

Antti Yrjölä

**KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA JA HÄIRIÖTILANTEIDEN
HALLINTA MAALÄMPÖKOhteissa**

KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA JA HÄIRIÖTILANTEIDEN HALLINTA MAALÄMPÖKOhteissa

Antti Yrjölä
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Antti Yrjölä

Opinnäytetyön nimi: Kunnossapitosuunnitelma ja häiriötilanteiden hallinta maalämpökohteissa

Työn ohjaajat: Veli-Matti Mäkelä ja Mikko Rasi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017 Sivumäärä: 50

Työn tavoitteena oli luoda kunnossapitosuunnitelma, jonka avulla kahta Oulun Energian vastuulla olevaa maalämpöjärjestelmää voitaisiin ylläpitää vähintään 15 vuotta. Koska kohteet olivat varsin erilaiset käyttötavaltaan ja laitteistoiltaan, päädyttiin tekemään kummallekin kohteelle erilliset kunnossapitosuunnitelmat. Kummankin kohteen kunnossapitosuunnitelmasta eriytettiin se osa, jossa ohjeistetaan käyttäjää toimimaan erilaisissa vikatilanteissa, jotta häiriötilanteessa olennainen tieto löytyisi nopeasti.

Työn aikana luotiin yhteensä 4 dokumenttia. Häiriötilanteiden hallintaohjeet kummallekin kohteelle sisältävät lyhyen kuvauksen etäkäyttöliittymästä, tulkintaohjeet eri hälytyksille, toimintaohjeet erilaisissa vikatilanteissa, käyttöohjeet järjestelmän omille vara- ja huipputehonlähteille sekä kytkentäohjeet järjestelmän ulkopuolista varalämmönlähdettä varten. Varsinaiset kunnossapitosuunnitelmat puolestaan sisältävät ohjeet ennakoitavia pitkän aikavälin huoltotoimenpiteitä, säännöllistä tarkkailua ja pientä vuosihuoltoa varten ja tietoa lakisääteisistä tehtävistä.

Kunnossapitosuunnitelman ja häiriötilanteiden hallintaohjeen avulla järjestelmiä pystytään käyttämään ja pitämään kunnossa suunniteltu 15 vuoden aika ja vielä sen jälkeenkin. Työssä tarvittavia tietoja etsittiin laitteiden käyttöohjeista, alan kirjallisuudesta sekä laitteiden valmistajilta ja kylmälaitehuolloilta kysymällä.

Laitteiden vaihtelevat käyttötapa ja -ympäristö aiheuttavat suuria vaihteluita laitteiden elinaikaan, eikä yksittäisen laitteen elinaikaa siksi pystykään varmuudella ennustamaan. Saatavilla olevien tietojen pohjalta päädyttiin korostamaan säännöllisen tarkkailun merkitystä ja nopeaa vikatilanteisiin reagointia. Rakennettaessa uusia maalämpöjärjestelmiä on syytä tehdä järjestelmistä mahdollisimman samankaltaisia ja helposti ohjattavia niin paikallis-, etä- kuin automaattiohjauksessakin, jotta vikatilanteissa toiminta olisi nopeaa ja varmaa ja kunnossapito helpottuisi.

Asiasanat: maalämpö, lämpöpumput, kiinteistöt, kunnossapito, ylläpito, kestävä kehitys

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
SISÄLLYS	2
1 JOHDANTO	4
2 MAALÄMPÖ KIINTEISTÖJEN LÄMMITYKSESSÄ	5
2.1 Maalämpöpumput	6
2.1.1 Maalämpöpumpun toiminta	7
2.1.2 Lämpökerroin ja COP	10
2.1.3 Lämpöpumppujen tehonsäätö	12
2.2 Maalämpöjärjestelmät yleisesti	14
2.2.1 Vaihteleva lämmöntarve	15
2.2.2 Varaajat	16
3 KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA	19
3.1 Säännöllinen tarkkailu ja vuosihuolto	20
3.2 Vuototarkastukset	22
3.3 Järjestelmän vanheneminen ja ennakoivat huoltotoimet	23
3.4 Huoltokirja	25
4 HÄIRIÖTILANTEIDEN HALLINTAOHJE	26
4.1 Kiinteistöautomaatiojärjestelmän kautta tulevat hälytykset	27
4.2 Muut hälytykset	29
4.3 Maalämpöjärjestelmän häiriötilanteita	30
4.3.1 Maapiirin vuoto	31
4.3.2 Kylmäainepiirin vuoto	32
4.3.3 Lämmitysverkon vuoto	33
4.3.4 Anturivika	35
4.3.5 Muu kuin kylmäainevuotoon liittyvä vika lämpöpumpussa	36
4.3.6 Lianerottimen tukkeutuminen	37
4.3.7 Pumppuvika	37
4.3.8 Venttiilivika	38
4.3.9 Sähkökattilan vika	39
4.3.10 Energiamittarin vika	40
4.3.11 Vika automaatiojärjestelmässä	40

4.4 Varalämmön kytkentä	41
5 POHDINTAA	44
LÄHTEET	47

1 JOHDANTO

Maalämpöjärjestelmät yleistyvät rakennusten lämmitysratkaisuina, mutta niiden kunnossapidosta on toistaiseksi varsin vähän koottua tietoa. Osittain tämä johtunee maalämpöpumppujen vähäisestä huollontarpeesta, mutta osittain huipputehon- ja varalämmönlähteenä käytettävien sähkövastusten edullisuudestakin (1; 2; 3). Kun maalämpöpumppu itsessään on varsin luotettava laite ja varajärjestelmä on aina valmiina, on helppoa unohtaa järjestelmän tarkkailu ja valmistajan suosittamat pienet huoltotoimenpiteet. Isoissa kohteissa kuten taloyhtiöissä tai liikekiinteistöissä tarvittavat lämpötehot ovat kuitenkin niin suuria, että sähkölämmitteisten varajärjestelmien käyttö tulee nopeasti kalliiksi. Usein varajärjestelmiä ei edes mitoiteta kattamaan kaikkea tehontarvetta, koska varajärjestelmiä tarvitaan äärimmäisen harvoin. Tällaisissa tilanteissa on tärkeää, että vikatilanteita pystyttäisiin välttämään, tai vähintään reagoimaan niihin nopeasti.

Opinnäytetyönä tuotettiin suunnitelma kahden kohteen maalämpöjärjestelmien ylläpitämiseen 15 vuoden aikajaksolle. Suunnitelma sisältää järjestelmille tehtävät vuosittaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet, ennakoitavissa olevat pitkän aikavälin huollot, sekä toimintaohjeet poikkeustilanteita varten. Nämä toimintaohjeet eli Häiriötilanteiden hallintaohje on itsenäinen dokumentti, joka auttaa järjestelmän käyttäjää reagoimaan järjestelmän tuottamiin hälytyksiin, tunnistamaan vikatilanteita ja ohjaamaan järjestelmää vikatilanteissa. Ohjeiden mukaisella toiminnalla pystytään varmistamaan asiakkaan lämmönsaanti varsinaiseen huoltoon asti.

Opinnäytetyön tilannut Oulun Energia Oy on Oulun alueella energiapalveluita tuottava yritys, joka tarjoaa lämpöpalveluita paitsi perinteisen kaukolämmön, myös lämpöpumppuihin perustuvien ratkaisujen muodossa. Oulun Energia tarjoaa lämpöpumppuratkaisuja esimerkiksi järjestelmätoimituksen kertainvestointina tai määräaikaisella energiantoimitussopimuksella, jonka päätteeksi laitteiston omistajuus siirtyy asiakkaalle. (4; 5.)

2 MAALÄMPÖ KIINTEISTÖJEN LÄMMITYKSESSÄ

Maalämmöllä tarkoitetaan Maan kuoren ylimmistä osista kerättyä lämpöä, joka syvissä energiakaivoissa on osittain Maan sisässä tapahtuvista fissioreaktioista peräisin olevaa geotermistä energiaa. Matalalla sijaitsevilla kaivon osilla tai muissa läheltä maan pintaa lämpöenergiaa keräävissä ratkaisussa kyse on lähinnä varastoituneesta auringon säteilyenergiasta. (2.) Energian alkuperä ja saatavuus vaihtelee paikasta toiseen. Esimerkiksi Islannissa maan tuliperäisyyden takia saadaan runsaasti maan uumenista peräisin olevaa lämpöenergiaa, ja etelässä auringon lämmittämällä alueilla voidaan hyödyntää matalien kaivantojen korkeita lämpötiloja (6; 7).

Maalämpöjärjestelmät rakentuvat aina yhden tai useamman lämpöpumpun ympärille ja edellyttävät vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Paras hyötysuhde saavutetaan matalalämpötilaisella lämmönjakojärjestelmällä, kuten lattialämmityksellä, mutta maalämpö soveltuu myös patterilämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen. (8, s. 35 ja 69–70.)

Omakotitalojen kokoluokassa, noin 5 kW:n lämpötehosta reiluun 15 kW:iin, lämpöpumppuja myydään valtakunnallisella tasolla paljon. Sen sijaan esimerkiksi rivi- tai kerrostaloihin käytettävien suurempien lämpöpumppujen kysyntä on ainakin toistaiseksi huomattavasti vähäisempää, vaikka yhteen kohteeseen voidaankin asentaa kaksi tai useampia lämpöpumppuja. (3; 9.) Teholtaan suurien maalämpöpumppujen pieneen kysyntään vaikuttanee tarvittavien investointien suuruus, jolloin investointien toteuttamista mietitään tarkkaan eikä uusiin ratkaisuihin lähdetä kovin nopeasti. Esimerkiksi öljyn ollessa halpaa vanhat öljypohjaiset laitteistot saatetaan haluta käyttää loppuun. Toisaalta, keskustojen kaltaisilla tiheästi rakennetulla alueilla, joissa suurien kiinteistöjen osuus kaikesta rakennuskannasta on suuri, ei usein ole käytettävissä riittävästi maapinta-alaa suurta lämmönkeruukenttää varten ja kaukolämpö on kustannuksiltaan kilpailukykyinen vaihtoehto.

Suuressa järjestelmässä lämpöpumppujen oma ohjauselektroniikka voi olla liitetty kiinteistöautomaatiojärjestelmään lämpöpumppujen ohjaamiseksi ja

tietojen välittämiseksi etävalvomoon. Vastaavasti pienissä järjestelmissä koko lämmitysjärjestelmä saattaa olla lämpöpumpun ohjauksessa, ja ohjaus on paikallista. Molemmissa opinnäytetyön kohteista hyödynnetään kiinteistöautomaatiojärjestelmiä ja etävalvomoita kunnossapidossa, joten kohteiden kunnossapitosuunnitelmat on laadittu sen mukaisesti.

2.1 Maalämpöpumput

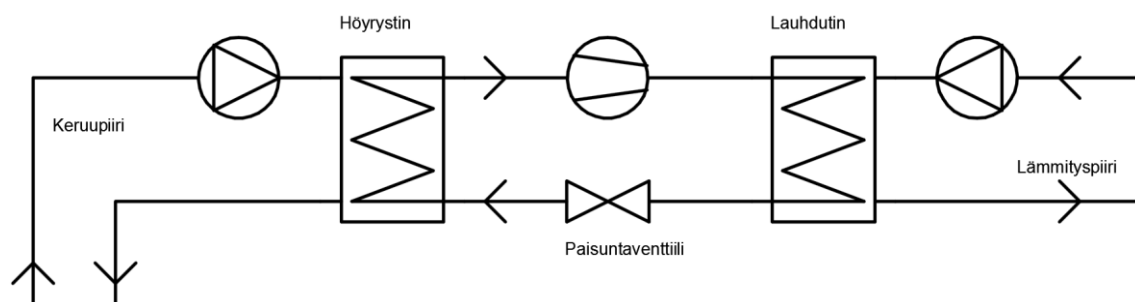
Lämpöpumpuilla mahdollistetaan matalassa lämpötilassa olevan lämpöenergian siirtäminen korkeammassa lämpötilassa olevaan käyttökohteeseen, esimerkiksi lämmityspiirin kiertoveteen. Lähes kaikki kaupalliset lämpöpumput saavat tämän aikaan hyödyntämällä sähköisellä kompressorilla aikaansaattua kylmäainekiertoa, jossa höyrystyvä kylmäaine sitoo itseensä lämpöä matalassa paineessa ja lämpötilassa ja lauhtuva kylmäaine vapauttaa sitä korkeassa paineessa ja lämpötilassa. (8, s. 28.) Niiden voidaankin ajatella olevan eräs sähkölämmityksen muoto, jonka hyötysuhde vain on yli 100 %. Tällaiset kompressorilämpöpumput ovat hyötysuhteeltaan parempia kuin esimerkiksi absorptiolämpöpumput, mutta toisaalta ne kuluttavat sähköä, jonka tuotantoon käytetään huomattavasti asiakkaalle toimitettua sähköenergiaa suurempi määrä primäärienergiaa (10, s. 9–10).

Lämpöpumpuissa yleisimmät kompressorityypit jopa 100 kW:iin asti ovat kierukka- eli scroll- ja mäntäkompressorit (11, s. 231). Perinteisemmissä mäntäkompressoreissa puristus perustuu mäntään, joka vuorotellen imee ja puristaa kylmäainekaasua (8, s. 41). Scroll-kompressoreissa puolestaan on kierukkapari, joista toinen on kiinteä ja toinen liikkuessaan puristaa kylmäainekaasua kiinteää kierukkaa vasten. Kylmäainekaasun tilavuus pienenee ja paine kasvaa kaasun siirtyessä kierukan kehältä kohti keskustaa. Scroll-kompressoreissa on nimellispainesuhteella hieman parempi hyötysuhde kuin mäntäkompressoreilla, ja niiden käyntiääni on huomattavasti alhaisempi. Ero hyötysuhteessa kasvaa ohjattaessa kompressorin tehoa kierrusnopeussäädöllä. (12, s. 157.) Hyötysuhteen eroihin vaikuttaa myös käytetyt mittausolosuhteet. Esimerkiksi korkeassa 7 °C höyrystymislämpötilassa scroll-kompressorien on havaittu olevan hyötysuhteeltaan jopa 10 % parempia

kuin mäntäkompressorien, mutta ero on jäänyt hyvin pieneksi, kun höyrystyslämpötila on laskettu Suomessa normaalimpaan $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen (11, s. 231).

