

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**R-1234YF SOĞUTKANLI ASANSÖR
İKLİMLENDİRME ÜNİTESİ TASARIMI**

Mustafa ARAZ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 625.04.00

Sunuş Tarihi : 28.06.2013

Bornova-İZMİR

2013

Mustafa ARAZ tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “R-1234yf Soğutkanlı Asansör İklimlendirme Ünitesi Tasarımı” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 28.03.2013 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

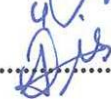
Jüri Başkanı : Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

Raportör Üye : Prof. Dr. Arif HEPBAŞLI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Özay AKDEMİR

İmza


.....

.....

.....

ÖZET**R-1234YF SOĞUTKANLI ASANSÖR
İKLİMLENDİRME ÜNİTESİ TASARIMI**

ARAZ, Mustafa

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

Haziran 2013, 109 sayfa

Bu tez çalışmasında bir asansör iklimlendirme ünitesi tasarlayarak, dört farklı soğutucu akışkanın, R-1234yf, R-134a, R-410A ve R-407C'nin bu soğutma sistemindeki performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

İklimlendirme sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar, düşük küresel ısınma potansiyeline sahip, alternatif soğutucu akışkanlara olan ihtiyaç ve bu akışkanlara olan geçiş süreci, yapılan yasal düzenlemeler ışığında, incelenmiştir.

Yeni geliştirilmiş olan R-1234yf soğutucu akışkanı hakkında detaylı bilgi, literatürde yer alan çalışmalar ışığında verilerek, soğutma uygulamalarındaki kullanımı ortaya konmuştur. On farklı buharlaştırıcı sıcaklığı ve üç farklı yoğusturucu sıcaklığı için ideal çevrim analizleri gerçekleştirilerek, kullanılacak olan dört soğutucu akışkanın, R-134a, R-1234yf, R-410A ve R-407C, bu şartlardaki gösterecekleri performans değerlendirilmiştir.

Bir asansör kabini ele alınarak, bu kabin için bir soğutma yükü analizi gerçekleştirilmiş ve akabinde 2,6 kW soğutma kapasitesine sahip bir sistem için, soğutma çevrimi analizleri bahsedilen soğutucu akışkanlar için gerçekleştirilerek, soğutma ekipmanlarının seçimi için gerekli hesaplamalar yapılmıştır. R-410A için bu ana ekipmanların seçimi bu sonuçlar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Bir asansör iklimlendirme ünitesinin tasarımında dikkate alınması gereken bazı unsurlara değinilmiştir. İklimlendirme cihazlarının performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan test standartları ve yöntemleri aktararak, kalorimetrik oda yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

Son olarak ise bulgular değerlendirilerek, R-1234yf'nin diğer soğutucu akışkanlarla çok yönlü bir karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, dört soğutucu akışkan içerisinde en iyi performansı, 4,384'lük STK değeri ile, R-134a göstermiştir. R-134a'yı R-407C ve R-1234yf takip etmiş, son sırayı ise R-410A almıştır. R-1234yf ve R-407C'nin STK değerleri arasında çok küçük bir fark olduğu görülmüştür. Soğutucu akışkan maliyeti açısından bir kıyaslama yapıldığında ise R-1234yf fiyatlarının yaklaşık olarak 600 TL/kg olduğu, ve söz konusu soğutucu akışkanlar içerisinde en yüksek maliyete sahip olduğu görülmektedir. Ancak fiyatının düşmesiyle birlikte ilerleyen zamanda kendine özellikle mobil iklimlendirme sektöründe yer bulması beklenmektedir.

Anahtar sözcükler: Asansör kliması, soğutma, soğutucu akışkan, küresel ısınma potansiyeli, R-1234yf, R-134a, R-410A, R-407C.

ABSTRACT

DESIGN OF AN ELEVATOR AIR CONDITIONING UNIT USING R-1234YF

ARAZ, Mustafa

MSc in Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

June 2013, 109 pages

In this thesis, it was aimed to design an elevator air conditioning unit. In this context, utilization of four different refrigerants, R-1234yf, R-134a, R-410A and R-407C were assessed, theoretically.

The need for low GWP refrigerants and the transition to these refrigerants were explained in a chronological order, while the legislations and restrictions were also considered.

The new refrigerant R-1234yf was explained in more detail and its utilization in refrigeration applications was presented. Ideal cycle analyses of R-134a, R-1234yf, R-410A and R-407C, were performed at ten different evaporating and three condensing temperatures. Their performances were assessed and compared with each other.

Cooling load calculations were made for an elevator car and subsequently, the cooling cycle analyses of these four refrigerants at a cooling load of 2.6 kW were made for these four refrigerants. The main components of the system using R-410A were selected according to the results of the cycle analysis.

Some factors, such as dimensional restrictions and removal of the condensing water, were mentioned. The test standards and methods, which have been commonly used in performance tests and energy labeling of air conditioners were explained. One of the test methods, the calorimeter room method, was also explained.

Finally, the findings were assessed and the performance of R-1234yf was compared to that of other refrigerants. According to the results, R-134a showed the best performance among these for refrigerants, with a COP of 4.384. It was followed with R-407C and R-1234yf, between which was a very small difference and R-410A had the lowest COP. It is stated that R-1234yf has the highest cost, 600 TL/kg, among four refrigerants. However, it can be used in the future, especially in mobile air conditioning systems, when the cost of it decreases.

Keywords: Elevator air conditioner, refrigeration, refrigerant, global warming potential, R-1234yf, R-134a, R-410A, R-407C.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, 01075.STZ.2011-2 nolu SANTEZ projesi olarak, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir. Destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Proje kapsamında yürütülen bu tez çalışması boyunca, değerli katkıları için tez danışmanım, aynı zamanda proje yürütücüsü olan, hocam, Sn. Prof. Dr. Ali GÜNGÖR'e, proje danışmanları Sn. Yrd. Doç. Dr. Utku ŞENTÜRK ve Sn. Doç. Dr. Hüseyin GÜNERHAN'a, çalışma süresince devam eden destekleri, yardımları ve işbirlikleri için SAFKAR A.Ş. AR-GE birimi çalışanlarına, proje kapsamında yapılan çalışmalar için gerekli zaman konusunda her türlü kolaylığı sağlayan hocam Sn. Prof. Dr. Arif HEPBAŞLI'ya, eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve bu süreç boyunca her zaman yanımda yer alarak, beni destekleyen Gizem ÇALIŞKAN'a teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLERSayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxvii
1. GİRİŞ.....	1
2. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE SOĞUTUCU AKIŞKANLAR.....	3
3. YASAL DÜZENLEMELER.....	7
3.1 Montreal Ve Kopenhag Protokolleri.....	7
3.2 Kyoto Protokolü.....	8
3.3 F-Gaz Yönetmeliği.....	8
3.4 Avrupa Birliği Mobil İklimlendirme Yönergesi.....	10
4. DÜŞÜK KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİNE SAHİP SOĞUTUCU AKIŞKANLAR.....	11
4.1 Doğal Soğutucu Akışkanlar.....	12
4.1.1 Amonyak (R-717).....	14

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.1.2 Karbondioksit (R-744).....	15
4.1.3 Hidrokarbonlar.....	16
4.2 Hidroflorokarbonlar.....	18
4.3 Geliştirilmekte Olan Soğutucu Akışkanlar.....	18
4.4 Yeni Soğutucu Akışkanlar.....	20
4.4.1 R-1234ze.....	20
5. R-1234YF.....	25
5.1 Emniyet.....	26
5.1.1 Zehirlilik.....	26
5.2.2 Yanıcılık.....	27
5.1.3 Risk değerlendirmesi.....	29
5.2 Isıl Kararlılık.....	30
5.3 Diğer Materyallerle Uyumluluk.....	31
5.4 Yağlayıcılarla Karışabilirlik.....	32
5.5 Çevresel Özellikler.....	32
5.6 Performans.....	35
5.6.1 Termodinamik özellikler.....	35

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.6.2 Performans testleri.....	36
6. ASANSÖR KABİNİ İÇİN SOĞUTMA YÜKÜ/ISI KAZANCININ BELİRLENMESİ.....	43
6.1 Çatılar, Dış Duvarlar Ve Pencereleden İletimle Olan Soğutma Yüğü.....	46
6.2 Pencereleden Güneş Işınımı İle Oluşan Soğutma Yüğü.....	47
6.3 İç Duvarlar, Bölmeler, Tavan Ve Döşemelerden Isı Geçışı İle Olan Soğutma Yüğü.....	47
6.3.1 Dış ortam ısı taşınım katsayısının belirlenmesi.....	49
6.3.2 İç ortam ısı taşınım katsayısının belirlenmesi.....	50
6.3.3 Yan duvarlar için toplam ısı transfer katsayısının belirlenmesi.....	51
6.3.4 Kabin tabanı için toplam ısı transfer katsayısının belirlenmesi.....	51
6.3.5 Kabin tavanı için toplam ısı transfer katsayısının belirlenmesi.....	52
6.4 İç Kaynaklardan Olan Soğutma Yüğü.....	52
6.4.1 İnsanlardan kaynaklanan soğutma yüğü.....	53
6.4.2 Aydınlatmadan kaynaklanan soğutma yüğü.....	54
6.4.3 Cihazlardan kaynaklanan soğutma yüğü.....	54
6.5 Havalandırma Ve Hava Sızması İle Oluşan Soğutma Yüğü.....	54
6.6 Diğer Yüğü.....	56

İÇİNDEKİLER(devam)Sayfa

7. SOĞUTMA ÇEVİRİMİ ANALİZİ.....	58
7.1 Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Çevrimi.....	59
7.2 İdeal Çevrim Analizi.....	61
7.3 R-1234yf İçin Soğutma Çevrimi Analizi Sonuçları.....	67
7.4 R-134a İçin Soğutma Çevrimi Analizi Sonuçları.....	70
7.5 R-410A İçin Soğutma Çevrimi Analizi Sonuçları.....	72
7.6 R-407C İçin Soğutma Çevrimi Analizi Sonuçları.....	74
7.7 Sonuçların Karşılaştırılması.....	76
8. SOĞUTMA ELEMANLARININ SEÇİMİ.....	79
8.1 Kompresör.....	79
8.2 Buharlaştırıcı.....	80
8.3 Buharlaştırıcı Fanı.....	81
8.4 Yoğuşturucu.....	83
8.5 Yoğuşturucu Fanı.....	84
8.6 Genleşme Elemanı.....	86
9. ASANSÖR KLİMASI TASARIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN UNSURLAR.....	88

