



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

R404A KYLMÄAINEEN KOR- VAAMINEN HUOLTOKYLMÄ- AINEELLA

TEKIJÄ/T: Mika Siekinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Mika Siekinen	
Työn nimi R404A kylmäaineen korvaaminen huoltokylmäaineella	
Päiväys 10.10.2019	Sivumäärä/Liitteet 45/2
Ohjaaja(t) Yliopettaja Harri Heikura, Lehtori Tanja Pentinsaari	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sweco Talotekniikka Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän työn tarkoituksena oli, asiakkaan tilauksesta, uusien kylmäaineiden kustannusvaikutus kylmälaitteiden toimintaan. Työ tehtiin Helsingin kaupungin ruokapalvelukeskukselle Vantaalla. Tämä työ esittää vaihtoehdot uusista korvaavista kylmäaineista, ja vaikutuksen kylmälaitteiden toiminnassa. Työssä tehtiin myös toimintasuunnitelma ja kustannusarvio kylmäaineiden vaihdosta. Työssä on kuvattuna peruskylmäprosessi, tutkimukset ja vaihtoehdot vähentää kylmäaineen R404A käyttöä f-kaasuasetuksen mukaisesti</p> <p>Laskelmat pohjautuvat Coolpack version 1.5 ja Danfoss Coolselector 2 ohjelmiin. Työssä laskettiin myös kuumakaasun teoreettiset lämpötilat Excelillä. Todellisuudessa kuumakaasun lämpötilat ovat korkeammat prosessin eri tehojen, toimintalämpötilojen ja sulatusjaksojen takia.</p> <p>Tuloksena monella korvaavalla kylmäaineella on, että kuumakaasun lämpötila nousee liian korkealle. Putkistot ja kylmäaineen syöttölaite jäävät myös ylilimitoituksi.</p> <p>Kohteessa on järkevä jatkaa R404A kylmäaineen käyttöä osassa laitteita elinkaaren päähän. Osassa laitoksia on järkevä uusia korvaava kylmäaine R452A suurempien huolto- ja korjaustoimenpiteiden aikana.</p>	
Avainsanat Kylmätekniikka, huoltokylmäaineet, F-kaasuasetus, kylmäaineet, R404A korvaaminen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Mika Siekkinen			
Title of Thesis Replacing the R404a Refrigerant with a Service Refrigerant			
Date	10 October 2019	Pages/Appendices	45/2
Supervisor(s) Senior lecturer Harri Heikura, lecturer Tanja Pentinsaari			
Client Organisation /Partners Sweco Talotekniikka Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the study was to find out, by customer's request, the cost impact of new refrigerants on the operation, power and efficiency of the machinery. The study was commissioned by the City of Helsinki's food service center in Vantaa This report presents alternatives to new refrigerants and explains the impact of new refrigerants on the operation of existing refrigeration plants. Also an action plan for changing the refrigerant in a prudent and cost-effective manner is contained in this study. The report also outlines a basic refrigeration cycle and options and measures to reduce refrigerant R404A and find alternatives under the F-gas regulation.</p> <p>The calculations are based on Coolpack version 1.5 and Danfoss Coolselector 2 software. The baseline of the study was to calculate the theoretical hot gas temperatures in the refrigerant exchange with Excel. In reality, hot gas temperatures will be higher due to different power levels of the compressor and refrigeration system after use and defrosting cycles.</p> <p>As a result, with many replacement refrigerants, it was found that the hot gas temperature, pipeline dimensions and thermostatic expansion valve dimensions remain oversized</p> <p>In some plants, it is prudent to use R404A refrigerant at the end of the plant's life cycle In some other plants, it is sensible to replace the R452A with a new refrigerant during major maintenance and repair work.</p>			
Keywords Refrigeration, service refrigerants, F-gas regulation, refrigerants, R404A substitutes			

LYHENTEET JA TERMIT	6
1 JOHDANTO	7
2 KYLMÄPROSESSI	7
2.1 Log p, h- tilapiirros.....	8
2.1.1 Log p, h- tilapiirroksen peruskaavat	8
3 F-KAASUASETUS.....	11
3.1 F-kaasuasetuksen rajoitukset.....	11
3.1.1 F-kaasujen vähennystarve	12
KORVAAVAT KYLMÄAINEET	13
3.2 Korvaavan kylmäaineen valinta.....	13
4 TYÖN KOHDE JA TARKOITUS	14
4.1 Kohteen kylmäaineet	15
4.2 Kohteen kylmäkoneistot.....	16
4.2.1 Pakastekoneikko JK304	17
4.2.2 Ohukaisjäähdyttämö JK306.....	18
4.2.3 JK309 spiraali.....	19
4.2.4 JK311 stadion.....	20
4.2.5 JK305 esijäähdytys 2 ja 3	21
4.2.6 JK300 kylmähuoneet 209, 2012 ja 239.....	22
4.2.7 JK301 kylmähuoneet 225, 243, 246, 247, 248, 249, 250b ja 250c	23
4.2.8 JK302 kylmähuoneet 250a, 263 ja 264.....	24
4.2.9 JK308 pihvijäähdyttämö	25
4.2.10 JK307 dietti 1 esijäähdytys.....	26
4.2.11 JK320 ateriapakkaus	27
4.2.12 JK321 lähettämö ja JK322 välivarasto	28
5 KORVAAVAN KYLMÄAINEEN VALINTAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	29
5.1 Kuumakaasun lämpötila	29

5.1.1	Paisuntalaite	30
5.1.2	Kompressori.....	31
5.1.3	Korvaavan kylmäaineen vertailu pakastelaitoksissa	32
5.1.4	Korvaavan kylmäaineen vertailu kylmiöolosuhteissa	37
6	TOIMINTASUUNNITELMA	41
6.1	Vaiheittainen kylmäaineiden vaihto	42
6.2	Kylmäaineiden hinnat	42
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	44
8	LIITTEET	44
	LIITE 1: KORJAUSTARVESELVITYS.....	45
	LIITE 2: KYLMÄAINEVAIHTOJEN KUSTANNUKSET	67

LYHENTEET JA TERMIT

ALV	Arvonlisävero
GWP	Global warming potential, kylmäaineen ilmastovaikutus
HFC	Fluorihillivety
HFO	Vetyfluoriolefiinit
MOP	Maximum operating pressure, maksimi höyrystymispaine
Log p, h	Kylmäaineen paine-entalpia tilapiirros
kg	Kilogramma
T ₀	Kylmäaineen höyrystymislämpötila
T _i	Kylmäaineen lauhtumislämpötila
C	Celsius
K	Kelvin
ε	Kylmäkerroin
Q ₀	Höyrystimen sitoma lämpö
W	Watti, kompressorin tekemä työ
φ	Lämpökerroin
Q _L	Lauhduttimen luovuttama lämpö
q	Kylmäaineen kylmäntuotto
h	Entalpia
qv	Tilavuustuotto
m	Massavirta
V	Tilavuusvirta
t	Tonnia
P	Paine, bar = 100 000 pa
ekv. t	Ekvivalenttonnia

1 JOHDANTO

Euroopan unionin F-kaasuasetus aiheuttaa rajoituksia vuoden 2019 jälkeen yli 2500 GWP-arvon omaaville kylmäaineille. Markkinoilla on uusia huoltokylmäaineita korvaamaan vanha R404A kylmäaine. Näillä huoltokylmäaineilla saadaan kasvatettua laitteiston elinkaarta ainakin vuoteen 2030 asti. Kylmäaineiden myynnin rajoitukset astuvat voimaan vaiheittain eri vuosina, ja kylmäaineiden myynti perustuu nykyään hiilidioksidiekvivalenttitonneihin. Kylmäaineiden saatavuus ja hinnat tulevat noustamaan lähivuosina huomattavasti ja vuodesta 2017 lähtien joidenkin kylmäaineiden hinnat ovat moninkertaistuneet. On tärkeää miettiä ratkaisuja, jotka ovat energiatehokkaita ja vähentävät hiilidioksidipäästöjä, jotta päästään kohti hiilineutraaliutta. Kaupan uudet kylmälaiteistot ovatkin nykyään toteutettu R744 (hiilidioksidi), tai R290 (propani) kylmäaineella. R290 kylmäaineen käyttöä rajoittaa vielä pieni täytösäärä, mutta toivotaan että tähän on tulossa muutos lähiaikoina.

R744 kylmäaineella toteutetut laitteistot on osoittautuneet energiatehokkaiksi sekä hyvällä hyötysuhteella toimiviksi kaupan uusissa kylmälaiteistoissa. Suurissa osissa laitteistoa on silti vielä kylmäaineena R404A, joten on tärkeä lisätä laitteistoille elinkaarta ja käyttöikä. Osa uudehkoja R404A laitteistoja on kuitenkin melko uusia ja vielä käyttöikänsä alussa, tai sen puolivälissä

Työn kohteena toimii Helsingin ruokapalvelukeskus Vantaalla. Kohteessa on useita kylmälaitoksia, joiden kylmäaineena on vuoden 2020 alussa uutena kylmäaineena kielletty R404A. Työn tavoitteena oli löytää sopiva vaihtoehto kylmälaitosten korvaavaksi kylmäaineeksi vanhan R404A kylmäaineen tilalle. R134a kylmäaineella toimivia laitoksia oli kohteessa muutama kappale, mutta kylmäaineen R134a GWP- arvon (Global Warming Potential) ollessa alle 2500, ei näihin laitoksiin etsitty korvaavaa ratkaisua.

2 KYLMÄPROSESSI

Ruokapalvelukeskuksen laitteistojen kylmäprosessina on kiertoprosessi, jossa koneistoa kiertävä kylmäaine höyrystyy ja lauhtuu. Kiertoprosessi on yleisin jäähdytysprosessi, joka on käytössä elintarvikkeiden jäähdytyksessä ja pakastuksessa, ilmastoinnin jäähdytyksessä ja lämpöpumpuissa. Prosessin pääkomponentit ovat höyrystin, kompressori, lauhdutin ja paisuntalaite, joka kohteen laitteistoissa on pääsääntöisesti termostaattinen paisuntaventtiili.

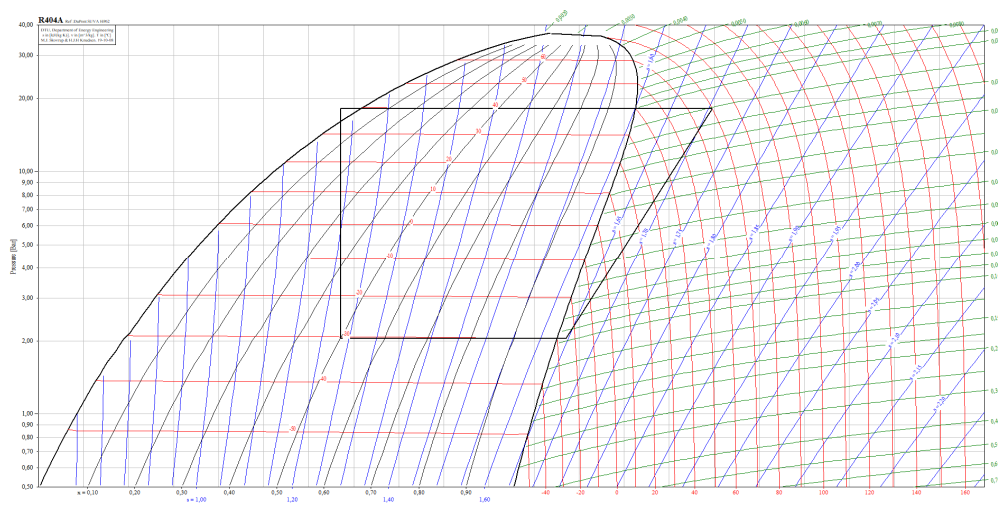
Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy ympäristöä matalammassa lämpötilassa sitoen lämpöä jäähdyttävästä kohteesta. Kompressorin tehtävänä on imeä matalapaineinen kaasu ja puristaa se korkeampaan lämpötilaan, samalla höyrin lämpötila kohoaa ja tulistuu entisestään. Lauhduttimessa tulistunut kylmäainehöyry lauhtuu ympäristöä korkeammassa lämpötilassa nesteeksi. Paisuntaventtiiliin

tehtävänä on syöttää kylmäaine höyrystimeen ja samalla paineen laskun seurauksena neste muuttuu neste-höyryseokseksi, ja samalla seoksen lämpötila laskee.

2.1 Log p, h- tilapiirros

Kylmäteknikassa kylmäaineen logaritminen paine-entalpia-tilapiirros on yhtä tärkeä kuin esimerkiksi ilmastointiteknikassa kostean ilman Mollier- piirros (Hakala, 2006). Log p, h- tilapiirroksista käy ilmi kylmäaineen ominaisuudet, paine, lämpötila, entalpia ja vakioentropia sekä vakiotilavuus. Jokaisella kylmäaineella on oma log p, h- tilapiirros, koska jokaisella kylmäaineella on omat ominaisuudet. Yksinkertaistettuna kylmäprosessin tilapiirros teoreettisena on esitettyä kuvassa 1. Tilapisteeksi on valittu pakastehuoneen olosuhteet. Tulistuminen höyrystimessä estää kylmäainesteen pääsyn kompressorille. Alijäähdytys kasvattaa hieman kylmätehoa höyrystimessä.

- Höyrystyslämpötila $T_0 = -30^\circ\text{C} \sim 243\text{ K}$
- Lauhtumislämpötila $T_L = 40^\circ\text{C} \sim 313\text{ K}$
- Tulistus höyrystimessä 5 K
- Alijäähdytys lauhtuttimessa 5 K



KUVA 1. R404A log p, h- tilapiirros pakastekoneikko (IPU, Coolpack ver. 1.50).

2.1.1 Log p, h- tilapiirroksen peruskaavat

Kylmäkerroin ε kertoo kylmäprosessin hyötysuhteen, joka on höyrystimen sitoma lämpö Q_0 jaettuna kompressorin tekemällä työllä W . (Hakala, 2006)

$$\varepsilon = Q_o/W \quad (1)$$

Jossa:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \text{kylmäkerroin} \\ Q_o &= \text{höyrystimen sitoma lämpö [kJ/kg]} \\ W &= \text{Kompressorin tekemä työ [kJ/s]} \end{aligned}$$

Lämpökerroin φ kuvaa lämpöpumpun hyötysuhdetta. Lämpökerroin saadaan laskettua jakamalla lauhduttimen luovuttama lämpö Q_L kompressorin tekemällä työllä. (Hakala, 2006)

$$\varphi = Q_L/W \quad (2)$$

Jossa:

$$\begin{aligned} \varphi &= \text{lämpökerroin} \\ Q_L &= \text{lauhduksen luovuttama lämpö [kJ/s]} \\ W &= \text{kompressorin tekemä työ [kJ/s]} \end{aligned}$$

Kylmäaineen kylmäntuotto (kJ/kg) on höyrystimeltä lähtevän kaasun ja höyrystimeen syötetyn nesteen entalpioiden erotus. Entalpiat katsotaan log p, h- tilapiirrokselta paisuntaventtiilin jälkeen sekä höyrystimeltä lähtevän tulistuneen kaasun kohdilta. (Hakala, 2006). Esimerkkinä voidaan käyttää aikaisempaa R404A log p, h- tilapiirrosta. Tilapiirrokselta entalpia luetaan höyrystyneen ja tulistuneen kaasun kohdalta h_o ja paisuntaventtiilin jälkeen höyrystimeen syötetyn nesteen kohdalta h_a .

$$q_o = h_o - h_a \text{ (kJ/kg)} \quad (3)$$

Jossa:

$$\begin{aligned} q_o &= \text{kylmäaineen kylmäntuotto [kJ/kg]} \\ h_o &= \text{entalpia höyrystimen jälkeen [kJ/kg]} \\ h_a &= \text{entalpia paisuntaventtiilin jälkeen [kJ/kg]} \end{aligned}$$

Kylmäaineen tilavuustuotto q_v (kJ/m³) kertoo lämmön sitoutumisen kylmäaineeseen, kun 1 kg kylmäainetta höyrystyy. Kylmäaineen tilavuustuotto saadaan jakamalla kylmäaineen kylmäntuotto q_o höyrin ominaistilavuudella v_o (m³/kg). (Hakala, 2006).