2.1.1 Maalämpöpumpun toiminta

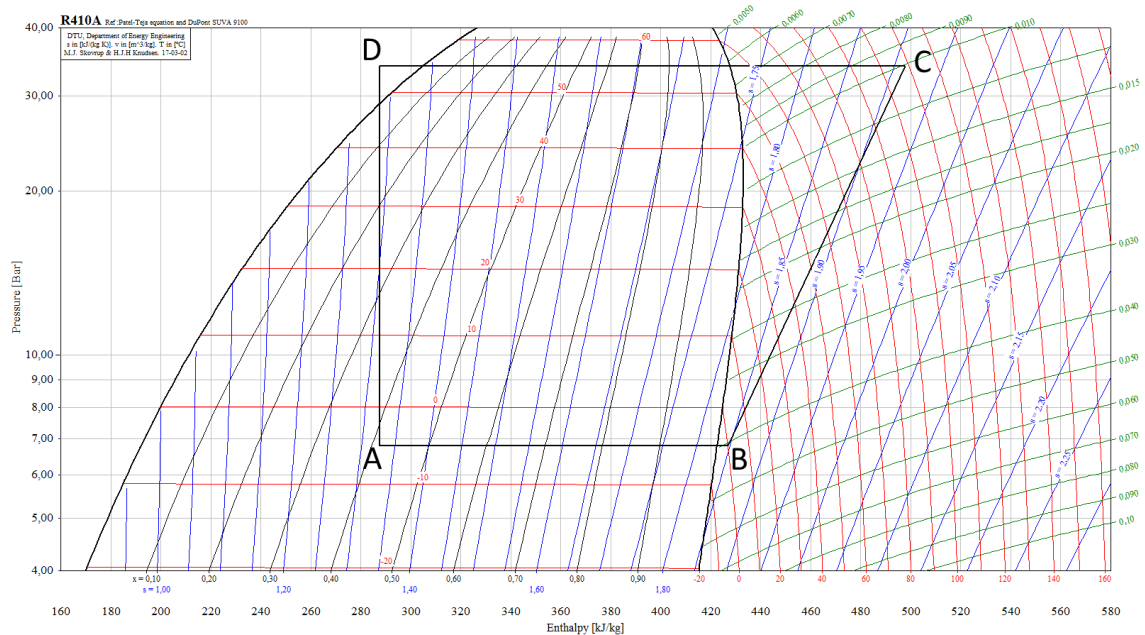
Yksinkertaistettuna maalämpöpumppu toimii kuvan 1 kaltaisesti. Energiaa kerätään kuljettamalla lämmönsiirtoon tarkoitettua nestettä keruupiirissä eli putkistossa, joka sijoitetaan joko vesistön pohjaan, maahan porattuihin syviin kaivoihin tai mataliin, mutta pinta-alaltaan vastaavasti suurempiin kaivantoihin. Näistä energiakaivot ovat Suomessa yleisin ratkaisu, ja niitä on käytetty myös opinnäytetyön kohteissa. Maalämpönesteen jäätyksen estämiseksi nesteeseen käytetään 30-prosenttista etanoliliuosta, jonka jäätymispiste on noin $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$. (2.) Maalämpöneste pumpataan lämpöpumpun höyrystimelle, josta se energiaa luovutettuaan palaa takaisin maahan (3).



KUVA 1. Maalämpöpumpun periaatekuva

Kuvassa 2 on yksinkertaistetun maalämpöpumpun kylmäaineen kierto kuvattuna paine-entalpiakäyrästään (13). Höyrystimessä A–B 6,8 baarin paineessa oleva kylmäaine sitoo energian enimmäkseen höyrystyslämpönä ja muodostunut kaasu jatkaa hieman tulistuneena edelleen kompressorille B–C, joka nostaa kylmäaineen paineeseen 34 bar. Samalla kylmäaine tulistuu lämpötilaan $108\text{ }^{\circ}\text{C}$. Korkeapaineinen kuumakaasu johdetaan edelleen lauhduttimelle C–D, jossa se ensin jäähtyy kylmäksi höyryksi lämpötilaan $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sitten lauhtuu takaisin nesteeksi ja alijäähtyy hieman. Lopuksi neste johdetaan paisuntaventtiiliin D–A kautta takaisin höyrystimeen. Paisuntaventtiilissä osa kylmäaineesta höyrystyy paineen laskiessa, ja kylmä

nestekaasuseos jatkaa höyrystimelle, missä loputkin nesteestä höyrystyy. (11.)
 Paisuntaventtiili säätää höyrystimelle menevää kylmäainevirtaa siten, että
 höyrystimen jälkeen kylmäaine olisi hieman tulistunutta (14, s. 5).
 Lauhduttimessa kylmäaineen luovuttama energia siirretään rakennuksen
 lämmitysjärjestelmän kiertoveteen.



KUVA 2. Yksinkertaistetun maalämpöpumpun kylmäaineen kierto log p, h -käyrästössä kylmäaineella R410A (13)

Paisuntaventtiili säätää höyrystimelle menevää massavirtaa siten, että
 höyrystyminen jälkeen kylmäaine on tulistunut tietyn määrän, esimerkiksi 5 K.
 Jos tulistumista on höyrystimen jälkeen enemmän kuin säädetty 5 K,
 paisuntaventtiili avautuu enemmän ja tulistuminen vähenee massavirran
 kasvaessa. Tasapainotilanteessa höyrystymispaine ja -lämpötila siis
 käytännössä seuraavat maalämpönesteen lämpötilaa siten, että lämpötilaero
 kylmäaineen ja maalämpönesteen välillä ja välillisesti höyrystimen teho on
 riittävän suuri oikean tulistuksen tuottamiseksi. Jos maalämpönesteen lämpötila
 laskee liian alas, höyrystymislämpötila laskee sen mukana ja jossakin
 määritetyssä paineessa matalapaineesta sammuttaa laitteen. Ennen
 paisuntaventtiiliä oleva nestesäiliö, joka kuvassa 2 sijaitsee pisteessä D, toimii
 kylmäaineen varastona. Nestesäiliö myös varmistaa, että paisuntaventtiilille
 menee vain nestettä.

Lauhtumispaine ja -lämpötila asettuvat tasapainotilassa sellaiselle tasolle, että kaikki kylmäaine ehtii lauhtua. Jos kylmäaineesta osa jää kaasuksi lauhduttavan veden lämpötilan kohoamisen takia, on kylmäaineen ominaistilavuus huomattavasti suurempi, eikä nestesäiliöön ja lauhduttimen ja paisuntaventtiilin väliseen putkistoon siis mahdu niin suurta massaa kuin täydellisessä lauhtumisessa. Tällöin kaasua kerääntyy lauhduttimeen ja paine kasvaa. Samalla kasvaa lauhtumislämpötila ja lämpötilaero lauhdutettavan ja lauhduttavan aineen välillä, mikä puolestaan parantaa lauhtumista. Uusi tasapainotila saavutetaan nopeasti. Jos yritetään tavoitella liian suurta lauhtumislämpötilaa, korkeapainepressostaatti pysäyttää koneen.

Kuten kuvasta 2 nähdään, kompressorilta tuleva kuumakaasu on paljon lauhtumislämpötilaa korkeammassa lämpötilassa, kuvan esimerkissä 108 °C. Esimerkiksi käyttöväettä lämmitettäessä kuumakaasu voi helposti olla näissä lukemissa ja vielä kuumempaakin. Jos kompressoria käytetään pitkiä aikoja todella kuuman kaasun tuottamiseen, sen elinikä voi lyhentyä korkeassa lämpötilassa kiihtyvien kemiallisten reaktioiden takia. Tähän toki vaikuttavat myös monet muut tekijät, kuten koneiston puhtaus. (15.) HFC-kylmäaineille maksimilämpötila on 120–150 °C riippuen kylmäaineen kestävyydestä öljyssä ja kompressorissa olevien aineiden kanssa (12, s. 143).

Jos riittävän paljon kylmäainetta vuotaa järjestelmästä, nestesäiliön nestepinta laskee niin alas, että paisuntaventtiilille tulee hieman kaasua nesteen seassa, mikä näkyy kuplina nestelasissa. Kaksifaasisen kylmäaineen ominaistilavuus on suurempi kuin nesteen, joten paisuntaventtiili avautuu enemmän päästääkseen riittävän suuren massavirran lävitseen pitääkseen tulistumisen suunnitellussa määrässä. Kylmäaineen on vuotaessa yhä enemmän, paisuntaventtiili ei enää pysty päästämään lävitseen riittävän suurta massavirtaa. Kun höyrystimelle tuleva massavirta pienenee, laskee höyrystimen paine, kunnes kompressorin ottama massavirta laskee höyrystimelle tulevan massavirran tasolle. Nyt kun kompressor ei enää pysty syöttämään riittävästi kuumakaasua lauhduttimelle, alkaa lauhduttimen paine ja lämpötila laskea. Lauhtumispaineen laskiessa lämmönsiirtoteho heikkenee ja osa kylmäaineesta jää lauhtumatta, mikä kasvattaa tilavuusvirtaa lauhduttimen jälkeen, mikä puolestaan pienentää

massavirtaa entisestään ja edelleen kasvattaa lauhtumispainetta, kunnes uusi tasapainotila on saavutettu.

Jos lauhtuttavan veden lämpötilaa lasketaan tässä vaiheessa tuntuvasti, lauhtuminen tehostuu ja kaikki kylmäaine voi lauhtua. Lämmönsiirto tehostuu, lauhtumispaine laskee ja nestesäiliöön kerääntyy hieman enemmän nestettä, mikä puolestaan parantaa paisuntaventtiilin ja edelleen höyrytimen toimintaa. Tällaisen käyttäytymisen vuoksi kylmäainevuotojen havaitseminen on helppoa silloin, kun lämpöpumpulla lämmitetään käyttövettä. Käyttöveden lämmityksessä tarvittava lauhtumislämpötila ja -paine ovat suuria, eikä lämpöpumppu välttämättä pysty saavuttamaan tavoiteltavia arvoja.

2.1.2 Lämpökerroin ja COP

Kompressorilämpöpumppujen hyötysuhdetta kuvataan ns. COP-kertoimella, ”coefficient of performance”. Laskennallisesti kyseessä on lämpökerroin, joka on määritelty kaavan 1 mukaisesti (16, s. 112).

$$\varepsilon_l = COP = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2} = \frac{\Phi_1}{P} \quad \text{KAAVA 1}$$

$\varepsilon_l = COP =$ lämpöpumpun lämpökerroin

$Q_1 =$ tuotettu lämpöenergia (J)

$Q_2 =$ lämmönlähteestä kerätty lämpöenergia (J)

$W =$ kompressorin järjestelmään tekemä työ (J)

$\Phi_1 =$ tuotettu lämpöteho (W)

$P =$ kompressorin järjestelmään tekemän työn teho (W)

Kuvan 2 esimerkissä saadaan kaavan 1 edellyttämät arvot kaavoista 2, 3 ja 4.

$$Q_1 = \Phi_1 * t = (h_C - h_D) * q_m * t \quad \text{KAAVA 2}$$

$$Q_2 = (h_B - h_A) * q_m * t \quad \text{KAAVA 3}$$

$$P = (h_C - h_B) * q_m \quad \text{KAAVA 4}$$

$q_m =$ kylmäaineen massavirta

$t =$ jokin määrätty aikaväli

h_A, h_B, h_C ja $h_D =$ kylmäaineen ominaisentalpia pisteissa A, B, C ja D

Kun yhdistetään edellisiä kaavoja kuvaan 2, nähdään selvästi, että mitä suurempi ero on lauhtumis- ja höyrystyslämpötiloilla, sitä huonompi on lämpöpumpun hyötysuhde. Huonontunut hyötysuhde johtuu enimmäkseen siitä, että kompressorin täytyy tehdä enemmän työtä järjestelmään. Ainakin kuvan kylmäaineella R410A pieni osa hyötysuhteen huononemisesta on selitettävissä myös kaksifaasialueen muodolla p, h -käyrästössä. Höyrystyslämpötilan aleneminen pienentää ominaisentalpiaeroa pisteiden A ja B välillä, ja lauhtumislämpötilan nostaminen pienentää ominaisentalpiaeroa pisteiden C ja D välillä. Kuvasta nähdään myös, että runsas alijäähtyminen pisteessä D ja runsas tulistuminen pisteessä B parantavat hyötysuhdetta. Käytännössä pisteen D alijäähtymistä rajoittaa lämmitettävän veden paluulämpötila, ja pisteen B tulistumista rajoittaa maalämpönesteeseen tulolämpötila. Lisäksi pisteen B tulistumista rajoittaa putken pinnasta tulevan lämmön siirtyminen, joka on heikompi kaasuun kuin nesteeseen (12, s.169). Suuri tulistus pisteessä B korottaa kuumakaasun lämpötilaa, mikä voi johtaa lyhentyneeseen kompressorin elinikään.

Koska lämpökerroin käyttäytyy kuvatun kaltaisesti, ovat maalämpöpumput parhaimmillaan, kun niillä tuotettu lämpö käytetään mahdollisimman alhaisessa lämpötilassa. Rakennusten lämmityskäytössä maalämpöä suositellaankin erityisesti lattialämmityksen lämmönlähteeksi. Vesikiertoisilla pattereilla lämmitetty rakennus edellyttää korkeampaa lämpötilaa, mutta silloinkin lämpötilaa voi alentaa lisäämällä lämpöä luovuttavaa patteripinta-alaa. (8, s. 31.)

Lämmitettävän käyttöveden pitää olla riittävän korkeassa lämpötilassa, jotta vältetään haitallisilta bakteerikasvustoilta. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan lämpimän käyttöveden lämpötilan tulisi olla vähintään 55 °C. Koska näin korkean lämpötilan tuottaminen heikentää lämpökerrointa huomattavasti, on ongelmaan kehitetty erilaisia ratkaisuja. Yksi vaihtoehto on hyödyntää tulistuslämpöä veden lämmityksen loppuvaiheessa, jolloin vesi pystytään lämmittämään lauhtumislämpötilaan asti ja jopa sen yli. Tämä edellyttää, että vesi on lämmennyt lähelle lauhtumislämpötilaa ennen tulistuksen poistoa, jottei

korkealämpötilaista tulistuslämpöä menisi hukkaan veden lämmittämiseen sellaisella lämpötila-alueella, joka olisi saavutettavissa lauhtumislämmölläkin. Toinen vaihtoehto on lämmittää korkealämpötilainen käyttövesi ja matalampilämpötilainen lämmityspiirin kiertovesi vuorotellen, jolloin lämmityspiirin kiertovettä lämmitettäessä voidaan käyttää alhaisempaa lauhtumislämpötilaa ja parempaa lämpökerrointa. Tässä vaihtoehdossa tärkeää on, että lämmönjakoverkon lämmitys estetään esimerkiksi vaihtoventtiilin avulla siksi aikaa, kun lämmitetään käyttövettä, jotta hyötysuhde pysyisi mahdollisimman korkealla. Kolmas vaihtoehto on esilämmittää käyttövesi lämpöpumpulla ja korottaa lämpötila lopulliselle tasolle sähkövastuksilla. (8, s. 69–70; 20, s. 8.)

Lämpöpumpun lämpökerroin ei luonnollisestikaan ole sama kuin koko maalämpöjärjestelmän lämpökerroin, koska järjestelmässä on lämpöpumpun lisäksi muitakin laitteita, jotka tekevät työtä järjestelmään. Järjestelmän hyötysuhdetta tarkastellessa otetaan huomioon koko järjestelmän sähkönkulutus ja saatu lämpöenergia. Lisäksi on erotettava toisistaan hetkelliset hyötysuhteet pitkän aikavälin hyötysuhteista, sillä lämmönlähteen ja etenkin tuotettavan lämmön lämpötilat vaihtelevat vuoden aikana: kesällä rakennuksen lämmitykseen ei tarvita juurikaan lämpöä ja talvella lämmitykseen tarvitaan paljon lämpöä korkeassa lämpötilassa. Tyypillisesti maalämpöjärjestelmän vuosilämpökerroin SCOP, ”seasonal coefficient of performance”, on luokkaa 2,5–3,5 (2).