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

9.1 Boyutsal Kısıtlar.....	88
9.2 Yoğuşma Suyunun Yok Edilmesi.....	92
9.2.1 Püskürtme yöntemi.....	92
9.2.2 Kaynatma yöntemi.....	92
9.2.3 Basamaklandırma (Cascading) yöntemi.....	92
9.2.4 Drenaj yöntemi.....	93
10. TEST YÖNTEMLERİ VE MEVCUT ÜNİTENİN TESTİ.....	94
11. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....	100
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	104
ÖZGEÇMİŞ.....	109
EKLER.....	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Soğutucu akışkan olarak eter kullanan ilk buhar sıkıştırılmalı makinelerden biri.....	4
2.2 Geçmişten günümüze soğutucu akışkanlar.....	4
2.3 Midgley'in periyodik tablo üzerinde yaptığı çalışma.....	6
2.4 Soğutucu akışkanların küresel ısınmaya olan etkisi.....	6
4.1 Düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanların sınıflandırılması.....	12
4.2 Amonyak piyasasının durumu.....	15
4.3 Karbondioksit piyasasının durumu.....	16
4.4 Hidrokarbon piyasasının durumu.....	17
4.5 Drop-in testte ölçülen sistem performansları.....	20
4.6 R-1234ze ve diğer soğutucu akışkanların buhar basıncı eğrileri.....	22
4.7 R-1234ze'nin basınç-entalpi diyagramı.....	22
5.1 R-1234yf'nin kimyasal formülü.....	25
5.2a Yanma meydana gelmesi ihtimali.....	28
5.2b Yanmanın meydana getireceği etki.....	28
5.3a Alternatif soğutkanlı sistemlerin neden olduğu küresel emisyonların R-134a'lı sistemlerden kaynaklanan emisyonlarla karşılaştırılması.....	34

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.3b Araç başına düşen emisyonların karşılaştırılması.....	34
5.4 R-134a ve R-1234yf'nin buhar basıncı eğrilerinin karşılaştırılması.....	35
5.5a Yoğunluk-sıcaklık eğrisi.....	35
5.5b Gizli ısı – sıcaklık eğrisi.....	35
5.6 Sistem kapasitelerinin karşılaştırılması.....	38
5.7 Sistem etkinliklerinin karşılaştırılması.....	38
5.8 Hava sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	38
5.9 Yakıt tüketimlerinin karşılaştırılması.....	39
5.10a Optimize edilmiş sistem etkinliklerinin karşılaştırılması.....	40
5.10b Optimize edilmiş sistem hava sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	40
5.11 Hacimsel soğutma kapasitelerinin karşılaştırılması.....	41
5.12 Gerekli kompresör işlerinin karşılaştırılması.....	41
5.13 Sistem STK'larının karşılaştırılması.....	42
6.1a Asansör kabininin üstten görünüşü.....	44
6.1b Asansör kabininin yandan görünüşü.....	44
6.2 Asansör kabini yüzey alanları.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.1 Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi.....	59
7.2 Soğutma çevriminin basınç - entalpi diyagramı.....	60
7.3 45 °C yoğuşturucu sıcaklığında sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması.....	61
7.4 50 °C yoğuşturucu sıcaklığında sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması.....	62
7.5 55 °C yoğuşturucu sıcaklığında sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması.....	62
7.6 45 °C yoğuşturucu sıcaklığında kütleel debilerin karşılaştırılması.....	63
7.7 50 °C yoğuşturucu sıcaklığında kütleel debilerin karşılaştırılması.....	64
7.8 55 °C yoğuşturucu sıcaklığında kütleel debilerin karşılaştırılması.....	64
7.9 45 °C yoğuşturucu sıcaklığında kompresör güçlerinin karşılaştırılması.....	65
7.10 50 °C yoğuşturucu sıcaklığında kompresör güçlerinin karşılaştırılması.....	65
7.11 55 °C yoğuşturucu sıcaklığında kompresör güçlerinin karşılaştırılması.....	66

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.12 45 °C yoğuşturucu sıcaklığında soğutma tesir katsayılarının güçlerinin karşılaştırılması	66
7.13 50 °C yoğuşturucu sıcaklığında soğutma tesir katsayılarının güçlerinin karşılaştırılması	67
7.14 55 °C yoğuşturucu sıcaklığında soğutma tesir katsayılarının güçlerinin karşılaştırılması	67
7.15 R-1234yf çevriminin basınç - entalpi diyagramı.....	69
7.16 R-1234yf çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı.....	69
7.17 R-134a çevriminin basınç - entalpi diyagramı.....	71
7.18 R-134a çevriminin sıcaklık entropi diyagramı.....	71
7.19 R-410A çevriminin basınç - entalpi diyagramı.....	73
7.20 R-410A çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı.....	73
7.21 R-407C çevriminin basınç - entalpi diyagramı.....	75
7.22 R-407C çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı.....	75
7.23 Sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması.....	76
7.24 Soğutucu akışkan kütleli debilerinin karşılaştırılması.....	77

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.25	Güç tüketimlerinin karşılaştırılması.....77
7.26	Yoğuşturucu kapasitelerinin karşılaştırılması.....78
7.27	Soğutma tesir katsayılarının karşılaştırılması.....78
8.1	36 BT/E cihazı.....79
8.2	R-410A kompresörü.....80
8.3	Kompresörün yan ve üst görünüşleri.....80
8.4	Buharlaştırıcı.....81
8.5	Buharlaştırıcı fanı.....82
8.6	Buharlaştırıcı fanının boyutları.....82
8.7	Buharlaştırıcı fanı karakteristik eğrisi.....83
8.8	Yoğuşturucu.....84
8.9	Yoğuşturucu fanı.....85
8.10	Yoğuşturucu fanının boyutları.....85
8.11	Yoğuşturucu fanı karakteristik eğrisi.....86

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.1 Asansör iklimlendirme ünitesi uygulaması.....	88
9.2a Askı tertibatsız kabin üstü.....	89
9.2b Askı tertibatlı kabin üstü.....	89
9.3 Askı tertibatı kabinin ortasında.....	90
9.4 Askı tertibatı kabinin kenarında.....	91
10.1 Kalibre edilmiş tip kalorimetrik oda.....	96
10.2a Performans test merkezi.....	97
10.2b Test arabası.....	97
10.3a Dış ortamdaki soğutucular.....	97
10.3b Dış ortamdaki ısıtıcı.....	97
10.4a Mevcut asansör kliması.....	98
10.4b İç görünüşü.....	98
10.5a Cihazın test odasına bağlanması.....	98
10.5b Test odasının görünüşü.....	98
10.6 Oda sıcaklığının zamanla değişimi.....	99

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanların temel özellikleri.....	12
4.2 Doğal soğutucu akışkan teknolojilerinin Avrupa'daki durumu.....	13
4.3 Doğal soğutkanların sektördeki durumu.....	14
4.4 Hidrokarbon karışımları ve özellikleri.....	18
4.5 Geliştirilmekte olan soğutucu akışkanların karşılaştırılması.....	19
4.6 R-1234ze'nin temel özellikleri.....	21
4.7 R-1234ze'nin yanıcılık özellikleri.....	21
4.8 Enerji tüketimi ve çalışma sürelerinin R-134a ile karşılaştırılması.....	23
4.9 Bir iklimlendirme sisteminin çevrim analizi	24
5.1 R-1234yf ve R-134a'nın temel özelliklerinin karşılaştırılması	26
5.2 Soğutucu akışkanların zehirlenme etkisi	26
5.3 R-1234yf'nin yanıcılık özellikleri	27
5.4 Araçta meydana gelebilecek çeşitli kaza risklerinin R-1234yf ile ilgili risklerle karşılaştırılması.....	29
5.5 R-1234yf sızıntısıyla ilgili risklerin çeşitli olaylar sonucu oluşabilecek yaralanma ve ölüm riskleriyle karşılaştırılması.....	30
5.6 R-1234yf'nin ısı kararlılığının R-134a ile karşılaştırılması	31

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.7 R-1234yf'nin plastiklerle uyumluluğu[ND8 PAG (100 °C'de iki hafta)].....	31
5.8 R-1234yf'nin elastomerlerle uyumluluğu[ND8 PAG (100 °C'de iki hafta)].....	32
6.1 Yan duvarlarda kullanılan malzemeler ve özellikleri	51
6.2 Kabin tabanında kullanılan malzemeler ve özellikleri	52
6.3 Asansör kabinine ait ısı kazançları	58
7.1 Soğutma çevrimi girdileri	68
7.2 R-1234yf için ana elemanların giriş ve çıkışındaki soğutucu akışkan özellikleri.....	68
7.3 R-1234yf çevrimi sonuçları	68
7.4 R-134a için ana elemanların giriş ve çıkışındaki soğutucu akışkan özellikleri.....	70
7.5 R-134a çevrimi sonuçları	70
7.6 R-410Aa için ana elemanların giriş ve çıkışındaki soğutucu akışkan özellikleri.....	72
7.7 R-410A çevrimi sonuçları.....	72
7.8 R-407C için ana elemanların giriş ve çıkışındaki soğutucu akışkan özellikleri.....	74
7.9 R-407C çevrimi sonuçları.....	74

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
7.10 Soğutucu akışkanların karşılaştırılması.....	76
8.1 Seçilen R-410A kompresörünün özellikleri.....	80
8.2 Buharlaştırıcı fanının özellikleri.....	83
8.3 Denklem 8.3'te kullanılacak katsayılar.....	87
10.1 Dünya'da kullanılan bazı test standartları.....	94
10.2 İki test yönteminin farkları.....	95
10.3 Kalorimetrik oda ölçüleri.....	96
10.4 Test sonuçları.....	99

