

13. R22 KYLMÄAINEVAIHTOEHTOJEN KÄYTÄNNÖN KOKEMUKSIA

13.1 YLEISTÄ

Käyttämättömien osittain halogenoitujen kloori-fluorihilivetyjen ns HCFC-kylmäaineiden käyttö olemassa olevien jäähdytys- ja ilmastointilaitoksien kunnossapidossa ja huollossa on ollut kiellettyä 1.1.2010 alkaen.

Tällaisia kiellettyjä HCFC-kylmäaineita ovat muun muassa R22, R123, R124 sekä R142b.

Kiellon piiriin kuuluvia HCFC-huoltokylmäaineita ovat myös muun muassa R401A (MP39), R401B (MP66), MP401C (MO52), R402A (HP80), R402B (HP81), R403A (Isceon 69S), R403B (Isceon 69L), R408A (FX-10), R409A (FX56) sekä R409B (FX57)

13.2 MITÄ TEHDÄÄN VANHALLE HCFC-LAITOKSELLE

13.2.1 Ei tehdä mitään

- Luotetaan hyvään onneen, ei tule vuotoja...
- Käytetään laitos loppuun kierrätetyllä HCFC-kylmäaineella;
mutta mikä on tilanne sen saatavuuden kanssa?
- Entäs sitten, jos kuitenkin tulee vuoto, eikä olekaan saatavilla kierrätettyä kylmäainetta...
- Täysin lennosta tapahtuvaa kylmäaineenvaihtoa ei pystytä suorittamaan, vaan koneisto joudutaan aina ottamaan pois käytöstä, koosta riippuen vähintään muutamaksi tunniksi, isot laitokset jopa useiksi päiviksi.
- Mitä tapahtuu sillä aikaa jäähdytyskohteissa?

- HCFC-kylmäaineen joukkoon ei saa lisätä HFC-huoltokylmäainetta tai HFC-kylmäainetta. Uusi seos saattaa käyttäytyä todella yllättävästi paineiden ja lämpötilojen osalta. Samoin öljynpalautuksen ja tiivisteiden kanssa saattaa tulla todella suuria ongelmia.
- Eli on todella suuri riski, että tässä ensimmäisessä vaihtoehdossa joudutaan kohtaamaan ongelmat ilman ennakkosuunnittelua täysin housut kintuissa, ja kuka ottaa silloin vastuun tapahtuneista taloudellisista vahingoista?
- Kylmäkonehuolto liike on taatusti tulilinjalla, koska on ollut suorittava osapuoli, vaikka olisi yrittänyt tehdä tilanteessa parhaansa..
- Joudutaan hyväksymään ehkä koko laitoksen eliniän kestävästi lisääntyneet huolto- ja korjauskustannukset, pienentynyt jäähdytysteho sekä lisääntynyt energiankulutus. Ikuista taistelua tiedossa...

13.2.2 Vaihdetaan ennalta suunnitellusti HCFC-kylmäaineen tilalle HFC-huoltokylmäaine

- Voidaan käyttää vanha laitos elinkaarensa loppuun.
- Sovitustyö on helpompi, nopeampi ja edullisempi suorittaa, koska vanhaa mineraali-, puolisynteettistä tai esteriöljytyyppiä voidaan käyttää, eikä vanhaa öljytyyppiä tarvitse huuhdella pois usealla esteriöljyn vaihdolla. Öljynvaihto kuitenkin aina suositeltavaa, jos se voidaan tehdä kompressoria irrottamatta
- Kylmäkoneisto pitää kuitenkin olla pois käytöstä vähintään muutamia tunteja, isommat laitokset useita vuorokausia.
- Pitää tehdä huolellinen esisuunnittelu, jossa kartoitetaan mitä muutostöitä tehdään, jotta laitos toimii luotettavasti uudella kylmäaineella ja kylmäainevuodot saadaan minimoitua.

- Ongelmina saattaa tulla vastaan tiivisteet, kylmäainevuodot, öljyn palautus, todennäköisesti pienentynyt jäähdytysteho sekä lisääntynyt energiankulutus.
- Jos tulee vakavia öljynpalautusongelmia, voidaan joutua kuitenkin siirtymään esterioöljyyn.

13.2.3 Sovitetaan vanha kylmälaitos HFC-kylmäaineelle

- Voidaan käyttää vanha laitos elinkaarensa loppuun.
- Aloitetaan vaihtamalla vanhan öljyn tilalle esterioöljy ja öljynvaihtoja tehdään kunnes vanhan öljyn pitoisuus on alle 5 %.
- Kylmäaineen vaihdossa koneisto pitää olla pois käytöstä vähintään muutamia tunteja, isommat laitokset useita vuorokausia.
- Pitää tehdä huolellinen esisuunnittelu, jossa kartoitetaan, soveltuuko laitoksen kaikki komponentit HFC-kylmäaineelle sekä mitä muutostöitä tehdään, jotta laitos toimii luotettavasti uudella kylmäaineella ja kylmäainevuodot saadaan minimoitua.
- Keskimäärin huomattavasti edellisiä ongelmattomampi vaihtoehto, koska esterioöljyn ja HFC-kylmäaineen välinen keskinäinen käyttäytyminen tunnetaan paljon paremmin.
- Kylmäainevaihtoehdot R134a, R404A, R407A, R407C ja R507A.
- Ongelmina tiivisteet, kylmäainevuodot, lika lähtee liikkeelle.

13.2.4 Romutetaan vanha laitos ja rakennetaan tarpeisiin sopiva kokonaan uusi laitos

- Valitaan käyttökohteeseen hyötysuhteeltaan paras kylmäaine ja laitostyyppi!
- HFC vastaan luonnolliset kylmäaineet
- Perustuu TEWI-arvoon ja eko-hyötysuhteeseen, joka sisältää investointi- ja käyttökustannuksien huomioon ottamisen
- Varmin vaihtoehto ja monessa tapauksessa myös taloudellisin vaihtoehto pitkällä tähtäimellä. HCFC-laitokset ovat kuitenkin aina yli 10 vuotta vanhoja ja taloudellisen elinkaarensa loppupuolella.
- Tälle vaihtoehdolle asiakas saa takuun

13.3 VALMISTELUT ENNEN KYLMÄAINEEN VAIHTOTYÖTÄ

- Esiselvitys
 - vastaako kylmälaitos todella nykyisiä ja tulevia vaatimuksia
 - mitä ongelmia laitoksessa on ollut, onko varsinkin öljyn palautus toiminut
 - mikä öljytyyppi on käytössä
 - jäähdytystehon riittävyys
 - lauhdutustehon riittävyys
 - hyötysuhde
 - putkimitoitus
 - mikä on laitoksen nykyinen maksimikäyttöpaine
 - vaihdettavat komponentit, tiivisteet ym
 - varsinkin teollisissa kylmälaitoksissa soveltuuko kompressori sekä muut komponentit yleensäkin käytettäväksi HFC
 - varsinkin vedenjäähdytyskoneistojen kanssa korvaava kylmäaine on aina syytä selvittää maahantuojalta tai valmistajalta