$$qv = q_0/v_0 \text{ (kJ/m}^3\text{)} \quad (4)$$

Jossa:

$$q_0 = \text{kylmäaineen kylmäntuotto [kJ/kg]}$$

$$v_0 = \text{kylmäaineen tilavuustuotto [m}^3\text{/kg]}$$

Kylmlaitoksessa kiertävä massavirta (kg/s) saadaan jakamalla kylmäteho (kW) kylmäaineen kylmäntuotolla (kJ/kg). (Hakala, 2006)

$$m = Q_0/q_0 \text{ (kg/s)} \quad (5)$$

Jossa:

$$m = \text{massavirta [kg/s]}$$

$$Q_0 = \text{kylmäteho [kJ/s]}$$

$$q_0 = \text{kylmäaineen kylmäntuotto [kJ/kg]}$$

Kompressorin imutilavuusvirta (m³/s) saadaan kertomalla massavirta kylmäaineen ominaistilavuudella tilapisteessä, josta alkaa kompressorin puristus log p, h- tilapiirroksessa. Toinen tapa laskea imutilavuusvirta on jakaa kylmäteho kylmäaineen tilavuustuotolla. Kylmäaineessa tapahtuu tulistusta höyrystimen ja kompressorin välisessä imuputkessa, sekä putkistossa tapahtuu painehäviötä jonkun verran. Käytännössä kompressorin imutilavuusvirta ja höyrystimen tilavuusvirta eivät voi olla täysin samat. (Hakala, 2006).

$$V_i = m \cdot v_0 \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (6)$$

$$V_i = Q_0/q_v \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (7)$$

Jossa:

$$V_i = \text{kompressorin imutilavuusvirta [m}^3\text{/s]}$$

$$m = \text{massavirta [kg/s]}$$

$$v_0 = \text{kylmäaineen ominaistilavuus [m}^3\text{/kg]}$$

$$Q_0 = \text{kylmäteho [kJ/s]}$$

$$q_v = \text{kylmäaineen tilavuustuotto [m}^3\text{/kg]}$$

3 F-KAASUASETUS

R404A kylmäaineen, jonka GWP-arvo on 3922, tilalle on tullut markkinoille korvaavia kylmäaineita, joiden GWP-arvo on alle 2500. GWP-arvoltaan vähintään 2500 käyttö huollossa ja korjauksessa on kielletty alkaen 1.1.2020. Kielto ei kuitenkaan koske regeneroituja tai kierrätettyjä kylmäaineita, mutta niiden saatavuus heikkenee koko ajan ja hinnat nousevat tulevaisuudessa. Kohteessa on kylmäkoneikoita, joiden kylmäaine on R134a ja tällä hetkellä f-kaasuasetuksen rajoitukset eivät koske kyseistä kylmäainetta huollon ja korjauksien osalta, koska kylmäaineen GWP-arvo on alle 2500.

Esimerkkinä korvaavista kylmäaineista ovat R448A, R449A, R442A ja R452A, mutta näidenkin kylmäaineiden vaihdossa on otettava huomioon tiettyjä asioita laitteiston toimintavarmuuden ja kestävyyskannalta. Raportissa on esitetty huomioon otettavat asiat kylmäainevaihdosta alempana. Yllä luetellut kylmäaineet ovat ns. drop-in kylmäaineita, joita voidaan käyttää laitteen huollossa suoraan vanhan R404A kylmäaineen tilalla. Näitä kylmäaineita kutsutaan myös nimellä retrofit- kylmäaineet.

3.1 F-kaasuasetuksen rajoitukset

F-kaasuasetuksen mukaiset päästövähennykset koskevat HFC-yhdisteitä ja varsinkin ammattikeittiö- ja kaupalliseen tarkoitukseen suunniteltuja kylmälaitoksia. Ilmastoinnin jäähdytys- ja lämpöpumppulaitoksia rajoitukset eivät koske niin tiukasti. Luonnonmukaisille kylmäaineille ei ole asetettu rajoituksia, mutta on otettava huomioon niiden luokitus ja palavuus. Puhtaat hiilivedyt ovat palavia nesteitä ja esimerkiksi R717 (ammoniakki) on ensimmäisen luokan palava kylmäaine ja myrky (Kapanen, kylmäainetilanne 2017).

Rajoitukset uusille laitteille on esitetty f-kaasuasetuksen liitteessä 3. Taulukossa 1. on esitetty rajoitukset, jotka koskevat kohdetta johon selvitys tehtiin. On huomioitava, että nämä ensimmäiset rajoitukset koskevat uusia laitteistoja, ei huoltoa ja korjaustoimintaa. R404A kylmäainetta voidaan käyttää huollossa, joka on regeneroitua tai huoltoyhtiön toimesta talteen otettua vastaavasta laitoksesta.

Uusien korvaavien kylmäaineiden tulo markkinoille ammattikeittiöiden sekä kaupan kylmälaitteisiin on rajoittunut uusiutuviin kylmäaineisiin sekä hiilivetyihin. Ammattikeittiöitä on Suomessa tuhansia kappaleita ja niiden tuotannossa käytettävien kylmälaitteiden kylmäaineisiin on tulossa tiukkoja rajoituksia. Rajoitukset koskevat vain f-kaasuja, ei luonnollisia kylmäaineita eikä uusiutuvia kylmäaineita. Kuvassa 2. on esitetty kaupalliseen käyttöön ja kiinteisiin laitteisiin tulevat rajoitukset.

nro. 12	Kiinteät jäähdytyslaitteet, jotka sisältävät fluorihilivetyjä tai joiden toiminta perustuu niihin ja, joiden GWP on vähintään 2 500, lukuun ottamatta laitteita, jotka on tarkoitettu sovelluksiin, joita käytetään tuotteiden jäähdyttämiseen alle -50 celsiusasteen lämpötiloihin	1.1.2020
Nro. 14	Kaupalliseen käyttöön tarkoitetut monikompressoriset keskusjäähdytysjärjestelmät, joiden arvioitu kapasiteetti on vähintään 40 kW ja jotka sisältävät fluorattuja kasvihuonekaasuja tai joiden toiminta perustuu niihin ja joiden GWP on vähintään 150, lukuun ottamatta kaskadijärjestelmien primääriä kylmäainepiiriä, jossa voidaan käyttää fluorattuja kasvihuonekaasuja, joiden GWP on alle 1 500	1.1.2022

KUVA 2. Kiellot ja rajoitukset uusiin järjestelmiin (Kapanen, 2017).

3.1.1 F-kaasujen vähennystarve

F-kaasusetuksen tavoite on vähentää EU:n päästövähennystavoitteiden mukaisesti kasvihuonekaasupäästöjä. Vuoteen 2030 mennessä HFC-yhdisteiden määrää (laskettuna hiilidioksidiekvivalenttina) vähenee asteittain 21 prosenttiin vuosien 2009 – 2012 tasosta Euroopan unionin alueella (Ympäristöhallinto, 2017).

Kuvassa 3. on esitetty EU:n vähennystavoite HFC-kylmäaineille vuoteen 2030 mennessä.



KUVA 3. F-kaasusetuksen asteittainen vähennys. (Ympäristöhallinto, 2017)

KORVAAVAT KYLMÄAINEET

Tällä hetkellä huolto- ja korjauskäyttöön jäävät kylmäaineet eri sovelluksissa on lueteltu alla GWP-arvoineen. Alla on lueteltu ne kylmäaineet, jotka soveltuvat kaupallisiin järjestelmiin ja ammattikeittiöihin. HFO-seosten käyttöä rajoittaa vielä kylmäaineen korkea hinta. Hinnat tulevat matalan GWP-arvon kylmäaineissa laskemaan kysynnän kasvaessa ja f-kaasuasetuksen rajoitusten myötä.

- R134a, GWP-arvo 1430, käytetään kohteessa kylmiöiden jäähdytyksessä. Voidaan edelleen käyttää huolto- ja korjaustoiminnassa 1.1.2020 jälkeen. Palamaton ja myrkytön kylmäaine.
- R407A, GWP-arvo 2107, käytetään kaupallisissa sovelluksissa R404A kylmäaineen korvaajana. Palamaton ja myrkytön kylmäaine.
- R407F, GWP-arvo 1825, käytetään kaupallisissa sovelluksissa R404A kylmäaineen korvaajana. Palamaton ja myrkytön kylmäaine.
- R449A, HFO-pohjainen kylmäaine, GWP-arvo 1397, käytetään kaupallisissa sovelluksissa R404A kylmäaineen korvaajana. Palamaton ja myrkytön kylmäaine.
- R448A, HFO-pohjainen kylmäaine, GWP-arvo 1273, käytetään kaupallisissa sovelluksissa R404A kylmäaineen korvaajana. Palamaton ja myrkytön kylmäaine.
- R455A, HFO-pohjainen kylmäaine, GWP-arvo 145, käytetään kaupallisissa sovelluksissa R404A kylmäaineen korvaajana sekä uusissa järjestelmissä kaupallisissa ja teollisissa laitoksissa. Palamaton ja myrkytön kylmäaine.
- R452A, HFO-pohjainen kylmäaine, GWP-arvo 2141, käytetään kaupallisissa sovelluksissa R404A kylmäaineen korvaajana. Palamaton ja myrkytön kylmäaine.

(AGA Oy, 2019)

3.2 Korvaavan kylmäaineen valinta

Korvaavan kylmäaineen valintaan vaikuttaa hinta, saatavuus, kylmäaineen soveltuvuus sekä muita tekijöitä esim. kylmäkoneen öljyn soveltuvuus pitää ottaa huomioon kylmäprosessiin vaikuttavana tekijänä. Tärkeä on löytää soveltuva kylmäaine, joka ei aiheuta suuria muutostöitä ja joka on sopiva vanhan kylmäaineen tilalle myös öljyn kierron osalta. Yleensä drop-in kylmäaineiden vaikutus putkiston mitoitukseen on pieni siihen verrattuna, jos joudutaan esimerkiksi vaihtamaan järjestelmään uu-

det komponentit ja uusi kylmäaine. Korvaavan kylmäaineen pitäisi myös olla hyötysuhteeltaan yhteneväinen vanhan kylmäaineen kanssa, joten vaikutus kompressorin kylmäkertoimeen ja ottotehoon on hyvin pieni. Tällä tavalla sähkön kulutus ja sähkötehojen mitoitus laitoksessa pysyy ennallaan.

Kylmäaineen vaihto vaikuttaa kylmäprosessiin myös kylmäaineen ominaisuuksia verrattaessa. R449A kylmäaine nostaa kuumakaasun lämpötilaa 10 – 25 K verrattuna vanhaan R404A kylmäaineeseen. Tämä aiheuttaa sen, että pakastekoneikossa on otettava huomioon tulistuksen määrä, ja sen vaikutus kuumakaasun lämpötilaan. Vanhan järjestelmän sisäiset neste-/imulinjan lämmönvaihtimet nostavat kylmätehoa alijäähdyttämällä nestettä ja poistamalla paisuntaventtiilille menevästä kylmäainenesteestä kuplia. Tämä kuitenkin nostaa tulistuksen määrää kompressorille menevässä imulinjassa ja aiheuttaa kuumakaasun korkean lämpötilan R448A ja R449A kylmäaineilla. Joissakin korvaavissa kylmäaineissa on päästy lähelle vanhaa R404A kylmäaineen ominaisuuksia, mutta kylmäaineen GWP-arvo on silloin korkeampi. Lisäksi on otettava huomioon uuden kylmäaineen liukuma, joka on esimerkiksi R455A kylmäaineella noin 5 K.

4 TYÖN KOHDE JA TARKOITUS

Tämän selvityksen kohteena on Helsingin kaupungin ruokapalvelukeskus Vantaalla. sen osoite on Pakkalantie 30, 01510 Vantaa. Tilaajana työlle on Timo Honkanen. Valokuvat kohteesta, ja kohteen kylmälaitteistosta ovat itse otettuja.



KUVA 4. työn kohde, Palmia Oy, Helsingin kaupungin ruokapalvelukeskus.

Työn tarkoituksena oli asiakkaan toivomuksesta löytää toimintasuunnitelma, selvitys, kustannusvaihtus sekä uusien kylmäaineiden vaikutus koneistojen toimintaan, tehoon ja hyötysuhteeseen. Tässä raportissa on esitetty vaihtoehdot uusille kylmäaineille sekä vaikutus vanhojen kylmälaitosten toimintaan. Raportissa esitetään myös toimintasuunnitelma kylmäainevaihdolle harkitusti ja kustannustehokkaasti.

Laskelmissa käytettiin ohjelmina Coolpack versio 1.5-ohjelmaa ja Danfossin Coolselector 2- ohjelmaa. Perustilapisteessä laskettiin Excelillä kuumakaasun teoreettiset lämpötilat kylmäainevaihdossa. Todellisuudessa kuumakaasun lämpötilat tulevat olemaan korkeammat, johtuen kompressorin ja kylmälaitteiston eri tehotasoista käytön ja sulatuksien jälkeen.

4.1 Kohteen kylmäaineet

Kohteessa on ammattikeittiökäyttöön tarkoitettuja kylmälaitteita, joiden kylmäaineena ovat R404A ja R134a. Kylmäainetta R404A koskee tiukat rajoitukset EU:n f-kaasuasetuksessa, ja työssä oli tarkoitus löytää ratkaisu korvaamaan huollossa ja korjauksessa käytettävä kylmäaine R404A:n tilalle.

Kohteessa tehtiin kierros ja kuvattiin kylmäkoneet sekä kylmäainemäärät 12.9.2019 ja käytiin tilaajan kanssa keskustelu työn laajuudesta sekä kattavuudesta. Samalla kierroksella havaittiin pari laitetta, joissa on vikaa ja keskusteltiin urakoitsijan kanssa korjaustoimenpiteestä ja samalla korjauskerralla hoidettavasta kylmäaineen vaihdosta. Pienempiin järjestelmiin suositeltiin korjauksien yhteydessä kylmäaineeksi R452A, jonka huoltokäyttöä voidaan jatkaa vuoteen 2030 asti.

Alla on esitetty kohteen kylmäainemäärät ja GWP arvot. Alla on myös laskettu CO₂ ekvivalenttitonnit kylmäaineelle R404A. Ekvivalenttitonnien laskenta on esitetty kaavassa 8. R134a kylmäainetta voidaan huollossa ja korjauksessa käyttää vielä vuoteen 2030 asti.

Seoksen GWP on painotettu keskiarvo, joka saadaan laskemalla yhteen eri aineiden painon osuudet kerrottuna niiden GWP-arvoilla, ellei toisin mainita, mukaan luettuina aineet, jotka eivät ole fluoratuja kasvihuonekaasuja. % = painon osuus ja sallitaan +/- 1 % poikkeama. (EU, asetus N:o 517/2014, Liite 4.)

Kasvihuonekaasun määrä on ilmaistuna tonneina ilmoitetun kasvihuonekaasun painon ja sen GWP:n tulona ($t \text{ F-kaasu} \times \text{GWP} = \text{CO}_2\text{-ekv.t}$), "muunnettuna hiilidioksidiksi", eli mitä hiilidioksidimäärää F-kaasun määrä vastaa (Ympäristöhallinto, 2017.)

Kohteen kylmäainemäärät:

- R404A, 1600 kg
- R134a, 450 kg

Kaavassa 8. esitetty kohteen R404A täytöksen ekvivalenttitonnit muutettuna hiilidioksidiksi

f-kaasu tonneina x f-kaasun GWP = hiilidioksidiekvivalentti, tonneina

$$1,6 \text{ t} \times 3922 = 6275,2 \text{ ekv. t} \quad (8)$$

R404A on kylmäaine, joka soveltuu hyvin matala- ja keskilämpötila-alueille. Kylmäaineella on myös hyvin pieni liukuma, noin 0,7 °C. Kylmäaineen käyttökohteita ovat kaupalliset kylmä- ja pakastelaitokset, kylmä- ja pakastevarastojen kylmäkoneistot, jääatakoneistot ja kuljetustilojen kylmäkoneistot. Kylmäaineen komponentteja ovat R125, R134a ja R143a (Hakala, 2006, s. 24).

R134a on kylmäaine, joka soveltuu hyvin keskilämpötila-alueille ja ilmastoinnin jäähdytykseen. Kylmäaine ei sovellu mataliin höyrystyslämpötiloihin. Kylmäaineen käyttökohteita ovat pienet koti- ja laitostilojen kylmälaitteet, henkilöautojen ilmastointilaitteet (nykyisin korvattu jo henkilöautokäytössä esim. R1234yf), ruuvivedenjäähdytyskoneikot. Kylmäaine on yksikomponenttinen, jossa ei ole lämpötilaliukumaa. (Hakala, 2006, s. 24).