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
q	Soğutma yükü (W)
W	Özgül nem (kg/kg)
U	Isı transfer katsayısı ($W/m^2.K$)
A	Alan (m^2)
R	Isıl direnç ($m^2.K/W$)
t_b	Bitişik ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
t_i	İç ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
h_i	İç ortamdaki ısı taşınım katsayısı ($W/m^2.K$)
h_d	Dış ortamdaki ısı taşınım katsayısı ($W/m^2.K$)
R_{top}	Toplam ısıl direnç ($m^2.K/W$)
A_k	Asansör kapısı alanı (m^2)
A_d	Diğer alanların toplamı (m^2)
Re	Reynolds sayısı
V_d	Asansör hızı (m/s)
ϑ_d	Kinematik viskozite (m^2/s)
L	Uzunluk (m)
Pr	Prandtl sayısı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
k	Isı iletim katsayısı (W/m.K)
Nu	Nusselt sayısı
$R_{taş,d}$	Dış ortamdaki taşınım direnci ($m^2.K/W$)
R_{duvar}	Asansör duvarı direnci ($m^2.K/W$)
$R_{taş,i}$	İç ortamdaki taşınım direnci ($m^2.K/W$)
Gr_L	Grasshof sayısı
Ra_L	Rayleigh sayısı
F_{ul}	Kullanma çarpanı
F_{sa}	Armatür çarpanı
$R_{top,yd}$	Yan duvarlardaki toplam ısı direnç ($m^2.K/W$)
U_{yd}	Yan duvarlardaki ısı transfer katsayısı (W/ $m^2.K$)
q_{yd}	Yan duvarlardan olan ısı kaybı (W)
$R_{top,tb}$	Asansör tabanındaki toplam ısı direnç ($m^2.K/W$)
U_{tb}	Asansör tabanındaki ısı transfer katsayısı (W/ $m^2.K$)
q_{tb}	Asansör tabanından olan ısı kaybı (W)
$R_{top,tv}$	Asansör tavanındaki toplam ısı direnç ($m^2.K/W$)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
U_{tv}	Asansör tavanındaki ısı transfer katsayısı ($W/ m^2.K$)
q_{tv}	Asansör tavanından olan ısı kaybı (W)
q_s	Duyulur ısı kazancı (W)
q_l	Gizli ısı kazancı (W)
C_p	Özgül ısı ($kJ/kg.K$)
ρ	Yoğunluk (kg/m^3)
Q	Hacimsel debi (m^3/s)
P	Basınç
h	Entalpi
N_{max}	Maksimum insan sayısı
SHG_a	Aydınlatmadan olan duyulur ısı kazancı
$q_{s,ayd}$	Aydınlatmadan olan soğutma yükü
$q_{s,cih}$	Cihazlardan olan soğutma yükü
SHG_{cih}	Cihazlardan olan duyulur ısı kazancı
m	Kütleli debi (kg/s)
$P_{yoğ}$	Yoğuşturucu basıncı
P_{buh}	Buharlaştırıcı basıncı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ODP	Ozon inceltme potansiyeli
GWP	Küresel ısınma potansiyeli
CFC	Kloroflorokarbon
HCFC	Hidrofloroklorokarbon
HFC	Hidroflorokarbon
MAC	Mobil iklimlendirme ünitesi
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
DME	Dimetileter
LGWP	Düşük küresel ısınma potansiyeli
N/A	Mevcut değil
DR	Geliştirilmekte olan soğutucu akışkan
COP	Performans katsayısı
APF	Yıllık performans faktörü
LCCP	Yaşam boyu iklim performansı
LFL	Alt yanma limiti
UFL	Üst yanma limiti
MIE	Minimum tutuşma enerjisi (mJ)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
BV	Yanma hızı (cm/s)
ATEL	Akut toksisite maruz kalma limiti (ppm)
HAD	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
AHRI	Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute
ITK	Isıtma tesir katsayısı
KTS	Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (°C)
HOC	Yanma ısısı (MJ/kg)
HFO	Hidrofloroolefin
ISO	International Organization for Standardization
POE	Poliester
JAMA	Japan Automotive Manufacturers Association
JAPIA	Japan Auto Parts Industries Association
STK	Soğutma tesir katsayısı
MDF	Orta yoğunlukta fiber levha
PVC	Polivinil klorür
CLTD	Soğutma yükü sıcaklık farkı
SCL	Güneş soğutma yükü

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
CLF	Soğutma yükü faktörü
TFM	Geçiş fonksiyonu yöntemi
RTF	Oda geçiş fonksiyonları
SHG	Duyulur ısı kazancı (W)
LHG	Gizli ısı kazancı (W)
ODI	Oda duyulur ısısı (W)
OGI	Oda gizli ısısı (W)
EER	Enerji verimlilik oranı

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ve iklimlendirme cihazlarının yaygınlaşması ile birlikte ısıl konforun sağlanması günümüzde olmazsa olmaz bir hal almıştır ve günümüzde artık asansörlere kadar inmiştir.

Asansör iklimlendirmesi dünyada gittikçe popüler bir konsept haline gelmektedir. Özellikle hastaneler, oteller ve büyük iş merkezleri gibi yapılarda, asansör kabinlerinde oluşan aşırı ısınin, kullanıcılarına verdiği rahatsızlığı ortadan kaldırma, yani asansör kabini içerisinde de konforun sağlanmak istenmesi bunun ana nedenidir. Bazı soğuk iklim bölgelerinde çevrimi tersine çevirerek asansör kabini havasının ısıtıldığı uygulamalar da söz konusudur. Asansör klimalarının sağladığı bir fayda da insan sağlığı konusundadır. Klima olmayan asansörlerde asansör boşluğunda bulunan hava bir fan aracılığıyla direk olarak asansör kabinine verilmektedir. Bu da asansör boşluğunda bulunan insan sağlığına zarar vermesi muhtemel her türlü bakteri ve mikroorganizmaların doğrudan kabine geçmesi ve kabinde bulunan insanlar tarafından solunması anlamına gelmektedir. Asansör kabininin bir klima aracılığı ile iklimlendirilmesi durumunda ise bu durum tamamen ortadan kaldırılmış olmaktadır. Klima asansör kabininden aldığı havayı filtre ederek tekrar asansör kabinine göndermektedir. Böylece asansör kabini havası da sürekli olarak bir filtre işleminden geçmiş olmaktadır. Bu nedenle de asansör kliması uygulamaları daha da önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada da böyle bir asansör iklimlendirme ünitesi tasarlanması ve R-1234yf, R-134a, R-410A ve R-407C olmak üzere dört farklı soğutucu akışkanın performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. R-1234yf yeni bir soğutucu akışkan olması nedeniyle çok detaylı bir literatür taraması yapılarak, soğutma uygulamalarındaki kullanımı incelenmiştir.

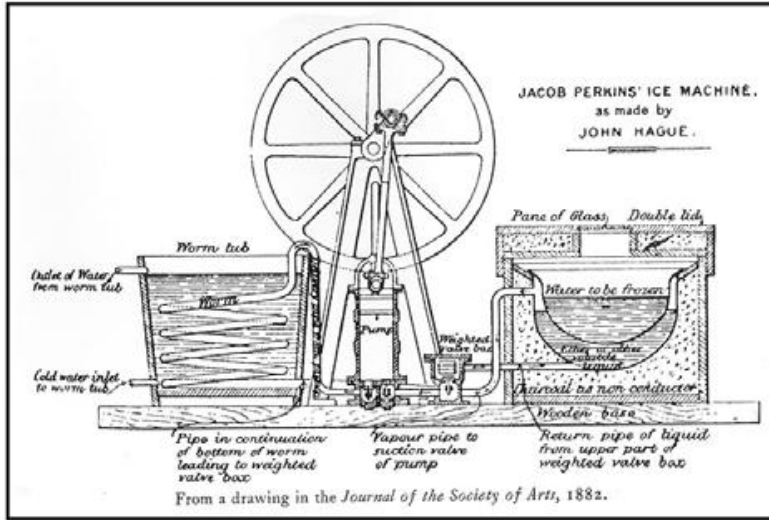
Soğutucu akışkanların çevreye olan etkileri konusunda bilinmesi gereken ve sonraki bölümlerde sıklıkla kullanılacak olan bazı iki temel kavram olan ODP ve GWP ifadeleri aşağıda açıklanmıştır:

Ozon İnceltme (Aşındırma) Potansiyeli (Ozone Depletion Potential: ODP): Bir maddenin ozon tabakasına zarar verme riskini ifade eden ozon inceltme potansiyeli, ODP'si 1 olarak kabul edilen R-11 molekülü referans alınarak ifade edilir (Keogh, 2005).

Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential: GWP): Sera gazı tesiri ile gezegen ısınma etkisinin bir göstergesidir ve küresel ısınma potansiyeli değerleri GWP'si 1 olan karbondioksit (CO₂) referans alınarak hesaplanır (Keogh, 2005).

2. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

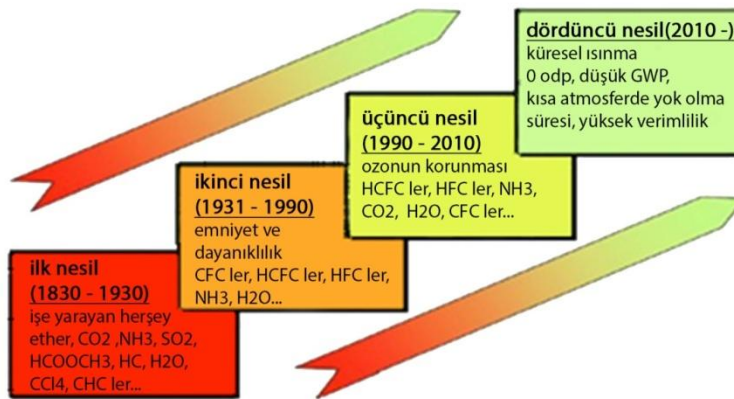
Soğutma tarihi, depolanmış buzun kullanıldığı, suyun buharlaştırıldığı ve benzer evaporatif proseslerin kullanıldığı, eski çağlara uzanmaktadır. 1600 ve 1700'lü yıllarda birçok araştırmacı faz değişim fiziği üzerinde çalışarak yapay soğutmanın temellerini atmışlardır (Calm, 2008). Bu bilim adamlarından biri olan William Cullen, 1756'da yapay soğutmayı gösterdiği, "Buharlaştıran sıvılar ve sıvı-benzerlerinden soğuk şartlar üretilmesi" isimli makalesini yayınlamıştır. Cullen, kısmi vakum yaratmak için dietil kap üzerine yerleştirilmiş bir pompa kullanarak kaynama noktasına erişen sıvıların buharlaşma ısıyla absorbe edilmesinin ardından etrafını soğutması prensibinden yararlanıyordu ve böylece küçük bir miktar buz üretebiliyordu ancak ticari bir uygulaması söz konusu değildi (William Cullen, 2013). Oliver Evans (Calm 2008; Evans'tan, 1805) ise suyu buz haline getirmek için kapalı bir çevrimde uçucu bir sıvının kullanılması prensibine dayanan bir sistem önermiştir. Evans'ın önermiş olduğu bu sistemde soğutma işlemi, eterin vakum altında buharlaştırılması ile gerçekleşiyor ve sonrasında eter tekrar kullanılabilmesi için yoğunlaştırılmak üzere su soğutmalı bir ısı değiştiriciye pompalanıyordu. Evans'ın çalışan bir makine yaptığıyla ilgili herhangi bir kayıt olmasa da fikirleri muhtemelen Jacob Perkins ve Richard Trevithick'i etkilemiştir. Richard Trevithick, soğutma için bir hava çevrimi sistemi önermiş ancak Evans'a benzer şekilde çalışan bir sistemi hayata geçirmemiştir (Calm, 2008). Perkins ise ilk buhar sıkıştırırmalı makineyi icat ederek, gerçek anlamda soğutucu akışkanlarla tanışmamızı sağlamıştır. Perkins'in 1834 tarihli patentinde, soğutma ve dondurma için uçucu bir sıvının kullanımı ve ardından bu sıvıyı yoğunlaştırma suretiyle hiçbir kayıp olmadan tekrar çevrime sokma esasına dayanan bu sistem açıklanmaktadır (Calm, 2008; Perkins'ten, 1834). Şekil 2.1'de soğutucu akışkan olarak eter kullanan ilk buhar sıkıştırırmalı makinelerden birinin çizimi verilmiştir.



Şekil 2.1. Soğutucu akışkan olarak eter kullanan ilk buhar sıkıştırılmalı makinelerden biri (Palm, 2012).

Calm (2008), yapmış olduğu çalışmada soğutucu akışkanları sahip olması gereken özelliklere göre ve kronolojik çerçeveye uygun bir şekilde 4 nesle ayırmıştır. Yapılan bu sınıflandırma Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

Yapılan sınıflandırmadan da görüldüğü üzere ilk 2 nesil oldukça geniş bir zaman dilimine (1. nesil için 100 yıl ve 2. nesil için 60 yıl) yayılmış, yani soğutucu akışkanlar yavaş bir değişim göstermiştir. 3. nesilden dördüncüye geçişte ise küresel ısınmanın etkisi açıkça ortaya çıkmış ve bu nesil sadece 20 yıl sürmüştür.