2.1.3 Lämpöpumppujen tehonsäätö

Useimmat maalämpöpumput toimivat yhden vakionopeuksisen kompressorin voimin. Lämpöpumppu lämmittää esimerkiksi lämmityspiirin puskurivaraajaa tai varaavaa lattiamassaa. Kun vesi palaa takaisin riittävän lämpimänä, on lämpöä varastoitunut haluttu määrä ja kompressori pysähtyy. Kompressorin ollessa pois päältä lämpöä kulutetaan varastosta, ja kun lämpötila on laskenut alarajan alle, kompressori käynnistetään uudelleen. Tällainen yhden tehoportaan lämpöpumppu on yksinkertainen, edullinen ja helppo ohjattava. Sen

heikkouksina ovat suuri tarve varaavalle kapasiteetille ja huonosti mitoitettuna lyhyet käyntiajat ja lepoajat. (8, s. 47.)

Joissakin lämpöpumpuissa on useampi kuin yksi kompressorit kytkettynä rinnakkain. Tällaisen lämpöpumpun tuotantotehoa voidaan säätää siten, että käytettävissä olevien tehoportaiden lukumäärä on yhtä suuri kuin kompressorien lukumäärä. Tällaisen lämpöpumpun ohjaaminen on hieman monimutkaisempaa kuin yhden tehoportaan lämpöpumpun, koska on pyrittävä optimoimaan tuotanto vastaamaan mahdollisimman hyvin kulutusta – kuitenkin siten, että käytettävissä oleva varaava kapasiteetti tulee käytettyä mahdollisimman tehokkaasti käyntijaksojen pidentämiseksi ja käynnistymiskertojen vähentämiseksi. Jotta kompressorit ikääntyvät samaa tahtia, ohjauselektronikan on myös huomioitava käynnistysten ja käyttötuntien jakautuminen mahdollisimman tasaisesti eri kompressoreille. Jos ohjauselektronikka ei toimi oikein, voi kuorman tasauksesta seurata ylimääräisiä käynnistystyksiä kompressoreille.

On myös olemassa ns. invertterisäätöisiä lämpöpumppuja, joiden kompressoreita ohjataan määrättyllä kierroslukualueella portaattomasti. Säätötapa on viime vuosina kehittynyt ja yleistynyt. Portaattoman säädön alueella lämmöntuotantoteho voi seurata kulutusta hyvinkin tarkkaan, jolloin saavutetaan tasainen tuotettu lämpötila, ja samalla käynnistysten lukumäärä laskee. (8, s. 47–48.) Invertteriohjatut lämpöpumput ovat kuitenkin yksinkertaisempia ON/OFF-ohjauksisia lämpöpumppuja kalliimpia ja käyntiajat vuositasolla ovat paljon suuremmat. Hankittaessa taustatietoja opinnäytetyötä varten ilmeni, että ainakin erään lämpöpumppuja huoltavan liikkeen kokemusten mukaan portaattomalla säädöllä varustetut kompressorit vikaantuisivat nopeammin, koska niille kertyy huomattavasti enemmän käyttötunteja vuodessa. Kyseessä on kuitenkin henkilökohtaisiin kokemuksiin perustuva mielikuva, eikä näkemystä haluttu esittää nimellisenä. (17.) Näkemystä tukevaa tai vastustavaa tilastotietoa ei löytynyt.

2.2 Maalämpöjärjestelmät yleisesti

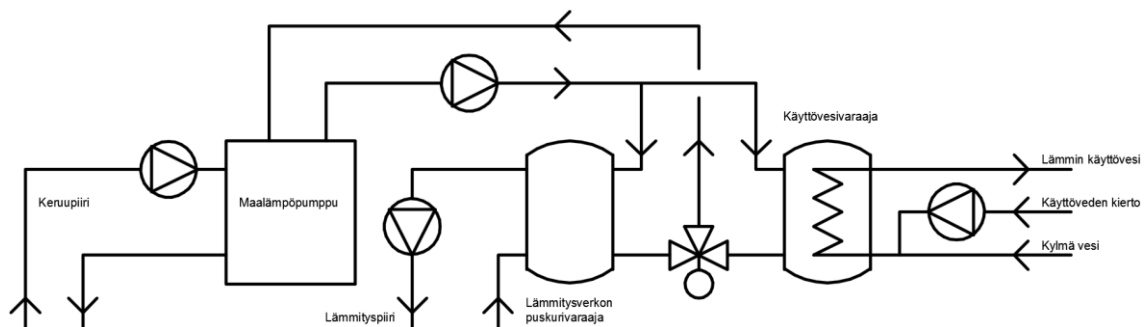
Yhden tehoportaan maalämpöpumppua käyttävä järjestelmä voidaan mitoittaa tuottamaan lämpöpumpulla joko kaikki tarvittava lämpöteho tai vain osa siitä, esimerkiksi 80 % huipputehontarpeesta. Osatehomitoituksessa tarvittava lopputeho tuotetaan yleensä sähkövastuksilla. Ajatuksena on, että näitä sähkövastuksia jouduttaisiin käyttämään vain hyvin lyhyitä aikoja vuodessa, jolloin niillä tuotetaan lämpöä vain hyvin pieni osa vuotuisesta lämpömäärästä. Vastaavasti suurempi osa lämpöenergiasta tulisi tuotettua paremmalla hyötysuhteella. (18.)

Kummassakin vaihtoehdossa lämmön tuotannon säätäminen täsmälleen vaihtelevaa kulutusta vastaavaksi on tietenkin mahdotonta, ja varsinkin lämpimän käyttöveden tuotannossa käytetään lämminvesivaraajia varastoimaan tarvittavaa lämpöä. Jos tehoportaita on useampi kuin yksi tai jos käytetään portaatonta tehonsäätöä, pystytään tuotantoa säätämällä paremmin vastata muuttuvaan tehontarpeeseen. Tällöinkin pystytään käyttövesivaraajaa käyttämällä paremmin takaamaan käyttäjälle katkeamaton lämpimän veden saanti, esimerkiksi tilanteessa, jossa käyttöveden lämmitykseen tarvittava teho ylittää järjestelmän lämmöntuotantotehon. Rakennuksen lämmityksen kohdalla lämmön kulutuksen ja tuotannon väliset erot eivät ole niin ratkaisevia kuin käyttöveden lämmityksessä, koska rakennus itsessään toimii varaavana massana eikä kulutus kovilla mitoituspakkasillakaan ole tuotannon maksimia suurempi.

Molemmat opinnäytetyön kohteet on suunniteltu osatehomitoituksella, eli lämpöpumpuilla tuotetaan vain osa tarvittavasta huipputehosta. Jäljelle jäävä pieni osuus huipputehosta tuotetaan erillisillä sähkövastuksilla. Vastuksilla tuotetun lämmön osuus vuosituotannosta jää pieneksi, koska huipputehoa tarvitaan vain lyhyitä aikoja vuoden aikana. Samoja huipputehonlähteitä voidaan käyttää myös varatehonlähteinä.

Maalämpöjärjestelmien kokoonpano vaihtelee paljon teholuokasta ja suunnittelukulttuurista riippuen. Kuvassa 3 on periaatekuva eräästä maalämpöjärjestelmästä, joka lämmittää käyttövettä ja lämmönjakoverkkoa

vuorotellen. Kuvan järjestelmässä on edustettuna kaikki olennaisimmat maalämpöjärjestelmän osat: keruupiiri kiertopumppuineen, maalämpöpumppu, lämmönjakoverkko kiertopumppuineen, lämmitysverkon puskurivaraaja, käyttöveden kiertopumppu, käyttövesivaraaja, varaajien latauspumppu ja vaihtoventtiili ladattavan varaajan valintaan. Kuvaan ei ole merkitty vara- ja huipputehonlähteinä toimivia sähkövastuksia. Usein ne upotetaan suoraan varaajiin.



KUVA 3. Periaatekuva maalämpöjärjestelmästä, jossa on yksi maalämpöpumppu ja erilliset varaajat lämmönjakoverkolle ja lämpimälle käyttövedelle

Jos järjestelmässä ei ole erillistä lämmitysverkon puskurivaraajaa, toimii latauspumppu samalla lämmönjakoverkon kiertopumppuna. Vastaavasti vaihtoventtiili voidaan sijoittaa eri kohtaan kuin kuvassa 3 tai korvata käyttämällä kahta latauspumppua, joista toinen kierrättää vettä käyttövesivaraajassa ja toinen lämmönjakoverkossa tai sen puskurivaraajassa. Joissakin järjestelmissä käytetään erillistä latausyksikköä käyttövesivaraajan lämmityksessä. On myös mahdollista käyttää sekoitusventtiiliä tasaamaan lämmönjakoverkkoon menevän veden lämpötila ja siten mahdollistaa puskurivaraajan lämmittäminen korkeampaan lämpötilaan käynnistyskertojen vähentämiseksi, hyötysuhteen laskemisen kustannuksella.

2.2.1 Vaihteleva lämmöntarve

Rakennusten lämmitysenergian tarve vaihtelee suuresti tilanteesta riippuen, joten lämmitysjärjestelmän on mukauduttava tähän vaihteluun. Etenkin

käyttöveden lämmitykseen tarvittava teho vaihtelee suuresti. Lämpötehon tarpeen ja tuotannon välistä erotusta tasoitetaan käyttämällä esimerkiksi aiemmin kuvattua portaaton tehonsäätöä lämpöpumpuissa tai lämminvesivaraajia, kuten kuvan 3 esimerkissä on tehty. (19, s. 248–249.)

Suurissa kohteissa lämmöntarpeen vaihtelu on tasaisempaa kuin pienissä kohteissa. Osaltaan tämä johtuu risteilyksi kutsutusta ilmiöstä eli kulutuksen eriaikaisuudesta eri käyttöpisteissä. Suuressa kohteessa on enemmän lämpimän käyttöveden käyttöpisteitä, lämmityspattereita ja muita yksittäisiä lämpöä kuluttavia kalusteita, joiden kulutus muuttuu hieman eri aikaan. Erityisesti suurissa asuinrakennuksissa, kuten kerrostaloissa, risteilyn vaikutus on huomattava. (19, s. 248–249.) Toisaalta toimistorakennusten kaltaisissa kohteissa, joissa lämpimän käyttöveden kulutus on pieni rakennuksen kokoon suhteutettuna, on myös käyttöveden lämmityksestä johtuva lämmöntarpeen vaihtelu pientä verrattuna ulkoilman lämpötilasta johtuvaan lämmöntarpeen vaihteluun.

2.2.2 Varaajat

Lämmintä vettä sisältävien varaajien toiminta perustuu veden suureen ominaislämpökapasiteettiin. Varaajaa ladattaessa, eli tuotannon ollessa kulutusta suurempaa, sisällä oleva vesi lämpenee ja purettaessa vastaavasti jäähtyy. Varaajaa voidaan käyttää puhtaasti varaavana massana, siten, että varaajan sisällä oleva vesi ei juuri liiku, mutta useimmiten lämmittävä, lämpenevä tai molemmat vesivirrat ohjataan suoraan säiliön sisään. Näin vältytään turhalta lämpötilan alenemiselta ja ylimääräisiltä kustannuksilta lämmönsiirrinten määrää minimoimalla.

Kuvan 3 esimerkissä lämmitysverkoston puskurivaraajassa ei ole yhtään lämmönsiirtopintaa, vaan lämmönjakoverkossa kiertävä vesi on samaa vettä kuin lämpöpumpulla kiertävä. Sen sijaan käyttövettä lämmittävä varaaja sisältää yhden lämmönsiirtopinnan, siten että varsinainen käyttövesi kiertää kierukassa varaajan sisällä, jolloin käyttövesitilavuus on pieni ja varaajan nimelliseksi maksimipaineeksi riittää lämmitysverkoston maksimipaine. Jos varaaja olisi täynnä käyttövettä, olisi sen kestettävä käyttövesijohtojen korkeampi painetaso.

On olemassa ratkaisuja, joissa myös varaajaa lämmittävä vesi on käyttövedettä, mutta tällöin tarvitaan erillinen latausyksikkö lämmönsiirtimiseen lämpöpumpun ja käyttövesivaraajan väliin, jotta täytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 määräyksen 2.3.4 vaatimus käyttöveden saastumisen ehkäisystä. Saastumisen riski ehkäistään usein D1:n ohjeen 2.3.4.2 mukaisesti käyttämällä käyttöveden ja kylmäaineen välissä vaaratonta lämmönsiirtoainetta, tässä tapauksessa lämmönjakoverkon vettä. (20, s. 7.)

Yksi syy käyttää varaajia on jo aiemmin mainittu tarve tasoittaa kulutuksen ja tuotannon eroja. Tarvittavan varaajan koko riippuu lämpöpumppujen tehoportaista ja kulutetun tehon vaihteluvälistä siten, että pienempi säädettävyys tuotannossa ja kulutuksen vaihtelevuuden kasvu lisäävät lämmön varastoinnin tarvetta. Varaajan fyysinen koko puolestaan riippuu varastoitavan lämpöenergian määrästä ja varaajalle sallitusta lämpötilavaihtelusta. Esimerkiksi jos käyttövedettä täynnä oleva varaaja on tilavuudeltaan 1 m³ ja lämpimän käyttöveden suunniteltu vaihteluväli on 50–58 °C, saadaan kaavalla 5 helposti laskettua varastoitavan energian määräksi hieman yli 9 kWh (16, s. 107, 178). Jos käytetään 18 kW:n lämpöpumppua, pystyisi lämpöpumppu tuottamaan lämpöä nollakulutuksen aikana yhtäjaksoisesti noin puolen tunnin ajan, ennen kuin varaaja olisi täynnä. Oikein suunniteltu maalämpöjärjestelmä vaihtaa rakennuksen lämmityksestä käyttöveden lämmitykseen ja takaisin pysäyttämättä kompressoria välissä, jotta vältetään ylimääräisiltä käynnistymiskerroilta. Suurempi lämpöpumppu tarvitsisi vastaavasti isomman varaajan, jotta saavutettaisiin yhtä pitkä käyntijakso.

$$Q = m * c * \Delta T = \rho * V * c * \Delta T$$

KAAVA 5

Q = varastoitava energia (J)

m = veden massa (kg)

c = veden ominaislämpökapasiteetti (tässä 4 190 J/kg/°C)

ΔT = veden lämpötilan muutos ladatun ja puretun varaajan välillä (°C)

ρ = veden tiheys (tässä käytetty likiarvoa 1 000 kg/m³)

V = veden tilavuus (tässä 1 m³)

Varaaja käytetään myös lämmityspiirin työsäiliönä. Työsäiliöllä tehdään lämmityspiirin ja lämpöpumpun tilavuusvirrat toisistaan riippumattomiksi, jolloin kumpikin tilavuusvirta voidaan optimoida paremmin tarvetta vastaavaksi. Työsäiliö on usein sama asia kuin puskurivaraaja, käytetty nimitys vain kertoo kumpi käyttötarkoitus on katsottu tärkeämmäksi. Lämmityspiirin puskurivaraajaa käyttämällä pystytään lisäksi hidastamaan lämpötilojen muutoksia putkistoissa ja siten ehkäisemään putkiston lämpölaajenemisesta johtuvia ääniä (21, s. 116).