4.2 Kohteen kylmäkoneistot

Kohteen kylmäkoneistot on asennettu kylmälaitteiden konehuoneeseen, joita on kaksi kappaletta, ja osa laitteista on ulkoasenteisia laitteistoja. Ulkoasenteiset laitteistot on asennettu pihalle lastauslaiturille. Lauhduttimet sijaitsevat joko katolla tai lastauslaiturin lipan päällä. Alla on lueteltuna laitteistot ja niiden vaikutusalueet sekä kylmäaine. Jäljempänä raportissa on esitetty suunnitelma kyseisen laitteiston kylmäainevaihtoihin ja toimintasuunnitelma kylmäainevaihtoon.

4.2.1 Pakastekoneikko JK304

Pakastekoneikko JK304 sijaitsee konehuoneessa 125 ja koneikon kylmäainetilavuus on varaajakoon mukaan noin 400 kg R404A kylmäainetta. Kuvassa 5 on koneikko edestä. Korjaustarveselvityksessä, liite 2, on esitetty tarvittavat muutokset ja tässä raportissa on tarkemmin kuvattuna vaikutus kylmäaineen vaihdolle toimintasuunnitelmineen sekä tehokalkelmat eri kylmäainevaihdolle.



KUVA 5. pakastekoneikko JK304.

4.2.2 Ohukaisjäähdyttämö JK306

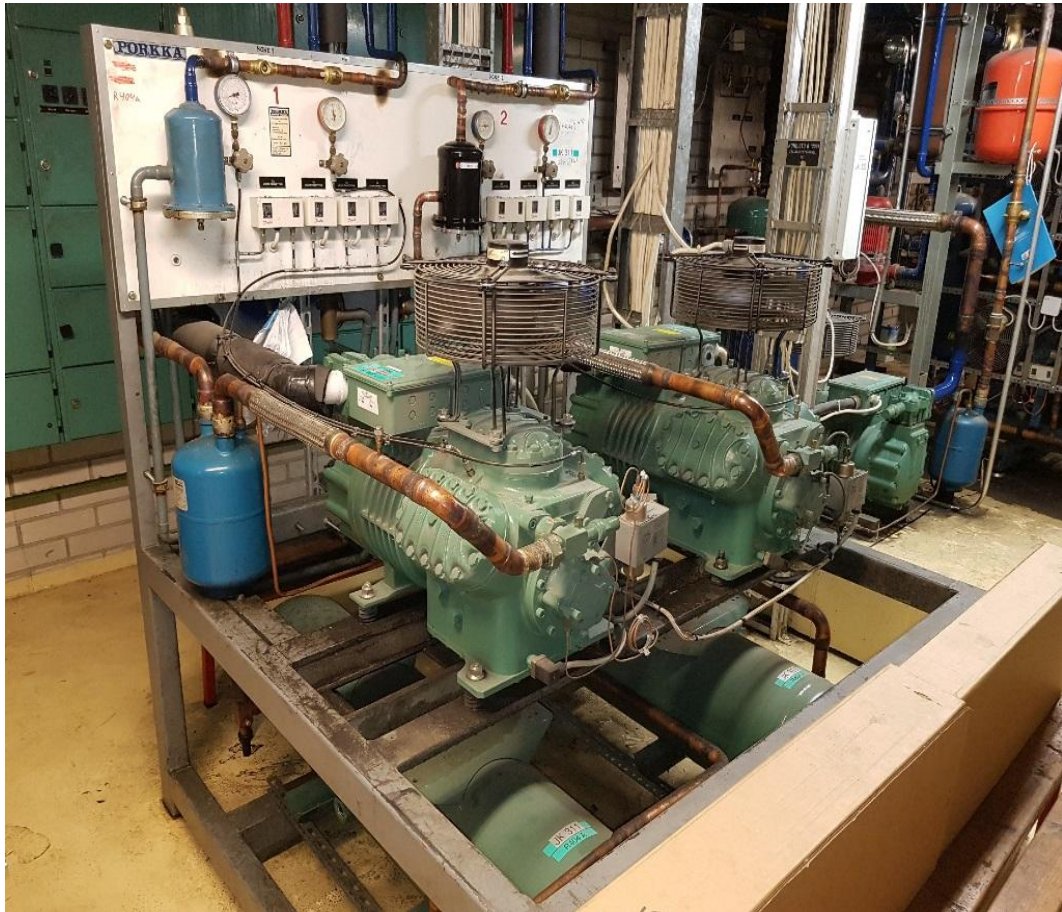
Ohukaisjäähdyttämö on poistettu käytöstä ja kylmäaineet olisi syytä ottaa talteen ja viedä regeneroitavaksi. Regeneroitua kylmäainetta voidaan käyttää huollossa vielä vuoteen 2030 asti. Koneisto on elinkaarensa päässä, eikä sitä suositella enää käyttöön laitettavaksi vaan purettavaksi pois. Kylmäaine R404A ja kylmäainetäytös varaajakoon mukaan noin 100 kg. Kuvassa 6 ohukaisjäähdyttämön kompressorikoneikko.



KUVA 6. ohukaisjäähdyttämön kompressorikoneikko

4.2.3 JK309 spiraali

JK309 kylmäaine R404A noin 150 – 200 kg. Laitteisto on koneikon osalta vielä hyvässä kunnossa, mutta itse spiraalin päässä höyrystimet ovat vanhoja ja alkuperäisiä. Vanhat höyrystimet on suunniteltu ja mitoitettu kylmäaineelle R22. Kuvassa 7 on spiraalin koneikko.



KUVA 7. spiraalin kompressorikoneikko JK309.

4.2.4 JK311 stadion

Stadionin kompressorikoneikon kylmäaine on R404A ja täytösmäärä noin 100 kg, varaajatilavuuden mukaan. Stadionin jäähdytyskoneen höyrystimet ovat edelleen alkuperäiset, ja niiden kylmäaineen syöttölaitteet ovat alun perin kylmäaineelle R22. Kylmäaine R404A on ominaisuuksiltaan aivan erilainen, joten kompressorin takaosa alkaa jäätymään väärän tulistuksen takia. Kuvassa 8 on stadionin jäähdytyskoneen kompressorikoneikko.



KUVA 8. Stadion kompressorikoneikko

4.2.5 JK305 esijähdytys 2 ja 3

JK 305 esijähdyttämön koneikko on uusittu noin 10 vuotta sitten ja siihen on laitettu samalla elektroninen ohjauslaitteisto ohjaamaan kompressorin toimintaa. Sen kylmäaineena myös R404A, joka on jäämässä F-kaasuasetuksen mukaan pois korkean GWP- arvonsa vuoksi. Kylmäainetta on noin 150 kg. Kohdekierroksella huoltopäiväkirjasta havaittiin, että laitteeseen on lisätty kylmäainetta useaan kertaan. Kuvassa 9 esijähdyttämöiden kompressorikoneikko varusteineen.



KUVA 9. JK305 esijähdyttämöiden koneikko.

4.2.6 JK300 kylmähuoneet 209, 2012 ja 239

JK300 on muutaman vuoden sisään uusittu tandemkompressorikoneikko, jossa kylmäaineena on R134a. Tälle koneikolle ei ole kylmäaineen takia tarvetta etsiä vuoteen 2030 mennessä korvaajaa. Kuvassa 10 on JK300 kylmäkoneikko varusteineen.



KUVA 10. JK300 koneikko.

4.2.7 JK301 kylmähuoneet 225, 243, 246, 247, 248, 249, 250b ja 250c

JK301 on muutaman vuoden sisään uusittu tandemkompressorikoneikko, jossa kylmäaineena on R134a. Tälle koneikolle ei ole kylmäaineen takia tarvetta etsiä vuoteen 2030 mennessä korvaajaa. Kuvassa 11 on JK301 kylmäkoneikko varusteineen.



KUVA 11. JK301 kompressorikoneikko

4.2.8 JK302 kylmähuoneet 250a, 263 ja 264

JK302 on muutaman vuoden sisään uusittu tandemkompressorikoneikko, jossa kylmäaineena on R134a. Tällä koneikolle ei ole kylmäaineen takia tarvetta etsiä vuoteen 2030 mennessä korvaajaa. Kuvassa 12 on JK302 kylmäkoneikko varusteineen.



KUVA 12. JK302 kompressorikoneikko

4.2.9 JK308 pihvijäähdyttämö

JK308 kylmäaineena on R404A, jota ei 1.1.2020 alkaen saa täyttää laitokseen enää uutena kylmäaineena. Kylmäainetta järjestelmässä on noin 100 kg. Kuvassa 13 on pihvijäähdyttämön kompressorikoneikko.



KUVA 13. JK308 Pihvijäähdyttämö

4.2.10JK307 dietti 1 esijähdytys

JK 307 on yksittäinen kone, joka jäähdyttää D1 esijäähdyttämää. Koneen kylmäaine on R404A. Kylmäainevaraajan koko on 34 litraa, eli kylmäainetäytös on noin 30 kg. Kuvassa 14 on JK307 kompressorikoneikko. Tähän laitteeseen oli kohdekierroksella tulossa remontti höyrystimen uusimisen ja kylmäainevaihdon osalta. Asiakasta ja urakoitsijaa uusimaan oli konsultoitu koneikolle R452A kylmäaine, koska se soveltuu käytössä olevista kylmäaineista helpoiten putkistolle sekä muille kylmäkomponenteille. Kuumakaasun lämpötila ei nouse verrattuna R404A kylmäaineeseen, joten kompressorin ei tarvitse lisätä kansipuhallinta ja poistaa mahdollista neste-/imulinjan lämmönvaihdinta.



KUVA 14. dietikylmiön kompressorikoneikko

4.2.11 JK320 ateriapakkaus

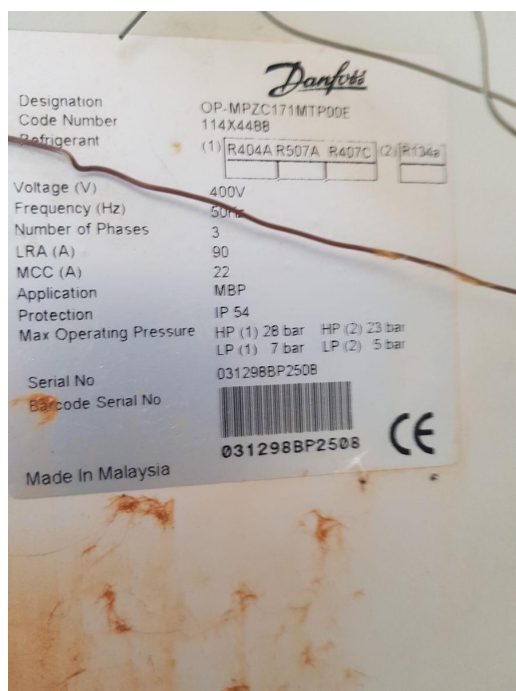
JK320 sijaitsee ulkona lastauslaiturilla rakennuksen takapihalla. Kohdekierroksella havaittiin kompressorin tärinää ja vapinaa, joka viittaa venttiilivikaan kompressorissa. Laitteen kylmäaine on R404A ja asiakkaan sekä urakoitsijan kanssa käytiin läpi vaihtoehtoja koneikon korjauksista. Paras vaihtoehto on uusien koko kompressorikoneikko ja säätää laite toimimaan oikein uudella kylmäaineella. Koneikon kylmäaineeksi ehdotettiin joko R448A tai R449A koska näillä kylmäaineilla on matala GWP-arvo. Kuvassa 15 on JK320 ulkoyksikkö.



KUVA 15. JK320 ulkoyksikkö

4.2.12JK321 lähettämö ja JK322 välivarasto

JK321 ja JK322 lähettämön kompressorikoneikot sijaitsevat rakennuksen takapihalla lastauslaiturilla. Kylmäaine laitteissa on R404A ja kylmäainetäytös noin 10 kg/koneikko. Näihin laitteisiin ehdotettiin asiakkaalle kylmäaineeksi R452A kylmäainetta, jonka ominaisuudet ovat lähellä R404A kylmäainetta sekä säätötyö vähäistä toiminnan varmistamiseksi. Koneikot ovat kylmäteholtaan ja tyypeiltään samanlaiset. Kuvassa 16 on JK321:n ja kuvassa 17 on JK322:n tyyppikilvet.



KUVA 16. JK321 tyyppikilpi



KUVA 17. JK322 tyyppikilpi.

5 KORVAAVAN KYLMÄAINEEN VALINTAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

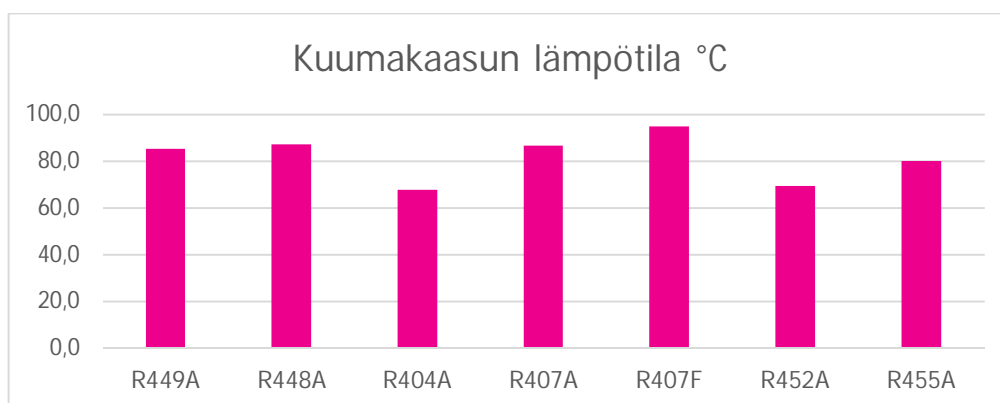
Tässä luvussa kerrotaan korvaavan kylmäaineen valintaan vaikuttavista tekijöistä ja korvaavan kylmäaineen vaikutusta kiertoprosessissa. Jokaisella korvaavalla kylmäaineella on erilaiset ominaisuudet kuin alkuperäisellä R404A kylmäaineella. Tarkoituksena oli tutkia vaikutuksia komponentteihin, kylmätehoon ja laitteiden hyötysuhteeseen. Vertailussa käytettiin Danfossin coolselector 2 ohjelmaa, jossa on retrofit tool korvaavien kylmäaineiden vertailuun. Huomioitavaa on tulokset, jotka ovat hieman erilaiset eri tilapisteestä johtuen, sitä ei ohjelmaan voinut syöttää käsin. Kuumakaasun lämpötila on yksi tärkeä kriteeri korvaavien kylmäaineiden valinnassa, koska se vaikuttaa prosessin eri mitoituksiin ja laitteisiin huomattavasti.

5.1 Kuumakaasun lämpötila

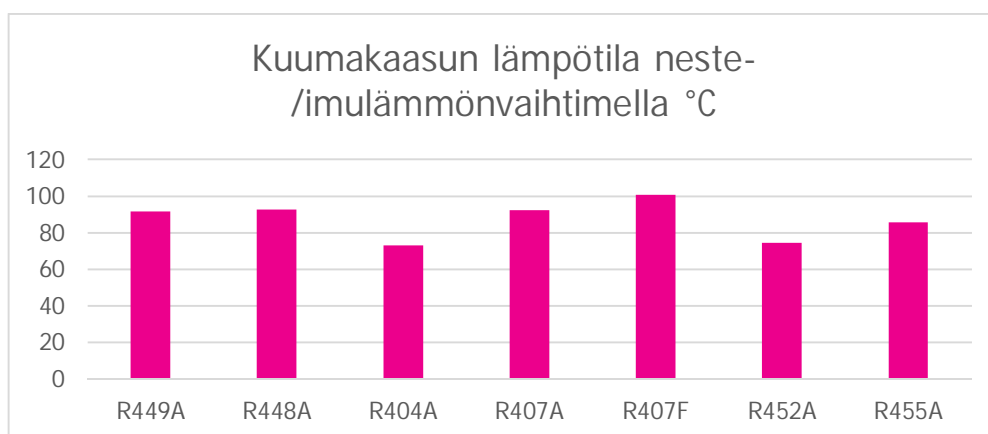
Kuumakaasun lämpötilaan vaikuttaa kylmäprosessissa lauhtumislämpötila ja kylmäaineen tulistus höyrystimessä ja imuputkessa ennen kompressoria. Korkea kuumakaasun lämpötila lyhentää kompressorin käyttöikää ja vaikuttaa myös lauhtuttimen mitoitukseen. Kohteessa on vanhat R22 kylmäaineelle mitoitetut ja suunnitellut lauhtuttimet, jotka eivät välttämättä enää sovellu korvaavan kylmäaineen korkean kuumakaasun lauhtuttamiseen. Lisäksi öljyn paluu ja kierto järjestelmässä ei enää toimi toivotulla tavalla.