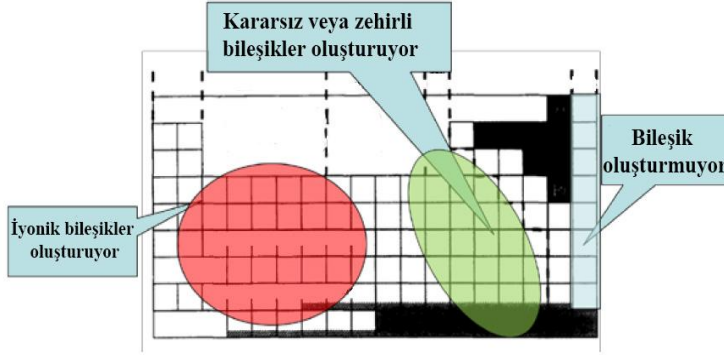
Şekil 2.2. Geçmişten günümüze soğutucu akışkanlar (Calm, 2008).

1830 – 1930 yılları arasındaki 100 yıl süreyi kapsayan ve çeşitli çözümler ve uçucu akışkanların bulunduğu birinci nesilde, mevcut olan ve işe yarayan her

türlü akışkanın kullanıldığı görülmektedir (Calm, 2008). Ancak bu dönemde kullanılan soğutucu akışkanların hepsi ya zehirleyici ya yanıcı ya da hem yanıcı hem zehirleyiciydi. O zamanlarda sadece açık tip kompresörler mevcut idi ve saftlardan olan küçük kaçaklar kaçınılmazdı (Palm, 2011). Bu nedenle de soğutkanların bu özelliklerinden kaynaklanan kazalar oldukça yaygındı. Bu nedenle de emniyetli ve devamlı bir şekilde kullanılabilecek bir soğutucu akışkan ihtiyacı ortaya çıkmış ve bu yönde çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 1920'lerin başlangıcında Willis H. Carrier ve R.W. Waterfill birçok soğutucu akışkan adayını, pozitif sıkıştırılmalı ve santrifüj sıkıştırma makinelerinde kullanımlarının uygunluğunu incelemişlerdir (Calm, 2008; Carrier and Waterfill'den, 1924).

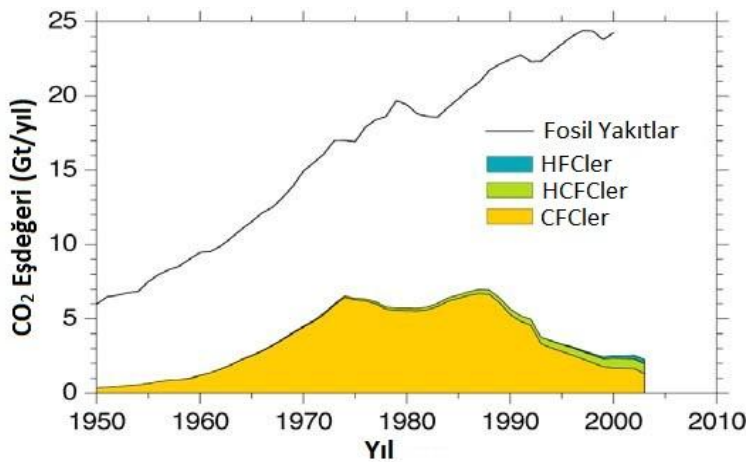
Gerçek anlamda emniyetli bir soğutucu akışkan ise Thomas Midgley, Jr., Albert L. Henne ve Robert R. McNary tarafından yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Midgley (1837), periyodik tabloda yer alan elementler arasından yetersiz uçuculuğa sahip olanları, kararsız ve zehirli olanları elemek suretiyle yaptığı çalışmada geriye sadece 8 element kaldığını görmüştür: karbon, nitrojen, oksijen, sülfür, hidrojen, flor, klor ve brom (Calm, 2008). Midgley'in yapmış olduğu bu çalışma Şekil 2.3'de verilmiştir. Bu 8 elementin farklı bileşimleri üzerinde yaptıkları çalışmada yanıcılık ve zehirlilik üzerinde kritik gözlemler yapmışlardır. Ayrıca, o anda mevcut olan tüm soğutucu akışkanların hepsinin bu elementlerin 7'sinden oluştuğunu ve hepsinde flor olduğunu ortaya koymuşlardır. Tüm bu çalışmalar sonucunda kloroflorokarbonlar (CFC: chlorofluorocarbon) ortaya çıkmış; ilk olarak 1930 yılında R-12 ve hemen akabinde 1931'de R-11 soğutucu akışkanlarının ticari üretimi başlamıştır. İlerleyen yıllarda hidrokloroflorokarbonlar (HCFC: hydrofluorochlorocarbon) ortaya çıkmış ve bu iki soğutucu akışkan türü (CFC ve HCFC) amonyakla birlikte ikinci nesli domine etmiştir (Calm, 2008).

Ortaya çıkmalarından yaklaşık 50 yıl kadar sonra, halokarbon moleküllerinin kararlılığının onları klorun stratosfere taşınması için ideal birer taşıyıcı yaptığı ve klorun ozon tabakasına olan etkisi ortaya konmuştur. Akabinde gerçekleşen Montreal protokolü ile birlikte, CFC ve HCFC'lerin kullanımının azaltılması ve tamamen yasaklanması bir takvime bağlanmıştır. Bu süreç de hidroflorekarbonların (HFC: hydrofluorocarbon) hakim olduğu üçüncü nesil soğutucu akışkanların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Calm, 2008).



Şekil 2.3. Midgley'in periyodik tablo üzerinde yaptığı çalışma (Palm, 2012).

Çok geçmeden soğutucu akışkanların sadece ozon tabasına zarar vermediği, aynı zamanda küresel ısınmaya da etki ettiği ortaya çıkmış ve soğutucu akışkanlardan kaynaklanan salımların belli seviyelerin altına çekilmesi gerektiği belirlenmiştir. Şekil 2.4'te soğutucu akışkanların küresel ısınmaya olan katkısı gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü üzere, küçümsenemeyecek düzeydedir. CFC'lerin ozon tabakasına zarar vermeleri nedeniyle yasaklanması ve bunun neticesinde gerçekleşen HFC'lere geçiş ile birlikte, soğutucu akışkanların küresel ısınmaya olan katkısının istemsiz de olsa önemli ölçüde azaldığı da bu şekilden anlaşılmaktadır (Palm, 2011). Ancak bu azalma yeterli olmayıp, bu nedenle soğutucu akışkanların küresel ısınmaya olan etkilerini azaltmaya yönelik çeşitli yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu yasal düzenlemelerin sonucunda; 0 ODP'ye, düşük GWP'ye, düşük doğada yok olma süresine sahip ve yüksek performans gösteren, dördüncü nesil soğutucu akışkanlar ortaya çıkmıştır.



Şekil 2.4. Soğutucu akışkanların küresel ısınmaya olan etkisi (Palm, 2011).

3. YASAL DÜZENLEMELER

Bir önceki bölümde bahsedilen ve soğutucu akışkanların çevreye olan etkileri nedeniyle ortaya çıkmış olan yasal düzenlemeler bu bölümde ana hatlarıyla aktararak, bu yasal düzenlemelerle birlikte gelen kısıtlamalara değinilecek, böylelikle düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanlara olan ihtiyaç ve geçiş süreci ortaya konacaktır.

3.1 Montreal ve Kopenhag Protokolleri

Soğutucu akışkanların üretimi ve kullanımı, ozon tabakasının korunması, sera etkisinin azaltılması gibi önemli konuların kontrol altına alınması yönelik dünya çapında yaygın çalışmalar yapılmaktadır. Bundan ötürü, 100 kadar ülke, Kanada'nın Montreal kentinde, 1987 yılında ilk defa bir araya gelmişler ve Montreal Protokolü olarak adlandırılan sözleşme taraflarca imzalanmıştır. Daha sonrada 1990 ve 1992 yıllarında Londra'da ve Kopenhag'da yapılan toplantılarda CFC türü akışkanların üretim ve kullanımıyla ilgili daha sıkı önlemler alınmasını gerekli görülmüş ve yeni bir takvim üzerinde anlaşmaya varılmıştır. Ülkemiz her iki protokolü imzalamış ve resmi gazetede ilan ederek (28.12.1994 tarihli ve 22155 sayılı Resmi Gazete) kanunlaştırılmıştır. Montreal protokolünde sınır olarak 2000 yılı konulmuş olmasına rağmen ABD kongresi aldığı kararla CFC türü soğutkanların üretim ve kullanımını 1.1.1996'dan itibaren sona erdirmiştir. Bu durum, Kopenhag protokolünde de yer almış ve diğer kalkınmış ülkeler de (G7 ülkeleri) buna uymuşlardır. Ülkemizin kalkınmakta olan ülke statüsünde bulunması nedeniyle belirlenen takvim 10 yıl ertelemeye uygulanacaktır. Bu tarih Montreal protokolüne göre 2010 yılıdır ve Kopenhag protokolü revizyonu ile 2005 yılı sonu şeklinde olması gerekmektedir (Özkoç, 2007).

Montreal Protokolü, Avrupa Birliği tarafından, topluluğa üye ülkelerde yasa hükmünde bir seri düzenleme ile yürürlüğe koyulmuştur. Orijinal Montreal protokolü, 3322/88 no'lu Avrupa Topluluğu Yasası ile Eylül 1988'de yürürlüğe girmiştir. Ancak, topluluğa üye ülkelerin protokolden daha hızlı hareket etmişler, bu nedenle de, yasalar o günden bu yana birçok kez güncelleştirilmiştir. Halen yürürlükte olan 2037/2000 no'lu yasa çerçevesinde, geri kazanılmış ve temizlenmiş CFC'nin mevcut cihazlarda yeniden kullanılması Temmuz 2001 itibariyle yasaklanmıştır. HCFC üretiminin aşamalı olarak bırakılması kararı ise 2001 yılında alınmış olup, son tarih 2010 olarak belirlenmiştir. 2010 yılından itibaren, yalnızca geri kazanılmış ve temizlenmiş olan HCFC kullanılabilecek ve

2015 yılında HCFC kullanımı tamamen yasaklanacaktır. 2037/2000 no'lu yasa ile HCFC'li yeni ürünlerin satışına da belirli sınırlamalar getirilmiş olup bu sınırlamalar aşağıda sıralanmıştır (Keogh, 2005):

- Soğutma kapasitesi 100 kW'tan büyük olan yalnızca soğutma yapan iklimlendirme santrallerinde HCFC kullanılmasının yasaklanması (yürürlük 1 Ocak 2001).
- Soğutma kapasitesi 100 kW'tan küçük olan yalnızca soğutma yapan iklimlendirme santrallerinde HCFC kullanılmasının yasaklanması (yürürlük 1 Temmuz 2002).
- Ters çevrimli ısı pompalı iklimlendirme santrallerinde HCFC kullanımının yasaklanması (yürürlük 1 Ocak 2004).

