöpumpun asetuksia muutettaessa suosituksena on tehdä maltillisia muutoksia kerrallaan ja antaa huonelämpötilan tasoittua ennen seuraavia muutoksia. Muutoksia voidaan tehdä esimerkiksi lämpöpumpun lämpötilan säätökäyrän jyrkkyyteen ja korkeuteen ja vaikuttaa näin lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaan. Lämpöpumpulle on myös mahdollista luoda erilaisia lämmitysohjelmia esimerkiksi viikonloppuja ja loma-aikoja varten. Tässä luvussa esitetyistä asioista on koottu tiivistetty yhden sivun mittainen ohje (liite 4).

Nyrkkisääntönä yhden asteen laskulla sisälämpötilassa saavutetaan noin 5 % säästö lämmityskustannuksissa (18, s. 19). Tässä raportissa ei kuitenkaan oteta kantaa siihen, kuinka lyhytaikaisella rakennuksen sisälämpötilan laskulla energiansäästöä saavutetaan ja paljonko energiaa kuluu lisää lämmitettäessä esimerkiksi maanantaiaamuna.

5.1 Lämmityksen säätökäyrä

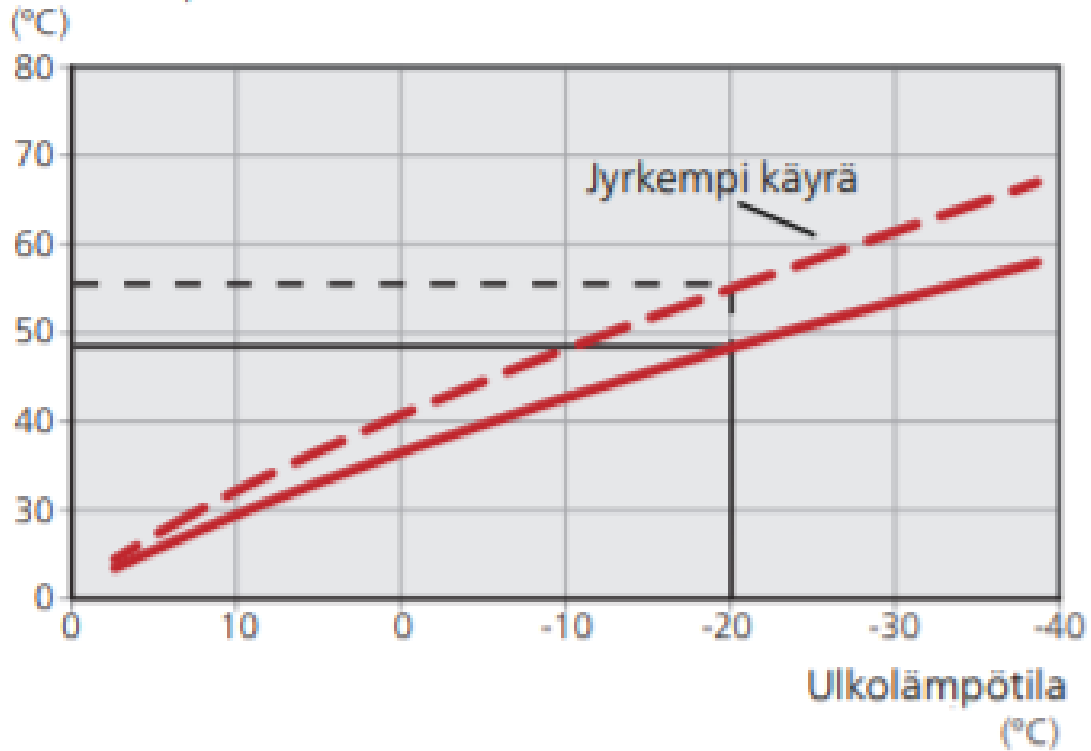
Lämmityksen ohjaus tapahtuu säätämällä patteriverkostoon (liite 3, anturi PL01TE01) menevän veden lämpötilaa ulkolämpötilan mukaan. Esimerkiksi luvussa neljä kuvatussa tilanteessa, jossa varaajaan menevän veden lämpötila oli 37,7 °C oli patteriverkostoon menevän veden lämpötila 34,3 °C ja säätökäyrän mukainen patteriverkoston menoveden tavoitelämpötila 35,0 °C. Ohjainyksikkö laskee asetetusta lämmityksen säätökäyrästä tavoitelämpötilan, jota automaattikka pyrkii toteuttamaan.

Säätökäyrän jyrkkyyden muuttaminen

Säätökäyrän jyrkkyyttä hallitaan ohjainyksikön avulla valikossa 1.9.1.1. Valitsemalla jyrkempi käyrä saadaan menoveden lämpötilaa nostettua, kuten kuvasta 13 voidaan havaita. Valmistajan suositus patteriverkostolle ovat käyrät 7...9 (19,

s. 2). Käyrä asetetaan pumpun asennuksen yhteydessä ja normaalikäytössä käyttäjän löydettyä sopivan käyrän sen muuttamiseen ei yleensä ole tarvetta (18, s. 30).