Pakastehuoneisiin ja -varastoihin yleensä suunnitellaan R404A kylmäaineelle neste- ja imuputken välistä lämmönvaihdinta lisäämään höyrystimen ja kompressorin kylmätehoa. Nesteen alijäähtyessä kylmäaineen entalpia laskee ja höyrystimestä lämmönsiirtimelle menevän höyryn entalpia kasvaa. Lämmönvaihdin kasvattaa kylmätehoa noin 10 % höyrystimellä ja kompressorilla. Kuvassa 18 on esitetty eri kylmäaineiden kuumakaasun lämpötiloja uusissa järjestelmissä ja kuvassa 19 on verrattu kuumakaasun lämpötilaa siinä tapauksessa, jos järjestelmässä on neste-/ imulinjan lämmönvaihdin. Kuvaan 19 on laskettu lämmönsiirtimen lisätulistukseksi 6 K, hyötysuhteella 30 %. Nämä tulokset poikkeavat retrofit tool työkalun antamista, koska tilapisteet ovat hieman erilaiset.

Kuumakaasun lämpötilaa voidaan hieman alentaa asentamalla kompressoreille kansipuhaltimet. Osassa kompressoreita nämä olivat jo valmiina ja ne voidaan hyödyntää suoraan. Konehuoneessa oli valmiiksi aika lämmin, noin +25 °C, joten korkea kuumakaasun lämpötila laitteissa nostaa konehuoneen lämpötilaa entisestään.



KUVA 18. Kuumakaasun lämpötilat uusissa järjestelmissä



KUVA 19. Kuumakaasun lämpötila vanhaan järjestelmään, jossa lämmönvaihdin.

5.1.1 Paisuntalaite

Kohteen paisuntalaitteina toimii termostaattinen paisuntaventtiili, jonka valintaan vaikuttavat kylmäaine, kylmäteho, höyrystyslämpötila, lauhtumislämpötila, mahdollinen alijäähtyminen, ulkoinen/sisäinen paineentasaus, tehon vaihtelut ja valitaanko paistuntaventtiili MOP-toiminnolla venttiilin maksimi höyrystymispaine on rajoitettu MOP- pisteeseen, jonka jälkeen venttiili vasta alkaa avautua. (Hakala, 2006).

Paisuntaventtiilin mitoituksessa on otettava huomioon, että kaikki venttiilit eivät toimi kunnolla osateholla (Hakala, 2006). Paisuntaventtiilin ylimitoitukskaan ei ole järkevää, koska venttiilin paras toiminta-alue on lähellä maksimitehoa, vaikka todellinen teho on noin 10 – 20 % taulukko-teho pienempi. Kaavassa 9 on esitetty paisuntaventtiiliin yli vaikuttava paine-ero.

$$P_{pv} = P_c - (P_H + p_1 + p_3 + p_4) \quad (9)$$

Jossa:

P_{pv}	= paisuntaventtiin yli vaikuttava paine-ero [bar]
P_c	= lauhtumispaine [bar]
P_H	= höyrystymispaine [bar]
p_1	= nestelinjan ja sen varusteiden painehäviö [bar]
p_3	= nesteenjakaajan ja jakotukkien painehäviö [bar]
p_4	= höyrystimen ja imutukin painehäviö [bar]

Paisuntaventtiin termostaattinen mittauspää on täytetty samalla kylmäaineella, joka on kylmäkoneistossakin. Tämä takaa parhaan toiminnan paisuntaventtiilille ja kylmäkoneistolle. Alla on esitetty kylmäaineiden vaihdon vaikutukset paisuntaventtiin säätöön ja tehoalenemat eri kylmäaineilla. Laskentaan on käytetty Danfoss Coolselector 2- ohjelmaa, jossa on valmis retrofit tool vertailuun eri kylmäaineiden vaihtoon R404A:n tilalle. Lisäksi kylmäaineen vaihto vaikuttaa aina kompressoritehoon, putkikokoon ja muihin järjestelmän komponentteihin, kuten magneettiventtiin.

Paisuntaventtiin tehtävänä on säätää myös kylmäaineen tulistus höyrystimellä. Tulistuksen säätö on tärkeä laitteiston toiminnan kannalta, jotta saadaan mahdollisimman paras toiminta kylmäkoneistolle. Liian pieni tulistus saattaa aiheuttaa kompressorin vaurioitumisen ja noin 80 % kompressorivaurioista voidaan ehkäistä oikeanlaisella paisuntaventtiin säädöllä.

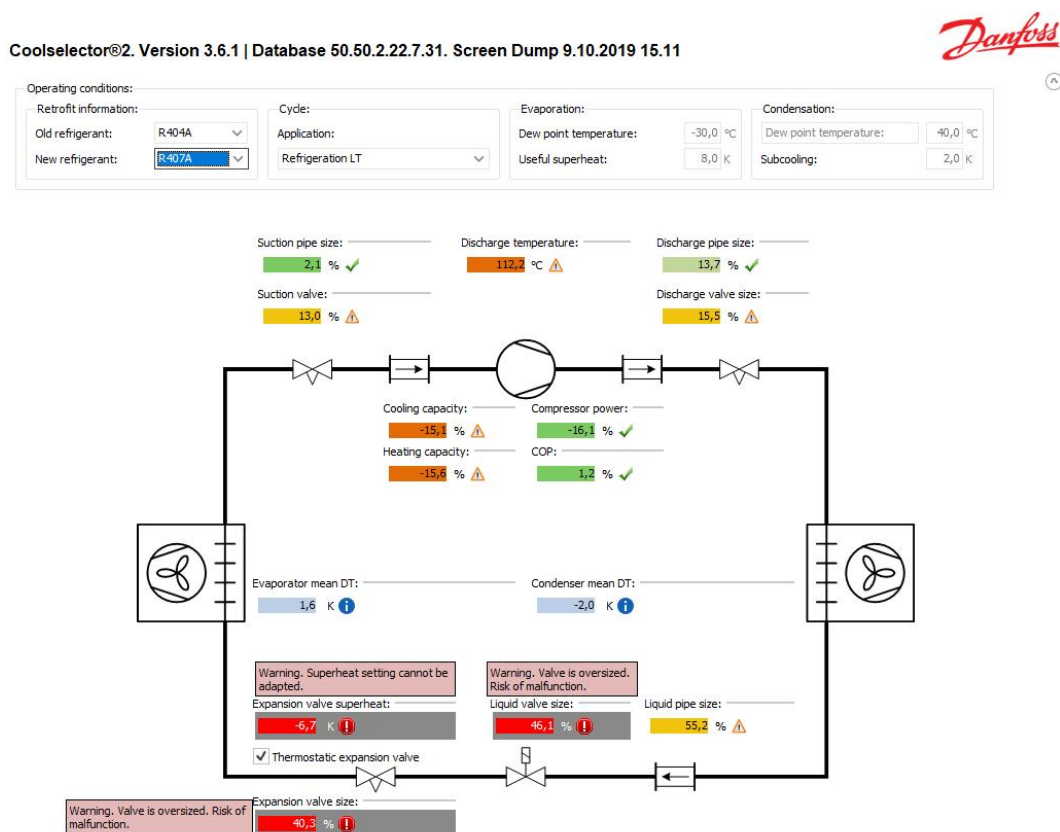
5.1.2 Kompressori

Kompressori valitaan laitteistoon kylmäaineen, lauhtumis- ja imupaineen, kylmätehon, imukaasun lämpötilan ja paisuntalaitteelle tulevan nesteen lämpötilan mukaan. Kompressorivalintaan ja säätötapaan vaikuttaa myös osatehojen tarve, ja varaukset rikkoontumisen varalle. Kompressorien tehotaulukossa tehotiedot ilmoitetaan yleensä +20 °C imukaasun lämpötilan mukaan (Hakala, 2006). Suora-höyrysteisessä laitoksessa kylmäaine tulistuu noin 5 – 10 K. Pakastelaitoksessa todellinen kompressorin mitoitus tapahtuu hyödyllisellä tulistuksella 7 K ja imukaasun lämpötilalla -10 °C, ja kylmiökoneistossa hyödyllisellä tulistuksella 7 K ja imukaasun lämpötilalla +10 °C.

Kylmäaineella on suuri vaikutus kompressorin mitoituksessa, koska osassa korvaavia kylmäaineita on liukumaa, jossa osa seoksesta höyrystyy alhaisemmassa lämpötilassa kuin muu osa seoksesta. Tällöin on päätettävä, käytetäänkö kompressorin mitoituksessa imu- ja lauhtumislämpötilan keskilämpötilaa. Vertailluissa kylmäaineissa kompressorin teho hieman laskee, johtuen eri kylmäaineiden ominaisuuksista. Osalla korvaavista kylmäaineista teho laskee jopa noin 10 % tai yli.

5.1.3 Korvaavan kylmäaineen vertailu pakastelaitoksissa

Kuvassa 20 on esitetty kylmäainevaihto R407A kylmäaineelle. Huomioitavaa on, että kuumakaasun lämpötila nousee tulistuksella 8 K ja alijäähtymisellä 2K yli 112 °C. Lisäksi vanha paisuntaventtiili on noin 40 % ylimitoitettu uudelle kylmäaineelle. Laitteiston imu- ja lauhdutinpaineen säätöventtiilit ovat vielä käyttökelpoisia, mutta vaativat säädön ja tarkastuksen.

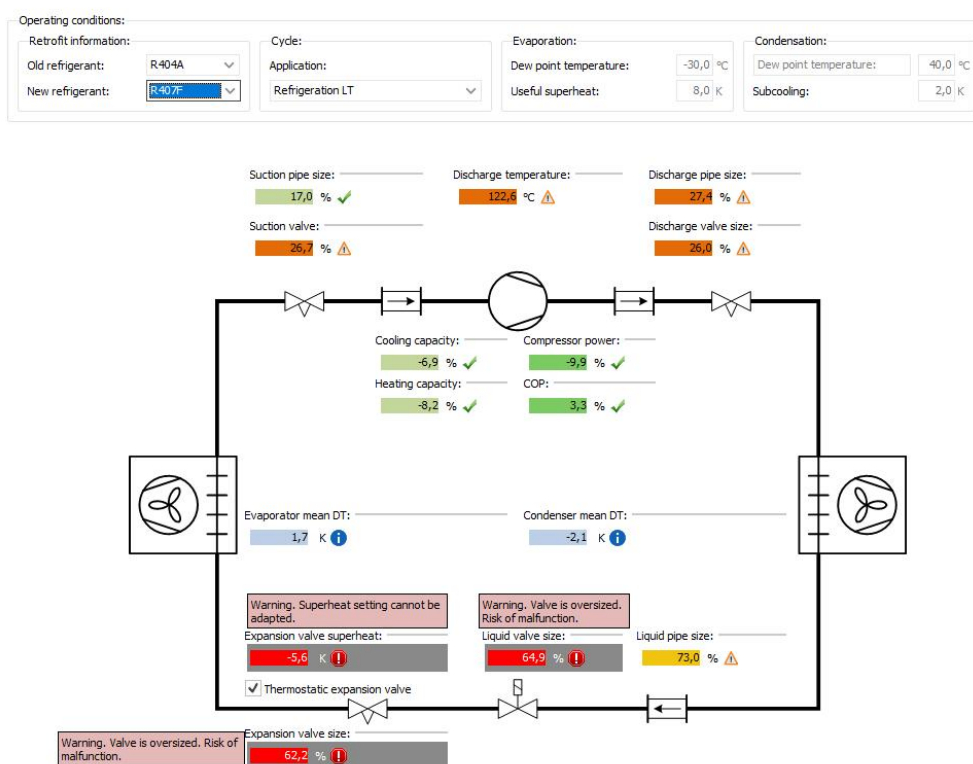


KUVA 20. Kylmäainevaihto R404A -> R407A (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

Kuvassa 21 on esitetty vertailu, kun kylmäaineeksi vaihdetaan R407F vanhaan laitokseen R404A kylmäaineen tilalle. Vaikka kompressorin ottoteho hieman putoaa ja hyötysuhde nousee, kuumakaasuputki jää liian suureksi. Kuumakaasuputken koko aiheuttaa öljyn kierron heikentymistä ja kompressorivaurion riski kasvaa suureksi. Lisäksi kuumakaasun lämpötila nousee tilapisteessä yli 40 °C ja magneettiventtiili sekä paisuntaventtiilit ovat ylimitoitettuja yli 60 %. Lauhdelinjakin jää yli 60 % ylimitoitetuksi järjestelmään. Höyrystimen ja lauhtuttimen teho riittää verrattuna R404A kylmäaineelle mitoitetuille laitteille. Imupaineventtiili ja lauhdutinpaineen säätöventtiili vaativat jo vaihdon ja uudelleenmitoituksen.

Coolselector®2. Version 3.6.1 | Database 50.50.2.22.7.31. Screen Dump 10.10.2019 11.38

Danfoss

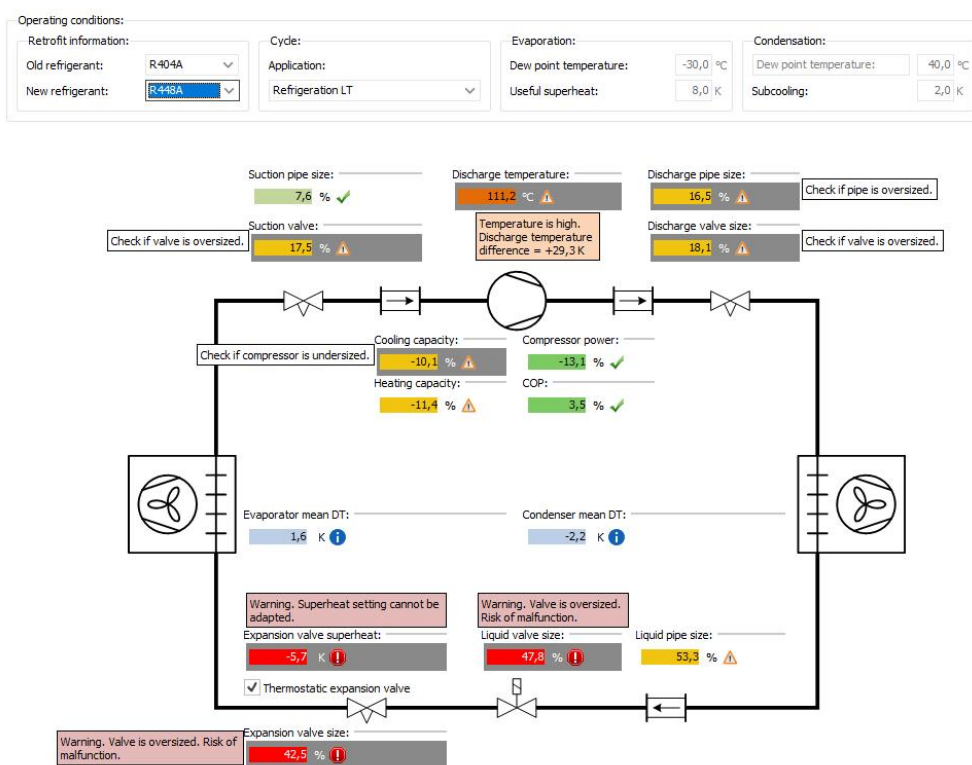


KUVA 21. Kylmäaine R404A -> R407F (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

Kuvassa 22 on esitetty vertailu vanhaan järjestelmään R448A kylmäaineella. Kompressorin kylmäteho tippuu noin 10 %. Se on paljon järjestelmässä, joka on esimerkiksi mitoitettu 16 tunnin vuorokautiselle käyntiajalle. Tämä lisää käyntiaikaa noin 1,5 tuntia vuorokaudessa ja vaikutus sulatuksien jälkeiselle jäädytykselle on suuri. Sulatusaika yleensä on noin 30 minuuttia kolme kertaa vuorokaudessa ja sulatuksen jälkeinen jäädytystehontarve nopeaan jäädytykseen on suurempi. Käyntiajan pidentyessä voi esiintyä sulatuksen jälkeisiä lämpötilan nousuja ja turhia yllämpöhälytyksiä järjestelmässä. Lisäksi kuumakaasun lämpötila nousee melkein 30 °C ja lauhdelinja on ylittämätön. Magneettiventtiilin ja paisuntaventtiilin teho on myös ylittämätön. Järjestelmässä olevat imupaineventtiili ja lauhdutinpaineen säätöventtiili myös jäävät ylittämätöiksi, mutta ovat vielä sallitulla alueella ja vaativat tarkastuksen tai säädön.