3.2 Kyoto Protokolü

161 ülkeden 2200 delegenin katılımı ile Japonya, Kyoto'da Aralık 1997'de tekrar toplanılmıştır. Bu protokolle birlikte, 38 gelişmiş ülkeden sera gazı emisyonlarını 2008-2012 yılları arasında ortalama olarak 1990 seviyesinin % 5,2 altına indirmeleri istenmiştir. Protokolde gelişmekte olan ülkelere azaltma beklenmemekte, ancak emisyon alışverişine izin veriliyordu. Örneğin, bir ülke sera gazı emisyon limitinin altında ise fazla emisyon limitini kendi limitini aşmış olan bir ülkeye satabilir. Sera gazı emisyonuna en fazla katkısı olan ülke olan Amerika Birleşik Devletleri'nin, Kyoto anlaşmasını reddetmesi nedeniyle, bu protokolün başarıya ulaşacağı şüphelidir (Keogh, 2005).

3.3 F-Gaz Yönetmeliği

F-Gaz yönetmeliğinin ana hedefi Kyoto Protokolüne uygun olarak florlu gazların neden olduğu sera gazı emisyonlarının düşürülmesidir. Bu yönetmelik; belli miktarın üzerinde soğutucu akışkan bulunduran sistemlerin periyodik kaçak kontrollerinin yapılması, geri kazanım ve iyileştirme işlemleri, işletici ve servis elemanlarının eğitimi ve belgelendirilmesi, soğutucu gaz tanklarının etiketlendirilmesini ve kullanım kontrolünü kapsamaktadır (Bulgurcu vd., 2012).

Bu yönetmelik kapsamında emisyon kontrolü anlamında getirilen uygulamalar şu şekilde sıralanabilir:

Florlu gaz içeren ekipman sahipleri ve işletmecileri; emisyonları önlemek ve tespit edilen kaçakları ivedilikle onarmakla yükümlüdür. Cihazlar belirli aralıklarla kontrol edilmelidir: 3-30 kg arası gaz içeren cihazlar yılda bir kere, 30-300 kg arası gaz içerenler 6 ayda bir, 300 kg ve daha fazla gaz içeren cihazlar ise 3 ayda 1 kere olacak şekilde, belgelendirilmiş teknik personel tarafından sızıntı kontrolü yapılmak zorundadır. Tespit edilen sızıntıların onarılmasına müteakip 1 ay içerisinde cihazın tekrar kontrol edilmesi gerekmektedir. (Bulgurcu vd., 2012).

3 kg ve üstü gaz içeren cihaz sahipleri, her ekipman için ayrı ayrı olmak üzere;

- Florlu sera gazının tipi ve miktarını,
- Servis hizmeti sırasında eklenen veya geri kazanılan gazın miktarını,
- Bertaraf amacıyla gönderilen gazın miktarını,
- Servis hizmetini veren firmanın ve teknik personelin ilgili bilgilerini ve
- Servis ile bakım hizmetinin tarih ve sonuçlarını,

kayıt altında tutmak ve istendiğinde yetkili mercilere sunmakla yükümlüdür (Bulgurcu vd., 2012).

Getirilen bir diğer zorunluluk da geri kazanım konusundadır. Buna göre; aşağıdaki listede yer alan cihazların sahipleri geri dönüşüm, yeniden işleme veya bertaraf edilmek üzere florlu gazların geri kazanılma işlemini ehliyet sahibi teknik personele yaptırmakla yükümlüdür (Bulgurcu vd., 2012).

- Soğutma, iklimlendirme ve ısı pompası soğutma devreleri,
- Florlu sera gazı bazlı çözücü içeren ekipman,
- Yangından koruma sistemleri veya yangın söndürücüler ve
- Yüksek voltajlı şalt cihazları.

Geri kazanım işlemi, ekipmanın nihai bertaraf edilmesinden önce, tercihen servis/bakım hizmeti sırasında yapılmalıdır. Tekrar doldurulabilir olan veya olmayan, ömrünü tamamlayan tüm konteynırların içerisinde kalan gaz, konteynırı kullanan kişi/kurum tarafından geri kazanılmak mecburiyetindedir (Bulgurcu vd., 2012).

Mobil sistemler de dahil olmak üzere, yukarıda verilmemiş olan cihazların içerisinde kalan florlu gazlar, teknik olarak uygulanabilir ve makul olmayan maliyetlere sebep olmayacak ise geri kazanılmalıdır (Bulgurcu vd., 2012).

3.4 Avrupa Birliği Mobil İklimlendirme Yönergesi

Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 17 Mayıs 2006 tarihli bu yönergesi, 4 Temmuz 2006 itibariyle yürürlüğe girmiş, 4 Temmuz 2008 itibariyle de yasa haline getirilmiştir. Bu yönerge doğrultusunda mobil iklimlendirme sistemleri ile ilgili olarak getirilen kısıtlamalar şu şekildedir (MAC Directive, 2006):

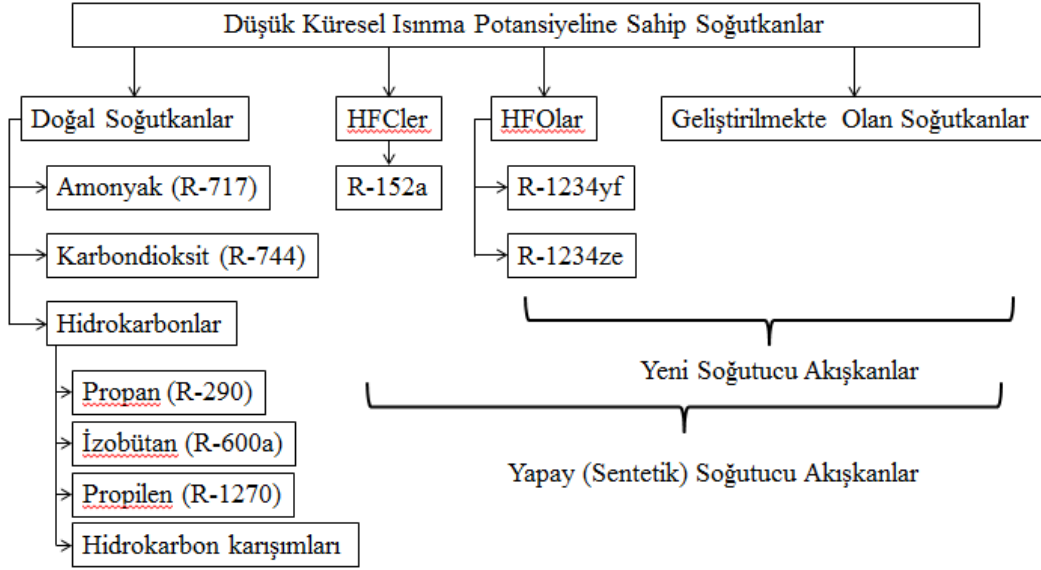
1. R-134a kullanımı 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren tüm yeni taşıt modellerinin iklimlendirme sistemlerinde yasaklanacaktır.
2. 1 Ocak 2017 tarihinden itibaren tüm yeni taşıtlarda kullanımı tamamen yasaklanacaktır.
3. GWP değeri 150 ve altında olan soğutucu akışkanların kullanılmasına izin verilecektir.

4. DÜŞÜK KÜRESEL ISINMA POTANSİYELİNE SAHİP SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

Tüm bu yasal düzenlemelerin getirdiği kısıtlamalar, soğutma çevrimlerinde çeşitli alternatif soğutucu akışkanların kullanımını gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar üç ana soğutucu akışkan grubu üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunlardan birincisi, CFC ve HCFC'lerin ortaya çıkması ile birlikte soğutma piyasasından (endüstriyel soğutma dışında) çıkmış, ancak bahsedilen yeni gelişmelerle birlikte tekrar gündeme gelmiş olan, doğal soğutkanlar ve bunların karışımlarıdır. İkinci grup GWP değeri belli bir seviyenin altında olan HFC türevleri oluşturmakta olup, burada sadece R-152a'ya değinilecektir. Soğutucu akışkanların katkı koyduğu çevresel problemlerin önüne geçilmesinin bir yolu da yeni bir soğutucu akışkan geliştirmektir. Üçüncü grup geliştirilmiş olan, R-1234yf, R-1234ze gibi soğutucu akışkanları içermektedir. Son grupta ise R-1234yf'nin farklı oranlarda karışımlarından oluşan, geliştirilmekte olan soğutucu akışkanlar yer almaktadır.

Şekil 4.1'de düşük küresel ısınma potansiyeline soğutucu akışkanların bir sınıflandırılması gösterilmiş olup, bu soğutucu akışkanlara ait temel özellikler ise Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Bu bölümde R-1234yf dışındaki bahsi geçen soğutucu akışkanlar hakkında bilgi verilecek olup, R-1234yf bu tezin ana konusunu oluşturması nedeniyle, ayrı bir bölümde kapsamlı bir şekilde ele alınacaktır.



Şekil 4.1 Düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanların sınıflandırılması

Çizelge 4.1 Düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanların temel özellikleri (Jarahnejad, 2012).

Soğutucu Akışkanlar	Kimyasal Bileşimi	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kritik Sıcaklık (°C)	Kritik Basınç (MPa)	Normal Kaynama Sıcaklığı (°C)	Emniyet Sınıfı	ODP	GWP
Amonyak (R-717)	N-H ₃	17,02	132,3	11,28	-33,34	B2	0	0
CO ₂ (R-744)	O=C=O	44,01	31,03	7,38	-56,6	A1	0	1
Propan (R-290)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	44,096	134,67	4,23	-42,09	A3	0	3
Propilen (R-1270)	CH ₂ =CH-CH ₃	42,08	52,42	4,62	-47,69	A3	0	3
R-152a	F ₂ HC-CH ₃	66,05	114	4,76	-24	A2	0	140
R-1234ze (E)	Trans, CHF=CHCF ₃	114,04	79	3,632	-20	A2L	0	6
R-1234yf	CF ₃ CF=CH ₂	114	95	3,382	-29	A2L	0	4

4.1 Doğal Soğutucu Akışkanlar

Düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanlar söz konusu olduğunda, soğutma tarihinin başlangıcından bu yana kullanılmış olan doğal soğutkanlardan da bahsetmek gereklidir. Çizelge 4.2’de, doğal soğutucu akışkanların kullanıldığı çeşitli uygulamaların Avrupa’daki durumu gösterilmiştir. Bu çizelgeden de anlaşılacağı üzere doğal soğutkanların çok geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır.

Çizelge 4.2. Doğal soğutucu akışkan teknolojilerinin Avrupa'daki durumu (Guide, 2012).