- Vuotojen etsintä sekä vikojen korjaus ennen kylmäaineen vaihtoa
- Tarkistetaan laitoksen säädöt, jotta nähdään kuinka se on toiminut ennen kylmäaineen vaihtoa
- Huolellinen koekäyttö
- Mitataan ja kirjataan ylös päätoiminta-arvot
 - höyrystymis- ja lauhtumislämpötilat
 - imukaasun, kuumakaasun ja öljyn lämpötilat
 - käynnistys- ja pysäytystaajuus
 - käyntivirrat
 - höyrystimen ja lauhtuttimen väliaineen tulo- ja lähtölämpötilat

13.4 KYLMÄAINEVAIHTOEHTOJA R22:EN KORVAAMISEEN

Kauppa-nimi	Ashrae-tunnus	Käyttö-alue	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HCF-143a	Pro-paani	n-bu-taani	Iso-butane	Iso-pentaani
	R404A	LT,MT		44	4	52				
	R407A	LT,MT	20	40	40					
	R407C	AC	23	25	52					
	R507A	LT,MT		50		50				
MO 59	R417A	AC		46,6	50			3,4		
MO 79	R422A	LT,MT		85,1	11,5				3,4	
MO29	R422D	MT,AC		65,1	31,5				3,4	
RS-44	R424A	MT,AC		50,5	47			1	0,9	0,6
FX100	R427A	LT,MT.AC	15	25	50	10				
RS-52	R428A	LT,MT.AC		77,5		20	0,6		1,9	
RS-45	R434A	MT,AC		63,2	16	18			2,8	
MO99	R-438A	AC	8,5	45	44,2			1,7		0,6

Kuva 1 Kylmäaineseosten koostumuksia

Refrigerant composition and properties

	Trade name		Composition	ODP	GWP	Safety group	Practical limit kg/m ³	Boiling temp.	Temp. glide (K)	Critical temp. (°C)	Critical pressure (bar)	Cond. temp. (°C) @ 26bars
R134a			100% R134a	0	1300	A1	0,25	-26,1	0	101	40,59	80
R22			100% R22	0,06	1700	A1		-40,8		96	40,9	63,2
R404A	Suva HP62	Dupont	52% R143a - 44% R125 - 4% R134a	0	3750	A1	0,48	-47	0,8	71,6	37,3	55
R507A	FX70-AZ50	Atofina-Allied	50% R143a - 50% R125	0	3800	A1	0,48	-46,7	0	71	37,15	54
R407C	AC9000 & Klea66		52% R134a - 25% R125 - 23% R32	0	1600	A1	0,31	-44	7,4	87	48,2	58
R410A			50% R32 - 50% R125	0	1900	A1	0,44	-51	< 0,2	72	49,1	43
R417A	Isceon/MO59	Dupont	46,6% R125 - 50% R134a - 3,4% R600	0	1950	A1	0,15	-38,01	5,14	90	40,35	68
R422A	Isceon/MO79	Dupont/Rhodla	85,1% R125 - 11,5% R134a - 3,4% R600a	0	2530	A1	N/A	-49	2,5	72	37,48	56
R422D	Isceon/MO29	Dupont	65,1% R125 - 31,5% R134a - 3,4% R600a	0	2230	A1	-	-45	4,5	81	39,04	62
R427A	FX100	Atofina	50% R134a - 25% R125 - 15% R32 - 10% R148a	0	1830	A1	-	-42,7	7,1	86,8	44	64
R290				0	3	A3	0,008	-42,4	0	96,7	42,47	70

Kuva 2 Kylmäaineiden ominaisuuksia (Danfoss)

Jäähdytystehon ja ottotehon keskenään vertaaminen eri kylmäaineiden kesken on todella ongelmallista. Tuloksia on helppo manipuloida haluttuun suuntaan valitsemalla sopivasti alijäähdytys, imukaasun lämpötila, käytetäänkö keski- vai dew point-lämpötilaa sekä kuinka kylmäaineen ominaisuuksien vaikutus kompressorin hyötysuhteeseen otetaan huomioon. Alla on muutama karkea arvio Danfossin huoltokylmäaineita koskevasta artikkelista.

Air conditioning applications with R22 and mineral oil

Application	Expansion device	New refrigerant	Procedure	Capacity loss	Comments
All	Capillary	R417A	Drop-in	25%	No change on capillary
		R417A	Light retrofit	20%	
		R427A	Standard retrofit	10%	
		R407C	Heavy retrofit	5%	
Windows PTAC Single split	Thermostatic expansion valve (TXV)	R417A	Drop-in	25%	Application without receiver
		R422D	Drop-in	15%	Adjust the TXV
		R422D	Light retrofit	10%	
		R427A	Light retrofit	10%	
		R407C	Heavy retrofit	5%	
Different from above	Thermostatic expansion valve (TXV)	R422D	Light retrofit	10%	Adjust the TXV
		R427A	Standard retrofit	10%	
		R407C	Heavy retrofit	5%	

Kuva 3 Huoltokylmäaineiden jäähdytystehojen vertailua ilmastoinnin jäähdytyksessä (Danfoss)

Refrigeration applications with R22 and mineral oil

Application	Expansion device	New refrigerant	Procedure	Capacity loss	Comments
All	Capillary	R417A	Drop-in	25%	No change on capillary
		R417A	Light retrofit	20%	
		R427A	Standard retrofit	15%	
		R404A	Heavy retrofit	5%	Capillary - 20 %
Packaged unit	Thermostatic expansion valve (TXV)	R417A	Drop-in	25%	Application without receiver
		R422D	Drop-in	20%	Adjust the TXV
		R422D	Light retrofit	15%	
		R427A	Light retrofit	10%	Replace the TXV
		R422A*	Heavy retrofit	5%	
		R404A	Heavy retrofit	5%	
Different from above	Thermostatic expansion valve (TXV)	R422D	Light retrofit	15%	Adjust the TXV
		R427A	Standard retrofit	10%	Replace the TXV
		R422A*	Heavy retrofit	5%	
		R40AA	Heavy retrofit	3%	

* R422A provide high performance for commercial refrigerated warehouses and ice makers

Kuva 4 Huoltokylmäaineiden jäähdytystehojen vertailua kaupallisessa jäähdytyksessä (Danfoss)