Coolselector®2. Version 3.6.1 | Database 50.50.2.22.7.31. Screen Dump 10.10.2019 11.55

Danfoss

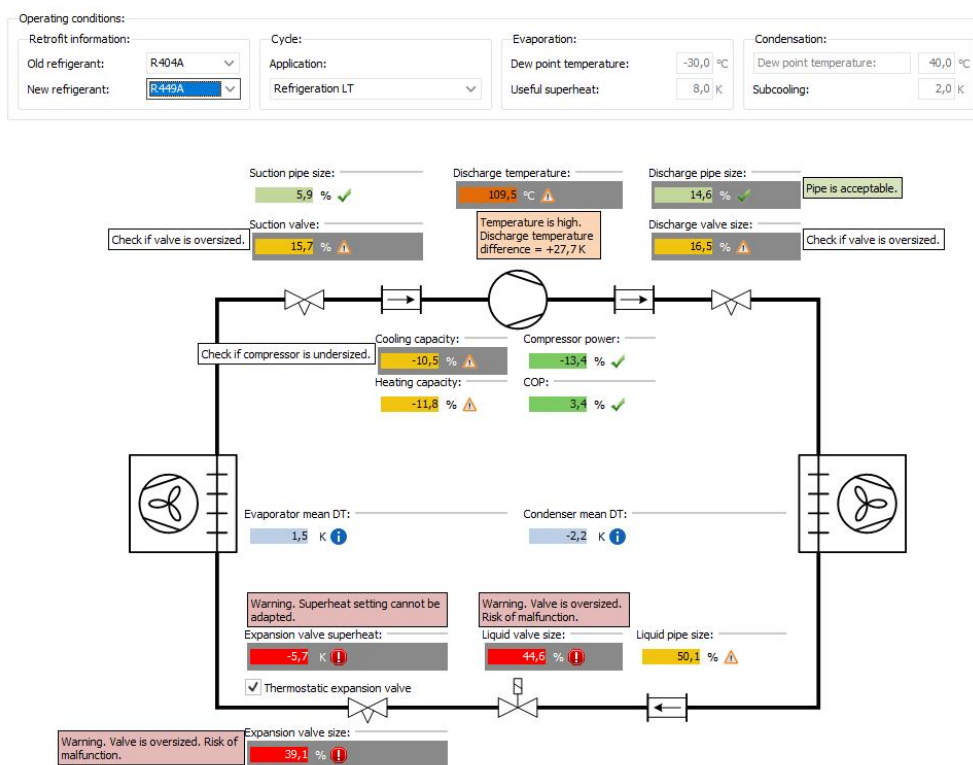


KUVA 22. R404A kylmäaine -> R448A (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

Kuvassa 23 on esitetty korvaavaksi kylmäaineeksi R404A kylmäaineen tilalle R449A kylmäainetta. Kylmäaineen R448A ja R449A ominaisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan, mutta silti näitä kylmäaineita ei saa sekoittaa keskenään. Kompressorin kylmäteho tipahtaa saman verran, kuin kylmäaineella R448A, mutta kuumakaasun lämpötila ei kasva yhtä paljon samassa tilapisteessä. Toimenpiteet putkistorusteissa ja -venttiileissä ovat samat kuin R448A kylmäaineella korvautun laitoksen varusteissa.

Coolselector®2. Version 3.6.1 | Database 50.50.2.22.7.31. Screen Dump 10.10.2019 12.18

Danfoss

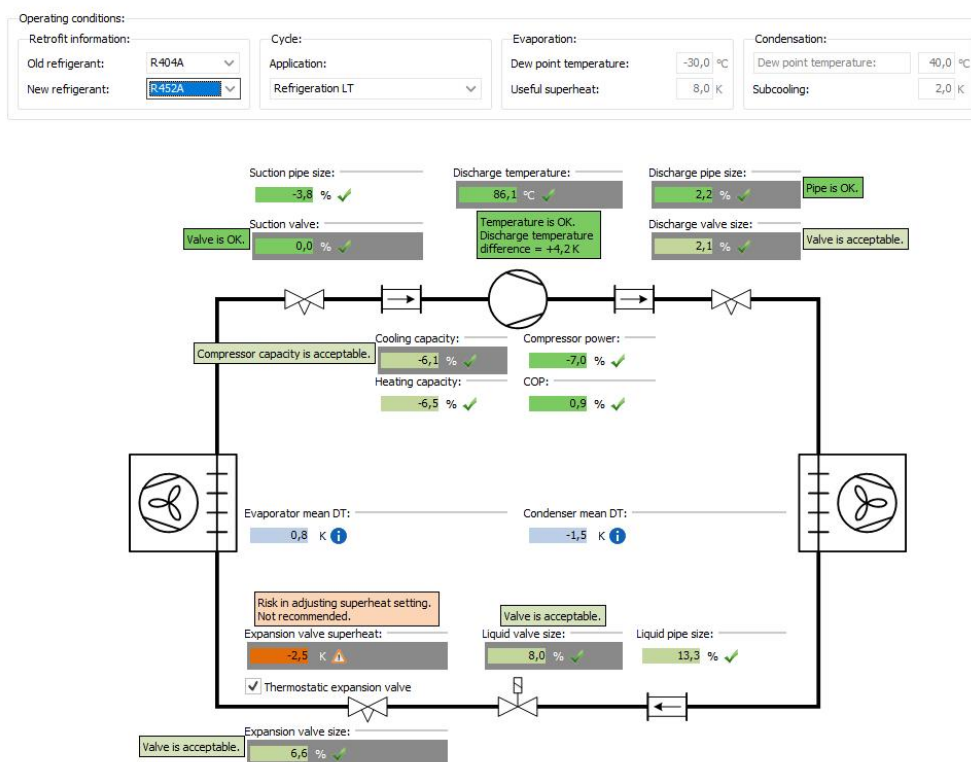


KUVA 23. R404A -> R449A (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

Kuvassa 24 on esitetty korvaava kylmäaine R452A korvaamaan kylmäaine R404A järjestelmässä. Putkisto, venttiilit ja muut toimilaitteet ovat sallittavissa rajoissa vanhaan kylmäaineeseen verrattuna ja paisuntaventtiilin säätökin on lähes kohdallaan. Näiden vertailujen tuloksena on, että R452A kylmäaine on sopivin korvaamaan vanhan järjestelmän R404A kylmäaine. Huomioitavaa on, että R452A:lla on suurempi GWP-arvo. R452A kylmäainetta voidaan kuitenkin käyttää huollossa vielä vuoteen 2030 asti. Paras keino olisi käyttää pienemmän GWP-arvon omaavaa kylmäainetta, mutta se aiheuttaa kustannuksia ja laitteiden vikaherkkyttä. Myös osassa laitteita se aiheutti kylmätehon laskua.

Coolselector®2. Version 3.6.1 | Database 50.50.2.22.7.31. Screen Dump 10.10.2019 12.25

Danfoss



KUVA 24. R404A -> R452A (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

R455A kylmäaine on markkinoille vasta tuleva matalan GWP-arvon omaava korvaava kylmäaine R404A kylmäaineen tilalle. Tästä kylmäaineesta ei ollut vielä saatavissa tarvittavia tietoja tarkkaan ja hyvään vertailuun R404A kylmäaineen kanssa. Markkinoille on tulossa lisää eri vaihtoehtoja korvaamaan vanhan R404A kylmäaineen tulevaisuudessa, mutta tässä työssä keskityttiin lähinnä jo saatavilla oleviin ja markkinoilla testattuihin kylmäaineisiin pakastelaitoksissa.

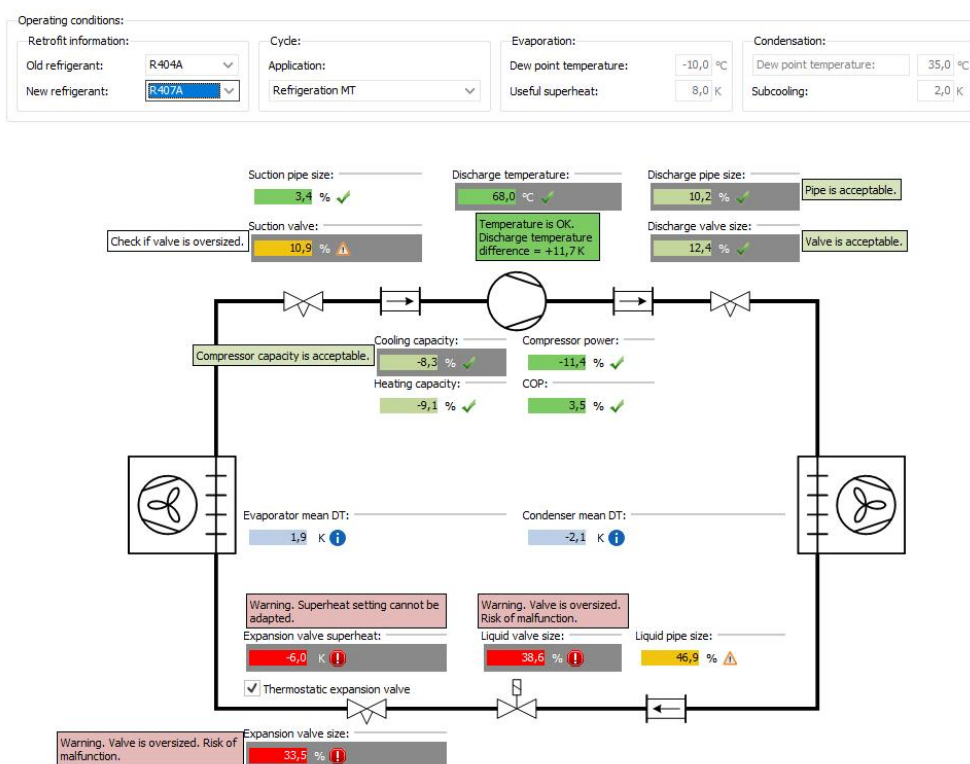
5.1.4 Korvaavan kylmäaineen vertailu kylmiöolosuhteissa

Korvaavan kylmäaineen valinta ja vertailu kylmiöolosuhteissa on eri kuin matalan höyrystyslämpötilan pakasteolosuhteissa. Kompressorin toimintatila on erilainen ja paisuntaventtiilin toiminta-alue on eri. Huomioon on otettava myös alhaisempi painesuhde, kuin pakastelaitoksissa. Kylmiöolosuhteissa höyrystyslämpötila on yleensä -5 - -10 °C ja kuumakaasun loppulämpötila alhaisempi. Myös putkisto- ja toimilaitemitoitus on erilainen johtuen kylmäaineen eri lämpötilasta ja tiheydestä.

Kuvassa 25 on verrattu kylmiöolosuhteiden vaikutus, kun vaihdetaan kylmäaine R404A kylmäaineeseen R407A. Huomioitavaa on, että edelleen magneettiventtiili ja paisuntaventtiili ovat ylimitoitettuja ja vaativat uuden mitoituksen ja vaihdon. Lauhdeputki jää ylisuureksi ja aiheuttaa ongelmia öljynpääluuseen ja -kiertoon. Lisäksi kylmäteho laskee yli 8 %. Kuumakaasun lämpötila on vielä sallituissa rajoissa, vaikka nouseekin 11,7 K verrattuna R404A kylmäaineeseen. Imu- ja kuumakaasuputket ovat sallituissa rajoissa ja eivät vaadi toimenpiteitä.

Coolselector®2. Version 3.6.1 | Database 50.50.2.22.7.31. Screen Dump 10.10.2019 13.09

Danfoss

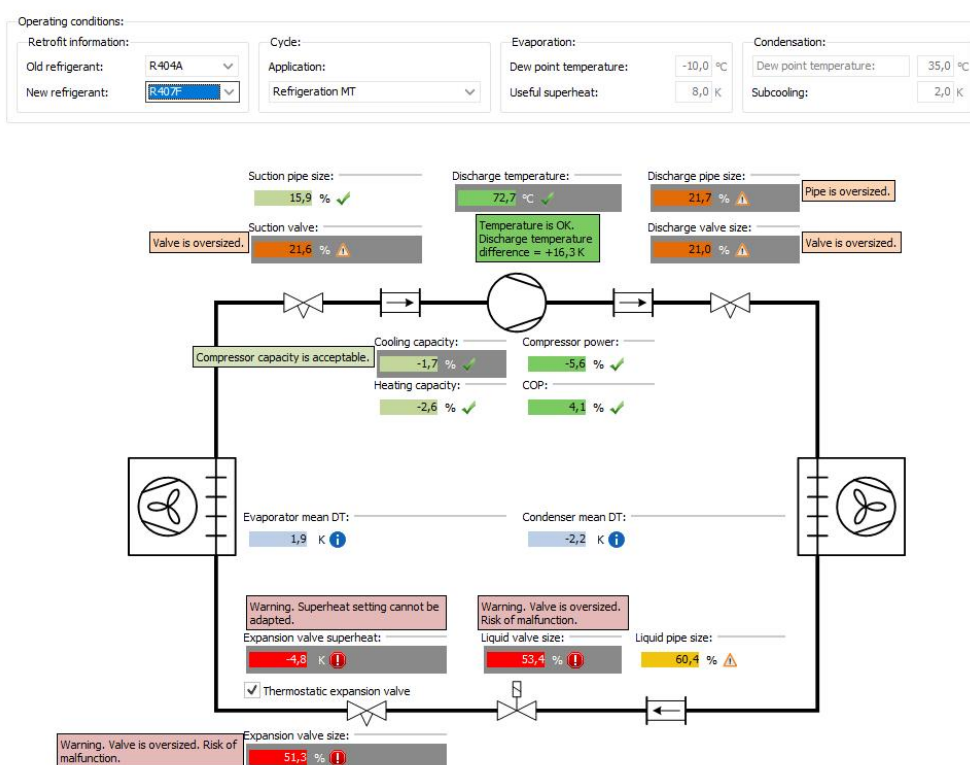


KUVA 25. Kylmäaine R404A -> R407A kylmiöissä (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

Kuvassa 26 on verrattu kylmäaineen vaihto R407F kylmäaineeseen. Kuumakaasun lämpötila pysyy maltillisena, mutta imu- ja lauhdutinpaineen säätöventtiilit jäävät ylisuuriksi ja vaativat vaihdon sekä uudelleenmitoituksen. Magneettiventtiili, paisuntaventtiili ja lauhdelinja ovat ylisuuret ja vaativat vaihdon, tai ainakin lauhdelinja vaatii tarkastuksen ja mitoituksen, koska alun perin kylmäaineelle R22. Kylmäteho laskee 1,7 % mikä ei aiheuta toimenpiteitä. Vaikka kompressorin hyötysuhde nousee 4,1 %, niin muiden toimenpiteiden vuoksi ei ole järkevä käyttää korvaavana kylmäaineena R407F kylmäainetta vanhassa järjestelmässä.