*** = Ticari olarak mevcut ** = Prototip/Test aşamasında * = Geliştirme Aşamasının Başında				
Uygulama	Alt Uygulama	O ₂	H ₃	C
Endüstriyel Soğutma	Soğuk depolama	***	***	
	Dondurulmuş gıda, et, balık, dondurma vb. soğutma tesisleri	***	***	***
	İçecek, bira ve şarap soğutma tesisleri	**	***	
	Buz yapma tesisleri	***	***	
	Buz pateni alanları	***	***	
	Kar kızılağı ve kapalı kayak merkezi		***	
	Eczacılık, kimya, petrokimya ve proses endüstrileri		***	***
Ticari Soğutma	Süpermarket merkezi soğutma tesisleri	***	***	***
	Buz yapma makinesi	***		
Endüstriyel ve Ticari İklimlendirme	Madencilik (yüzey soğutucuları)		***	
	Veri merkezi sunucusu soğutulması	***		**
	Bölgesel soğutma		*	
	Fabrika üretim hatları		***	
	Laboratuvar iklimlendirmesi		***	
	Büyük iş binaları ve halka açık binalar	**	***	***
Hafif Ticari Soğutma Uygulamaları	Dondurma ve milkshake makineleri	*		***
	Otomatlar	***		***
	Su şelaleleri			***
	İçecek makineleri			**
	Buz yapma makineleri			**
	Aşı soğutucuları			***
Endüstriyel ve Ticari Isıtma	Isı pompası ile gıda kurutma işlemi	***		
	Bölgesel ısıtma	**	**	**
	Büyük iş binaları ve halka açık binalar (otellerde sıcak su ısıtılması, restoranlarda ortam ısıtılması vb.)	***	***	
Konut İklimlendirmesi, Soğutması ve Isıtması	Portatif iklimlendirme ünitesi			***
	Pencere tipi veya split tip klima			***
	Isı pompaları (ortam ısıtılması ve sıcak su ihtiyacı için)	***		**
	Buzdolapları ve dondurucular			***
	Çamaşır kurutucuları	*		*
Mobil İklimlendirme, Isıtma ve Soğutma	Binek araç klimaları	**		***
	Elektrikli otomobil klimaları	**		
	Otobüsler ve minibüsler	**		**
	Kamyon soğutması	*		*
	Tren iklimlendirme ve ısıtması	*		
	Soğuk hava gemisi soğutması	**		
	Balıkçı gemilerinin soğutulması	***	***	

Çizelge 4.3'te ise bu doğal alternatiflerin sektörde kullanım durumları gösterilmektedir. Görüldüğü gibi gelişmiş ülkelerde, özellikle endüstriyel soğutma sistemlerinde % 92 civarında bir doğal soğutkan kullanımı söz konusudur. Buzdolaplarında ise bu oran % 51 olup, gittikçe artmaktadır. Gelişmekte olan ülkelere bakılacak olduğunda ise bu oranın biraz düşük olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni, bu ülkelerde yaptırıcı yasal zorunlulukların olmamasıdır.

Çizelge 4.3. Doğal soğutkanların sektördeki durumu (Kauffeld, 2012).

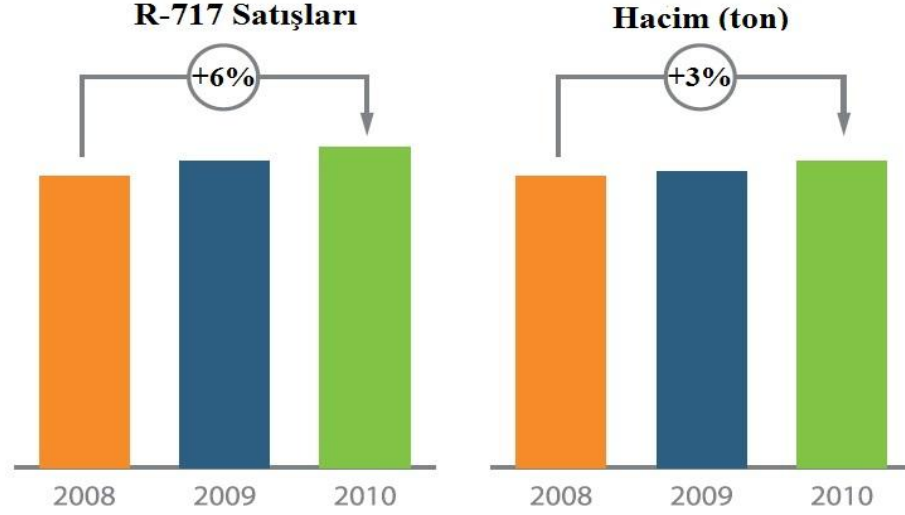
Sektör	Alternatif Soğutucu Akışkanlar	Alternatiflerin sektörde kullanılma durumu		
		Gelişmiş ülkeler	Gelişmekte olan ülkeler	Toplam
Endüstriyel soğutma sistemleri ^a	Amonyak, CO ₂ , HC	% 92	% 40	% 65
Endüstriyel iklimlendirme sistemlerinde ^a	Amonyak, CO ₂ , HC	% 40	% 15	% 25
Buzdolapları ^b	HC	% 51	% 22	% 36
a. Yeni kurulumlarda kullanılan yıllık miktar b. Yıllık yeni ekipman üretimi				

4.1.1 Amonyak (R-717)

R-717, hem küresel ısınma potansiyeli (GWP) hem de ozon inceltme potansiyelinin sıfır olması nedeniyle tüm diğer soğutucu akışkanlardan daha çevreci bir soğutucu akışkan olarak karşımıza çıkmaktadır. Kolay bulunabilmesi, iyi ısı transferi özellikleri ve ucuzluğu nedeniyle büyük soğutma sistemlerinde (endüstriyel uygulamalarda) 125 yıldan uzun bir süredir, yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Termodinamik açıdan bakacak olduğumuzda da, ısı transfer katsayısının R-22, R-11, R-12 ve R-502'den yüksek olması nedeniyle en iyi seçeneklerden biri olduğu görülmektedir. Düşük maliyetinin yanı sıra, nispeten daha yüksek kütesel soğutma kapasitesine sahiptir. Tüm bu olumlu özelliklerine rağmen, yanıcı ve zehirli olması, bakır ile uyumlu olmaması ve bu nedenle bakır borulu sistemlerde kullanılamaması, R-717'nin dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda zehirli olmasına rağmen keskin kokusu herhangi bir kaçağın kolayca tespit edilmesini sağlamaktadır. Herhangi bir sızma olması durumunda, havadan daha hafif olması nedeniyle yükselerek, atmosferde dağılacaktır (Jarajnejad, 2012; Guide 2012: Natural Refrigerants, 2012; Kauffeld, 2012). Yine zehirli olması nedeniyle, halka açık alanlardaki uygulamalarda sadece indirekt olarak kullanılabilir. Son zamanlarda CO₂'li kaskad soğutma sistemlerinin yüksek sıcaklık kademesinde de kullanılmaya başlanmıştır (Kauffeld, 2012).

Global ölçekte faaliyet gösteren bir soğutucu akışkan tedarikçisinden elde edilen verilere göre; 2008-2010 yılları arasında, R-717 satışı ve hacimlerindeki artış, Şekil 4.2'de yüzdesel olarak gösterilmiştir. Bu artış az gibi görünse de; bu,

amonyak piyasasının gelişmiş ve oturmuş bir piyasa olmasından kaynaklanmaktadır (Guide, 2012).



Şekil 4.2. Amonyak piyasasının durumu (Guide, 2012).

4.1.2 Karbondioksit (R-744)

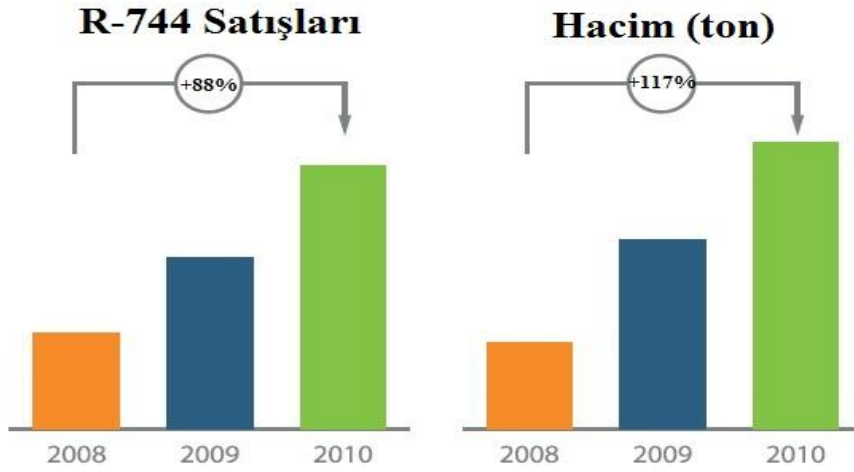
İnsan solunumunun da bir parçası olan CO₂, 20. yüzyılın başlarında amonyak dışında kullanılan en yaygın soğutucu akışkanlardan biriydi. Ancak CFC'lerin ortaya çıkması ile birlikte yavaş yavaş ortadan kaybolmuştur. En bilindik sera gazı olmasına rağmen, zararlı etkisinin CFC ve HFC'lere oranla çok daha az olması nedeniyle, soğutma endüstrisi tarafından tekrar dikkate alınmıştır. Yanıcı olmaması, sıfır ODP'ye, düşük zehirliliğe ve düşük küresel ısınma potansiyeline sahip olması, CO₂'yi kayda değer bir alternatif yapmaktadır (Jarehnejad, 2012; Taria et.al'dan, 2010).

CO₂, mükemmel ısı transferi özellikleri ve yüksek hacimsel soğutma kapasitesi sayesinde ısıtma ve soğutma uygulamalarında kullanılabilecek doğal bir maddedir (Jarehnejad, 2012). Ancak CO₂'li bir çevrimin çalışma basınçları çok yüksek olup, trans kritik bir çevrimdir. Bu da özel bir tasarıma ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Kokusuz olması nedeniyle olası sızıntıların fark edilebilmesi için bir kokulandırıcı madde kullanımı gerekli olabilecektir.

Daha önce de bahsedildiği gibi, Avrupa Birliği Mobil İklimlendirme Yönergesi ile birlikte R-134a'nın mobil iklimlendirme sistemlerinde kullanımı

yasaklanacaktır. CO₂ bu kapsamda kullanılması düşünülen alternatifler arasında önemli bir yere sahiptir.

CO₂'li sistemler ilk ortaya çıktığında, kompresör, ısı değiştiriciler, valfler ve pompalar gibi elemanların eksikliği söz konusuydu. Ancak bu durum hızlı bir şekilde değişerek, şu an piyasada bulunan sistem elemanlarıyla birçok farklı uygulama için iyi performansa sahip CO₂'li sistemler tasarlamak mümkün hale gelmiştir. Bunun bir sonucu olarak da CO₂'in soğutucu akışkan olarak kullanımında son yıllarda ciddi bir artış söz konusu olmuştur. Şekil 4.3'te bu artış gösterilmektedir (Guide, 2012).



Şekil 4.3. Karbondioksit piyasasının durumu (Guide, 2012).