3 KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA

Standardi SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon siten, että sillä tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joita tehdään koneen toimintakyvyn ylläpitämiseksi tai palauttamiseksi sen elinkaaren aikana. Tämän määritelmän mukaan esimerkiksi kunnossapitosuunnitelman laatiminen on kunnossapitoa, sillä tavoitteena on nimenomaan kohteen toimintakyvyn ylläpito. Standardi määrittelee kunnossapitosuunnitelman dokumentiksi, joka kuvailee kunnossapitoon liittyvät toimenpiteet ja niitä varten käytettävissä olevat resurssit ja määrittelee kunnossapitoa varten tarvittavan aikataulun. (22, s. 8.)

Tässä opinnäytetyössä tehdyt kaksi kunnossapitosuunnitelmaa on laadittu 15 vuoden ajalle ja sillä ajatuksella, että kunnossapidon kohteena ei ole vain yksittäinen laite, vaan koko maalämpöjärjestelmä, jonka tehtävänä on tuottaa lämpöä asiakkaalle. Jos jokin järjestelmän osa vikaantuu, voidaan järjestelmää käyttää hieman eri tavalla, kuitenkin siten, että asiakkaan lämmönsaanti häiriintyy mahdollisimman vähän tai ei ollenkaan.

Suunnitelman lähtökohtana on hyödyntää järjestelmien etäkäyttömahdollisuuksia niin paljon kuin mahdollista ja tehdä huoltotoimenpiteet Oulun Energian oman henkilökunnan voimin. Ulkopuoliselta toimijalta huolto tilattaisiin sellaisessa tilanteessa, kun oman henkilökunnan osaaminen tai aika ei riitä.

Kunnossapitosuunnitelma jaettiin kahteen dokumenttiin, varsinaiseen kunnossapitosuunnitelmaan ja häiriötilanteiden hallintaohjeeseen. Häiriötilanteiden hallintaohjeeseen sijoitettiin kaikki se tieto, jota tarvitaan maalämpöjärjestelmän häiriötilanteissa. Loput tehtäväkuvaukset sijoitettiin varsinaiseen kunnossapitosuunnitelmaan, jotta häiriötilanteessa tarvittava tieto löytyisi mahdollisimman nopeasti.

Kunnossapitosuunnitelmassa kuvattiin ohjeet järjestelmän laitteiden säännölliselle tarkkailulle, vuosihuollolle, ennakoiville toimenpiteille ja lakisääteisille tehtäville. Lakisääteisiin tehtäviin kuuluu Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen 517/2014 mukaiset vuototarkastukset ja kirjanpito (23).

3.1 Säännöllinen tarkkailu ja vuosihuolto

Maalämpöjärjestelmä on tarkastettava säännöllisesti toimintakyvyn varmistamiseksi. Tässä opinnäytetyössä säännölliset tarkastukset jaoteltiin lyhyin aikaväleihin tehtäviin etätarkastuksiin, puolivuositain paikan päällä tehtäviin tarkastuksiin ja kerran vuodessa suoritettavaan pieneen vuosihuoltoon.

Etätarkastuksia tekemällä voidaan toisaalta varmistua siitä, että tietoliikenne etäkäyttäjän ja kohteen välillä toimii, ja toisaalta saada tietoa järjestelmän tilasta. Erilaisten etäkäyttöliittymien avulla voidaan valvoa useita kohteita kuluttamatta turhaan aikaa kohteesta toiseen matkustamiseen. Sopiva aikaväli etätarkastuksille riippuu ennen kaikkea siitä, kuinka helposti ja luotettavasti järjestelmästä saadaan tieto hälytyksistä. Jos hälytysten välittymisessä päivystäjälle on ongelmia, on tarkastuksia tehtävä useammin.

Etätarkastuksessa käydään läpi hälytysten tila ja olennaisimmat prosessiarvot:

- maalämpöpumppujen imu- ja kuumakaasujen paineet ja lämpötilat
- lämmönkeruunesteen paine ja tulo- ja paluulämpötilat
- lämpöpumpuille tulevan ja niiltä palaavan veden lämpötila
- lämmitysverkon paine
- lämpimän käyttöveden menolämpötila ja kierron paluulämpötila
- lämmityspiirien meno- ja paluulämpötilat
- varaajien lämpötilat.

Kohteesta riippuu, mitkä tiedot ovat käytettävissä ja onko niistä tiedonkeruun avulla saatua tietoa pitkältä aikaväliltä. Pitkän aikavälin tieto kertoo usein enemmän laitteiston tilasta kuin pelkkä hetkellinen arvo, sillä mittaushistoriasta saadaan myös vaihteluväli, jota voidaan verrata normaalitilanteen vastaavaan. Normaalista poikkeavien arvojen syy on selvitettävä laitteiston käyttöajan pidentämiseksi ja laitteiston osien yllättävän hajoamisen ehkäisemiseksi.

Etätarkastusten lisäksi on hyvä tarkastaa järjestelmä säännöllisesti paikan päällä. Näille tarkastuksille sopivaa väliä määritettäessä on otettava huomioon mm., mitä kaikkea tietoa kohteista on mahdollista saada etänä, mikä on kohteen saavutettavuus ja mikä on järjestelmän herkkyys vikatilanteissa. Tässä

opinnäytetyössä esitetään sopivaksi tarkastusväliksi noin puolta vuotta. Jos kohteessa on tarvetta käydä muista syistä, kannattaa näihin käynteihin mahdollisuuksien mukaan yhdistää puolivuositainen tarkastus.

Etäkäyttöliittymään tietoa lähettävien ja muiden antureiden mittaustuloksia verrataan tarkastuksessa mittauslaitteiden vikojen havaitsemiseksi. Jos kohteessa on säännöllisesti kalibroitavia mittauslaitteita, kuten laskutuksessa käytettäviä energiamittareita, ovat näiden mittaustulokset luotettavimpia yksittäisiä vertailukohteita. Mittaustuloksia vertaillaan sellaisella tarkkuudella, että järjestelmän toimintaa olennaisesti haittaavat virheet tulevat esille. Väistämättömiä pieniä eroja ei vertailussa huomioida.

Lämpöpumppujen ohjausyksiköistä tarkistetaan sellaiset olennaisimmat tiedot, joita ei näe etäkäyttöliittymästä. Tällaisia ovat lämpöpumppujen hälytykset, kylmäainepiirin matala- ja korkeapaine, paineesta riippuvat kyläinen höyrystymis- ja lauhtumislämpötila sekä imu- ja kuumakaasun lämpötilat.

Lisäksi tarkastetaan

- lämpöpumppujen kompressorien öljyn määrä
- kompressorien käyntiäänet
- lämpöpumpussa olevat merkit mahdollisista vuotoista, ruosteesta tai hapettumisesta
- kylmäaineen nestelasin kuplattomuus ja kosteusindikaattorin väri
- sulakkeiden, johdonsuoja-automaattien yms. varolaitteiden tila
- maalämpöneste- ja vesiputkistoissa olevat merkit mahdollisista vuotoista tai muista poikkeamista
- teknisen tilan yleinen siisteys.

Järjestelmän vuosihuolto sisältää puolivuositaisen tarkastuksen lisäksi varoventtiilien ja mahdollisten sähkökattiloiden ja -vastusten toiminnan testauksen ja maalämpöneste- ja vesipiirien lianerotinten puhtauden tarkastuksen. Vuosihuollot ja puolivuositaiset tarkastukset ja niissä tehdyt havainnot poikkeamista merkitään laitteiden huoltokirjaan. Tarkastusten avuksi tehtiin tarkastuslistat, joihin kerätyt havainnot pystytään lisäämään jälkepäin

koontitiedostoon. Tarkastuslistan sähköisellä versiolla havainnot voidaan lisätä suoraan koontitiedostoon ja samalla havaintoja voidaan verrata aikaisempiin tuloksiin.

3.2 Vuototarkastukset

Fluorattuja kasviuonekaasuja kylmäaineenaan käyttäville lämpöpumpuille on säännöllisesti tehtävä vuototarkastuksia, jos kylmäaineen määrä on riittävän suuri. Säädösten mukaisia tarkastuksia on tehtävä laitteille, jotka sisältävät vähintään 5 hiilidioksidiekvivalenttonnia F-kaasuja, poikkeuksena ilmatiiviisti suljetut laitteet, jotka sisältävät enintään 10 CO₂-ekvivalenttonnia ja jotka on merkitty ilmatiiviisti suljetuiksi. Tarkastusten väli määräytyy kylmäaineen määrästä ja laadusta sekä vuotojen havaitsemisjärjestelmien olemassaolon perusteella kaavan 6 ja taulukon 1 mukaisesti. (23.)

$$m_{CO_2-ekv.} = m \cdot GWP$$

KAAVA 6

$m_{CO_2-ekv.}$ = laskennallisen hiilidioksidiekvivalentin massa (kg)

m = kylmäaineen todellinen massa (kg)

GWP = kylmäaineen vaikutus ilmaston lämpenemiseen 100 vuoden ajanjaksolla hiilidioksidiin verrattuna

TAULUKKO 1. Vuotojen tarkastusvälit (23)

CO ₂ -ekv. (t)	Tarkastusväli (kk)
Alle 5	Ei pakollisia tarkastuksia
Alle 10 (ilmatiiviisti suljetut laitteet)	Ei pakollisia tarkastuksia
Vähintään 5, alle 50 Ei vuotojen havaitsemisjärjestelmää	12
Vähintään 5, alle 50 Vuotojen havaitsemisjärjestelmällä	24
Vähintään 50, alle 500 Ei vuotojen havaitsemisjärjestelmää	6
Vähintään 50, alle 500 Vuotojen havaitsemisjärjestelmällä	12
Vähintään 500 Vuotojen havaitsemisjärjestelmä pakollinen	6

Vuototarkastusten väliä määritettäessä käytettävä GWP-indeksi kertoo, kuinka paljon kyseinen kaasu vaikuttaa ilmaston lämpenemiseen 100 vuoden aikana,

käyttäen hiilidioksidia vertailukohteena (23). Esimerkiksi jos lämpöpumpussa on 10,5 kg kylmäainetta R410A, jonka GWP-indeksi on 2086, vastaisi lämpöpumpun sisältämän kylmäainemäärän vuoto ilmakehään noin 22 tonnin hiilidioksidipäästöjä kasvihuonevaikutuksen osalta (24). Tällaiselle lämpöpumpulle on tehtävä vuototarkastus kerran vuodessa, jos käytössä ei ole järjestelmää vuotojen havaitsemiseksi.

Vuototarkastuksen saa suorittaa vain riittävät pätevyysvaatimukset täyttävä henkilö (23). Tarkastukset tilataan Tukesin ylläpitämään kylmäalan pätevyysrekisteriin merkityltä liikkeeltä. Vuototarkastukset merkitään aina huoltokirjaan, riippumatta tarkastuksen tuloksesta.

3.3 Järjestelmän vanheneminen ja ennakoivat huoltotoimet

Valittaessa sopivaa väliä kuluvien osien ennakoivalle vaihdolle on huomioitava kohteen käyttöolosuhteet ja muu järjestelmä. Esimerkiksi kompressorin tapauksessa on huomioitava, kuinka kuumaa vettä tuotetaan vuoden aikana, kuinka alas maalämpönesteen lämpötila laskee, kuinka monta tuntia kompressori käy vuodessa, kuinka usein se käynnistyy, onko kyseisessä kohteessa varalämmönlähteitä kuten sähkövastuksia, kuinka kauan ja mihin aikaan vuodesta järjestelmä pystyy suoriutumaan tehtävästään ilman kyseistä kompressoria, kuinka nopeasti mahdollisesti tarvittava huolto on saatavissa ja kuinka paljon enemmän kiireellinen huolto maksaa etukäteen suunniteltuun vaihtoon verrattuna. Epätarkkojen tietojen takia ongelmaan ei liene koskaan yksinkertaista ratkaisua, vaan on valittava, otetaanko suurempi riski osan hajoamisesta siihen liittyvine kustannuksineen vai maksetaanko suunnitellusti tiheimmästä vaihtovälistä.

Kompressorit suunnitellaan yleensä 60 000 tunnin käyttöajalle, jolloin vuodessa 4 000 tuntia käyvä kompressori kestäisi siis suunnitellun elinkaarensa mukaisesti 15 vuotta. Käyttötapa ja -ympäristö vaikuttavat erittäin paljon todelliseen elinkaareen, eikä suunnitteluvaroa välttämättä saavuteta kaikissa lämpöpumpuissa. Olennaisin käyttöympäristöön liittyvä tekijä on kylmäainepiirin puhtaus. Pienetkin epäpuhtaudet kuluttavat kompressoria kuumakaasun korkean lämpötilan takia.

Käyttötapaan liittyviä tekijöitä ovat käynnistystiheys ja kuumakaasun lämpötila. Valmistajat suosittelevat käynnistystiheydeksi enintään 12 kertaa tunnissa, ja molempien kohteiden maalämpöjärjestelmissä käynnistystiheyttä rajoitetaankin automaattisesti. Toisaalta etenkin käyttöväettä tuottaessa kuumakaasun lämpötila voi kohota niin korkealle, että kompressorin elinaika lyhenee. (15.) Lähinnä käyttöväettä lämmittävän lämpöpumpun kompressorin arvioitu elinaika voikin jäädä huomattavasti alle suunnitellun käyttötuntimäärän, joissakin tapauksissa niinkin alas kuin 15 000 tuntia (15).

Kummassakin kohteessa lämmityspiirien ja lämpimän käyttöveden kiertopumput ovat sopimuksen mukaisesti asiakkaan vastuulla, joten niiden ennakoivaan vaihtoon ei kunnossapitosuunnitelmassa oteta kantaa. Niiden vikatilanteisiin kannattaa kuitenkin varautua esimerkiksi sopimalla asiakkaan kanssa etukäteen toiminatavoista pumpun vikaantuessa. Maalämpöjärjestelmien muut pumput on asennettu osana muuta järjestelmää, joten niiden tulisi kestää kunnossapitosuunnitelman kattama 15 vuoden käyttöaika. Kiertovesipumppujen laskennallinen elinikä on yleisesti noin 15–20 vuotta, vaikka taloudellinen elinikä voikin tulla vastaan jo aiemmin (25).