Coolselector®2. Version 3.6.1 | Database 50.50.2.22.7.31. Screen Dump 10.10.2019 13.14

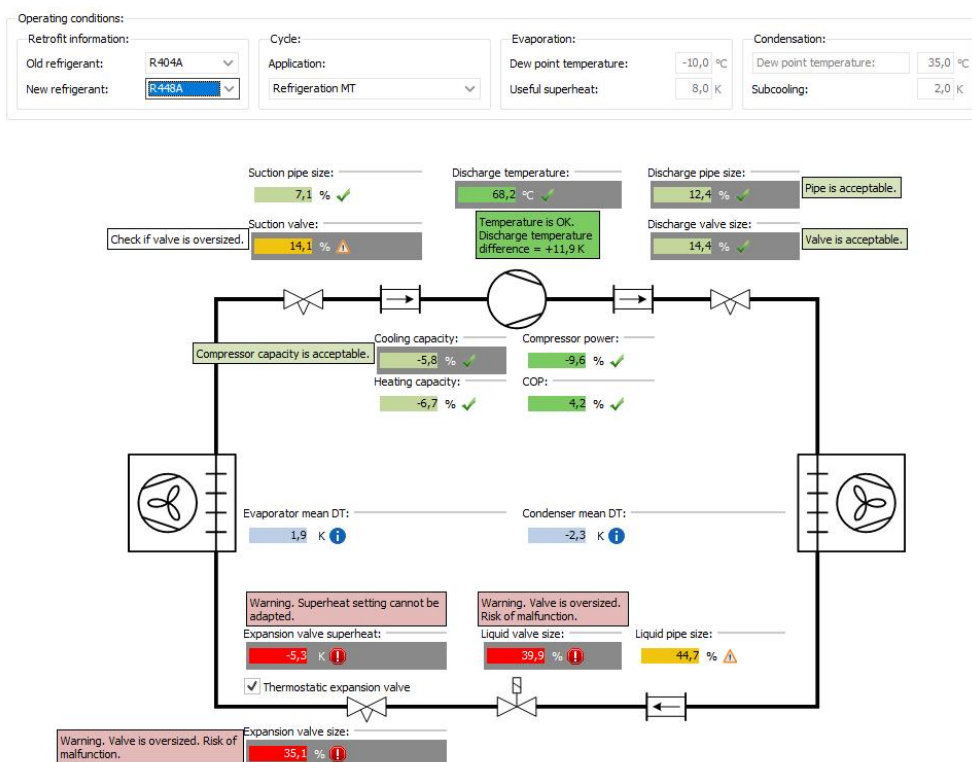
Danfoss



KUVA 26. Kylmäaine R404A -> R407F (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

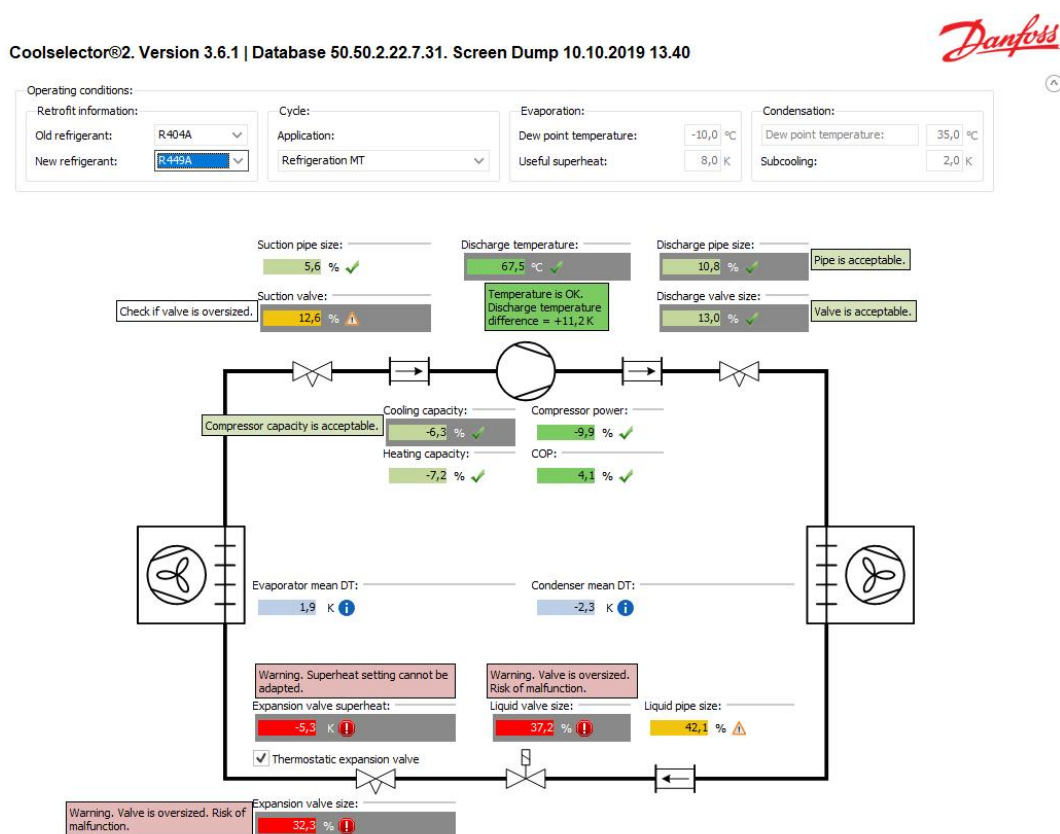
Kuvassa 27 on verrattu kylmiöolosuhteissa R448A kylmäainetta R404A kylmäaineeseen. Kuumakaasun lämpötila on sallitussa tasossa, mutta imupaineen säätöventtiili vaatii tarkastuksen ja mahdollisesti säädön. Magneettiventtiili ja paisuntaventtiili vaativat uusimisen ja uudelleenmitoituksen. Lauhdelinja jää ylimitoitetuksi järjestelmään, mutta muu putkisto on edelleen käyttökelpoinen edellyttäen, että putkisto on mitoitettu alun perin oikean kokoiseksi. Kylmäteho järjestelmässä laskee 5,8 %, mikä ei vielä ole liikaa vanhaan järjestelmään verrattuna. Kompressorin hyötysuhde nousee 4,2 %, mutta muiden järjestelmän vaativien toimenpiteiden vuoksi ei ole järkevä käyttää R448A kylmäainetta korvaavana.

Coolselector®2. Version 3.6.1 | Database 50.50.2.22.7.31. Screen Dump 10.10.2019 13.17



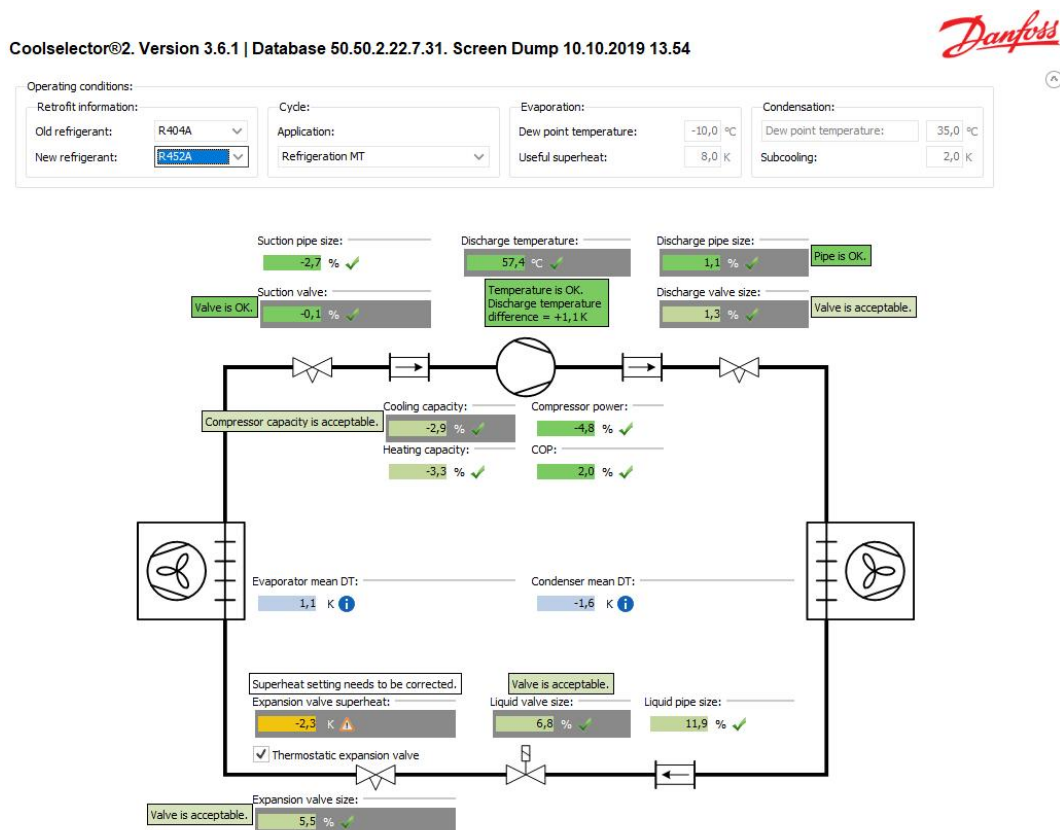
KUVA 27. Kylmäaine R404A -> R448A (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

Kuvassa 28 on vertailu R404A kylmäaineesta R449A kylmäaineeseen vaihdosta kylmiöolosuhteissa. Kylmäteho laskee 6,3 %, mikä on vielä sallituissa rajoissa. Lauhdelinja jää ylimitoitetuksi ja paisunta- sekä magneettiventtiili ovat järjestelmässä ylisuuria ja vaativat uudelleenmitoituksen. Osassa kylmiöitä, joissa on monta höyrystintä, joutuu ainakin vaihtamaan paisuntaventtiilien suuttimet pienemmiksi. Magneettiventtiilit tulee tarkastaa ja lauhde- sekä nestelinjan mitoitus tehdä uusiksi ja pahimmassa tapauksessa ne joudutaan uusimaan. Vaikka hyötysuhde nousee hieman, niin ei ole järkevää käyttää R449A kylmäainetta korvaavana kylmäaineena kylmiöolosuhteissa, johtuen järjestelmään tehtävistä muista toimenpiteistä.



KUVA 28. Kylmäaine R404A -> R449A (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

Kuvassa 29 on vertailtu kylmäainetta R452A korvaavana kylmäaineena R404A kylmäaineen tilalle kylmiöolosuhteissa. Putkistoihin, toimilaitteisiin ja kompressorin kylmätehoon tällä kylmäaineella ei ole suurta vaikutusta. Paisuntaventtiili voidaan pitää entisellään ja tarkistaa toiminta sekä säätää tulistus. Tämän tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että kylmäaine R452A:ta voidaan käyttää mahdollisimman vähällä laitokseen tehtävillä muutoksilla korvaavana kylmäaineena R404A tilalla.



KUVA 29. Kylmäaine R404A -> R452A (Danfoss, Coolselector2, retrofit tool ver. 3.6.0).

6 TOIMINTASUUNNITELMA

Toimintasuunnitelmassa käydään läpi vaihtoehdot kylmäainevaihdolle vaiheittain. Ehdotuksena on ajaa koneilla R404A kylmäaineella niin kauan, kunnes tulee suurempia remonteja tai huoltotöitä laitteistolle. Kylmäaineen vuototapauksessa suositellaan ottamaan talteen vanha kylmäaine siinä tapauksessa, jos kylmäaine vuotaa nestelinjasta nesteenä ulos. Seoskylmäaineen seos muuttuu kylmäainekaasun vuotaessa laitteistossa ja voi aiheuttaa toimilaitteille, varsinkin paisuntaventtiilille ongelmia.

6.1 Vaiheittainen kylmäaineiden vaihto

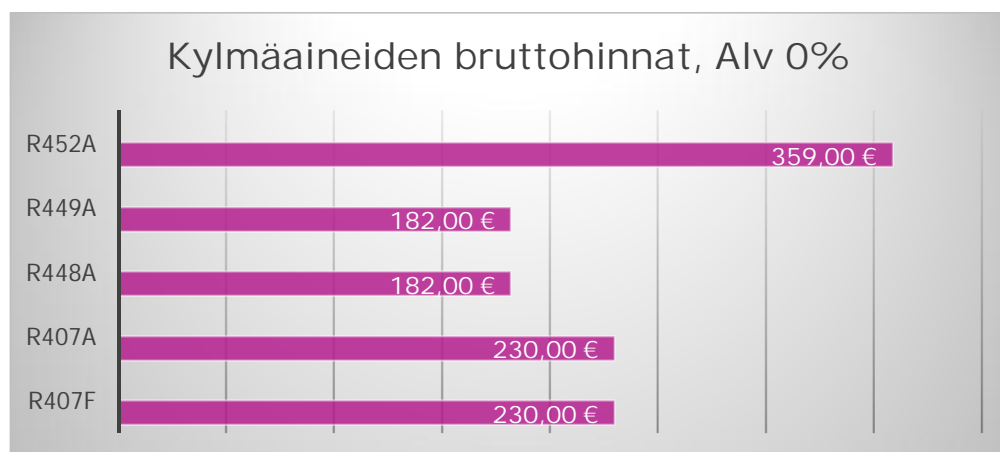
Kylmäaine voidaan vaihtaa järjestelmään vaiheittain siinä tapauksessa, kun ollaan tekemässä suurempaa vuotokorjausta tai remonttia, esim. kompressorin vaihtoa tai toimilaitteiden vaihtoa laitteistoon. Tässä tapauksessa vanha R404A kylmäaine voidaan ottaa talteen ja käyttää uudelleen saman kiinteistön samanlaisessa laitteistossa. Korjauksen kohteena olevan koneiston laitteisto voidaan näin ollen mitoittaa suoraan korvaavalle kylmäaineelle ja saatavuudessa vuoden 2019 jälkeen ei ole ongelmia.

Suosittelava korvaava kylmäaine laitteiston toiminnan ja vanhojen toimilaitteiden sopivuuden kannalta on R452A kylmäaine. Vaikka tällä kylmäaineella on korkeampi GWP-arvo, niin se soveltuu käytettäväksi aina vuoteen 2030 asti.

Kylmäainevaihdossa huomioitavaa on myös se, että vanhat laitteistot ovat alun perin suunniteltu ja toteutettu kylmäaineille R22 ja R502. Kylmäaineputkistojen osat, jotka ovat jääneet uusimatta voivat korvaavalla kylmäaineella aiheuttaa painehäviöitä ja ongelmia öljynpaluun kanssa. Mahdollisiin vikoihin tulee varautua riittävällä varaosavaraostolla, joka on sijoitettu tilaajan konehuoneisiin.

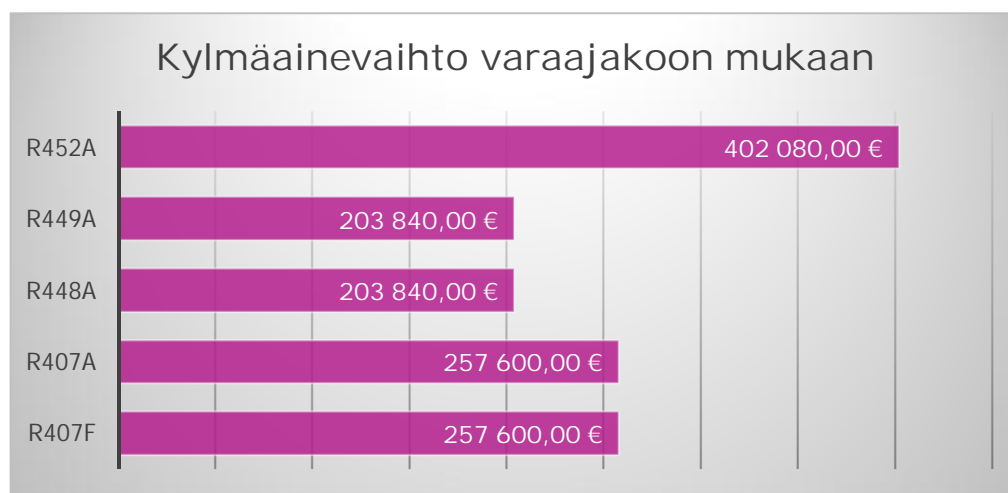
6.2 Kylmäaineiden hinnat

Taulukossa 30 on esitetty kylmäaineiden hinnat €/kg. Hinnat ovat toimittajalta saatuja bruttohintoja, joissa ei ole alennusprosenttia urakoitsijalle, eikä hinnoissa ole arvonlisäveroa 24 %. R452A kylmäaineen hinta on toimittajalta saadun hinnaston mukaan korkeampi kuin muilla, mutta vaikutus laitteiston muihin muutoksiin sekä toimintaan on vähäisin. R455A on juuri tullut markkinoille, ja tämän kylmäaineen hintaa toimittajalla ei vielä ollut saatavilla.