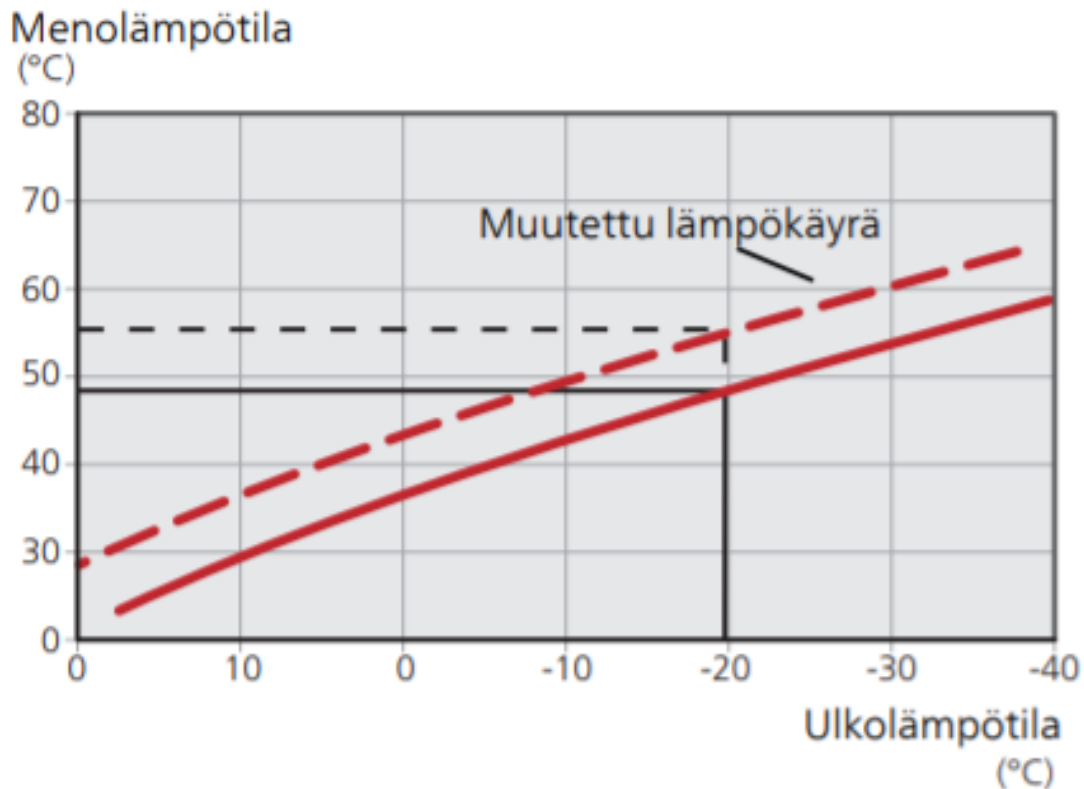
Menolämpötila



KUVA 13 Säätekäyrän jyrkkyyden muuttaminen (17, s. 30)

Säätekäyrän korkeuden muuttaminen

Sisälämpötilan hienosäätö tapahtuu ohjainyksikön valikossa 1.1, missä säätekäyrää siirretään ylös tai alaspäin sen jyrkkyyden pysyessä samana kuvan 14 mukaisesti (18, s. 30).