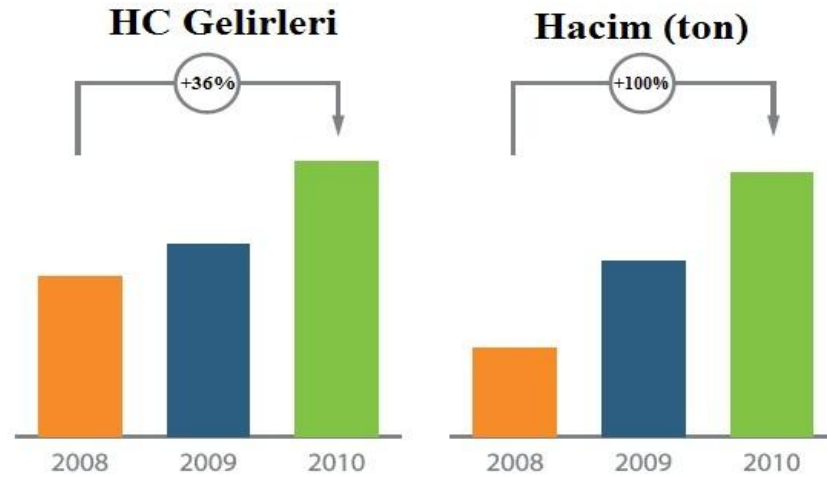
4.1.3 Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar da CO₂'e benzer şekilde 20. yüzyılın başlarında soğutucu akışkan olarak kullanılmış, ancak hidrokarbonların kullanımından kaynaklanan çeşitli teknik ve emniyet sorunlar ve CFC'lerin gelişi soğutma piyasasından çıkmalarına neden olmuştur. Çevreci olmayan soğutkanlardan kaynaklanan problemlerin ortaya çıkması ile birlikte tekrar alternatif bir seçenek olarak düşünülmeye başlanmıştır. Propane (R-290), İzobütan (R-600a) ve Propilen (R-1270) soğutma çevrimlerinde en yaygın olarak kullanılan hidrokarbon türleridir. Genel olarak, R-1270 ve R-290 ısı pompası uygulamalarında kullanılırken, R-600a buzdolapları ve dondurucularda kullanılmaktadır (Jarajnejad, 2012; Lee'den, 2005).

Bu soğutucu akışkanların her biri farklı termodinamik özellik göstermekle birlikte, çevresel özelliklerine bakıldığında, ODP=0, GWP<3, benzer karakteristikte oldukları görülmektedir.

HC'ler yanıcı ve az zehirli özellikte olup, ASHRAE tarafından yapılan sınıflandırmada A3 sınıfına girmektedir. Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan hemen hemen tüm yağlayıcılarla (silikon ve silikat içerenler hariç) uyumludurlar. Hem özellikle kendi kullanımları için tasarlanan sistemlerde, hem de florokarbon soğutkanlar için tasarlanan sistemlerde kullanılabilirler (Jarehnejad, 2012; Arcaklioğlu'dan, 2005).

Hidrokarbon piyasasında da karbondioksit benzer şekilde ciddi bir canlanma olduğu Şekil 4.4'ten anlaşılmaktadır. Görüldüğü üzere, 2008-2010 yılları arasında HC satış miktarları iki katına çıkmıştır (Guide, 2012).



Şekil 4.4. Hidrokarbon piyasasının durumu (Guide, 2012).

Daha önce yapılan sınıflandırmadan da görülebileceği gibi (bkz. Şekil 4.1) hidrokarbon grubu kapsamında değerlendirilmesi gereken bir diğer grup hidrokarbon karışımlarıdır. Bunların çoğu hidrokarbon dimetil eter (DME, R-E170) karışımıdır. Hem hidrokarbonlar hem de dimetil eter düşük küresel ısınma potansiyeline (LGWP) sahip olup, bu karışımlar yüksek GWP'ye sahip geleneksel soğutkanlara iyi birer alternatif oluşturmaktadır. Bu karışımların bir listesi ASHRAE tarafından yayınlanmış olup, Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Hidrokarbon karışımları ve özellikleri (Jarahmejad, 2012; Jung'dan, 2008)

Soğutucu Akışkan	Bileşim (% kütle)	Normal Kaynama Sıcaklığı (°C)	Sıcaklık Kayması (1 atm'de)	GWP	ODP	Emn. Sınıfı
4-429A	R-E170/R-152a / R-600a (60/10/30)	-25,9	0,5	14	0	A3
R-430A	R-152a/R-600a (76/24)	-27,6	0,2	107	0	A3
R-431A	R-290/R-152a (71/29)	-43,2	0	43	0	A3
R-432A	R-1270/R-E170 (80/20)	-46,4	1,2	<3	0	A3
R-433A	R-1270/R-290 (30/70)	-44,5	0,4	<3	0	A3
R-435A	R-E170/R-600a (80/20)	-26,0	0,2	30	0	A3
R-436A	R-290/R-600a (56/44)	-34,3	8,2	<3	0	A3
R-436B	R-290/R-600a (52/48)	-33,3	8,3	<3	0	A3
R-433B	R-1270/R-290 (5/95)	-42,6	0,1	<3	0	N/A
R-433C	R-1270/R-290 (25/75)	-44,2	0,4	<3	0	N/A
R-510A	R-E170/R-600a (88/12)	-25,1	0,0	<3	0	A3

4.2 Hidroflorokarbonlar

R-152a, iklimlendirme sistemlerinde hala R-134a alternatifi olarak düşünülebilecek tek HFC soğutucu akışkandır. R-152a'nın GWP'si 140'tır, ki bu değer R-134a'nın GWP'sinin % 10'una tekabül etmektedir.

Gerekli olan soğutucu akışkan şarj miktarı da R-134a'lı sistemlere oranla % 35 daha azdır. Moleküllerinin R-134a'ya göre daha büyük olması nedeniyle soğutucu akışkan sızıntısı daha azdır. Kimyasal özellikleri de R-134a'ya benzerdir. Bu sayede mevcut R-134a'lı sistemlerde küçük değişiklikler yapılarak kullanılması mümkündür. A2 emniyet sınıfına giren R-152a orta derecede yanıcı bir soğutucu olmakla birlikte, daha az şarj miktarı gerektirmesi yanıcılık özelliğinin getirdiği riski azaltmaktadır (Jarahmejad, 2012).

4.3 Geliştirilmekte Olan Soğutucu Akışkanlar

Küresel iklim değişikliği endişeleri karşılık olarak ve yüksek küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanların üretimini etkileyebilecek olası yasal düzenlemeler düşünülerek, soğutucu akışkan üreticileri tarafından yeni soğutucu akışkan adayları geliştirilmektedir.

Genel itibariyle R-1234yf ve farklı soğutucuların belli oranlarda karışımlarından oluşan bu soğutucu akışkan grubu, R-1234yf'nin çevre dostu

özelliklerini kısmi olarak taşıırken; R-1234yf'nin hacimsel kapasite ve yanıcılık bakımından oluşturduğu dezavantajları belli ölçüde azaltmaktadır. Bu soğutkanların geliştirilmesindeki temel amaç; küresel ısınma potansiyelini belli bir seviyenin altında tutarken yanıcılık, performans gibi özelliklerin iyileştirilmesidir. Ya da tersten bakacak olursak; performans ve yanıcılık özelliklerini belli düzeyde tutarken, küresel ısınma potansiyelinin belli bir seviyenin altına getirilmesidir. (Araz vd., 2013).

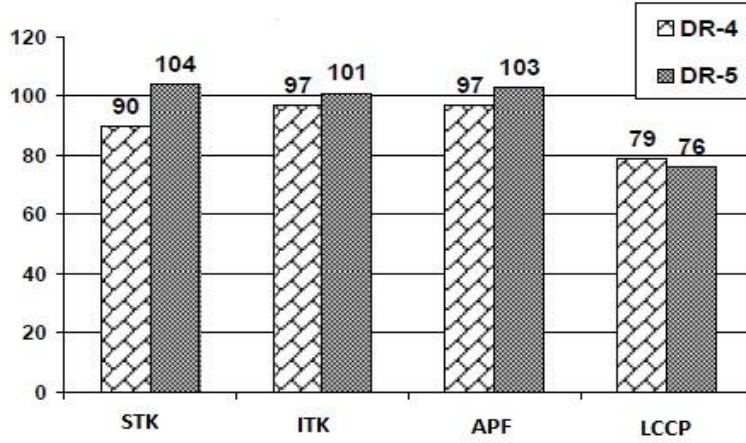
Leck (2010), yapmış olduğu çalışmada teorik bir soğutma çevrimi modeli geliştirerek, geliştirilmekte olan farklı soğutucu akışkanların çeşitli uygulamalarda kullanımını değerlendirmiştir. Çizelge 4.5'te bir klima soğutma modelinin sonuçları, konut iklimlendirmesinde yüksek soğutma kapasitesine sahip olması nedeniyle tercih edilen R-410A ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.5. Geliştirilmekte olan soğutucu akışkanların karşılaştırılması (Leck, 2010).

Evaporatör Sıcaklığı = 7 °C Yoğuşturucu Sıcaklığı = 47 °C Aşırı soğutma = 12 K Aşırı ısıtma = 3 K Kompresör hacimsel verimi = % 70							
Soğutucu Akışkan	GWP	Sıcaklık Kayması (K)	Deşarj Basıncı (kPa)	Deşarj Sıcaklığı (°C)	Kapasitenin R-410A'ya oranı (% Δ)	COP'nin R-410A'ya oranı (% Δ)	Yanıcılık Sınıfı (beklenen)
R-22	1810	0	1812	83	-31	6,4	1
R-407C	1774	4,8	1935	75	-30	5,0	1
R-410A	2088	0,1	2823	81	0	0,0	1
R-32	675	0	2939	102	9,7	0,3	2L
R-134a	1430	0	1222	64	-55	8	1
R-1234yf	4	0	1209	55	-57	6	2L
DR-11	<600	0	<1300	<60	-54	7	1
DR-3	<150	7	1850	70	-35	3,5	2L
DR-4	<300	5	2300	<80	-20	1,3	2L
DR-5	<500	1	2750	<90	0	<1	2L
DR-9	<1500	4	1600	66	-37	4	1

Tablodan da görüldüğü gibi DR-9 ve DR-11 yanıcı değilken, DR-3, DR-4 ve DR-5 yanıcı olup 2L yanıcılık sınıfına girmektedirler. DR-5, R-410A ile aynı soğutma kapasitesine sahipken; diğer tüm soğutucu akışkan adayları R-410A'ya oranla daha düşük ancak R-134a ve R-1234yf ile kıyasla daha yüksek soğutma kapasitesine sahip oldukları görülmektedir. Yine tüm soğutkan adaylarının COP'lerinin R-410A'dan daha yüksek ve GWP değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir (Leck, 2010). Tabloda yer alan sıcaklık kayması ifadesi, karışımlar için soğutucu akışkanın doymuş buhar ve doymuş sıvı noktasındaki sıcaklıkları arasındaki farkı göstermektedir.