KUVA 30. Kylmäaineiden hinnat €/kg, brutto, ALV 0%

Kuvassa 31 on esitetty kustannukset kokonaismäärälle kylmäaineesta varaajakoon 1120 kg mukaan. Kokonaisvaihtoa huoltokylmäaineelle ei suositella tässä tapauksessa, koska kylmäaineen R404A käyttö ei ole kielletty f-kaasusetuksen mukaan. Saatavuus loppuu uutena aineena 1.1.2020, mutta kohteessa kylmäainevaihto voidaan suorittaa vikatapauksien yhteydessä.



KUVA 31. Kylmäainevaihto varaajakoon (1120 kg) mukaan

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätöksenä voidaan todeta tutkittujen kylmäaineiden osalta parhaaksi vaihtoehdoksi korvaamaan R404A kylmäaine. R452A kylmäaineella on pienin vaikutus laitteen kokonaistoimintaan, vaikka hinta on vertailluista kylmäaineista kallein. Jos laitteistoon tehdään kylmäainevaihto esimerkiksi kylmäaineelle R448A tai R449A, on otettava huomioon laitteiston muut muutostyöt sekä korjaustarve kylmäainevaihdon yhteydessä.

R404A kylmäaineen käyttöä laitoksissa f-kaasusetus ei kuitenkaan kiellä, joten osassa laitteistoa on järkevä ajaa laitetta niin kauan, kunnes tulee suurempi kylmäainevuoto, tai ollaan tekemässä laitteeseen suurempaa korjausta. Tässäkin tapauksessa vanha R404A kylmäaine voidaan ottaa talteen ja viedä regeneroitavaksi, jolloin se voidaan käyttää uudelleen muissa laitoksissa.

Kohteen R134a kylmäaineella toimiville laitoksille ei vielä tarvitse tehdä kylmäainevaihtoa, koska R134a kylmäaineen GWP-arvo on alle 2500, ja saatavuus vielä kohtalainen. Kylmäainetta R134a:lle on jo korvaavia huoltokylmäaineita saatavilla. R134a kylmäaineen käyttö on tarkastellulla ajanjaksona järkevää ja ei vaadi toimenpiteitä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- AGA Oy. (2019). [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa *AGA teollisuuskaasut*. Noudettu osoitteesta https://www.aga.fi/fi/products_ren/refrigerants/index.html
- Aittomäki, A.; & Aalto, E. (2012). *Kylmätekniikka*. Helsinki: Suomen kylmäyhdistys ry.
- Danfoss. (2019). Coolselector 2 version 3.6.0.
- Hakala, P. j. (2006). *Kylälaitoksen Suunnittelu*. Helsinki: Opetushallitus.
- IPU. (2019). Coolpack ver. 1.5.
- Kapanen, M. (2017). [Viitattu 2019-11-15.] Saatavissa: *Suomen kylmäyhdistys ry*. Noudettu osoitteesta SKLL: <http://www.skll.fi/yhdistys/www/att.php?type=2&id=175>.
- Kianta, J. (2013). *Kylmätekniikan käsikirja*. Helsinki: Suomen kylmäyhdistys ry.
- Suomen standartoimisliitto. (2016). *Kylmäkoneistot ja lämpöpumput, turvallisuus ja ympäristövaatimukset SFS 378*. Helsinki: Suomen standartoimisliitto.
- Ympäristöhallinto. (2015).[Viitattu 2019-10-10.] Saatavissa: *F-kaasusanasto, liite*. Noudettu osoitteesta www.ymparisto.fi > download > noname
- Ympäristöhallinto. (Marraskuu 2017). [Viitattu 2019-10-10.] Saatavissa: *ymparisto.fi*. Noudettu osoitteesta Fluoratut kasvihuonekaasut yritystoiminnassa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Kasvihuonekaasupaastojen_raportointi_ja_seuranta/Kasvihuonekaasupaastojen_seuranta_Suomessa/Fluoratut_kasvihuonekaasut/Kayttorajoitukset_ja_kiellot#Rajoitukset%20ja%20kiellot

8 LIITTEET

LIITE 1. Korjaustarveselvitys KOY Pakkalantie 30

LIITE 2. Kylmäaineiden bruttohinnat ja kustannusarviot

LIITE 1: KORJAUSTARVESELVITYS

1 Kylmätekniikka

Yleisesti kohteen jäähdytysjärjestelmät alkavat olla elinkaarensa lopussa.

Kohteessa on tehty kunnostus- ja uusintatöitä jäähdytyslaitteistoihin kymmenen vuoden sisällä, piirustuksia ei kuitenkaan ole päivitetty eikä kohteessa ole vaadittua laitelistausta tai laiteluetteloa.

Osa jäähdytysjärjestelmien höyrystimistä ovat vielä alkuperäisiä ja huonokuntoisia. Nykyinen kylmäaine suurimmassa osassa laitteistoja on R404A, joka on F-kaasusetuksen mukaan poistumassa käytöstä ja uuden R404A kylmäaineen täyttö on kielletty vuoden 2020 jälkeen. Osa ohjauslaitteistosta oli vanhalla mekaanisella painekeytkinlaitteistolla, joista osasta puuttui suojakannet, näin ollen kosketussuojaus on puutteellinen. Kylmäaineen dokumentointi puutteellinen ja osasta laitteita puuttuu kokonaan tyyppikilpi. Kompressoritilat on varustettu asianmukaisilla vuodonilmaisimilla.

Ajantasaisissa käyttöpiirustuksissa on puutteita ja huollon sekä korjausten raportointi on puutteellista. Sähkökeskukset ovat pääosin alkuperäisiä ja piirustukset puutteellisia ja vanhentuneita. Selvityksessä on esitetty korjaustarpeet laitteistolle lähivuosien ajalle.

Tässä selvityksessä on mukana tuotannon jäähdytyslaitteet, sekä toimistorakennuksen IV-jäähdytyslaite.

Kylmäainemäärät kohteessa

- R404A yhteensä 1600 kg
- R134a yhteensä 450 kg

1.1 SUOSITELTAVAT LISÄTEHTÄVÄT

Kylmätekniikka:

- Keskusten lämpökuvaus.
- Kylmälaitteistojen hyötysuhteiden ja tehontarpeen tarkastus ja mittaus
- Ohukaisjäähdytuskoneen kylmäaineiden tyhjennys ja kylmäaineen regenerointi
- Piirustusten päivitys ja laiteluettelon teko, myös sähkökuvat.

- Huollossa havaittujen vikojen korjaus, Kylmä 2000 huoltokierroksessa löytynyt 41 vuotokohtaa kylmälaitteistoista.
- Kylmäaineen dokumentointi ja asetuksen mukainen raportointi
- Osassa laitteisiin korjaustarve 5-10 vuotta on koneiden uusiminen. Tällöin otettava huomioon mahdollisuus tehdä laitteet esimerkiksi CO2 boosterikoneikolla yhdistämällä eri tilat ja jäähdyttämöt samalle monikompressorikoneikolle.

1.2 KOMPRESSORIT

Pakastekoneikko JK 304

Pakastekoneikon kylmäaine on R404A, jota on järjestelmässä varaajatilavuuden mukaan noin 400 kg. F-kaasusetuksen tiukennukset ovat aiheuttaneet HFC- kylmäaineilla todella suuren hinnannousun, esim. R404A kylmäaineen hinta on kymmenkertaistunut vuoden 2017 ja 2018 aikana. Nykyään on saatavilla korvaavia kylmäaineita ja laitteisto kannattaisi alkuun muuttaa toimimaan esimerkiksi R448/R449 kylmäaineella, jonka hinta on halvempi ja elinkaari pidempi. Höyrystimet tulisi myös uusia nykyaikaisiin höyrystimiin, jotka on mitoitettu oikealle kylmäaineelle, eikä alkuperäiselle. Pakastekoneikon eristys pitäisi myös parantaa, koska havaittiin rikoontuneita eristyksiä putkistossa konehuoneen puolella.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
0-3 v.	25 000 €
5-10 v.	koneikon uusiminen noin. 100 000 €



Kuva Pakastehuoneiden höyrystimiä on uusittu 10 vuoden sisällä

Ohukaisjäähdyttämö JK 306

Ohukaisjäähdyttämö on poistettu käytöstä ja kylmäaineet olisi syytä ottaa talteen ja viedä regeneroitavaksi. Koneisto on elinkaarensa päässä, eikä suositella enää käyttöön laitettavaksi vaan purettavaksi pois. Kylmäaine R404A.

korjaustarveaika-arvio

korjauskustannusarvio (alv 0%)

0-3 v.

7500 €



Kuva Ohukaisjäähdyttämön koneikko. Koneikko ei ole enää käytössä.

Spiraali ja Stadion JK 309 ja JK 311

Spiraalin ja stadionjäähdytyskoneet ovat erillisissä kompressorihuoneissa ja uusittu jossain vaiheessa. Koneiden kylmäaine on R404A. Spiraalin jäähdytyskone on kahdella Bitzerin 6- sylinterisellä kompressorilla ja laite on uusittu noin 10 vuoden sisällä. Uusimisesta ei löytynyt dokumentteja ja höyrystimien tyyppikilvet puuttuivat. Stadionjäähdytyskoneen tandemkompressorili uusittu muutaman vuoden sisällä. Höyrystimet olivat vanhat ja alkuperäiset ja niissä oli huollon mukaan havaittu kylmäainevuotoja. Alkuun ehdotus uusia kylmäaine ja höyrystimet laitteineen korvaavalle R448/R449 kylmäaineelle. Tulevaisuudessa tulee koko jäähdytysjärjestelmän uusiminen esim.

Stadion jäähdytyskoneen ohjaustaulussa on myös vanha magneettiventtiilin johto roikkumassa, joka pitäisi purkaa pois, koska kosketussuojaus puutteellinen. Myös sähkökuvat puutteelliset/päivittämättömät.

korjaustarveaika-arvio

korjauskustannusarvio (alv 0%)

0-3 v.

50000 €

3-10 v.

Uusimistarve koneille



Kuva Spiraalin jäähdytyskoneikko, kylmäainemäärä noin 150 – 200 kg



Kuva Stadion jäähdytyskoneikko, R404A jäädyyttää kompuran takaosaa. Voi johtua alkuperäisistä paisuntaventtiileistä, jotka suunniteltu eri kylmäaineelle.

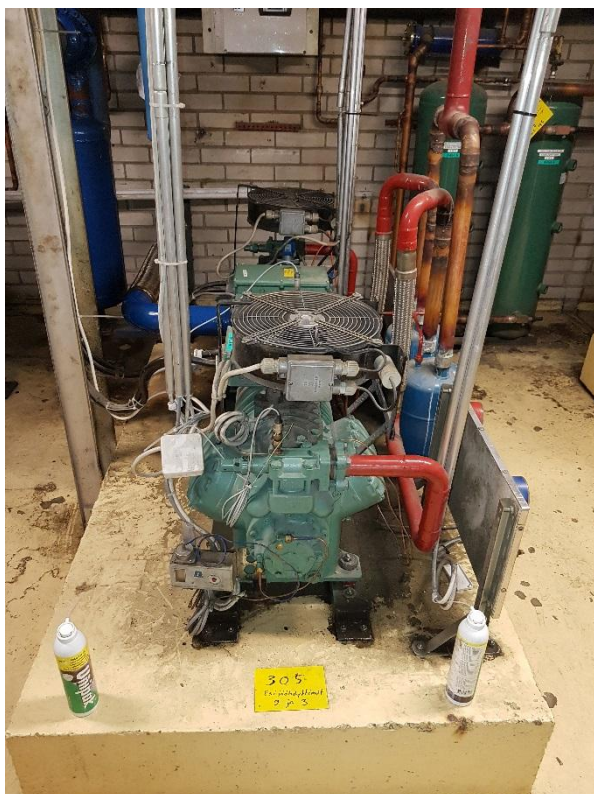
JK 305 Esijäähdytys 2 ja 3

JK 305 Esijäähdyttämön koneikko on uusittu noin 10 vuotta sitten ja laitettu samalla elektroninen ohjauslaitteisto ohjaamaan kompressorin toimintaa. Kylmäaineena myös R404A, joka on jäämässä F-kaasusetuksen mukaan pois korkean GWP- arvonsa vuoksi. Kylmäainetta noin 150 kg. Ehdotuksena olisi tehdä ensin kylmäainevaihto korvaavalle kylmäaineelle ja uusita samalla höyrystimet, jotka ovat alkuperäiset. Samalla kannattaa myös uusita putkistovarusteet. Jäähdytyskoneeseen on lisätty kylmäainetta moneen otteeseen.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
0-3 v.	40 000 €

Piirustukset on myös hyvä päivittää/laatia uusiksi. Sähkökaavioita ei löytynyt kuin alkuperäiset vuodelta 1979.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
0-1 v.	1 500 €



Kuva JK 305

JK 300 Kylmähuoneet 239, 209 ja 212

JK 300 on vähän aikaa sitten uusittu tandemkoneikko, jonka kylmäaine on R134a. Tandemkoneikon värinänvaimennus on asennettu vain yhteiseen kuumakaasuputkeen, eikä kumpaakin kuumakaasulähtöön erikseen. Tämä voi aiheuttaa sen, että värinä aiheuttaa kupariputkeen repeämän. Kompressorin painekeytkimet ovat seinällä ja vanhat ja voivat aiheuttaa vikaa laitteistossa. Ensimmäinen korjaustarve olisi uusia höyrystimet, painekeytkimet ja korjata värinänvaimennus kuntoon, myös kylmäaine olisi syytä vaihtaa korvaavaan kylmäaineeseen R152a, jonka GWP- arvo on vain kymmenesosa R134A:n GWP- arvosta. Samalla tulisi uusia höyrystimet sekä paisuntaventtiilit.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
0-3 v.	20 000 €
3-10 v.	koneiston uusiminen



Kuva JK 300, uusi koneikko.

JK 301 kylmähuoneet 225, 243, 246,247,248 249, 250b ja 250c

JK 301 on tandemkoneikko, joka on uusittu vähän aikaa sitten, kylmäaine R134a. Ohjaus- ja varojärjestelmä on tässäkin vielä vanha ja toimii mekaanisilla painekeytimillä. Huollossa erittäin tärkeää koostaa painekeytkinten toiminta. Korjaustarpeena koneelle on uusia kylmäaine korvaavaan R152b kylmäaineeseen ja samalla uusia kylmiöiden höyrystimiä, koska osa on vielä alkuperäisiä ja vanhoja.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
0-3 v.	25000 €

Keskusten käyttöpiirustukset on syytä päivittää/laatia uusitut piirustukset. Kylmäpiirustusten päivitys tai uusiminen.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
0-1 v.	3000 €



Kuvat JK 301

JK 302 kylmähuoneet 250a, 263 ja 264

JK 302 on myös R134a kylmäaineella toimiva tandemkoneikko, koneikko on uusittu muutaman vuoden sisällä. Myös tähän koneikkoon olisi uusittava korvaava kylmäaine R152b. Ohjaus ja varolaitteet ovat myös vanhoja mekaanisia ja erittäin tärkeä myös huollossa koestaa toiminta vähintään kerran vuodessa. Osa höyrystimistä alkuperäisiä ja osassa myös esiintyy voimakasta jäätymistä. Korjaustarpeena höyrystimien ja paisuntaventtiilien uusiminen ja säätö. Tässäkin olisi syytä päivittää kuvat ja tehdä kunnollinen laiteluettelo.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
------------------------	--------------------------------

0-3 v.	18000 €
--------	---------

Kuvien päivitys ja uusiminen

0-3 v.	3000 €
--------	--------



Kuva JK 302.