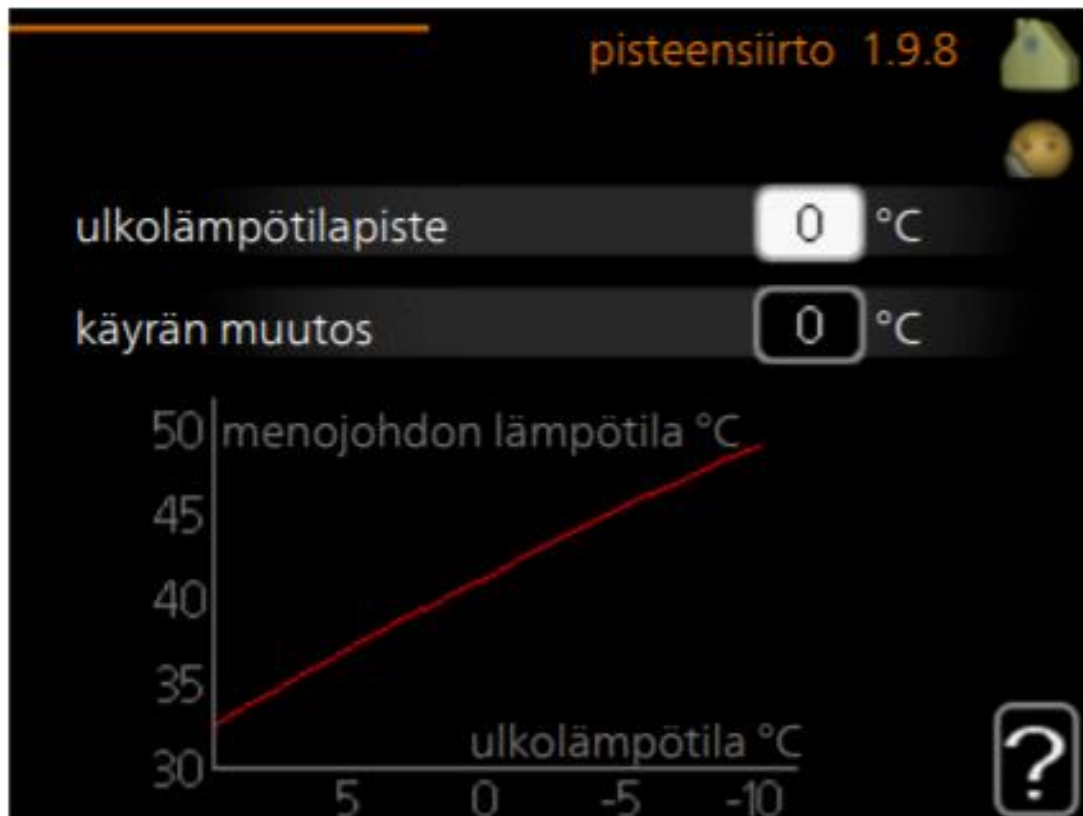


KUVA 14 Säättökäyrän korkeuden muuttaminen (18, s. 30)

Käyrän jyrkkyyttä tai korkeutta muutettaessa on hyvä muistaa tehdä pieniä muutoksia kerrallaan. On myös hyvä odottaa vuorokausi ennen seuraavan muutoksen tekemistä, jotta huonelämpötila ehtii tasoittua. Valmistajan mukaan yleensä yhden askeleen muutoksella saavutetaan yhden asteen muutos sisälämpötilassa. (18, s. 32.)

Säättökäyrän muokkaaminen halutussa lämpötilassa

Mikäli rakennuksen sisälämpötila jossain ulkolämpötilassa tuntuu poikkeavalta, voidaan säättökäyrää muokata kuvassa 15 esitetyssä valikossa 1.9.8 *pisteen-siirto*. Rakennuksen tuntuessa liian lämpimältä esimerkiksi 5 °C lämpötilassa kohtaan *ulkolämpötilapiste* valitaan +5 °C ja kohtaa *käyrän muutos* pienennetään tarpeen mukaan.



KUVA 15 Lämpökäyrän muokkaaminen (18, s. 40)

5.2 Loma-ohjelma

Rakennuksen ollessa tyhjiällä pidemmän aikaa voidaan energiankulutuksen pienentämiseksi lämpökäyrää muuttaa valikossa 4.7 *loma-asetus*. Normaalitilanteessa yhden asteen muutos huonelämpötilassa saadaan aikaan muuttamalla käyrää yhden askeleen verran. Loma-ohjelmaa asetettaessa se käynnistyy valittuna alkamispäivänä kello 00.00 ja loppuu asetettuna päätymispäivänä kello 23.59. (18, s. 65.)

5.3 Ohjelman luominen eri viikonpäiville

On mahdollista tehdä omat lämpötilaohjelmat eri viikonpäiville. Esimerkiksi rakennuksen ollessa tyhjiällä viikonloppuisin ja arki-iltaisoin voidaan valikossa 1.3.1 *lämmitys* luoda ohjelma, jossa rakennuksen lämpötilaa lasketaan kyseisinä aikoina (18, s. 25).

5.4 Asteminuuttiasetukset ja lisälämmön kytkeytyminen

Ohjainyksikkö määrittää lisälämmöntarpeen asteminuuttien avulla, jolloin tarkkaa arvoa sille lämpötilalle, jossa varaajassa olevat sähkövastukset kytkeytyvät päälle ei ole. Ohjainyksikkö vertaa asetetun säätökäyrän mukaan laskettua tarvittavaa menoveden lämpötilaa ja todellista menoveden lämpötilaa. Mikäli todellinen lämpötila on esimerkiksi kaksi astetta pyydettyä lämpötilaa matalampi, muuttuu asteminuuttiluku kaksi pykälää minuutissa.

Lisälämpö kytkeytyy päälle, kun asteminuuttiluku saavuttaa asetetun raja-arvon. Lisälämpö kytkeytyy päälle porras kerrallaan asetetun asteminuuttiluvun mukaisesti, joka tehdasasetuksena lisälämmitysportaille on 30. Tehdasasetuksena lisälämmön päälle kytkeytymisen asteminuuttiluvun arvona on 400 (18, s. 68). Tällöin kahden asteen lämpötilaerolla lisälämpö kytkeytyisi päälle 200 minuutin kuluessa, mikäli muutos lähtisi nollassa ja lämpötilaero pysyisi koko ajan vakiona. Automatiikka pyrkii pitämään asteminuuttiluvun nollassa. Asteminuuttiasetukset löytyvät valikosta 4.9.3.