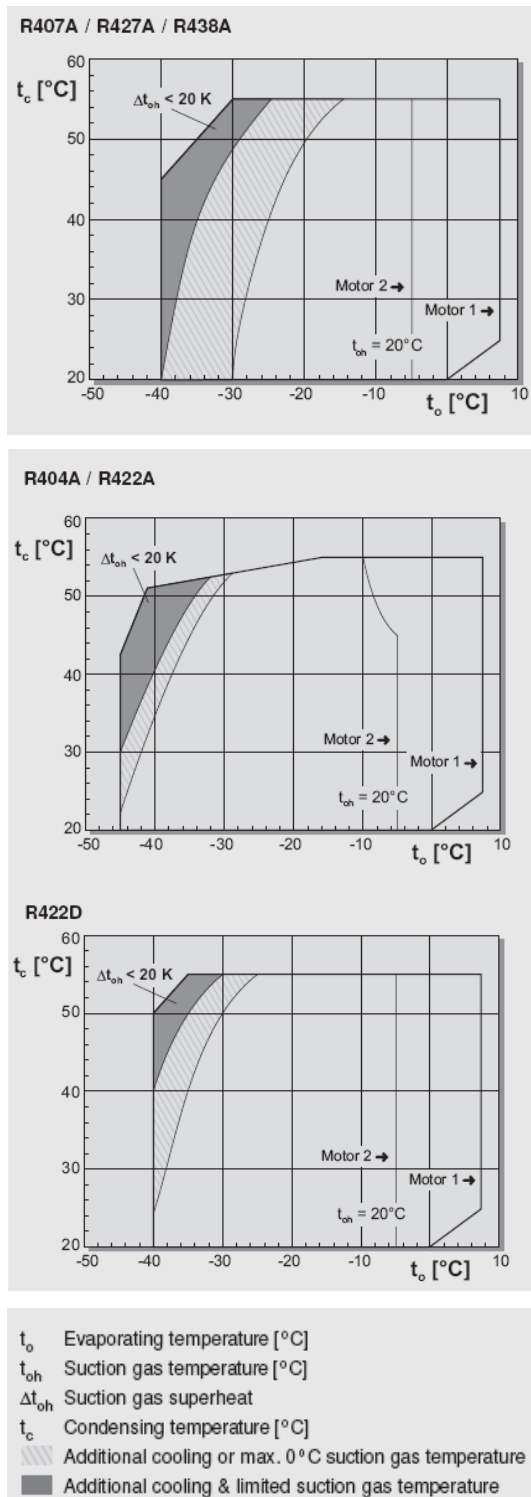
Eli yleissuunta on, että hyvin todennäköisesti uudella kylmäaineella vanhan laitoksen jäähdytysteho pienenee ja hyötysuhde laskee.

Uusia HFC-huoltokylmäainekandidaatteja

- **R438A (MO99)**, korvaamaan R22 vedenjäähdytyskoneistoissa, massa virta samaa suuruusluokka R22 kanssa, kuitenkin huomattava lämpötilaliukuma
- **Solkane R22M** ilmastoinnin jäähdytyksen sovellutuksiin ja **Solkane R22L** kaupallisen kylmän sovellutuksiin, kummallakin huomattava lämpötilaliukuma

13.5 KOMPRESSORIN KÄYTTÖALUE

Kompressorin käyttöalue pitää ottaa aina huomioon valittaessa kylmäainetta. Ongelmana on, että on hyvin vähän saatavilla tietoa käyttöalueista eri huoltokylmäaineilla ja varsinkin pakastekäytössä saattaa korkea kuumakaasun lämpötila tuottaa ongelmia joillakin aineilla.



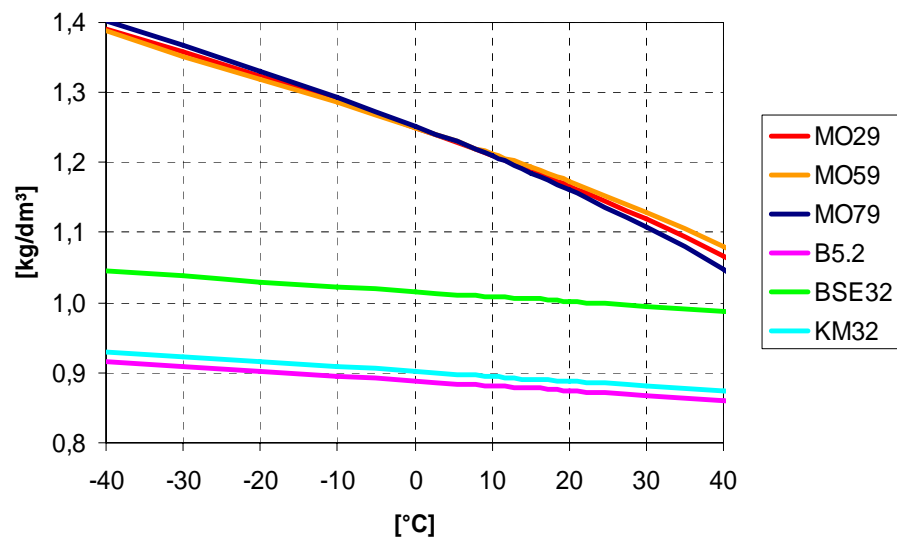
Kuva 5 Kompressorin käyttöalueita eri huoltokylmäaineilla (Bitzer)

Vinoviivoitetulla alueella ei tarvita kansipuhallinta, jos imukaasun lämpötila on alle 0 C, tummennetulla alueella tarvitaan aina kansipuhallin ja maksimi imukaasun lämpötila saa olla 0 C

13.6 KYLMÄAINE JA ÖLJY

Suurin osa huoltokylmäaineita eivät välttämättä edellytä öljytyypin vaihtoa, mutta sijaan öljyn vaihto on aina suositeltavaa varsinkin jos se voidaan tehdä kompressoria irrottamatta.

HFC-kylmäaineet ovat aina niiden kanssa käytettyjä öljyjä raskaampia, ja liukenematon öljy kelluu aina HFC-nesteen pinnalla



Kuva 6 Kylmäaineen ja öljyn tiheys (Bitzer)

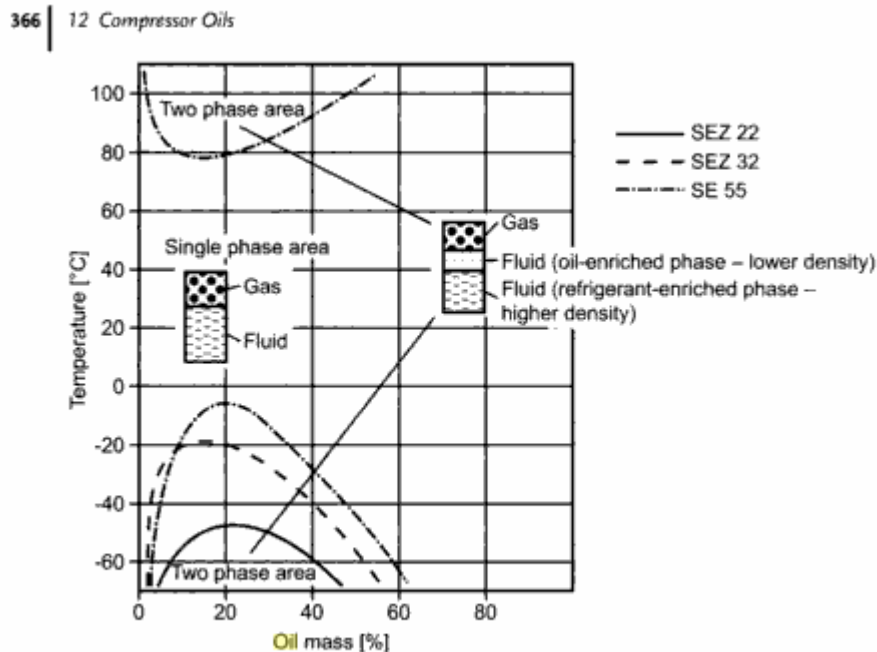
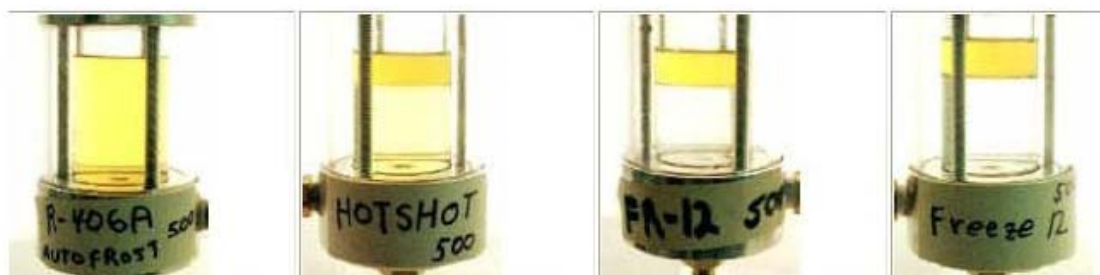


Fig. 12.10 Miscibility gap, solubility threshold (RENISO Triton series – R 134a).