JK 308 pihvijäähdyttämö

JK 308 pihvijäähdyttämön kone on jossain vaiheessa uusittu, kylmäaine on R404A, jota ei enää vuoden 2020 jälkeen saa tankata uutena aineena. Korjaustarpeena tässäkin on uusia kylmäaine korvaavaksi ja samalla uusia paisuntaventtiilit ja ohjauslaitteisto. Ohjaus- ja varolaitteet vanhoja mekaanisia, jotka huolella testattava huollon yhteydessä.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
0-5 v.	25 000 €

Piirustusten päivitys ja laiteluettelon teko

0-3 v.	1 500 €
--------	---------



Kuva pihvijäähdyttämön koneikko

Salaattikylmiö vanha, poistettu käytöstä

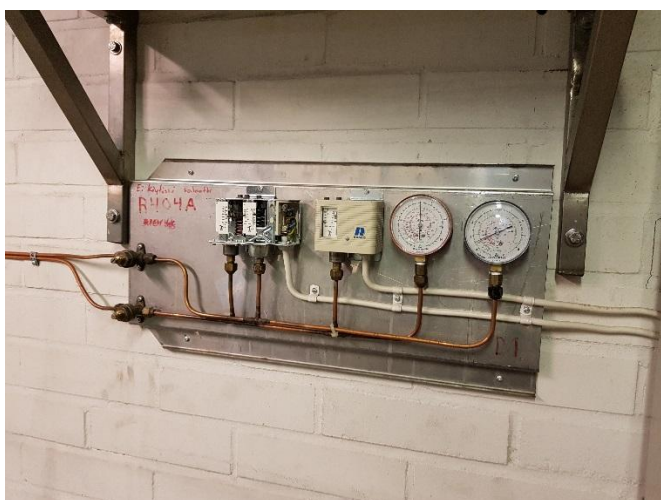
Vanhan salaattikylmiön kone on poistettu käytöstä ja kylmäaineet näyttivät painemittareiden mukaan olevan vielä laitoksessa. Salaattikylmiön koneen ohjauspainekytken kansi irronnut ja kosketussuojaus vajaa. Vanha koneikko kannattaa purkaa pois ja hävittää asianmukaisesti.

korjaustarveaika-arvio

korjauskustannusarvio (alv 0%)

0-1 v.

1000 €



Kuvat käytöstä poistettu salaattijäähdytyskone ja viallinen ohjauspainekytin.

JK 307 D1 esijäähdytys

JK 307 on yksittäinen kone, joka jäähdyttää D1 esijäähdyttämöä. Koneen kylmäaine on R404A, ja suositus on muuttaa kone korvaavalle kylmäaineelle lähiaikoina. Esijäähdytyshuoneen höyrystimet ovat alkuperäiset ja tyyppikilpi puuttui. Höyrystimen lamellit olivat jo huonossa kunnossa, koska rullakot osuvat niihin. Korjaustarpeena myös paisuntaventtiilien vaihto ja ohjaus- ja varolaitteiden uusiminen.

korjaustarveaika-arvio

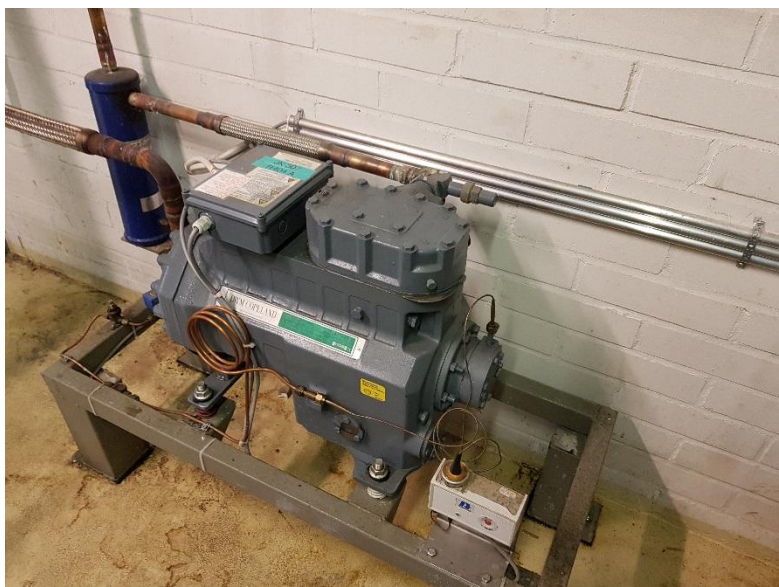
korjauskustannusarvio (alv 0%)

0-3 v.

6000 €

5-10 v.

Koneikon uusiminen.



JK 320 ateriapakkaus

Ateriapakkauksen koneikko oli pihalla lastauslaiturilla. Kone on käyttökänsä lopussa ja kylmäaineena R404A. Tulevaisuudessa järkevänä vaihtoehtona olisi tehontarpeen tarkastelu ja mahdollisuuden arviointi voisiko kyseisen tilan ja muiden tilojen jäähdytyskoneikkoja yhdistää ja tehdä esimerkiksi rinnankytketyllä CO2 kylmäaineen koneikolla. Lähiajan korjaustarpeena uusia kylmäaine korvaavaan, sekä paisuntaventtiileiden uusiminen ja säätö tarpeen mukaan.

korjaustarveaika-arvio

korjauskustannusarvio (alv 0%)

5 v.

5000 €





Kuva JK 320

JK 321 lähettämö ja JK 322 välivarasto

Välivaraston ja lähettämön koneet on uusittu lähiaikoina ja ovat kylmäaineella R404A. Ulkoyksiköt sijaitsevat lastauslaiturilla. Huoneiden läpivienneissä oli sulatusvastusten kaapelit suoraan terävää elementin reunaan vasten. Kylmäaine olisi myös syytä uusiksi korvaamaan. Muuten laitteet olivat hyväkuntoisia, mutta dokumentointi puuttuu ja piirustukset. Osa höyrytimistä vaatii myös uusimista.

korjaustarveaika-arvio

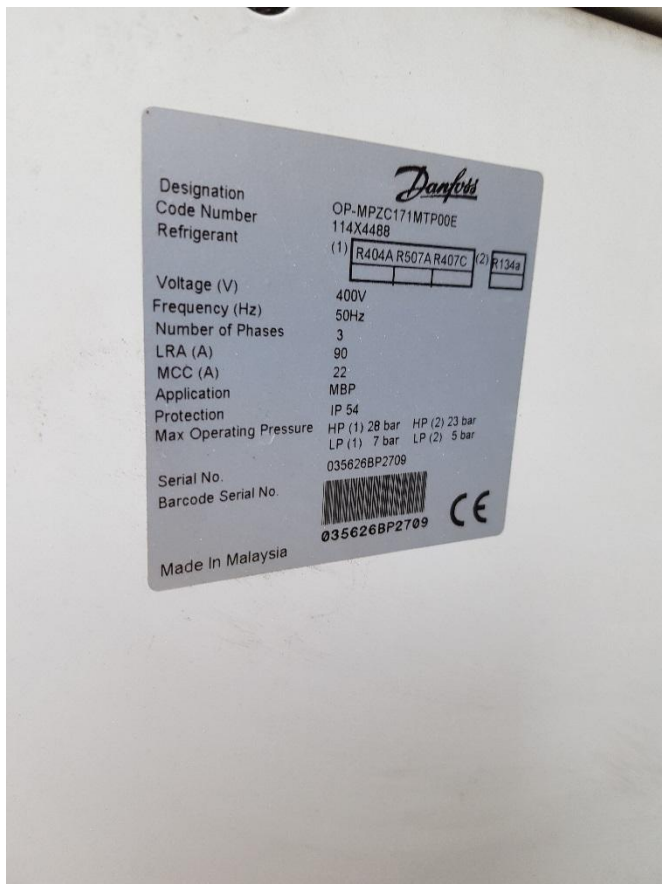
korjauskustannusarvio (alv 0%)

0-5 v.

10000 €

5-10.

Koneikkojen uusiminen, esim. CO2



Kuvat koneikot ja puutteet

Toimistorakennuksen katolla on alkuperäinen vedenjäähdytinkoneikko, joka on noin 15 vuotta vanha. Korjaustarpeena lähiaikoina olisikin uusien koneikko energiatasemmampiin ja harkita samalla kylmäaineksi CO₂ kylmäainetta. Koneikossa oli eristeet kompressorien päältä huonossa kunnossa ja pitäisi uusien. Dokumentointi puutteellinen ja piirustuksia ei löytynyt. Kylmäaineena R407C. Koneen iän huomioiden ohjauselektronikan vika voi johtaa siihen, että varaosia ei ole enää saatavana muuten toimivaan laitteeseen.

korjaustarveaika-arvio

korjauskustannusarvio (alv 0%)

0-5 v.

2000 €, eristyksen korjaus, piirustukset ja dokumentaatio

5-10.

30 000 € Koneikon uusiminen, esim. CO₂



Kuva IV-jäähdytyksen rikkoutuneet eristeet.

1.3 Höyrystimet

Osissa tiloja on käytössä vielä vanhoja alkuperäisiä höyrystimiä, joissa on havaittu kylmäainevuotoja. Myös varaosien saanti vanhoihin höyrystimiin voi olla haastavaa. Puhaltimet ovat vanhoja ja kuluttavat paljon energiaa. Uusissa höyrystimissä on vähän energiaa kuluttavat EC-puhaltimet. Vanhat höyrystimet on myös mitoitettu vanhoille R12, R22 ja R502 kylmäaineille, eikä uusilla kylmäaineilla saada enää tarvittavaa tehoa höyrystimistä. Myös osassa höyrystimiä esiintyi voimakasta jäätymistä, mikä kertoo kylmäaineen syöttölaitteiden säädön olevan pielessä. Kohteessa olisikin järkevä tehdä tarkempi kartoitus ja selvitys höyrystimien uusimistarpeesta.

Esijäähdytyslaitteistoissa oli vielä alkuperäiset höyrystimet, joissa on havaittu vuotoja. Vuodon yhteydessä joudutaan höyrystimestä vuotava kierros tukkimaan ja tämä johtaa automaattisesti siihen, että jäähdytysteho tippuu.

korjaustarveaika-arvio

korjauskustannusarvio (alv 0%)

0-5 v.

20 000 €

0-10 v.

Uusiminen koneikkojen uusimisen yhteydessä







Kuvat Höyrytimissä havaittuja puutteita ja kuvia vanhoista höyrytimistä.

1.4Lauhduttimet

Osa lauhduttimista sijaitsee rakennuksen takaosan lipalla ja osa katolla. Kaikki katolla sijaitsevat lauhduttimet ovat alkuperäisiä ja elinkaari on jo loppunut. Lauhduttimien kohdalla korjaustarpeena lähiaikana tulee olemaan uusiminen ja se olisi järkevä tehdä siinä vaiheessa, kun alkaa uusimaan koneikoita. Puhaltimet ovat vanhoja ja osasta kuuluu laakerin kulumisesta johtuvaa ääntä.

korjaustarveaika-arvio	korjauskustannusarvio (alv 0%)
0-5 v.	4 000 €
5-10.	100 000 € Koneikon uusimisen yhteydessä



Kuvat katolla olevia lauhduttimia.

1.5 Konehuoneet

Konehuoneissa on tilaa tehdä huoltoja ja laitekorjauksia asianmukaisesti, mutta konehuoneissa on vanhoja varaosia ja tavaroita mitkä pitäisi siivot pois ja hävittää asianmukaisesti. Kylmäainekyltit pitäisi myös päivittää, koska yhdessä kyltissä oli merkitty sellainen kylmäaine mitä kohteessa ei ollut (R407A). Konehuoneiden ilmanvaihtoa tulisi parantaa niin että kompressoreista tuleva lämpö ei lämmittäisi konehuonetta liikaa. Tällä hetkellä toista konehuonetta joudutaan pitämään osittain auki, koska lämpötila konehuoneessa nousee ja aiheuttaa hälytyksiä kylmälaitteisiin.

korjaustarveaika-arvio

korjauskustannusarvio (alv 0%)

0-5 v.

6 000 €, ilmanvaihdon parantaminen ja siivoaminen.



Kuvat konehuoneen kylmäainemerkintä virheellinen, tilassa ei ole R407A kylmäainetta.

Kustannusarvio koneikkojen uusiminen

Osassa laitteistoa laitettu kustannusarvio koneiden uusimisesta. Tässä ehdotuksessa on käytetty uusimistarpeena tuotantotilojen jäähdytyskoneiden uusimista luonnolliselle CO2 kylmäaineelle. Uusiminen kannattaa tehdä esimerkiksi niin, että pakkas- ja kylmäkoneikot muutetaan boosteri- koneikoiksi, joita on kaksi kappaletta. Boosterikoneikoita on nykyään yleisesti käytössä kaupallisissa kylmäratkaisuisissa ja niistä on Suomessa hyvät kokemukset. Etuna järjestelmään on se, että F-kaasuasetuksen tiukentuessa ei sillä ole vaikutusta CO2 kylmäaineella toimivaan jäähdytyskoneisiin. Putkikoko on pienempi ja asennuskustannuksissa säästetään,

vaikka hankintakustannuksiltaan koneikko on kalliimpi, johtuen korkeammasta paineesta. CO2 kylmäaineella toimivalla koneikolla saadaan myös huomattavia säästöjä verrattuna vanhaan järjestelmään johtuen paremmasta hyötysuhteesta ja kylmäaineen hinnasta.

16.8.2018 laskettu uusi kustannusarvio Alv 0%

Co2 koneikot 2 kpl	70 000 €	140 000 €
Lauhduttimet 4 kpl	45 000 €	180 000 €
Höyrystimet spiraali 8 kpl	5 000 €	40 000 €
Höyrystimet stadion 8 kpl	4 000 €	32 000 €
Höyrystimet kylmähuoneet noin 35 kpl	2 500 €	87 500 €
Höyrystimet pakastimet noin 20 kpl	2 500 €	50 000 €
Rahti	1 000 €	2 000 €
Automatiikka 2 koneikkoa	5 000 €	10 000 €
LTO:n uusiminen	15 000 €	30 000 €
Purkutyöt	25 000 €	25 000 €
Projektin- johto	15 000 €	15 000 €
Suunnit- telu	25 000 €	25 000 €
Putkistomateriaali ja eristeet	50 000 €	50 000 €
Säätimet kylmä ja pakaste	250 €	6 250 €
Sähkö- työt	15 000 €	15 000 €
Asennustarvike (nosturit ym.)	10 000 €	10 000 €
Lisätyö- varaus	40 000 €	40 000 €

Jätehävitys kylmä- aine	20 000 €	20 000 €
Työ ja asennuskulut arvio	150 000 €	150 000 €
	Yhteensä	927 750 €

Luvut ovat arvioita ja tarkempi kustannusarvio pitää tehdä tapauskohtaisesti tehontarpeen- ja tarkempien mitoitusten mukaan.

Jyväskylässä 16.8.2018,

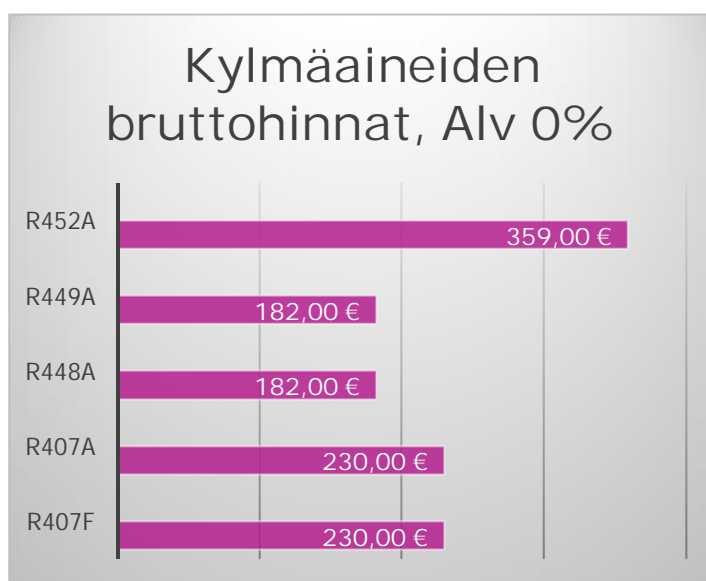
Sweco Talotekniikka Oy

Mika Siekkinen

LIITE 2: KYLMÄAINEVAIHTOJEN KUSTANNUKSET

Kylmäaineiden hinnat, brutto, alv
0%

R407F	230,00 €	kg
R407A	230,00 €	kg
R448A	182,00 €	kg
R449A	182,00 €	kg
R452A	359,00 €	kg



Kylmäainemäärät konekohtaisesti

Vain ne laitokset, joissa on R404A
(arvio kohdekäynnin perusteella)

Yhteismäärä 1600 kg

JK304 400 kg

JK306 100 kg

JK309 200 kg

JK305 150 kg

JK311 100 kg

JK307 30 kg

JK308 100 kg

JK320 20 kg

JK321 10 kg

JK322 10 kg

Yhteensä 1120 kg

(Varaajakoon perusteella oleva täytös)

Kylmäainevaihto varaajakoon mukaan

R407F 257 600,00 €

R407A 257 600,00 €

R448A 203 840,00 €

R449A 203 840,00 €

R452A 402 080,00 €