Ohjainyksikön ja pumpun valmistajan edustajan mukaan tehdasasetuksena on, että sähkövastukset kytkeytyvät päälle, mikäli ulkolämpötila alittaa +5 °C (20). Käyttöopasta, asentajan opasta sekä ohjainyksikön valikkoja tutkien tästä ei kuitenkaan löytynyt lisätietoa. Varaajassa sijaitsevien sähkövastusten toiminta-aikojen ja energiankulutuksen selvittämiseksi ehdotetaan niille asennettavaa erillistä sähkökulutuksen mittausta.

5.5 Sulatus

Höyrytimen aktiivinen sulatus käynnistyy, kun höyrytimen lämpötila-anturin lämpötila saavuttaa sille valikossa 5.11.1.1 ennalta asetetun arvon ja valikosta 3.1 löytyvä aika sulatukseen saavuttaa arvon nolla. Aika pienenee minuutin minuutissa, kun höyrytimen anturin lämpötila on alle asetetun arvon ja kompressori on käynnissä. Passiivinen sulatus käynnistyy vastaavasti mutta vaatii lisäksi sen, että ulkolämpötila on vähintään 4 °C. Erona aktiivisella ja passiivisella sulatuk-

sella on se, että passiivinen sulatus tapahtuu ulkoilman lämpöenergian vaikutuksesta, kun aktiivisen sulatuksen aikana kuumakaasu ohjataan 4-tieventtiin avulla höyrystimelle. (11, s. 32–33.)

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tehdä IV-koneen toimintakoe sekä perehtyä rakennuksen uuden lämpöpumpun toimintaan ja laatia sille selkeä sekä tiivis käyttöohje. Työssä selvitettiin myös se, että toimiiko lämpöpumppu valmistajan ilmoittaman lämpökertoimen mukaisesti.

Suurimmat ongelmat olivat lämpökertoimen määrittämisessä. Kylmäprosessia p,h-log-piirustukseen Coolpack-ohjelmalla laadittaessa jouduttiin tekemään oletuksia prosessissa tapahtuvien painehäviöiden suhteen, sillä esimerkiksi lauhduttimen painehäviötä määritettäessä tiedettiin nestejohdossa olevan kylmäaineen lämpötila, mutta nestesäiliön ja lauhdejohdon lämpötiloja ei. Kuitenkin kolmessa eri tapauksessa samalla menetelmällä määritetyt lämpökertoimet osuivat kohdullisella tarkkuudella valmistajan ilmoittamiin. Täysin tarkkojen tulosten antaminen on lähes mahdotonta, ja tarkkuus vaihtelee käytetyn menetelmän mukaan.

Kehitysehdotuksena esitetään lämpöpumpun lisälämmönlähteenä toimivien sähkövastusten todellisten toiminta-aikojen selvittämiseksi niille asennettavaa erillistä sähkönmittausta. Lisäksi esimerkiksi mahdollisen seuraavan opinnäytetyön yhteydessä oleellista olisi lämpöpumpusta saadun vuotuisen hyödyn selvittäminen tarkastelemalla rakennuksen tai laitteen tuntisia sähkönkulutuksia ennen ja jälkeen pumpun asennuksen. Myös höyrystimen huurteisuuden vaikutuksen selvittämistä lämpökertoimeen ja pumpun todellisten lämmitysveteen kohdistuvien lämmitystehojen selvittämistä eri olosuhteissa voitaisiin tutkia.

Työn tuloksina voidaan todeta ilmanvaihtokoneen automatiikan toimivan toimintaselostuksen mukaisesti. Voidaan myös todeta, että nykyaikainen lämpöpumppu oikein asennettuna oikeanlaisella ohjauksella on hyvin käyttäjäystävällinen ja helppokäyttöinen sen jälkeen, kun sopivat säädöt ovat löytyneet sisälämpötilan pitämiseksi riittävänä sekä tasaisena.