Kuva 7. Esimerkki R134a ja eri esteriöljyjen välisistä liukoisuusaukoista (Fuchs Oil)

Kuvasta 8 nähdään, kuinka liukoisuusaukon alueella pinnalla kelluu enemmän öljyä sisältä kylmäaine-öljyseos ja sen alla vähemmän öljyä sisältävä seos. Jos kompressorilta kylmäainekiertoon lähtevä öljymäärä saadaan pidettyä riittävän pienenä, voi syntyä vain tuo vähemmän öljyä sisältävä seos.



Kuva 8. Esimerkkikuvia miltä liukeneva, osittain liukeneva sekä kokonaan liukenematon öljy-kylmäaineseos voi näyttää

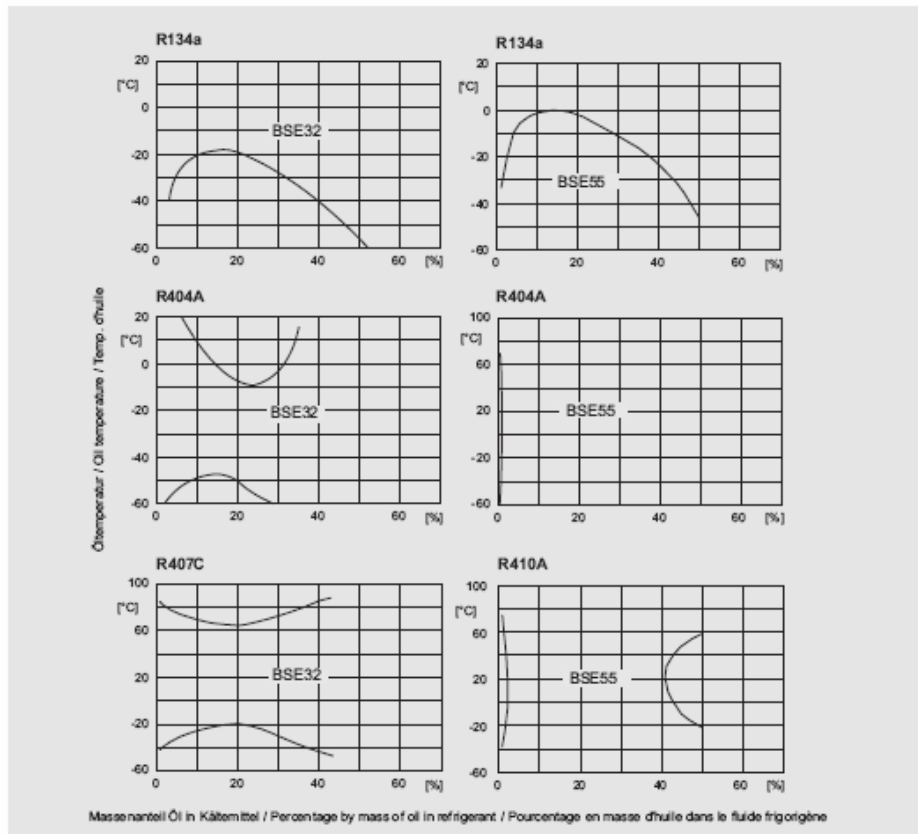


Abb. 1 Mischungsgrenzen
Gewichtsanteil Öl im Kältemittel

Fig. 1 Miscibility limits
Weight percentage oil in refrigerant

Fig.1 Limites de miscibilité
Pourcentage de masse d'huile dans
fluide frigorigène

Kuva 9 Kahden eri polyesteriöljyn liukoisuudet eri kylmäaineilla (Bitzer)

Kuvan 9 liukenevuuskäyristä nähdään, kuinka saman öljyn liukoisuusaukko on eri paikassa kylmäaineen vaihtuessa. Samoin viskositeetin muutos muuttaa liukoisuusaukon paikkaa samalla kylmäaineella.

HCFC-kylmäaineiden kanssa on käytetty mineraali-, puolisynteettisiä tai synteettisiä öljyjä. "Puhtaat" HFC-kylmäaineet eivät lainkaan liukene näihin öljyihin. Sen vuoksi huoltokylmäaineisiin on lisätty muutama prosentti butaania (R600, R600a tai R601) tai propaania (R290), jonka tehtävänä on huolehtia öljynkierrosta.

Ongelmana huoltokylmäaineiden kanssa kuitenkin on, että siinä oleva butaanin määrä on niin pieni, että kylmäainenesteeseen liukeneva öljymäärä saattaa olla vain noin 0,5 - 2 %.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos nestevaraajaan tulee kylmäaineen mukana enemmän öljyä kuin esimerkiksi 1 % kokonaismassavirrasta, varaajasta lähtee eteenpäin höyrystimelle seosta, jossa 99 % kylmäainetta ja 1 % öljyä ja ylimääräinen liukenematon öljy jää kellumaan varaajalle kylmäainenesteen pinnalle.

Kompressorin öljynkulutusta lisäävät:

- Öljyn vaahtoaminen kompressorin kampikammiossa
- Raa'an imukaasun tulo höyrystimeltä kompressorille
- Kompressorin pätkäkäynti, kuumakaasu ja öljynerotin eivät silloin ehdi lämmitä käyntijakson aikana ja öljyn kulutus on aluksi käynnistyksen jälkeen suurempi
- Jokin kompressorin öljyn pinnasäädin nostaa kampikammion öljyn pinnan liian korkealle.
- Kompressorissa ei ole kampikammion lämmitintä tai se ei toimi, kompressorin käynnistyessä öljyn alla olevan kylmäaineen höyrystyy ja aiheuttaa öljyn kuohuntaa

Jos laitokseen öljynpalautus ei toimi huoltokylmäaineella ja öljyä alkaa hukkumaan kiertoon, on kolme korjausvaihtoehtoa:

1. Parannetaan palautusta kylmäainekierrosta, esimerkiksi tarkistetaan putkikallistukset, putkinousut, paisuntaventtiileiden toiminta
2. Parannetaan öljynerotusta; lisätään puuttuva öljynerotin tai vaihdetaan olemassa olevan erottimen tilalle tehokkaampi öljynerotin
3. Vaihdetaan vanhan öljyn tilalle osa esterioöljyä
 - Aluksi lisätään 10 % esterioöljyä ja vastaava määrä vanhaa öljyä pitää ottaa pois.
 - Jos öljyn hukkumisongelmat edelleen jatkuvat, lisätään esterioöljyä 5 % kerrallaan maksimissaan 25 %:iin saakka.
 - Jos on vieläkin ongelmia, vanha öljy pitää saada kokonaan pois ja tilalle pelkästään esterioöljy.