Kalvopaisunta-astioiden elinikä on yleensä kymmeniä vuosia, mutta joissakin tilanteissa niihin voi tulla ongelmia jo muutamassa vuodessa. Esipaine suositellaan tarkistettavan muutaman vuoden välein. (21.)

Muita mahdollisesti vikaantuvia osia järjestelmissä ovat ainakin venttiilit, niiden toimilaitteet, anturit ja järjestelmää ohjaava elektroniikka. Näille ei kuitenkaan löytynyt yksiselitteisiä ohjeita eliniän ja vaihtovälin arvioimiseksi etukäteen, vaan huollon tarvetta on arvioitava jatkuvasti järjestelmää käytettäessä. Oikein suunnitellun, rakennetun ja käytetyn järjestelmän putkiston ja maalämpönesteen tulisi kestää kunnossapitosuunnitelman kattama 15 vuoden jakso aivan hyvin. Maalämpönesteen valmistajalla ei ole tiedossa nesteen vanhenemisesta aiheutuneita ongelmia pidemmälläkään aikavälillä (26).

3.4 Huoltokirja

Kaikista vuototarkastusvelvollisuuden alaisista lämpöpumpuista on pidettävä kirjaa Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen 517/2014 mukaisesti. Laitteen haltijan tunnistetietojen lisäksi kirjanpidossa on mainittava käytettyyn kylmäaineeseen liittyvät tiedot, kuten tyyppi, määrä ja sen muutokset ja mahdollisen kierrätys- tai regenerointilaitoksen tunnistetiedot. Kirjanpidosta on löydettävä myös lämpöpumpun asentaneen ja kylmäainepiiriin liittyviä huolto- ja kunnossapitotöitä tehneiden yritysten tunnistetiedot. Käytöstä poiston yhteydessä on kirjanpitoon merkittävä työn tehneen yrityksen tunnistetiedot sekä kylmäaineen talteenotossa ja loppukäsittelyä varten tehdyt toimenpiteet. Kirjanpitoa on säilytettävä vähintään viiden vuoden ajan. (23; 27.)

Tässä opinnäytetyössä suositellaan yhdistämään kirjanpito maalämpöjärjestelmän huoltokirjaan, johon merkitään myös muut järjestelmään liittyvät kunnossapidon toimenpiteet, kuten tarkastukset ja korjaukset. Näin kaikki järjestelmän kunnossapitoon liittyvä historia löytyy helposti samasta paikasta.

4 HÄIRIÖTILANTEIDEN HALLINTAOHJE

Omakotitaloluokan maalämpöjärjestelmissä usein ei ole etäkäyttömahdollisuuksia, vaikka nykyään tällaisiakin järjestelmiä löytyy. Tällöin kyse on käytännössä lämpöpumpuista, joiden älykkäitä ohjausjärjestelmiä voidaan käyttää internetin kautta. Suuremmissa kohteissa maalämpöjärjestelmää ohjataan usein ohjataan erillisellä kiinteistöautomaatiojärjestelmällä, koska ohjattavana on monimutkaisempi lämmitysjärjestelmä kuin omakotitaloissa. Sama automatiikka voi ohjata esimerkiksi ilmastointia.

Vähimmilläänkin kiinteistöautomaatiojärjestelmissä olevia etävalvomoita hyödyntämällä voidaan arvioida tulevien hälytysten kiireellisyyttä, ja joitakin ilmeneviä vikatilanteita voidaan jopa ratkoa käymättä järjestelmän luona. Esimerkiksi historiatiedoista voidaan nähdä, ettei lämmönjakoverkon matalan menolämpötilan hälytys ole akuutti, jos alarajan alitus on hetkellinen ja liittyy poikkeuksellisen pitkäkestoiseen lämpimän käyttöveden tuotantoon.

Koska maalämpöjärjestelmät vikaantuvat vain harvoin, on mahdollista, että järjestelmän käyttäjä ei ole aiemmin kohdannut kyseisen kaltaista vikaa. Tällöin käyttäjä joutuu käyttämään aikaa järjestelmän toimintaan tutustumiseen ja pahimmassa tapauksessa ei sen jälkeenkään saa vikaa paikannettua. Vian paikantamisen ja tehtävien toimenpiteiden nopeuttamiseksi kumpaankin kohteeseen luotiin muusta kunnossapitosuunnitelmasta erillinen ohjeistus vikatilanteiden hallintaan.

Häiriötilanteiden hallintaohjeen tarkoituksena on auttaa järjestelmän käyttäjää toimimaan vikatilanteiden aikana siten, että lämmöntoimitus asiakkaalle häiriintyisi mahdollisimman vähän ja selvittäisiin varsinaiseen huoltoon asti. Ohje erotettiin muusta kunnossapitosuunnitelmasta, jotta kulloisessakin tilanteessa olennainen tieto löytyisi mahdollisimman helposti.

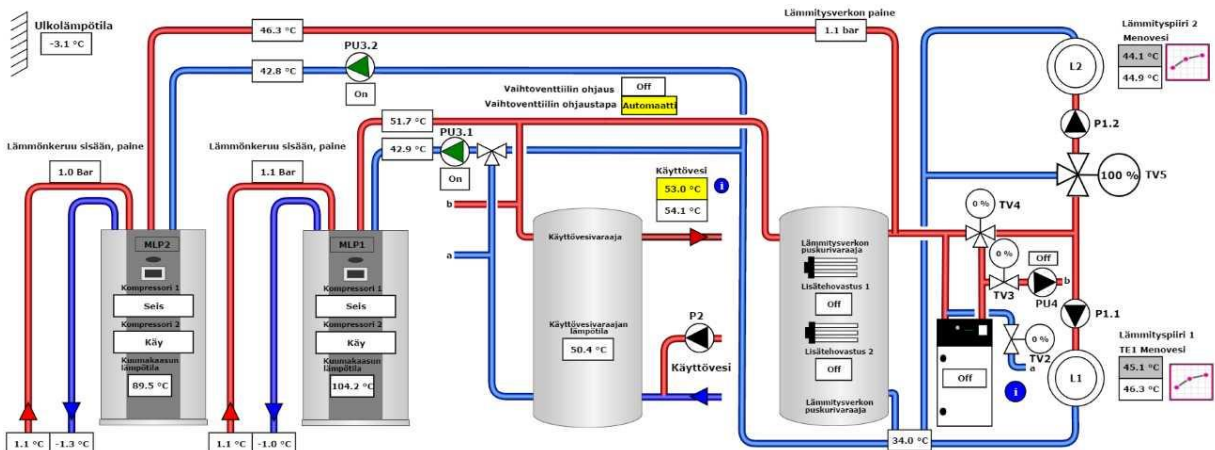
4.1 Kiinteistöautomaatiojärjestelmän kautta tulevat hälytykset

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän kautta päivystäjälle reitittävät hälytykset ovat usein ensimmäinen näkyvä oire vikatilanteesta. Jos hälytysten reitittymisessä tiedetään olevan ongelmia tai viiveitä, on etätarkastusten väliä lyhennettävä, jotta voidaan riittävän usein ja riittävällä luotettavuudella todeta järjestelmän toimivan. Maalämpöjärjestelmässä hälytykset liittyvät tyypillisesti seuraaviin aiheisiin:

- lämmityspiirien meno- tai paluulämpötila
- lämpimän käyttöveden menevän tai kierrosta palaavan veden lämpötila
- varaajan lämpötila
- keruupiirin tulo- tai menolämpötila
- keruupiirin tai lämmitysverkoston paine
- maalämpöpumpun sisäinen vika
- anturivika
- ristiriita tai yhteyshäiriö jossakin muussa laitteessa.

Hälytyksille on määritelty prioriteettitasot, joista voi helposti arvioida tarvittavien toimenpiteiden kiireellisyyttä. Koska yksittäisen hälytyksen taustalla voi olla monia eri asioita, on hälytyksen prioriteettitaso käytännössä sama kuin kiireellisimmän mahdollisen vikatilanteen. Varsinaisten toimenpiteiden prioriteettitaso voi siten olla jo huomattavasti alempi, jos vika saadaan paikannettua osaan, joka ei ole kriittinen järjestelmän toiminnan kannalta.

Häiriötilanteiden hallintaohjeessa kunkin hälytyksen kohdalla tarkastellaan hälytyksen taustalla olevia mahdollisia vikatilanteita ja annetaan niihin liittyviä ohjeita. Hälytyksen tullessa tärkeintä on käyttää hetki järjestelmän tilan analysointiin etäkäyttöliittymästä. Erityisesti arvioidaan todennäköisyys muiden hälytysten ilmaantumiselle pian ja järjestelmän kyvyille toimittaa riittävästi lämpöä asiakkaalle. Molemmissa kohteissa on käytettävissä kuvan 4 kaltainen selkeä kaaviopohjainen etäkäyttöliittymän näkymä, josta saa nopeasti katsottua tärkeimmät hetkelliset arvot. Kohteissa olevista mittauksista on myös käytettävissä trendikäyriä, joista saa olennaista tietoa mittaustulosten muutosnopeudesta ja järjestelmän toiminnasta menneisyydessä.



KUVA 4. Kuvakaappaus erään maalämpöjärjestelmän etäkäyttöliittymästä

Riittäväillä tiedoilla vian paikannus etenee varsin yksinkertaisesti, mutta mahdollisia vianlähteitä on useita ja kohde on tunnettava hyvin. Esimerkiksi kuvan 4 mukaisessa järjestelmässä menolämpötilan poikkeamahälytyksen tullessa tarkistetaan kaavionäkymä ja trendikäyrät. Hetkellisiä piikkejä menolämpötilaan voi tulla mm. käyttövesivaraajaa lämmittävän lämpöpumpun siirtyessä lämmönjakoverkon lämmitykseen ja takaisin tai ulkolämpötilan muuttuessa nopeasti. Mahdollisia syitä pidemmille muutoksille etäkäyttäjälle näkyvine oireineen on koottu taulukkoon 2.

TAULUKKO 2. Mahdollisia syitä lämmityspiirin menolämpötilan poikkeamalle

Oire	Mahdollinen syy
Yhden piirin menolämpötila nousee	Vika piirin sekoitusventtiilissä tai automaatiojärjestelmässä tai lämmönlähteitä päällä automaatiojärjestelmän ohjauksesta riippumatta
Yhden piirin menolämpötila laskee	Vika piirin kiertopumpussa, piirin sekoitusventtiilissä tai automaatiojärjestelmässä; lämpötilan lasku kauas asetusarvosta voi johtua myös siitä, että kyseisen lämmityspiirin vesivirta on todella pieni
Molempien piirien menolämpötilojen lasku	Lämpöteho ei riitä, vika maalämpöpumpussa tai huipputehon lämmönlähteessä
Molempien piirien menolämpötilojen nousu	Lisätehovastukset päällä tai vika automaatiojärjestelmässä tai maalämpöpumpussa
Lauhduttimelta tulevan veden lämpötila laskee, mahdollinen maalämpöpumpun hälytys ja sammuminen	Maalämpöpumpun vika; mahdollisesti vika keruupiirin pumpussa tai varaajan latauspumpussa

Vikojen paikallistaminen hankaloituu huomattavasti, jos maalämpöpumpuilta ei välity kaikki olennainen tieto kiinteistöautomaatiojärjestelmän kautta etäkäyttäjälle. Esimerkiksi kummassakaan tämän opinnäytetyön maalämpöjärjestelmässä maalämpöpumppujen hälytyksistä ei välity kiinteistöautomaatiojärjestelmän kautta muuta tietoa kuin se, että hälytys on aktivoitunut. Tästä seuraa, että tarkkaa analyysiä varten täytyy käydä fyysisesti järjestelmän luona, vaikka varsinainen vikatilanne olisikin ohimenevä.

Listaukset etäkäyttäjälle tulevista hälytyksistä saatiin kiinteistöautomaatiojärjestelmien etäkäyttöliittymistä ja häiriötilanteiden hallintaohjetta on päivitettävä, jos hälytyksiä muutetaan. Jos järjestelmän kautta voi tulla etäkäyttäjälle hälytyksiä, jotka eivät liity maalämpöjärjestelmään, on ohjeessa selvästi mainittava, ettei niitä tarvitse huomioida. Näin on tehty olemassa olevien hälytysten osalta. Esimerkiksi mahdolliseen ilmanvaihtokoneeseen liittyvä hälytys olisi tällainen olennainen hälytys kiinteistöautomaatiojärjestelmän kannalta, mutta ei liity maalämpöjärjestelmään.

4.2 Muut hälytykset

Muita hälytyksiä ovat järjestelmän eri laitteiden omat hälytykset, jos niistä ei välity tarkkaa tietoa etäkäyttäjälle. Kohteesta riippuen omia hälytyksiä voivat tuottaa lämpöpumput, pumput, sähkökattilat ja muut sellaiset. Tämän opinnäytetyön kohteissa vain lämpöpumppujen hälytyksen aktivoituminen välittyy etäkäyttäjälle.

Lämpöpumppujen hälytyksistä suuri osa edellyttää lämpöpumppuihin erikoistuneen liikkeen huoltoa ja on siten häiriötilanteen hallintaohjeessa käsitelty lyhyesti maininnalla ”tilaa huolto”. Sen sijaan tarkemmin on käsitelty ne hälytykset, jotka voivat johtua lämpöpumpun ulkopuolisista tekijöistä, jotta voidaan paikallistaa vika joko lämpöpumpun sisälle tai sen ulkopuolelle. Esimerkiksi lämpöpumpun matalapainehälytys voi johtua lämpöpumpun sisäisistä asioista, kuten kylmäainevuodosta tai tukkeutuneesta suodatinkuivaimesta, mutta myös lämpöpumpun ulkopuolisista asioista, kuten keruupiirin pumpun pysähtymisestä.

Toisessa kohteessa on lisäksi sähkökattila, jossa on hälytyksiä mm. ylikuumenemissuojalle, vedenpinnan korkeudelle, lämpötila-anturin vialle ja maavuodolle. Kohteessa on myös pumppuja, jotka ilmoittavat joistakin vikatilanteista. Näistä hälytyksistä ei tule mitään ilmoitusta etäkäyttäjälle, vaan vikatilanne on havaittava muutoin. Tunnistamista varten on käytävä paikan päällä.