LÄHTEET

1. Resurssiviisas li tiekartta. 2016. Iin kunta. Saatavissa: http://ii.fi/instance/prime_product_julkaisu/ii/embeds/iiwwwstructure/20451_Resurssiviisas_li_tiivistelma.pdf. Hakupäivä 25.1.2018.
2. NIBE F2120 Ilma/vesi-lämpöpumppu. Nibe AB Sweden. 2018. Saatavilla: <https://www.nibe.fi/nibedocuments/18893/331400-2.pdf>. Hakupäivä 9.2.2018.
3. Hirvelä, Aulis – Jokela, Matti – Kaappola, Esko – Kianta, Jani 2014. Kylmätekniikan perusteet. 3. painos. Helsinki: Opetushallitus.
4. Bailey, Margaret – Boettner, Daisie – Moran, Michael J – Shapiro, Howard N. 2015. Principles of Engineering Thermodynamics. 8. painos. Singapore: John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd.
5. Department of Energy Engineering – Technical University of Denmark 2000. CoolPack Refrigeration Utilities. Version 2,84.
6. Refrigeration - an introduction to the basics. 2007. Danfoss – Refrigeration & Air conditioning division. Saatavissa: <http://refrigerationandairconditioning.danfoss.com/documentation/literature/?key=RA-6aa56192-f7e6-4793-b7f9-4c2fa908cc23:RA-6aa56192-f7e6-4793-b7f9-4c2fa908cc23&ba=Refrigeration%20and%20Air%20Conditioning&pubafter=01/01/0001&pubbefore=31/12/9999&documenttype=&lang=&litno=DKRCC.PF.000.F&free-text=&archive=False¤t=True&page=1&pagesize=0&sortby=&sortdescending=False&authority=#/litresult>. Hakupäivä 28.2.2018.
7. Happonen, Taisto 2010. Ilmalämpöpumpun toiminta ja asennus. Saatavissa: http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0044-9/urn_isbn_978-952-61-0044-9.pdf. Hakupäivä 13.2.2018.

8. When should you use an external equalized TEV?. 2012. Middle Tennessee Refrigeration Service Engineers Society. Saatavissa: <http://www.midtenn-rses.net/2012/03/when-should-you-use-an-external-equalized-tev/>. Hakupäivä 14.3.2018.
9. Räihä, Juha 2013. Maalämpöpumppulaboratorio oppimisympäristönä. Opin- näytetyö. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikka.
10. Electronic Expansion Valves: The Basics. 2004. The Air Conditioning, Heating and Refrigeration NEWS Saatavissa: <https://www.achrnews.com/articles/95056-electronic-expansion-valves-the-basics>. Hakupäivä 14.3.2018.
11. Asentajan käsikirja NIBE F2120 Ilma/vesi-lämpöpumppu. 2018. NIBE AB Sweden. Saatavilla: <https://www.nibe.fi/nibedocuments/18877/331387-2.pdf>. Hakupäivä 15.2.2018.
12. Aalto, Esa 2008. Yleistä kylmäaineista ja niiden rajoituksista. Suomen Kylmäliikkeiden Liitto r.y. Saatavissa: <http://www.skll.fi/www/att.php?id=45>. Hakupäivä 14.3.2018.
13. Danfoss – Refrigerant Slider v.4.1.0 Mobile App 2018.
14. Käyttöturvallisuustiedote. AGA 2017. C2HF5 30,2383 %; CH2F2 69,7617 %. Versio: 1.0. Saatavissa: http://www.aga.fi/internet.lg.lg.fin/fin/images/R%20410A_1.0_FI634_448606.pdf?v=1.0. Hakupäivä 14.3.2018
15. LVI 03-40002. 1991. Rakennusten vastaan- ja käyttöönotto. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/40002> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 6.3.2018.
16. LVI 10-10549. 2014. Rakennusten kaukolämmitys. Rakennustieto oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSL5w%3A%2447%24L10549%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-109784/L10549.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 27.5.2018.

17. Ilma/vesilämpöpumppu NIBE F2120 8, 12, 16, 20. 2018. NIBE ENERGY SYSTEMS. Saatavissa: <https://www.nibe.fi/nibedocuments/24652/331387-4.pdf>. Hakupäivä 24.4.2018.
18. Käyttöohjekirja NIBE SMO 40 Ohjausyksikkö. 2018. Nibe AB Sweden. Saatavissa: <https://www.nibe.fi/nibedocuments/23963/231753-5.pdf>. Hakupäivä 26.4.2018.
19. Lämpöpumpun säätö. 2013. NIBE Energy Systems Oy. Saatavissa: https://www.nibe.fi/Documents/haato_fi/l%C3%A4mmityksen%20s%C3%A4%C3%A4t%C3%B6.pdf. Hakupäivä 10.3. 2018.
20. Väättänen, Jukka 2018. Ii:n kunnan varikko. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Veijo Ukkola. 7.3. 2018.

Toimintakoepöytäkirja

21.2.2018

Kohde	lin kunnan varikko, iv-kone TK01
Urakan osa	Rakennusautomaatio
Läsnä	Aapo Antinmaa, Fidelix Oy Jukka Härkin, lin Kunta Veijo Ukkola, Oulun ammattikorkeakoulu

Toimintakoe, iv-koneen säätökaavion toimintaselostuksen mukaiset toiminnot.