Kompressorivalmistajasta ja -tyypistä riippuen kompressorilta lähtee kiertoon suuruusluokkaa 0,1-0,4 % kylmäaineen massavirrasta.

Esimerkiksi Bitzer 4H-25.2Y kompressori toimiessaan olosuhteissa -10/+40C (R404A) pumppaa kylmäainetta 1180 kg/h. Jos kylmäaineen mukana lähtee 0,3 % öljyä, niin kiertoon lähtevä öljymäärä on noin 3,5 kg/h.

Kaupallisen kylmälaitoksen öljynerottimen öljynerotuskyky on yleensä suuruusluokkaa 95-98 %. Jos kyseessä on kuuden kompressorin konepukki, niin tunnissa kiertoon lähtevä öljymäärä voi olla silloin 1,6 kg/h eli vuorokaudessa 10-25 kg/vrk. Ongelmat saattavat siis tulla tosi nopeasti päälle. Samaten, jos öljynerotusta parannetaan, kylmäainekierrosta saattaa palata todella nopeasti öljyä, josta ylimääräinen osa pitää ehdottomasti poistaa.

Kun siirrytään vanhassa laitoksessa esteriöljyn käyttöön, pitää asentaa riittävän kokoiset imusuodattimet, koska esteriöljy liuottaa tosi hyvin lian irti kylmäainekierrosta!

Matalalla painesuhteella ja kuumakaasun lämpötilalla esteriöljyllä on pieni viskositeetti, ja koska MO-kylmäaine liukenee hyvin esteriöljyyn (varsinkin butaani) -> öljyn viskositeetti pienenee ja seurauksena voi olla kompressorin voiteluongelmia.

Poikkeuksena HFC-huoltokylmäaineiden joukossa on R427A (FX-100), jonka kanssa jo kylmäaineen vaihdon yhteydessä vaihdetaan kompressorin ja mahdolliseen öljynerottimeen esteriöljy. Vanhan öljyn jäämä voi kylmäaineen valmistajan mukaan olla 15 %.

Käytännössä on kuitenkin joissain tapauksissa tapahtunut R427A:lla öljyn vaahtoamista ja silloin ei auta muu kuin vaihtaa kompressorille uudet esteriöljyt, ja jatkaa öljyn vaihtoja kunnes vanhan öljyn jäämä on niin pieni, että vaahtoaminen loppuu.

Kylmälaitoksen häiriöttömän öljynkierron kannalta on ensi arvoisen tärkeää, että öljynerotus toimii kunnolla. Öljynkierto-ongelmia voidaan parantaa aina parantamalla öljynerotusta. Mitä vähemmän kompressorikoneistolta lähtee öljyä kylmäainekiertoon, sitä paremmin saadaan öljyn palautumaan kierrosta takaisin koneistolle.

Refrigeration Engineer.com sivun keskustelupalstan joku kirjoittaja oli kokeillut, mitä tapahtuu, kun esteriöljyä lisätään mineraaliöljyn päälle. Lisäämisen jälkeen öljytyypit jäivät kerrostuneeksi, mutta kun seosta ravistettiin, öljytyypit liukenivat toisiinsa eivätkä enää erottuneet, vaikka seos oli pitkään paikallaan.

Vanhassa laitoksessa saattaa olla ongelmallista ja aikaa vievää saada vanha öljy pois kierrosta, jos se kelluu esimerkiksi nestevaraajassa kylmäaineen pinnalla.

Jos R22 on korvattu HFC-kylmäaineella R134a, R404A, R407C tai R507:llä, niin laitoksen jäähdytystehon ja hyötysuhteen ja kannalta on aina parempi, mitä pienempään vanhan öljyn pitoisuuteen päästään (vanhan öljyn jäämä 1-2 %). Sitä vähemmän vanha öljy haittaa lämmönsiirtimien lämmönsiirtoa.



Kuva 10 Refraktometri on käytännössä ainoa tapa mitata mineraaliöljyn pitoisuutta esteriöljyssä.

13.7 MÄRKÄHÖYRYTEISET KYLMÄLAITOKSET

Märkähöyrysteisissä kylmälaitoksissa R22 voidaan korvata käytännössä vain R507:lla, joka on azeotrooppi, eliikä käyttäytyy faasimuutoksessa kuin yksi kylmäaine ilman liukumaa. R134a tulee myös teknisesti kyseeseen, mutta sen volymetrinen kylmäntuotto on paljon pienempi verrattuna R22:een ja käyttö rajoittuu vain keskipainealueella.

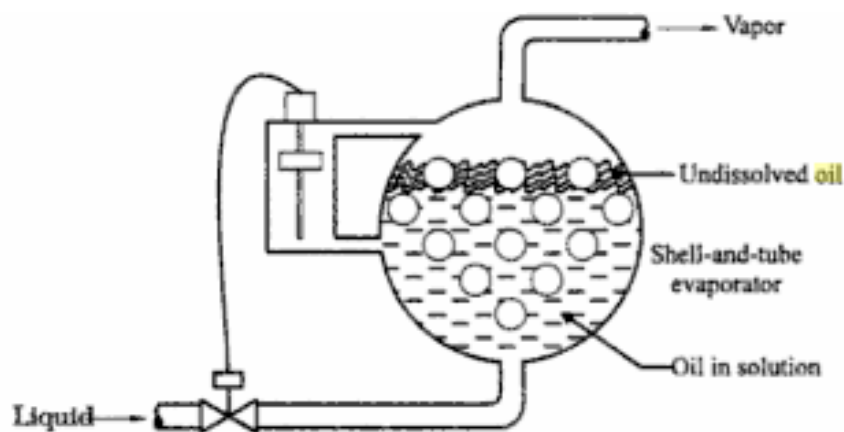


FIGURE 15.4
Stratification of oil and oil/R-22 solution in an evaporator.

Kuva 11 Periaatekuva märkähöyrytimestä

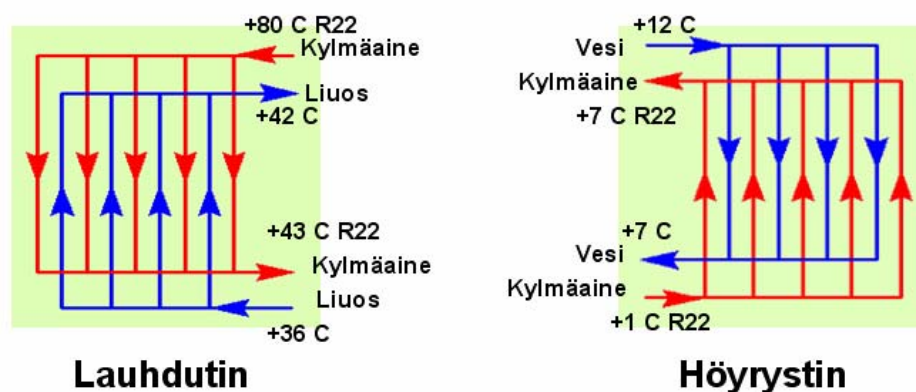
Öljy palautetaan märkähöyrytimestä tai pumppusäiliöstä ottamalla pinnalta öljyrikasta öljy-kylmäaineseosta, josta höyrytetään kylmäaine pois ennen öljyn palauttamista kompressorille. Toinen vaihtoehto on ottaa kylmäainepumpun jälkeen "normaalia" kylmäaineöljyseosta, josta myös höyrytetään kylmäaine pois ennen öljyn palauttamista.