4.3 Maalämpöjärjestelmän häiriötilanteita

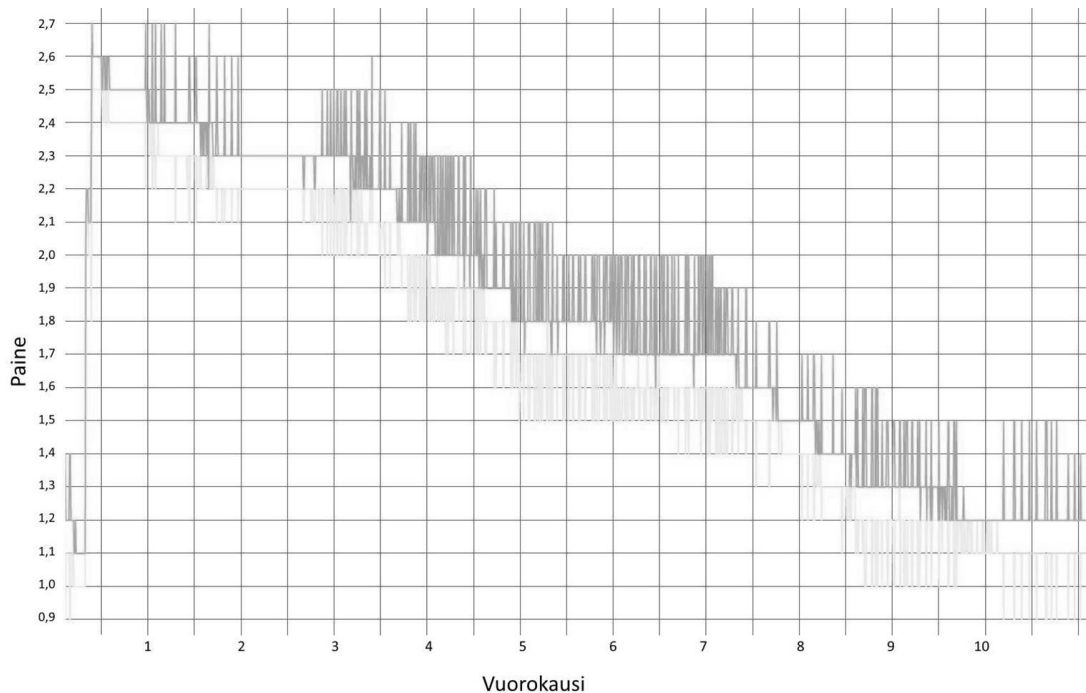
Häiriötilanteiden hallintaohjeen alkuosassa kerrotaan mahdollisia syitä erilaisille hälytyksille. Päällekkäisyyksien välttämiseksi näihin eri vikoihin liittyvät tunnistusohjeet koottiin omaan päälukuunsa siten, että ohjeen sisällysluettelosta voi suoraan katsoa oikean sivun ja vaihtoehto vaihtoehdolta arvioida, kuinka todennäköistä on, että hälytyksen takana on jokin tietty vikatilanne.

Vikatilanteen tunnistamisen ja vikakohdan mahdollisen paikantamisen jälkeen käyttäjä voi tehdä tarvittavat toimenpiteet, jotta järjestelmä täyttää tehtävänsä varsinaiseen huoltoon asti. Joissakin yksinkertaisissa vikatilanteissa esitetty toimenpide voi itsessään olla jo tarvittava huolto, esimerkiksi pintalämpötila-anturin vikaantuessa käyttäjää kehoitetaan vaihtamaan anturi. Yksinkertaisiin huoltotoimenpiteisiin voidaan varautua hankkimalla tiettyjä varaosia pieneksi varastoksi tekniseen tilaan, jos vaihdettava komponentti on sekä helppo vaihtaa että arvoltaan ja kooltaan vähäinen.

Ohjeessa etäkäyttäjälle tulevilla hälytyksillä on omat prioriteettinsa tilanteen analysointia varten ja häiriötilanteiden prioriteettitasot viittaavat häiriön tunnistamisen jälkeen tehtävien toimenpiteiden kiireellisyyteen. Myös häiriötilanteiden prioriteettitasot on jaoteltu kolmiportaisesti siten, että prioriteettitason 1 tilanteet edellyttävät mahdollisimman pikaisia toimenpiteitä, tason 2 tilanteet eivät ole niin kiireellisiä ja voivat odottaa tarvittaessa vaikka seuraavaan arkipäivään ja tason 3 tilanteet eivät edellytä muita toimia kuin mahdollisen hälytyksen kuittauksen.

4.3.1 Maapiirin vuoto

Maapiirin vuoto havaitaan helposti laskevasta keruupiirin paineesta, kuten kuvan 5 trendikäyrässä. Jos paine laskee liikaa, voivat virtausmäärät pienentyä tai lämpöpumput kytkeytyä pois päältä. Jos vain yksi anturi useammasta osoittaa laskevaa painetta, mahdollisia syitä ovat anturin mittaustarkkuuden heikkeneminen tai anturin sijainnista riippuen myös tukkeutunut maalämpönesteen suodatin.



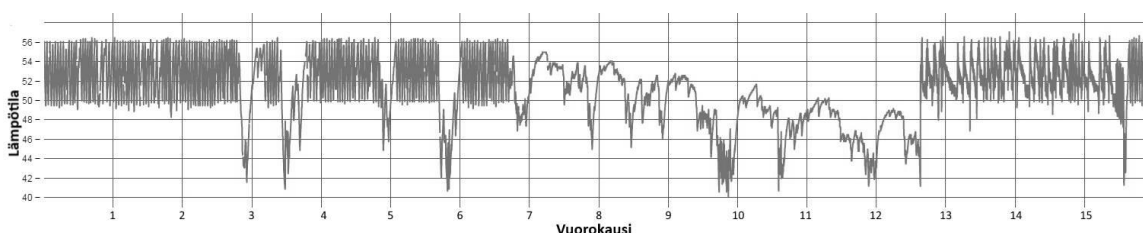
KUVA 5. Lämmönkeruupiirin paineen lasku kahdella anturilla mitattuna

Lämmönkeruupiirin vuotokohta on pyrittävä paikantamaan ja eristämään muusta piiristä, jotta vuoto minimoitaisiin ja järjestelmää pystyttäisiin käyttämään vuodon korjaamisen aikana. Jos vuotokohtaa ei pystytä välittömästi paikantamaan ja eristämään, on arvioitava vuodon suuruutta ja sen vaikutuksia. Erityisesti arvioidaan, pystytäänkö järjestelmää käyttämään vuodosta huolimatta siihen asti, että vuoto saadaan korjattua. Jos vuoto on pieni, voidaan järjestelmää käyttää huoltoon asti ja maalämpönestettä lisätään tarvittaessa keruupiirin paineen ylläpitämiseksi. Jos vuoto on niin suuri, ettei nesteen lisääminen ole järkevää, on sähkökattila, varaajien sähkövastukset tai muu varalämmönlähde otettava käyttöön.

Jos maalämpönestettä vuotaa maaperään, on pohjaveden laadun lasku mahdollista. Muutos on kuitenkin väliaikainen ja pienillä vuodoilla menee ohitse nopeastikin. Vuodoissa, joissa maalämpönestettä on vuotanut yli 50 litraa, ovat vaikutukset kestäneet jopa yli vuoden. (28, s. 19.) Vuototilanteissa toimitaan käytössä olevien ympäristövahinko-ohjeiden mukaan, ja tarvittaessa vuodoista ilmoitetaan myös aluehallintovirastolle.

4.3.2 Kylmäainepiirin vuoto

Kylmäaineen vuotaessa lämpöpumpun painetasot laskevat, mistä seuraa kylmäaineen massavirran pienenemistä vakiokierrosnopeuksisessa kompressorissa. Samalla teho ja lämpökerroin laskevat. Jossakin vaiheessa lämmitysteho korkealla lauhtumislämpötilalla ei enää ole riittävän suuri, jotta käyttövettä pystyttäisiin lämmittämään riittävästi. Tästä on esimerkki kuvassa 6. Vuorokauden 12 aikana järjestelmän käyttövesivaraajan sähkövastukset kytkettiin käyttöön. Jos kylmäainetta pääsee vuotamaan riittävän paljon, laskevat paineet ja massavirta entisestään. Tästä seuraa höyrystyslämpötilan laskua, kylmäaineen liian suurta tulistumista, paisuntaventtiilin avautuminen niin auki kuin mahdollista ja edelleen kylmäaineen höyrystymistä jo ennen paisuntaventtiiliä.



KUVA 6. Käyttövesivaraajan lämpötila kylmäainevuodon aikana eräässä maalämpöjärjestelmässä

Jos tilanne etenee näin pitkälle, alkaa kylmäainepiirin nestelasissa näkyä kuplia, nesteputki tuntuu selvästi kylmältä koskea ja paisuntaventtiilin pintaan voi kertyä jäätä. Myös imuputken pintaan voi kertyä jäätä, jos tulistuneen kylmäainekaasun lämpötila jää riittävän alhaiseksi. Nestelasissa voi näkyä normaalistikin kuplia lyhyen aikaa käynnistyksen yhteydessä, kun kylmäaine ei vielä alijäähdy kunnolla. (29, s. 159–161.) Vuotokohdassa voi näkyä öljyn jälkiä.

Huomattavaa on, että suodatinkuivaimen tukkeutuminen voi aiheuttaa vuodon kaltaisia oireita, mutta tukkeutuminen on erittäin harvinaista. Tukkeutumisen erottaa kylmäainevuodosta siitä, että tukkeutuneessa suodattimessa kylmäaineen paine ja siten lämpötila laskee niin paljon, että lämpötilaero on selvästi havaittavissa putken päältä. Kummassakin tapauksessa on lämpöpumpulle tilattava huolto, joten ohjeistus ei merkittävästi eroa näissä tilanteissa.

Mikäli lämpöpumppu pystyy tuottamaan lämpöä, voidaan sitä käyttää normaalisti huoltoon asti, mutta jos sen tuottama lämpö ei riitä, on varmistettava, että järjestelmän varalämmönlähteet kytkeytyvät käyttöön. Vuototilanteissa toimitaan käytössä olevien ympäristövahinko-ohjeiden mukaan, ja tarvittaessa vuodoista ilmoitetaan myös aluehallintovirastolle. Vaikka nykyiset kylmäaineet eivät juuri aiheutakaan välitöntä vaaraa tai tuhoa ilmakehän otsonikerrosta, ovat ne silti todella voimakkaita kasvihuonekaasuja (30).

4.3.3 Lämmitysverkon vuoto

Samoin kuin keruupiirin vuodon, myös lämmitysverkon vuodon tunnistaa parhaiten laskevasta paineesta. Paineen laskun nopeus riippuu vuodon suuruudesta ja voi olla mitä tahansa suoranaisesta romahduksesta hädin tuskin havaittavaan muutokseen. Lämmitysverkon paine vaihtelee normaalikäytössä hieman veden lämpölaajenemisen takia, mutta verkoston paisunta-astia kompensoi veden tilavuuden muutosta esimerkiksi joustavan kumikalvon avulla ja siten vähentää paineenvaihteluita huomattavasti (21, s. 28–29).

Suuri vuoto lämmitysverkossa voi aiheuttaa laajoja kosteusvaurioita lämmönjaon katkoksen lisäksi, mutta pienikin vuoto voi kastella putkien eristeitä lisäten lämpöhäviöitä ja korroosion riskiä vuotokohdan ympärillä. Hyvin pientä vuotoa voi olla hankala löytää veden höyrystyttyä lämpimältä pinnalta tai jos vuotokohta sijaitsee eristeiden alla piilossa. Vuotokohdassa voi kuitenkin olla valuma- tai korroosion jälkiä. Vuotokohtia etsittäessä kannattaa ensin etsiä tällaisia helposti löydettäviä jälkiä esimerkiksi kierre- ja laippaliitosten luota. Näissä mahdollisesti käytetyt kumitiivisteet menettävät kimmoisuuttaan vuosien kuluessa ja voivat alkaa vuotamaan. (21, s. 101–102.) Myös varoventtiilien

purkuputket kannattaa tarkistaa valumajälkien varalta, sillä avautuneen varoventtiilin tiiviin sulkeutumisen on voinut estää pieni epäpuhtaus putkistosta (21, s. 38).

Purkuputkien alla on hyvä pitää esimerkiksi astiaa, josta kerääntynyt vesi tai pienet pisarajäljet olisi nähtävissä. Jos vesi ohjataan suoraan viemäriin, ei vuotoa välttämättä huomaa. Kun astiaan on tullut vettä, kannattaa astia puhdistaa pisarajäljistä, jotta myöhemmin tuleva pieni vuoto olisi havaittavissa. Myös kuvan 7 kaltainen pölyinen lattia paljastaa vuodot tehokkaasti, mutta pöly ja lika eivät sinänsä ole tavoiteltavia. Kuvan 7 purkuputki johtaa veden pois kahdelta varoventtiililtä, jolloin ei voida olla varmoja, kummasta venttiilistä vuoto on peräisin.



KUVA 7. Purkuputki kahden varaajan varoventtiileiltä

Jos vuotokohtaa ei löydy tai siitä ei aiheudu välitöntä haittaa, on verkostoon lisättävä vettä normaalin painetason saavuttamiseksi. Järjestelmän käyttöä voidaan tällöin jatkaa normaalisti, kunnes vuotokohta paikannetaan ja vuoto korjataan. Jos paine kohoaa epänormaalin nopeasti täytön aikana, voi paisunta-astia olla vikaantunut. Tätä voi kokeilla päästämällä pienen määrän vettä pois lämmitysverkosta ja lisäämällä vastaavan määrän vettä uudestaan – jos paine laskee ja kohoaa huomattavasti normaalia nopeammin, kannattaa paisunta-astian kunto tarkastaa. Asianmukaista veden tilavuuden ja paineen muutoksen

välistä suhdetta voi arvioida siitä lähtökohdasta, että 0,1 baarin muutos paineessa vastaa noin 1 litran muutosta tilavuudessa 25 litran kalvopaisunta-astiassa (21, s. 101). Suuremmassa astiassa sama paineen muutos vastaa suurempaa tilavuuden muutosta.

Jos vuoto aiheuttaa välitöntä haittaa, on vuotokohta pyrittävä eristämään muusta järjestelmästä. Jos vuoto estää lämmönjakoverkon käytön, on toiminnasta sovittava nopeasti asiakkaan kanssa. Esimerkiksi sähköiset varalämmönlähteet voisivat tulla kyseeseen kylmänä vuodenaikana.

4.3.4 Anturivika

Kiinteistöautomaatiojärjestelmät tunnistavat osan anturivioista, kuten oikosulkuja ja johdinten katkeamisia. Lämpöpumppujen ohjausyksiköt ja muut automatisoidut järjestelmän osat voivat ilmoittaa omista anturivioistaan. Nämä ilmoitukset ovat kohtalaisen luotettavia mutta kattavat vain osan mahdollisista anturivioista.

Jossakin vaiheessa anturien mittaustulokset voivat ryömiä kauas hyväksyttävistä virherajoista eikä tällaista hidasta muutosta välttämättä huomaa. Esimerkiksi pintalämpötila-antureilla lämmön siirtyvyys mitattavan putken pinnasta vastuselementtiin voi heikentyä likaantumisen tai kiinnityksen heikentymisen myötä. Laitteiston ikääntyessä kannattaakin suhtautua mittaustuloksiin tietyllä varauksella ja verrata mittaustuloksia siihen, mitä ne ovat aikaisemmin olleet vastaavassa ajotilanteessa. Jos mahdollista, kannattaa myös verrata eri anturien mittaustuloksia toisiinsa.