Ryhmäkeskuslukitukset	Hyväksyntä	Huomiot
Tuloilmapuhallin TF01 ei voi käynnistyä, jos pumppu PU40 ei käy.	OK	

Ohjaukset	Hyväksyntä	Huomiot
Kojeen vuorokautisia käyntiaikoja ohjataan säätöjärjestelmän aikaohjelman mukaisesti	OK	
Ulkoilman lämpötilan laskiessa alle TE01 asetusarvon (-15°C), ohjataan puhaltimet TF01 ja PF01 ½ -teholle ohjaamalla taajuusmuuttajia ECO1 ja ECO2.	OK	
Käsikytimestä HS20 saadaan koje päälle aikaohjelman ulkopuolella	OK	

Toimintakoepöytäkirja

21.2.2018

Toiminta käynnistyessä	Hyväksyntä	Huomiot
Säätöventtiili TV45 avautuu.	OK	
Paluuveden lämpötilan TE45 noustua lähelle ilmastoinnin lämmitysverkoston menoveden asetusarvoa käynnistyy koje ensin osateholle ja sen jälkeen täydelle teholle.	OK	

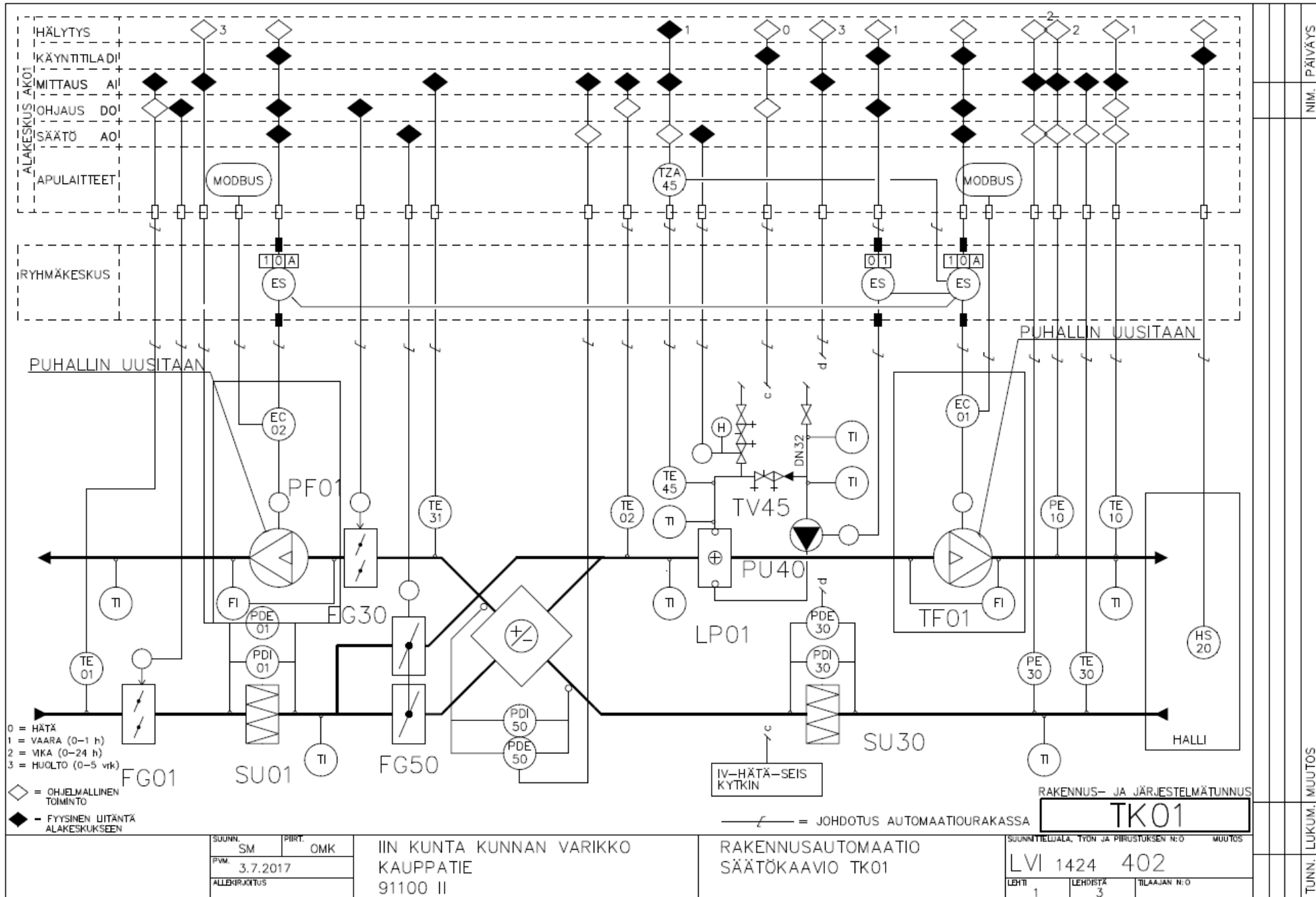
Toiminta käydessä	Hyväksyntä	Huomiot
Pellit FG01 ja FG02 ovat auki.	OK	
Tuloilman lämpötilan TE10 mittauksen perusteella säädetään sarjassa LTO säätöpeltiä FG50 ja säätöventtiiliä TV45 siten, että TE30 asetusarvo saavutetaan.	OK	
TE10 toimii samalla tuloilman lämpötilan minimi- ja maksimirajoitusanturina.	OK	
Lämpötilan TE30 pyrkiessä nousemaan sulkeutuu (1-porras) säätöventtiili TV45, (2-porras) FG50 sulkeutuu. Lämpötilan TE30 laskiessa toiminta päinvastainen.	OK	
Kanaviston paine PE10 ja PE30 pidetään asetusarvossa ohjaamalla taajuusmuuttajia ECO1 ja ECO2.	OK	
Paine-eron lämmöntalteenoton kasvaessa yli asetetun arvon ohjelma säätää ohituspellistön sulatusasentoon	OK	