Jos öljynpalautus on toiminut R22:lla, se "saattaa" toimia myös R507:lla, koska esteriöljy sekoittuu hyvin R507:n kanssa Ongelmana voi olla kylmäainekiertoön kerääntyneen vanhan öljyn pois saanti, koska se ei tahdo sekoittua esteriöljyyn, vaan jää kellumaan R507:n pinnalle.

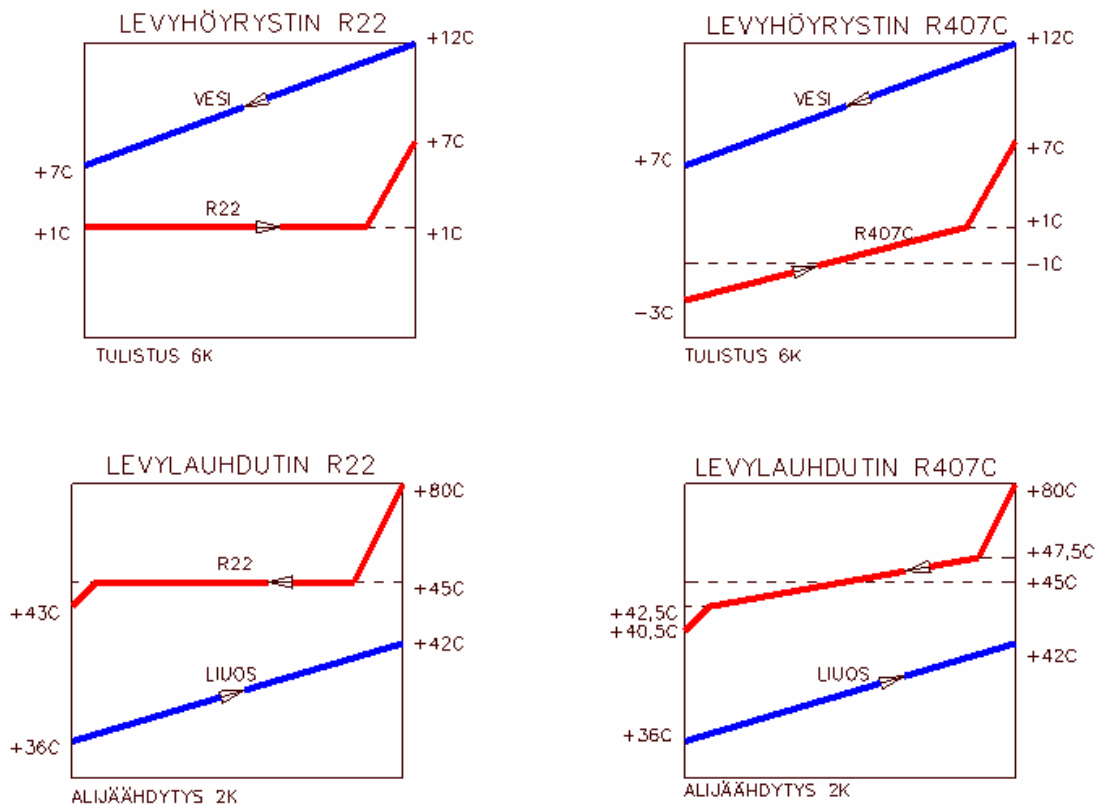
Öljynpalautusta voidaan tehostaa vaihtamalla tehokkaampi öljynerotin.

13.7 KOMPONENTTIEN TOIMINNAN SEKÄ TEHOJEN TARKISTUS

- Putkimitoitus; massavirta yleensä kasvaa uudella kylmäaineella
- Öljynerottimen teho, massavirta yleensä kasvaa, öljyn ja kylmäaineen liukoisuusominaisuudet yleensä huononevat
- Lauhtumispaineesäädin
- Höyrystinpaineesäädin
- Paisuntaventtiili
- Lauhdutustehon riittävyys
- Lämpötilaliukuman vaikutus lämmönsiirtimien toimintaan.

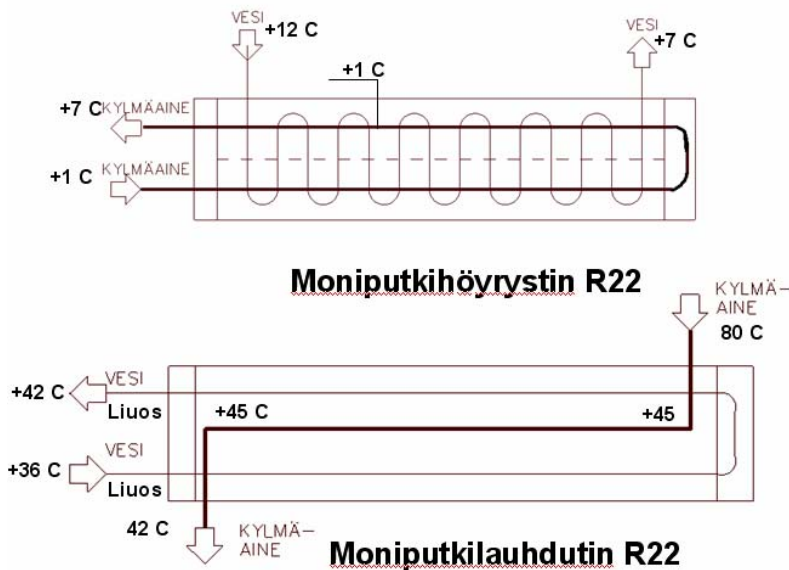


Kuva 12 Levyvaihtimet ovat vastavirtavaihtimia, esimerkissä kylmäaineena R22

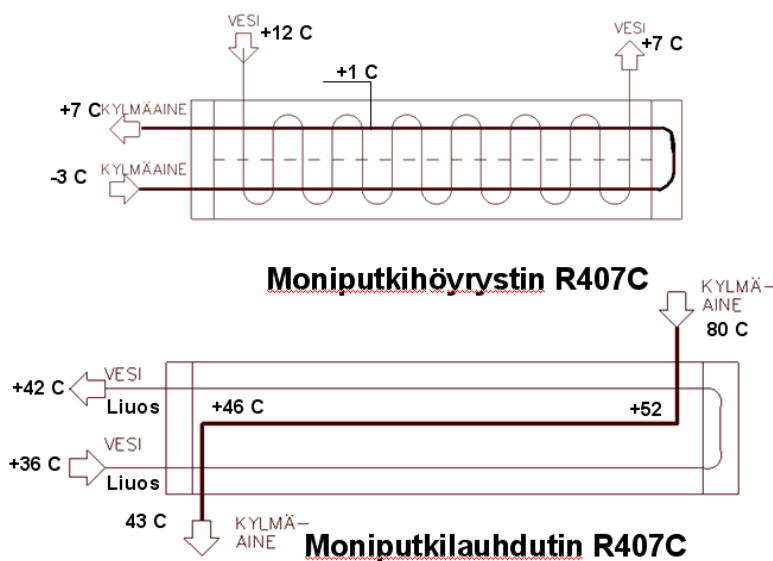


Kuva 13 Esimerkki kylmäaineen ja väliaineen periaatteellisista lämpötilan muutoksista vastavirtaan kytketyissä levyhöyrystimessä ja -lauhduttimessa kylmäaineilla R22 ja R407C

Puhtaan kylmäaineen tai azeotrooppisen kylmäaineen (tässä esimerkissä R22) vertailu zeotrooppiseen (=liukuman omaaviin) kylmäaineeseen (tässä esimerkissä R407C) pitäisi tehdä keskilämpötilassa. Levyyvaihtimet kytketään vastavirtaan ja niissä liukuma voidaan hyödyntää. Kuten kuvasta 13 nähdään R407C-kylmäaineella keskimääräinen höyrystymislämpötila on noin 2 K alhaisempi kuin R22:lla, jos paisuntaventtiilille varataan tulistusta sama 6 K, mitä R22 käytössä oli. Vastavirtaan toimivan levylauhduttimen toimintaan ja lämpötiloihin uuden kylmäaineen liukuma ei vaikuta käytännössä lainkaan, eli se toimii koko lailla samoissa olosuhteissa.