Koska energiamittarit kalibroidaan säännöllisesti, ovat niiden mittaustulokset luotettavimpia vertailukohteita. Lisäksi pintalämpötila-anturien luotettavuutta voi arvioida erillisellä, kalibroidulla pintalämpötilamittarilla. On kuitenkin huomattava, että putken pinnan lämpötilan mittaaminen on haastavaa. Mittaustulosten luotettavuuden arviointia ei helpota sekään, että putken pinnan lämpötilaa mittaamalla ei saada mitattua putkessa kulkevan aineen lämpötilaa. Putken pinnan lämpötila tietyssä järjestelmän kohdassa, jollakin tietyllä anturilla mitattuna toki seurailee putken sisällön lämpötilaa, jopa sillä tarkkuudella, että

mittaustulosta pystytään aivan hyvin käyttämään järjestelmän ohjaukseen. (31, s. 75–76.) Toinen anturi tai toisesta kohtaa tehty mittaustulos voikin jo antaa eri mittaustuloksen. Lämmityspiirin säätökäyrät onkin hyvä tarkistaa menoveden pintalämpötila-anturin vaihdon yhteydessä.

Pieniltä systemaattisilta virheiltä on mahdoton välttyä, mutta jos anturin virhe on suuri tai satunnainen, on se syytä vaihtaa. Jos anturivika estää lämpöpumppujen toiminnan tai muutoin häiritsee olennaisesti järjestelmän toimintaa, on anturi vaihdettava mahdollisimman pian. Jos ei, vaihto voi odottaa vaikka viikonlopun yli.

4.3.5 Muu kuin kylmäainevuotoon liittyvä vika lämpöpumpussa

Kylmäainevuodon lisäksi lämpöpumpusta voi vikaantua esimerkiksi kompressori, ohjauselektroniikka tai mahdollinen liuospumppu. Lämpöpumpun toiminta voi häiriintyä myös, jos maalämpönesteen tai lämmityspiirin veden kierto heikkenee tai pysähtyy. Kierron häiriintymisen taustalla voi olla esimerkiksi tukkeutunut lianerotin, kiertopumpun vika tai pumpun ohjauksen vika.

Lämpöpumpun antamat hälytykset kertovat paljon vian mahdollisesta sijainnista. Toistuva korkeapainehälytys tai lauhtumislämpötilan ylärajahälytys voi johtua lämmityspiirin veden kierron häiriöistä. Vastaavasti toistuva matalapainehälytys tai höyrystymislämpötilan alarajahälytys voi johtua maalämpönesteen kierron häiriöistä tai keruupiirin alimitoituksesta. Kompressorin vikaan viittaavat kaikenlaiset normaalista poikkeavat kompressorin päästämät äänet. Jos kompressori ei käynnisty ollenkaan, voi vika olla myös ohjausyksikössä tai muussa ohjaavassa elektroniikassa.

Tuotetun lämpötehon pieneneminen voi viitata esim. kylmäainevuotoon, suodatinkuivaimen tukkeutumiseen tai keruu- tai lämmityspiirin kierron häiriöön. Tukkeutumisen tunnistaa siitä, että kylmäaine jäähtyy suodatinkuivaimessa ja lämpötilaero on mitattavissa putken pinnalta suodatinkuivaimen eri puolilta.

Lämpöpumpun vikatilanteessa on ensin tarkistettava lämpöpumpulta tulleet hälytykset, koska mallista ja viasta riippuen vika voi selvitä saman tien.

Trendidata auttaa huomattavasti vian paikantamisessa. Jos vikaa ei saada paikannettua nopeasti, voidaan aina kokeilla hälytysten kuittausta ja lämpöpumpun uudelleenkäynnistystä. Jos lämpöpumppu käynnistyy ja pysyy käynnissä normaalisti, voidaan lämpöpumppua käyttää siihen asti, että ammattilainen pääsee tarkastamaan koneen. Jos lämpöpumppua ei pystytä käyttämään, on kytkettävä varalämmönlähde.

4.3.6 Lianerottimen tukkeutuminen

Lämmitysvesi- ja maapiireissä on lianerottimia, joiden tarkoituksena on suojella maalämpöpumpun kaltaisia herkempiä osia mahdollisilta tukoksia aiheuttavilta epäpuhtauksilta. Lianerottimet sijaitsevat useimmiten lämpöpumppujen höyrystimille ja lauhttimille tulevissa putkissa lämpöpumppujen läheisyydessä. Kunnossapitosuunnitelmassa ohjeistetaan tarkastamaan lianerottinten puhtaus kerran vuodessa, minkä pitäisi riittää estämään suodattimien tukkeutuminen. Jos piiriin on päässyt paljon epäpuhtauksia, voivat suodattimet tukkeutua tästä huolimatta, ja ne on puhdistettava.

Lianerottimien tukkeutuessa niiden virtausvastus kasvaa olennaisesti. Jos piirin painetta mitataan heti lianerottimen jälkeen, näkyy tukkeutuminen paineen laskuna kiertopumpun ollessa käynnissä, mutta virtauksen pysähtyttyä staattisen paineen pitäisi palata normaalitasolle. Kerupiirin lianerottinten tukkeutumiseen ja hidastuneeseen virtaukseen viittaa suurentunut ero maalämpönesteen meno- ja paluulämpötilojen välillä. Myös lämmityspiirin puolella hidastunut virtaus saattaa näkyä veden lämpötilaeron kasvuna. Jos kiertopumput ovat kierrosnopeussäädetyjä tai järjestelmässä on muita virtaukseen vaikuttavia muuttuvia tekijöitä, ei lämpötilaero luotettavasti kerro tukkeutumisesta. Vesivirtojen pienentyessä lämpöpumpun höyrystymislämpötila voi laskea ja lauhtumislämpötila kohota. Järjestelmällä voi myös olla ongelmia tuottaa tarvittavia määriä lämpöä.

4.3.7 Pumppuvika

Pumput ovat pääsääntöisesti pitkäikäisiä, mutta lopulta kuitenkin kuluvia osia. Vika pumpussa havaitaan parhaiten omituisen äänen perusteella tai siitä, ettei

se käynnisty. Jotta voidaan varmistua siitä, että pumppua ohjataan käyntiin, tulisi automaattiohjauksen olla mahdollisimman yksinkertaisesti ohitettavissa, esimerkiksi käsikäyttökytkimellä. Jos tällaista mahdollisuutta ei ole, voidaan hyvänä nyrkkisääntönä ajatella, että lämmityskaudella lämmityspiirin kiertopumppu käy koko ajan ja varaajien latauspumput käyvät ainakin silloin, kun lämpöpumppukin käy.

Lämmityskaudella mikä tahansa pumppuvika edellyttää pikaista korjausta; hyvällä säällä kesäaikaan lämmityspiirin kiertopumpun huolto voi hyvin odottaa seuraavaan arkipäivään. Tämän opinnäytetyön maalämpöjärjestelmissä oli joitakin pumppuja, joiden ylläpitovastuu on asiakkaalla. Näidenkin pumppujen pikainen huolto on erittäin tärkeää, joten asiakkaan kanssa kannattaa sopia toimintatavoista niiden vikatilanteissa.

4.3.8 Venttiilivika

Maalämpöjärjestelmät sisältävät usein toimilaitteellisia venttiileitä, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä järjestelmän toimintaan vikaantuessaan. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi lämpöpumpulta käyttövesi- tai puskurivaraajan lämmitykseen vettä ohjaava venttiili ja lämmityspiirin menoveden sekoitusventtiili. Viaksi tällaisissa venttiileissä lasketaan vain, jos toimilaitte ei saa ohjattua venttiiliä. Pieni vuoto venttiilin puolelta toiselle ei pääsääntöisesti haittaa, koska molemmilla puolilla on likimain samanlaista vettä. Huomattavaa on, että jotkin venttiilit voivat vikaantua siten, että asentoa osoittava nuppi voi liikkua, vaikka kara ei liikkuisikaan. Tällöin venttiilin jumittuminen täytyy käytännössä päätellä prosessiarvojen mittauksesta. Jos venttiili vuotaa karastaan, siitä voi jäädä vuotojälkiä.

Lämmitysverkoston täyttöventtiili voi jäädä vuotamaan, jos jokin pieni roska estää venttiiliä sulkeutumasta kunnolla. Paine lämmityspiirissä kasvaa, kunnes varoventtiilien avautumispaine ylitetään, jolloin varoventtiilien purkuputkien luona voi näkyä vuodon jälkiä. Verkoston painehälytyksen yläraja pitäisi olla valittu alemmaksi kuin varoventtiilien avautumispaine, jottei tilanne jää huomaamatta.

Jos toimilaitteellinen venttiili ei käänny automaattiohjauksessa, on syytä epäillä venttiilin olevan jumiutunut. Venttiiliä voi koettaa saada liikkeelle kääntämällä karaa käsiohjauksella. Venttiilistä ja toimilaitteesta riippuu, miten ja kuinka varovaisesti tämä on tehtävä. Jos venttiiliä ei saada näin liikkumaan, on venttiili vaihdettava toimivaan tai huollettava.

Jos vikaantunut venttiili on järjestelmän toiminnan kannalta huonossa asennossa tai järjestelmä edellyttää lyhyin väliajoin tehtävää säätöliikettä, on huolto tai vaihto suoritettava mahdollisimman pian. Sen sijaan esimerkiksi lämmitysverkoston täyttöventtiilin vuotaessa huolto voi oikein hyvin odottaa muutaman päivän, sillä varoventtiilit estävät paineen liian kohoamisen.

4.3.9 Sähkökattilan vika

Toisessa maalämpöjärjestelmässä käytetään sähkökattilaa vara- ja huipputehonlähteenä. Koska sähkökattilaa käytetään vain harvoin, voi sen vikaantuminen tulla yllätyksenä. Sähkökattila antaa hälytyksen olennaisimmista vikatilanteista, kuten ylikuumenemisesta tai veden pinnan laskusta, mutta näiden vikatilanteiden todennäköisyys on arvioitu pieneksi, eikä sähkökattilan hälytys välity kiinteistöautomaatiojärjestelmälle. Etäkäyttäjä voi havaita sähkökattilan vian vain välillisesti, esimerkiksi lämmityspiirin menoveden lämpötilan alarajahälytyksen kautta. Paikan päällä on hälytystila helposti tunnistettavissa kattilassa olevien merkkivalojen perusteella. Kun vikatilanteen aiheuttanut tekijä on paikannettu ja vika korjattu, voidaan hälytys kuitata ja sähkökattilan käyttöä jatkaa normaalisti.

Jos kyseisessä sähkökattilassa ei mikään lamppu ole päällä, on jokin sulake todennäköisesti palanut tai kytkin avattu. Sähkökattilassa on ohjausjärjestelmille oma 6 A tulppasulake, jonka voi kuka tahansa vaihtaa jännitteettömänä, mutta ryhmäkeskukselta sähkökattilalle vievän haaran 100 A kahvasulaketta vaihtamaan tarvitaan jo riittävän pätevä henkilö. Sähkökattila on liian suuri ryhmäkeskuksen sulakkeisiin nähden, joten sen käytössä olevien tehoportaiden määrää rajoitetaan ohjelmallisesti. Sulakkeiden palaminen on siis hyvin mahdollista, esimerkiksi jos sähkökattila ohjelmoidaan virheellisesti tai sen ohjauselektroniikkaan tulee vika.

4.3.10 Energiamittarin vika

Energiamittarin viat todennäköisimmin liittyvät anturien hitaasti kehittyviin mittausvirheisiin. Koska energiamittarit kalibroidaan säännöllisesti ja vikaantuneet mittauslaitteet poistetaan käytöstä tai huolletaan, eivät anturien mittausvirheet kuitenkaan pääse kasvamaan suuriksi. Energiamittarin mittaustuloksia voikin käyttää arvioitaessa muiden anturien mittaustulosten luotettavuutta.

Muita mahdollisia vikatilanteita ovat esimerkiksi viestiyhteyden katkeaminen energiamittarin ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän välillä tai anturin äkillinen vikaantuminen. Viestiyhteyden katkeamisen taustalla voi olla yksinkertaisesti huonosti kiinnitetty tai katkennut kaapeli, mutta jompi kumpi laite on myös voinut vikaantua. Viimeistään silloin on syytä epäillä energiamittarin vikaa, jos tuotetun energian määrä ei näytä kasvavan, vaikka muut prosessiarvot selkeästi näyttäisivät tuotantoa olevan.

4.3.11 Vika automaatiojärjestelmässä

Automaatiojärjestelmän vikatilanteessa tyypillistä on, ettei järjestelmään saada yhteyttä tai se käyttäytyy omituisesti. Etäohjaus ei välttämättä toimi tai yhteyksissä lämpöpumpuille, sähkökattilalle tai muille laitteille voi olla ongelmia. Mittaustulokset voivat olla mahdottomia, vaikka anturin kunto, kiinnitys ja kaapelointi on tarkistettu. Tällaiset vikatilanteet ovat erittäin harvinaisia, mutta sellaisen sattuessa kohdalle voi aina kokeilla automaatiojärjestelmän uudelleenkäynnistämistä.

Toisessa kohteessa kiinteistöautomaatiojärjestelmä ohjaa maalämpöjärjestelmää sillä tarkkuudella, että se määrittää kaksikompressoristen lämpöpumppujen käytössä olevien kompressorien lukumääränkin. Maalämpöpumppujen omille ohjausyksiköille jää lähinnä lämpöpumpun toiminnan tarkkailu ja vikatilanteista hälyttäminen. Tällöin maalämpöjärjestelmä on erityisen herkkä automaatiojärjestelmän vikatilanteille. Kyseisessä kohteessa on toisaalta etuna se, että koska kummallakin lämpöpumpulla on omat ohjausyksiköt, voidaan lämpöpumput helposti asettaa

toimimaan itsenäisessä toimintatilassa ilman kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Tällöin maalämpöjärjestelmän hyötysuhde ja tuotettujen lämpötilojen ohjattavuus kärsii, mutta järjestelmä pystyy täyttämään tehtävänsä kohtalaisesti.

Sen sijaan toisessa kohteessa kiinteistöautomaatiojärjestelmä ei juuri ohjaa maalämpöjärjestelmää, vaan lämpöpumppujen yhteinen ohjausyksikkö huolehtii kaikesta automaatiosta varaajiin asti. Maalämpöjärjestelmästä jää kiinteistöautomaatiojärjestelmän vastuulle vain lämmityspiirien ja lämpimän käyttöveden kiertopumppujen ohjaus sekä maalämpöjärjestelmän monitorointi ja vikatilanteista hälyttäminen. Kohteen kiinteistöautomaatiojärjestelmällä on toki muita tehtäviä esimerkiksi ilmastointiin liittyen.

Jälkimmäisen kohteen kiinteistöautomaatiojärjestelmän vikatilanne ei juuri vaikuta maalämpöjärjestelmään, sillä kiertopumput voidaan helposti ohjata päälle käsinkin. Sen sijaan käytön estävä vika lämpöpumppujen ohjausyksikössä lamauttaa maalämpöjärjestelmän siinä määrin, ettei lämpöpumppuja pystytä käyttämään ilman huomattavia uudelleenkytkentöjä.