Toimintakoepöytäkirja

21.2.2018

Toiminta kojeen seisonta-aikana	Hyväksyntä	Huomiot
Ulkoilmapelti FG 01 ja poistoilmapelti FG30 ovat kiinni.	OK	
Paluuveden lämpötilaa TE45 pidetään vakiona asetusarvossaan.	OK	

Varotoiminnot	Hyväksyntä	Huomiot
Sähkökatkon aikana pellit FG01 ja FG30 sulkeutuvat jousivoimalla kiinni.	OK	
Kojeen käydessä, paluuveden lämpötilan jäätymisvaaran asetusarvon TE45 lähestyessä ohjataan säätöventtiiliä TV45 suhteellisesti auki.	OK	
Kojeen käydessä paluuveden lämpötilan laskiessa jäätymisvaaran TE45 asetusarvoon, pysähtyy puhallin TF01 ja tapahtuu hälytys. Uudelleenviritys tapahtuu jäätymisvaaratermostaatin TZA45 käsikuittauspainikkeelta.	OK	
Lämpötilan TE10 ylittäessä (palovaara-asetus +50°C) asetusarvon pysähtyvät kaikki puhaltimet ja tapahtuu hälytys.	OK	
Painettaessa iv-hätä-seis - painiketta pysähtyvät kaikki puhaltimet ja tapahtuu hälytys	OK	



NIM.	PÄIVÄYS
TUNN.	LUKUM.
	MUUTOS

TOIMINTASELOSTUS

1. RYHMÄKESKUSLUKITUKSET

TULOILMAPUHALLIN TF01 EI VOI KÄYNNISTYÄ, JOS PUMPPU PU40 EI KÄY.

2. OHJAUKSET

KOJEEN VUOROKAUTISIA KÄYNTIAIKOJA OHJATAAN SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN AIKAOHJELMAN MUKAAN.

ULKOILMAN LÄMPÖTILAN LASKIESSA ALLE TE01 ASETUSARVON -15°C OHJATAAN PUHALTIMET TF01 JA PF01 1/2- TEHOLLE OHJAAMALLA TAAJUUSMUUTTAJIA EC01 JA EC02.

KÄSIKYTKIMESTÄ HS20 SAADAAN KOJE PÄÄLLE AIKAOHJELMAN ULKOPUOLELLA

3. TOIMINTA KOJEEN KÄYNNISTYESSÄ

SÄÄTÖVENTTIILI TV45 AVAUTUU. PALUUVEDEN LÄMPÖTILAN TE45 NOUSTUA LÄHELLE ILMASTOINNIN LÄMMITYSVERKON MENOVEDEN ASETUSARVOA KÄYNNISTYY KOJE ENSIN OSATEHOLLE JA SEN JÄLKEEN TÄYDELLE TEHOLLE.

4. TOIMINTA KOJEEN KÄYDESSÄ

PELLIT FG01 JA FG30 OVAT AUKI.

TULOILMAN LÄMPÖTILAN TE10 MITTAUKSEN PERUSTEELLA SÄÄDETTÄÄN SARJASSA LTO SÄÄTÖPELTIÄ FG50 JA SÄÄTÖVENTTIILEJÄ TV45, SITEN ETTÄ TE30 ASETUSARVO SAAVUTETAAN.

TE10 TOIMII SAMALLA TULOILMAN LÄMPÖTILAN MINIMI- JA MAKSIMIRAJOITUSANTURINA.

LÄMPÖTILAN TE30 PYRKIESSÄ NOUSEMAAN SULKEUTUU(1-PORRAS) SÄÄTÖVENTTIILI TV45, (2-PORRAS) FG50 SULKEUTUU.

LÄMPÖTILAN TE30 LASKIESSA TOIMINTA PÄINVASTAINEN

KANAVISTON PAINTE PE10 JA PE30 PIDETÄÄN ASETUSARVOSSA OHJAAMALLA TAJUUSMUUTTAJIA SC01 JA EC02

PAINTE-ERON LÄMMÖNTALTEENOTON YLI KASVAESSA ASETELTUUN ARVOON OHJELMA SÄÄTÄÄ OHITUSPELLISTÖN SULATUSASENTOON.