Kuva 14 Periaatekuvat moniputkivaihtimista R22:lla



Kuva 14 Periaatekuvat moniputkivaihtimista R407C:lla

Moniputkivaihtimet toimivat osassa vaihdinta vastavirtaan ja osassa myötävirtaan, ja silloin puhutaan ristivirtavaihtimista. Moniputkivaihtimien toimintaan kylmäaineen lämpötilaliukuma vaikuttaa haittaavasti, eli lämpötilaerot kylmäaineen ja väliaineen välillä kasvavat verrattuna R22-käyttöön. Käytännössä se merkitse sitä, että samassa vaihtimessa keskimääräinen höyrystyslämpötila on 2-3 K alhaisempi ja lauhtumislämpötila ainakin 3-4 K korkeampi verrattuna R22 käyttöön.

13.8 PAINELAITTEET JA VAROVENTTIILIT

Vanhat varoventtiilit on aina syytä uusia kylmäaineen vaihtotyön yhteydessä ja kannattaa myös tarkastaa, olisiko yksittäinen varoventtiili syytä korvata vaihtoventtiilillä ja kahdella varoventtiilillä.

Joissakin vanhoissa R22-laitoksissa laitoksen suunnittelpaine voi olla 24 bar ja silloin tulee vaikeuksia kylmäaineiden R404A, R422D sekä R507 kanssa, jotta suunnittelpaine vastaa kylläisen höyryn painetta 55 °C.

Kylmäaine	Suunnittelpaine
R22	20.7 bar
<u>R404A</u>	<u>24.7 bar</u>
R407C	21.4 bar
R417A 1	8.6 bar
<u>R422A</u>	<u>24.5 bar</u>
R422D	21.5 bar
R424A	18.4 bar
R427A	21.3 bar
R434A	21.8 bar
<u>R507A</u>	<u>25.7 bar</u>

Taulukko 2 Kylmäaineiden kylläisen höyryn paineita lämpötilassa 55 °C

13.9 TIIVISTEET

Kylmäainetta diffusoituu o-renkaisiin ja tiivisteisiin. Kun koneistoa tyhjiöidään, poistuu kylmäaine näistä hitaasti ja varsinkin o-renkaat saattavat turvota.

Aina on syytä vaihtaa nestevaraajan näkölasin tiiviste, koska tiivisteiden vaihto edellyttää myöhemmin nestevaraajan tyhjentämistä ja se on ongelmallista suorittaa jälkikäteen

Muita vaihtoa kaipaavia o-rengastiivisteitä saattaa olla esimerkiksi magneetti- ja paisuntaventtiileissä, kompressorien näkölaseissa sekä neulaventtiileissä.

Avokompressoreissa akselitiivisteiden vaihto pitää ehdottomasti tehdä aina uudelle kylmäaineelle ja öljylle sopivaan tyyppiin

TIIVISTEMATERIAALIT

Table 8
Compatibility of ISCEON[®] MO59 With Selected Elastomers

ISCEON [®] MO59 With POE 32		POLYESTERIÖLJY		
Elastomer	Ranking	Avg. Linear Swell, %	Avg. Durometer Unit Change	Avg. Weight Change, %
Neoprene WRT	1a	-0.6	1.5	-0.4
HNBR	1c	4.7	-8.0	13.1
NBR	1a	0.9	-5.0	3.0
EPDM	1a	0.3	3.0	1.0

ISCEON [®] MO59 With 3GS		MINERAALIÖLJY		
Elastomer	Ranking	Avg. Linear Swell, %	Avg. Durometer Unit Change	Avg. Weight Change, %
Neoprene WRT	1b	4.4	-1.0	9.9
HNBR	2c	5.0	-6.5	16.1
NBR	1b	2.8	-9.5	7.6
EPDM	2c	11.1	-15.0	42.9

Ranking is based on the appearance and the overall physical property changes.

Appearance	Physical Property change
1: No Change	a: No change
2: Moderate surface change	b: Moderate physical property change
3: Severe surface change with oil bleeding	c: Severe physical property change

TIIVISTENATERIAALIT

Table 9
Compatibility of ISCEON[®] MO79 With Selected Elastomers

ISCEON [®] MO79 With POE 32		POLYESTERIÖLJY		
Elastomer	Ranking	Avg. Linear Swell, %	Avg. Durometer Unit Change	Avg. Weight Change, %
Neoprene WRT	1a	-0.9	2.0	-0.3
HNBR	1b	3.7	-6.5	12.5
NBR	1a	2.0	-6.0	2.7
EPDM	1a	-0.3	2.5	-0.8
Silicone	3b	3.5	-15.5	10.3

ISCEON [®] MO79 With 3GS		MINERAALIÖLJY		
Elastomer	Ranking	Avg. Linear Swell, %	Avg. Durometer Unit Change	Avg. Weight Change, %
Neoprene WRT	1b	2.6	-4.0	8.8
HNBR	3c	5.7	-8.5	16.9
NBR	1b	3.0	-8.5	7.2
EPDM	1c	11.4	-14.0	42.9
Silicone	1b	5.1	-9.0	9.1

Ranking is based on the appearance and the overall physical property changes.

Appearance	Physical Property change
1: No Change	a: No change
2: Moderate surface change	b: Moderate physical property change
3: Severe surface change with oil bleeding	c: Severe physical property change

Kuva 15 MO-huoltokylmäaineille soveltuvia tiivistemateriaaleja

TASOTIIVISTEMATERIAALIT

Table 10
Compatibility of ISCEON® MO59 With Selected Plastics

ISCEON® MO59 With POE 32 POLYESTERIÖLJYT		
Plastic	Ranking	Avg. Weight Change, %
Polyester (TPME)	1c	3.17
Nylon	1a	-0.17
Epoxy	1a	0.45

ISCEON® MO59 With 3GS MINERAALIÖLJY		
Plastic	Ranking	Avg. Weight Change, %
Polyester (TPME)	1c	4.95
Nylon	1a	-0.06
Epoxy	1a	0.29

Ranking is based on the appearance and the overall physical property changes.