4.4 Varalämmön kytkentä

Kummassakin opinnäytetyön kohteessa on huippu- ja varatehonlähteenä sähkövastukset, joiden ohjaus on toteutettu hyvin eri tavoin. Toisessa kohteessa on käytössä pelkästään varaajiin upotetut sähkövastukset, joita normaalisti ohjaa lämpöpumppujen oma ohjausyksikkö. Normaalista poikkeavia tilanteita varten vastuksia pystytään ohjaamaan myös käsiajolla. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi lämpöpumppujen tai ohjausyksikön vikatilanteet. Kyseisessä kohteessa on myös mahdollista, että käyttöveden kulutus on lyhyitä aikoja poikkeavan suurta. Kun näin ennakoidaan tapahtuvan, sähkövastus voidaan ohjata käsiajolla päälle etukäteen ja vastuksen termostaatti pyrkii pitämään varaajan asetetussa lämpötilassa. Käsiohjauksella varmistetaan, ettei varaaja jäähdy missään vaiheessa liikaa, vaan on koko ajan valmis luovuttamaan lämmintä vettä suuriakin määriä.

Sen sijaan toisessa kohteessa on varaajien sähkövastusten lisäksi erillinen sähkökattila. Kohteessa sähkökattila toimii osateholla huipputehonlähteenä kiinteistöautomaatiojärjestelmän ohjauksessa. Erilaisissa vikatilanteissa voidaan tehoa ottaa käyttöön nostamalla kattilan tehoa tai ottamalla varaajien sähkövastukset käyttöön. Sähkökattilan tehon lisäys onnistuu helposti häiriötilanteiden hallintaohjeen avulla. Käyttövesivaraajan sähkövastukset ovat normaalitilanteessa käyttövalmiudessa, mutta termostaatista on valittu lämpötilaksi 45 °C, jolloin vastukset eivät normaalitilanteessa lämmitä. Sen sijaan poikkeuksellisen suuren kulutuksen aikana tai järjestelmän vikatilanteessa vastukset auttavat estämään varaajan liiallista jäähtymistä ilman käyttäjältä vaadittavia toimenpiteitä. Esimerkiksi lämpöpumppujen vikatilanteessa termostaatin lämpötila-asetusta voidaan korottaa 60 tai 65 °C:seen, jotta käyttäjä saa koko ajan riittävän lämmintä vettä. Lämmitysverkon puskurivaraajan sähkövastusten käyttöönotto edellyttää releiden käsinohjausta valvonta-alakeskuksessa, minkä jälkeen nekin ovat termostaatin ohjauksessa.

Kumpaankin kohteeseen on lisäksi mahdollista liittää ulkopuolinen varalämmönlähde, kuten liikutettava öljykattila. Jos järjestelmän ulkopuolisella laitteella lämmitetään suoraan käyttövettä, on lämmönlähteen puhtauteen kiinnitettävä erityistä huomiota. Toisessa kohteessa on kuvan 8 kaltaiset helposti käytettävät liitännät venttiileineen sekä käyttöveden että lämmitysverkon lämmittämiseen, mutta toisessa kohteessa lähimmät venttiilit sijaitsevat melko kaukana käytetystä liitoskohdasta. Koska liitostyön ajaksi venttiilein eristettävä alue on suuri, voi verkostoon päästä merkittävä määrä ilmaa.



KUVA 8. Ulkoisen varalämmönlähteen liitäntä lämpimän käyttöveden menolinjaan

5 POHDINTAA

Maalämpöjärjestelmät pärjäävät vähällä huollolla ja kohteesta riippuen jopa vuosia täysin ilman huoltoa. Tästä huolimatta suunnitelmallisella kunnossapidolla voidaan pidentää järjestelmän elinaikaa ja parantaa sen luotettavuutta ja hyötysuhdetta reagoimalla vikatilanteisiin nopeasti ja ehkäisemällä niitä. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kunnossapitosuunnitelma 15 vuoden ajalle kahdelle Oulun Energian ylläpitämälle maalämpöjärjestelmälle. Erityinen painoarvo annettiin suunnitelman sille osalle, jossa annetaan käyttäjälle ohjeita siitä, kuinka toimia erilaisissa vikatilanteissa. Tämä häiriötilanteiden hallintaohje eriytettiin omaksi dokumentiksi, jotta tarvittava tieto löytyy nopeasti. Tiedon tiiviys ja kattavuus on erityisen olennaista, jos järjestelmiä käyttää ja pitää kunnossa niitä huonosti tunteva henkilö.

Koska kohteet olivat varsin erilaiset käyttötavoiltaan ja laitteistoiltaan, päädyttiin tekemään kummallekin kohteelle erilliset kunnossapitosuunnitelmat ja häiriötilanteiden hallintaohjeet. Häiriötilanteiden hallintaohje sisältää lyhyen kuvauksen etäkäyttöliittymästä, tulkintaohjeet eri hälytyksille, toimintaohjeet erilaisissa vikatilanteissa, käyttöohjeet järjestelmän omille vara- ja huipputehonlähteille sekä kytkentäohjeet järjestelmän ulkopuolista varalämmönlähdettä varten. Varsinainen kunnossapitosuunnitelma puolestaan sisältää ohjeet ennakoitavia pitkän aikavälin huoltotoimenpiteitä, säännöllistä tarkkailua ja pientä vuosihuoltoa varten ja tietoa lakisääteisistä tehtävistä.

Kunnossapitosuunnitelman ja häiriötilanteiden hallintaohjeen avulla järjestelmiä pystytään käyttämään ja kunnossapitämään suunniteltu 15 vuotta ja vielä sen jälkeenkin. 15 vuoden rajaa ohitettaessa on kuitenkin muistettava, että järjestelmän osien vikaantumistiheys kasvaa osien ikääntyessä. Tällöin on tarkasteltava yksittäisten osien vikaantumistiheyttä, jotta voidaan selvittää mahdollinen vaihtotarve. Jotkut osat myös vikaantuvat hyvin nopeasti vaihtokuntoon antamatta juuri varoitusta etukäteen.

Häiriötilanteiden hallintaohjetta luotaessa haasteita tuotti toisaalta kiinteistöautomaatiojärjestelmien ja niiden ohjelmoinnin puutteellinen dokumentointi ja toisaalta tiedon esittäminen riittävän tiiviisti ja selkeästi mutta kuitenkin riittävän kattavasti. Kunnossapitosuunnitelman tekemisen kannalta haasteena oli se, ettei järjestelmien komponenttien eliniästä oikein löytynyt luotettavaa tietoa eikä ennakoivia osien vaihtoja käytännössä pystynyt suunnittelemaan uskottaviin faktoihin perustuen. Valmistajilta saadut tiedot laitteiden elinajoista perustuivat parhaimmillaan yksittäisten ammattilaisten omiin kokemuksiin ja huonoimmillaan karkeisiin arvioihin siitä, kuinka kauan vastaavat laitteet yleensä voisivat kestää. Työssä tarvittavia tietoja etsittiin laitteiden käyttöohjeista, alan kirjallisuudesta sekä laitteiden valmistajilta ja kylmälaitehuolloilta kysymällä.

On tärkeää huomata, että laitteiden vaihtelevat käyttötapa ja -ympäristö aiheuttavat suuria vaihteluita laitteiden elinaikaan eikä yksittäisen laitteen elinaikaa siksi pystykään varmuudella ennustamaan. Lisäksi järjestelmän osien hintaluokka ja rakenne puoltavat osan vaihtoa korjaamisen sijaan. Saatavilla olevien tietojen pohjalta päädyttiin korostamaan säännöllisen tarkkailun merkitystä ja nopeaa vikatilanteisiin reagointia. Säännöllisen tarkkailun yhteydessä on pyrittävä arvioimaan mittaustulosten ja muiden havaintojen normaaliutta kyseisessä käyttötilanteessa, jotta vikatilanteita voitaisiin ennakoida.

Kunnossapidon ja käytön kannalta yksinkertaisinta on, jos kaikki ylläpidettävät maalämpöjärjestelmät ovat samankaltaisia. Tällöin henkilöstö oppisi tuntemaan järjestelmät paremmin, vikatilanteissa toiminta olisi nopeampaa ja varmempaa ja vikatilanteita voitaisiin ennakoida paremmin aiempien kokemusten perusteella. Samanlaisista järjestelmistä riittäisi vähäisempi dokumentointi, jolloin tarvittava tieto löytyisi nopeammin. Jos käytössä olevien järjestelmien osatkin olisivat samanlaisia, olisi mahdollisen varaosavaraston ylläpitäminen helpompaa ja taloudellisesti kannattavampaa pienen varaston palvellessa useita kohteita. Erikokoisissa järjestelmissä tämän toteuttaminen voi tosin olla haastavaa.

Uusia maalämpöjärjestelmiä hankittaessa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että järjestelmän sisältämien vara- ja huippulämmönlähteiden käyttö olisi mahdollisimman pitkälle automatisoitu ja että etäkäyttäjä pystyy luotettavasti ohjaamaan näitä lämmönlähteitä ja saamaan tiedon niiden tilasta. Näin pystytään vähentämään paikan päällä tehtäviä käyntejä. Toisaalta vikatilanteissa ja järjestelmän toimintakykyä analysoitaessa olisi tärkeää, että mahdollisimman monia laitteita pystyisi ohjaamaan myös käsikäyttöisesti ohittaen kaikki automaatiojärjestelmät ja ohjelmoitavat logiikat. Näin voitaisiin nopeasti ja yksiselitteisesti tarkistaa järjestelmän osien toiminta ja varmistaa järjestelmän toimintakyky automatiikan vikatilanteissa.

LÄHTEET

1. Lämpöpumppu - viisas energiaratkaisu. Thermia Lämpöpumput / Oy Danfoss Ab. Saatavissa:
<http://www.thermia.fi/lampopumppu/lampopumppu-energiaratkaisu.asp>. Hakupäivä 22.1.2017.
2. Maalämpöpumppu, MLP. 2016. Motiva Oy. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp. Hakupäivä 21.1.2017.
3. Maalämpö. Tom Allen Oy. Saatavissa:
<https://www.tomallen.fi/maalampo>. Hakupäivä 20.1.2017.
4. Lämpöpumput taloyhtiöille ja suurille kiinteistöille. Oulun Energia Oy. Saatavissa: www.oulunenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/lampopalvelut/lampopumput-taloyhtiöille-ja-suurille-kiinteistöille. Hakupäivä 20.1.2017.
5. Maalämpö. Oulun Energia Oy. Saatavissa:
<https://www.oulunenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/lampopalvelut/lampopumput/maalampo>. Hakupäivä 20.1.2017.
6. Geoterminen energia. Energiateollisuus ry. Saatavissa:
http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/geoterminen_voima. Hakupäivä 21.1.2017.
7. Borehole Site: ES-PB1AdaroValverde. Data Contact: J Safanda (CZ). 2008. National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA Paleoclimatology. Saatavissa:
<https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/borehole/data/es-pb1adarovalverde.html>. Hakupäivä 21.1.2017.

8. Perälä, Rae 2013. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. 3. uudistettu painos. Tallinna: Alfamer/Karisto Oy.
9. Toimitetut ja laskutetut lämpöpumput Suomessa vuonna 2015. 2016. Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry. Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/documents/184029/208772/SULPU%2C%20myydyt%20%C3%A4mp%C3%B6pumput%202015%2C%20%281%29.pdf>. Hakupäivä 20.1.2017.
10. Tuomioksa, Iiro 2014. Absorptiolämpöpumpun tutkiminen ja kytkennän kehittäminen hybridilämmitykseen. Insinööriyö. Kone- ja tuotantotekniikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74540/Absorptiolampopumpun%20tutkiminen%20ja%20kytkennan%20kehittäminen%20hybridilämmitykseen.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 1.3.2017.
11. Hakala, Pertti – Kaappola, Esko 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. . 3. tarkistettu painos. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy.
12. Aittomäki, Antero 2008. Kylmätekniikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 3. painos.
13. CoolPack, Version 1,50. 2012. IPU & Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark.
14. Fitters notes. Thermostatic expansion valves. 2006. Danfoss A/S. Saatavissa: http://files.danfoss.com/technicalinfo/dila/01/PF000G102_chapter_01.pdf. Hakupäivä 22.1.2017.
15. Kaappola, Esko 2016. RE: FW: RequestForInformation. Sähköpostikeskustelu. Vastaanottaja: Antti Yrjölä. Viestit 9.11.2016 ja 11.11.2016.
16. Tekniikan kaavasto. 2000. Tampere: Tammertekniikka Oy.

17. Asiantuntijahaastattelu. 2016. Erään lämpöpumppuja huoltavan liikkeen edustajan puhelinhaastattelu 5.10.2016.
18. Maalämpö. Senera Oy. Saatavissa: <http://www.senera.fi/Maalampo>. Hakupäivä 25.1.2017.
19. Seppänen, Olli 2001. Rakennusten lämmitys. 2. päivitetty painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
20. D1 (2007). 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakennusmääräyskokoelma. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/28208/D1_2007.pdf. Hakupäivä 4.3.2017.
21. Auranen, Asko 2010. Pientalolämmityksen huolto ja kunnossapito. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy Juvenes Print.
22. SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
23. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 517/2014. 2014. Euroopan parlamentti ja Euroopan Unionin neuvosto. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R0517&from=EN>. Hakupäivä 10.2.2017.
24. Fluorattujen kasvihuonekaasujen rakenne ja ominaisuudet. 2014. Suomen ympäristökeskus SYKE. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BBAB02415F-223A-4C1C-9752-9A92F2B3BD91%7D/105937>. Hakupäivä 10.2.2017.
25. Grundfosin tekninen tuki. 2017. Oy Grundfos Pumput Ab. Puhelinhaastattelu 14.2.2017.
26. Keurulainen, Heli 2016. Laadunvalvonnasta vastaava päällikkö, Altia Industrial. Puhelinhaastattelu 15.12.2016.

27. Komission asetus (EY) N:o 1516/2007. 2007. Euroopan yhteisöjen komissio. Saatavissa: <https://publications.europa.eu/s/b7zG>.
Hakupäivä 15.2.2017.
28. Normbrunn -16. Vägledning för att borra brunn. 2016. Sveriges geologiska undersökning SGU. Saatavissa:
<http://resource.sgu.se/produkter/broschyror/vagledning-normbrunn-16.pdf>. Hakupäivä 17.2.2017.
29. Fitters notes. Trouble shooting. 2006. Danfoss A/S. Saatavissa:
http://files.danfoss.com/technicalinfo/dila/01/PF000G102_chapter_10.pdf. Hakupäivä 18.2.2017.
30. Faktaa ympäristönsuojelusta. Vaiheittain eroon fluorikaasujen käytöstä. 2014. Ympäristöministeriö. Saatavissa:
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BC6115320-C96E-49F4-9B24-74942B228FAC%7D/99746>. Hakupäivä 18.2.2017.
31. Lämpötilan mittaus. 2005. Mittaustekniikan keskus. J4/2005. Helsinki: Mittatekniikan keskus. 2. painos. Saatavilla:
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/MIKES/2005-J4.pdf>. Hakupäivä 18.2.2017.