5. TOIMINTA KOJEEN SEISONTA-AIKANA

ULKOILMAPELTI FG01 JA POISTOILMAPELTI FG30 OVAT KIINNI. PALUUVEDEN LÄMPÖTILAA TxE45 PIDETÄÄN VAKIONA ASETUSARVOSSAAN ESIM. $+25^{\circ}\text{C}$.

6. VAROTOIMINNOT

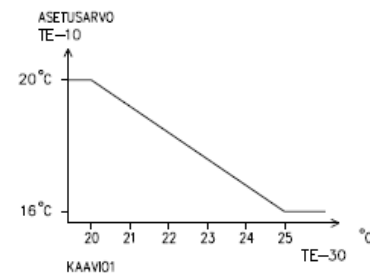
SÄHKÖKATKON AIKANA PELLIT FG01 JA FG30 SULKEUTVAT JOUSIVOIMALLA KIINNI.

KOJEEN KÄYDESSÄ PALUUVEDEN LÄMPÖTILAN JÄÄTYMISVAARAN ASETUSARVON TE45 LÄHESTYESSÄ OHJATAAN SÄÄTÖVENTTIILIÄ TV45 SUHTEELLISESTI AUKI.

KOJEEN KÄYDESSÄ PALUUVEDEN LÄMPÖTILAN LASKIESSA JÄÄTYMISVAARAN TE45 ASETUSARVOON, PYSÄHTYY PUHALLIN TF01 JA TAPAHTUU HÄLYTYS. UUELLEENVIRITYS TAPAHTUU JÄÄTYMISVAARATERMOSTAATIN TZA45 KÄSIKUIITTAUSPAINIKKEELTA.

LÄMPÖTILAN TE10 YLITTÄESSÄ (PALOVAARA-ASETUS $+50^{\circ}\text{C}$) ASETUSARVON PYSÄHTYVÄT KAIKKI PUHALTIMET JA TAPAHTUU HÄLYTYS.

PAINETTAESSA IV-HÄTÄ-SEIS -PAINIKETTA PYSÄHTYVÄT KAIKKI PUHALTIMET JA LISÄKSI TAPAHTUU HÄLYTYS.



SUUNN.	SM	PIIRT.	OMK
PVM.	3.7.2017		
ALLEKIRJOTUS			

IIN KUNTA KUNNAN VARIKKO
KAUPPATIE
91100 II

RAKENNUSAUTOMAATIO
SÄÄTÖKAAVIO TK01

SUUNNITTELUJALA, TYÖN JA PIIRUSTUKSEN N:O MUUTOS		
LVI 1424 402		
LEHTI	LEHDISTÄ	TILAAJAN N:O
2	3	

NIM. | PÄIVÄYS

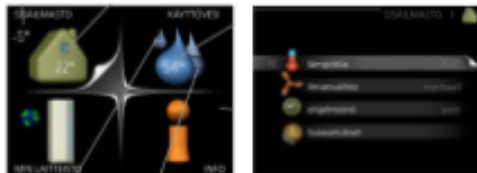
TUNN. | LUKUM. | MUUTOS

LÄMPÖPUMPPU — OHJE

LÄMPÖKÄYRÄN MUUTTAMINEN

LÄMPÖKÄYRÄN KORKEUDEN MUUTTAMINEN (SISÄLÄMPÖTILAN HIENOSÄÄTÖ)

Valikko 1.1



Sisäilmasto ➔ lämpötila ➔ valitse uusi arvo ➔ kuittaa painamalla OK.

LÄMPÖKÄYRÄN JYRKYYDEN MUUTTAMINEN

Mikäli sisälämpötila on liian korkea tai matala, käyrän jyrkkyyttä muutetaan valikossa 1.9.1.1.

Sisäilmasto ➔ lisäasetukset ➔ lämpökäyrä ➔ Valitse uusi käyrä, jyrkempi käyrä tarkoittaa korkeampaa sisälämpötilaa ➔ OK

LÄMMITYKSEN OHJELMOINTI

VIIKKO/PÄIVÄKOHTAINEN OHJELMOINTI

Valikko 1.3.1

Sisäilmasto ➔ lisäasetukset ➔ ohjelmointi

Määritä haluttu ohjelma, esim. alhaisempi sisälämpötila viikonlopun ajalle. Mikäli jakson halutaan kestävän keskiyön yli, tulee kyseisen päivän kohdalla päättymisaika asettaa ennen päättymisaikaa. Tällöin ohjelma pysähtyy seuraavana päivänä.

LOMA-ASETUS (pidemmälle aikavälille)

Valikko 4.7

Min laitteisto ➔ loma-asetus

Valitse ohjelman aloitus-, ja lopetuspäivät sekä haluttu lämpökäyrän muutos. Lomaohjelma käynnistyy alkamispäivänä klo 00:00 ja päättyy lopetuspäivänä klo 23:59.

Tarkemmat ohjeet löytyvät ohjainyksikön käyttöohjekirjasta.

Alkuperäiset kuvat: (17, s. 12, 21)