Appearance

- 1: No Change
- 2: Moderate surface change
- 3: Severe surface change with oil bleeding

Physical Property change

- a: No change
- b: Moderate physical property change
- c: Severe physical property change

Table 11
Compatibility of ISCEON® MO79 With Selected Plastics

ISCEON® MO79 With POE 32 POLYESTERIÖLJY		
Plastic	Ranking	Avg. Weight Change, %
Polyester (TPME)	1c	3.38
Nylon	1a	-0.06
Epoxy	1a	0.42
Polyethylene	1a	0.32
Polyimide	1a	0.23

ISCEON® MO79 With 3GS MINERAALIÖLJY		
Plastic	Ranking	Avg. Weight Change, %
Polyester (TPME)	1c	5.15
Nylon	1a	0.1
Epoxy	1a	0.27
Polyethylene	1a	0.66
Polyimide	1a	0.13

Ranking is based on the appearance and the overall physical property changes.

Appearance

- 1: No Change
- 2: Moderate surface change
- 3: Severe surface change with oil bleeding

Physical Property change

- a: No change
- b: Moderate physical property change
- c: Severe physical property change

Kuva 16 MO-huoltokylmäaineille soveltuvia tasotiivistemateriaaleja

13.10 TOIMENPITEET KYLMÄINEEN VAIHDOS

- O-renkaiden ja tiettyjen tiivisteiden vaihto
- Suodatinkuivaimen vaihto
- Nestelasin vaihto
- Mahdollisesti sulkuventtiileiden lisääminen laitokseen, jotta huolto- ja korjaustoimenpiteitä voidaan tehdä ilman, että aina tarvitsee tyhjentää kaikkia tai suurta osaa kylmäainetäytöksestä
- Mahdollisesti paisuntaventtiilin tai sen suuttimen vaihto
- Varoventtiilin vaihto
- Mahdollisesti öljynpalautuksen tehostaminen
- Mahdollisesti imusuodattimen asennus
- Mahdollisesti lisätään lämmönvaihdin imu- ja nestelinjan välille
- Paisuntaventtiilin säätö
- Ohjauslaitteiden säätö
- Varolaitteiden säätö
- Kylmäaineen ja öljyn selkeä merkitseminen

Eräät kompressorivalmistajat edellyttävät myös öljypumpun vaihtoa

13.11 Kohdattuja ongelmia, kun R22 vaihdettu HFC-huoltokylmäaineeseen

- Öljy ”hukkuu” laitokseen
- Öljyn huono liukeneminen uuteen kylmäaineeseen, nestevaraajassa kelluu öljyä kylmäaineen pinnalla, saattaa olla jopa voimasta kuohunaa
- Nestelinjassa kylmäaine vaahtoa, johtunee riittämättömästä alijäähdytyksestä, nestelinjan painehäviöt kasvaneet
- Voidaan joutua siirtymään kokonaan esterölyn käyttöön öljyongelmien vuoksi
- Öljy kuohuu kompressorin kampikammiossa, butaani liikenee liian hyvin kampikammion öljyyn
- Kompressorin voiteluongelmat; soveltuuko kompressori uudelle öljylle ja kylmäaineelle?
- Huoltokylmäaineiden suuri lämpötilaliukuma huonontaa lämmönsiirtimien toimintaa
- Vuodot, butaani huoltokylmäaineen komponenttina saattaa aiheuttaa vielä lisäongelmia tiivisteiden kanssa?
- Lika lähtee liikkeelle ja tukkii venttiilit sekä suodattimet, öljy likaantuu
- Vedenjäähdytyskoneistoissa elektronisen paisuntaventtiilin säätimen parametreissa ei ole uutta kylmäainetta
- Vedenjäähdytyskoneistoissa kylmäaineen liukumasta johtuva jäähdytysveden jäätymisriski kasvaa

13.12 Kohdattuja ongelmia, kun R22 vaihdettu HFC-kylmäaineeseen

- Kylmäaineiden suuri lämpötilaliukuma R407A ja C:llä huonontaa lämmönsiirtimien toimintaa
- Vanhan öljyn poistaminen vaikeaa, kelluu nestevaraajassa, haittaa höyrystimen lämmönsiirtoa
- Vuodot, mitkä tiivisteet pitää vaihtaa
- Lika lähtee liikkeelle ja tukkii venttiilit sekä suodattimet, öljy likaantuu
- Vedenjäähdytyskoneistoissa elektronisen paisuntaventtiilin säätimen parametreissa ei ole uutta kylmäainetta
- Varsinkin kaupan kylmässä nestelinjan magneettiventtiileiden o-rengastiivisteistä johtuvat vuodot ovat aiheuttaneet paljon ongelmia venttiileiden suuren määrän ja hankalien sijaintipaikkojen vuoksi

13.13 Vielä yhteenvetoa kokemuksista

Pienissä ja keskisuurissa kaupallisissa ja ilmastoinnin jäähdytyksen kylmälaitoksissa tehty jo paljon onnistuneita kylmäaineen vaihtoja.

Laitoskoon kasvaessa vaihtotyön huolellisuuden vaatimustaso ja riskit kasvavat.

Tiivisteistä johtuvat kylmäainevuodot tuntuvat olevan vielä suurempi ongelma HFC-huoltokylmäaineiden kanssa, butaanin vaikutus tiivisteisiin?

Paisuntaventtiilin vaihto uuteen parantaa laitoksen toimintaa

Jos on siirrytty HFC-kylmäaineeseen, lopputulos on sitä parempi, mitä pienempi on vanhan mineraaliöljyn pitoisuus laitoksessa

Kaupankylmän rinnankytketyissä koneistoissa olisi parempi vaihtaa R22 tilalle R404A. Esteriöljyn ja kylmäaineen keskinäinen käyttäytyminen tunnetaan silloin hyvin. Vaihtotyö täytyy saada onnistumaan kerrasta. Kylmäainevuodot ovat silti ongelmana kummassakin kylmäainevaihtoehdossa.

Ruuvikompressorikoneistoissa ei yleensä voi käyttää HFC-huoltokylmäainetta. Öljynerotus öljynerottimessa ei välttämättä toimi kylmäaineen liian suuren öljyn liukenemisen vuoksi, öljy alkaa vaahdota.

Vedenjäähdytyskoneistojen kylmäainemuutoksista kannattaa tiedustella niiden maahantuojalta tai valmistajalta.

Vedenjäähdytyskoneiston kylmäainetäytöstä talteen otettaessa täytyy muistaa pitää jäähdytys- ja lauhdutusvesikierron päällä, jotta ei jäädytetä lämmönvaihtimia kylmäaineen talteenoton yhteydessä.

Kaikissa niissä vaihtoehtoissa, missä vanhan kylmälaitoksen kylmäaine vaihdetaan toiseksi, vastuista pitää tehdä selkeä sopimus asiakkaan kanssa.

Vanhalle laitokselle on todella riskialtista myöntää mitään takuuta. Samoin kylmäaineen vaihdossa tapahtuvista jäähdytystehon tai hyötysuhteen muutoksista on vaarallista ottaa korvausvelvollista vastuuta.

Nämä asiat on syytä tuoda selkeästi esille asiakkaalle jo tarjousvaiheessa.

Lähdemateriaalia

Bitzer	KT-651-1 Retrofitting of medium and low temperature systems to alternative refrigerants
Danfoss	R22 Retrofit, May 18 th 2009
Esko Kaappola	SKY Koulutuspäivät 2009 R22 kylmäainevaihtoehtojen käytännön tarkastelua

<http://www.refrigeration-engineer.com> keskustelupalsta