Aynı çalışmada, en yüksek kapasiteye sahip iki aday olan DR-4 ve DR-5, bir R-410A'lı sistemde hiçbir değişiklik yapmadan test edilerek, sistemin ısıtma ve soğutma tesir katsayıları, yıllık performans faktörü (APF: Annual Performance Factor) ve LCCP değerleri R-410A ile karşılaştırılmış ve Şekil 4.5'te verilmiştir (Leck, 2010).



Şekil 4.5. Drop-in testte ölçülen sistem performansları (Leck, 2010).

4.4 Yeni Soğutucu Akışkanlar

Yeni soğutucu akışkanlar başlığı altında iki soğutucu akışkan bulunmaktadır. Bunlar R-1234yf ve R-1234ze' soğutucu akışkanlarıdır. R-1234yf bu tezin ana konularından biri olması nedeniyle ayrı bir başlık altında, kapsamlı bir şekilde ele alınacağı için bu bölümde sadece R-1234ze soğutucu akışkanı hakkında bilgi verilecektir.

4.4.1 R-1234ze

Yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkan yeni soğutucu akışkanlardan biri de R-1234ze'dir. Bu soğutucu akışkan da R-1234yf gibi mükemmel çevresel özelliklere sahiptir. Bu nedenle de yapılan yasal düzenlemeler sonucunda R-134a'ya alternatif olarak gösterilmektedir. Çizelge 4.6'da R-1234yf'nin temel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.6. R-1234ze'nin temel özellikleri (Jarahmejad, 2012'dan uyarlandı).

Soğutucu Akışkan	R-1234ze	R-134a
Kimyasal Formülü	Trans, CHF=CHCF ₃	CH ₂ FCF ₃
Moleküler Ağırlığı (kg/kmol)	114,04	102,03
1 atm. Basıncıta Kaynama Noktası	-20 °C	-26,06 °C
Kritik Sıcaklık	79 °C	101,08 °C
Kritik Basınç	3632 kPa	4060,3 kPa
Kritik Yoğunluk	486 kg/m ³	515,3 kg/m ³
Ozon İnceltme Potansiyeli (ODP)	0	0
Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)	6	1430
Doğada Yok Olma Süresi	18 gün	13 yıl
Yanıcılık	Yanıcı değil	Yanıcı değil

4.4.1.1 Emniyet

ASTM E-681 ve EU A-11 test metotlarına göre yapılan testlerde, R-1234ze'nin oda sıcaklığında (≈ 21 °C) yanıcı olmadığı ortaya konmuştur. Ancak 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar söz konusu olduğunda R-1234ze de belirli yanma limitlerine sahiptir. R-1234ze'nin yanıcılık özellikleri Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. R-1234ze'nin yanıcılık özellikleri (Lewandowski, 2012).

LFL (%)	7 ⁽¹⁾
UFL (%)	9,5 ⁽¹⁾
MIE (mJ)	61000-64000 ⁽²⁾
BV (cm/s)	0

1- Verilen değerler 30 °C'de elde edilmiştir.

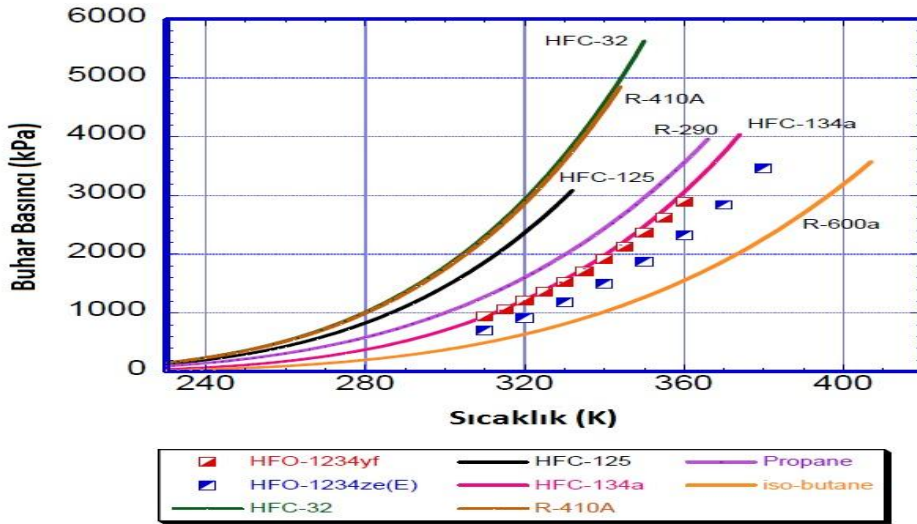
Zehirlilik açısından bakacak olduğumuzda da ATEL değerinin 59000 ppm olduğu görülmektedir. ASHRAE'nin zehirlilik sınıflandırmasına göre de A sınıfında (zehirleyici olmayanlar) yer almaktadır (Lewandowski, 2012).

İklimlendirme, Isıtma ve Soğutma Enstitüsü (AHRI: Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute) tarafından hazırlanan raporda, 2L sınıfı yanıcı soğutucu akışkanları kullanan ve konutlarda kullanılan ısı pompalarının yarattığı risk değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında; herhangi bir kaçak olması durumunda, evin farklı bölmelerinde ortaya çıkacak R-1234ze, R-1234yf ve R-32 konsantrasyonları hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analizleri ile hesaplanmış ve bunlara paralel olarak ilgili testler gerçekleştirilmiştir. Son olarak

da hata ağacı analizi yapılarak, bu soğutucu akışkanların kullanımından kaynaklanan riskler ortaya konmuştur. Buna göre R-1234ze kullanımından kaynaklanan en büyük risk, 2×10^{-5} olarak hesaplanmış olup, diğer olası risklerle karşılaştırıldığında bu rakamın çok uygun seviyede olduğu görülmektedir (Lewandowski, 2012).

4.4.1.2 Termodinamik Özellikler

Yukihiro Higashi (2010), yapmış olduğu bir çalışmada, R-1234yf ve R-1234ze'nin buhar basınçlarını deneysel çalışmalarla ortaya koymuştur. Bu çalışmayla elde edilen buhar basıncı eğrileri, diğer soğutucu akışkan eğrileriyle birlikte Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. R-1234ze ve diğer soğutucu akışkanların buhar basıncı eğrileri (Higashi, 2010).

Ryo Akasaka (2010), tarafından yapılan çalışmada, bir termodinamik model oluşturulmuş ve deneysel verilere dayanılarak R-1234ze'nin termodinamik özellikleri hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında elde edilen basınç-entalpi diyagramı Ek 1 (Akasaka, 2010) ve termodinamik özellik tablosu Ek 2'de (Lemmon vd., 2010) verilmiştir.

4.4.1.3 Performans Karşılaştırmaları

Karber v.d. (2012), yapmış oldukları çalışmada 2 farklı buzdolabında R-134a, R-1234yf ve R-1234ze kullanılması durumundaki kompresör davranışlarını inceleyerek, günlük çalışma sürelerini ve güç tüketimlerini hesaplamışlardır. Yapılan bu testin sonuçları Çizelge 4.8’de yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Enerji tüketimi ve çalışma sürelerinin R-134a ile karşılaştırılması (Karber vd., 2012).

	Soğutucu Akışkan	Enerji Tüketimi	Çalışma Süresi
1. Buzdolabı	R-134a	% 100,0	% 100,0
	R-1234yf	% 102,7	% 84,3
	R-1234ze	% 84,5	% 150,8
2. Buzdolabı	R-134a	% 100,0	% 100,0
	R-1234yf	% 101,3	% 89,0
	R-1234ze	% 94,6	% 140,0

Tablodan da görüldüğü üzere R-1234yf hem enerji tüketimi hem de çalışma süresi bakımından R-134a ile benzerdir. Bu durum, R-1234yf’nin R-134a’ya iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir. Öte yandan R-1234ze enerji tüketimi açısından R-134a’ya göre oldukça iyi sonuçlar ortaya koymuştur. Ancak R-1234ze’nin sahip olduğu düşük soğutma kapasitesi kompresör çalışma süresinin artmasına ve dolayısıyla defrost çevrimleri arasındaki sürenin azalmasına yol açmıştır. Bu çalışma kapsamında defrost enerjisi günlük enerji tüketiminde hesaba katılmamıştır. Bu nedenle artan defrost çevrim frekansı sistemin gerçekte neden olduğu enerji tüketimini artıracaktır (Karber vd., 2012).

Koyama v.d. (2010), tarafından yapılan bir çalışmada R-1234ze’nin R-410A yerine kullanılması durumu değerlendirilmiştir. Saf R-1234ze’li sistem, R-410A’lı sistemlere göre % 6 civarında daha yüksek ITK’ya sahipken, hacimsel soğutma kapasitesi bakımından % 30 civarında daha düşük kapasiteye sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle hacimsel kapasitenin artırılması amacı ile R-1234ze ve R-32’nin kütlege farklı oranlarda karışımları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9’da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Bir iklimlendirme sisteminin çevrim analizi (Koyama vd., 2010).

Soğutucu Akışkanlar	R-410A	R-1234ze/R-32		
		% 100 R-1234ze	% 80 R-1234ze	% 50 R-1234ze
Yoğuşturucu sıcaklığı (°C)	27	27	27	27
Buharlaştırıcı sıcaklığı (°C)	-3	-3	-3	-3
Aşırı soğutma (K)	0	0	0	0
Aşırı ısıtma (K)	3	3	3	3
Kompresör verimi	0,85	0,85	0,85	0,85
Buharlaştırıcı basıncı (MPa)	0,725	0,193	0,341	0,521
Yoğuşturucu basıncı (MPa)	1,886	0,583	0,994	1,428
Soğutma etkisi (kJ/kg)	174,12	144,65	172,35	201,81
Hacimsel soğutma etkisi (kJ/m ³)	4736,0	1509,3	2577,7	3698,4
Kompresör özgül işi (kJ/kg)	31,98	24,65	29,65	35,46
ITK	6,45	6,87	6,81	6,69
ITK oranı (R-410A'ya göre)	1,0	1,07	1,06	1,04
Hacimsel soğutma kapasitesi oranı	1,0	0,32	0,54	0,78
GWP	1730	6	135	328

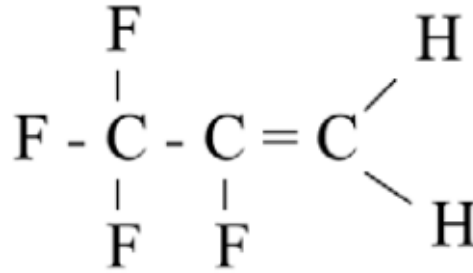
5. R-1234yf

Mobil iklimlendirme yönergesinin çıkması ile gelen sınırlandırmalarla birlikte R-134a'nın yerini alması öngörülerek geliştirilen bir soğutucu akışkan olan R-1234yf, bu tez çalışmasının da odak noktalarından birini oluşturmaktadır. Bu nedenle de ayrı bir bölüm altında ele alınması uygun görülmüştür. Bu bölümde; bu soğutucu akışkan hakkında kapsamlı bilgiler verilecek, daha önce yapılan çalışmaların sonuçları aktararak, R-1234yf'nin R-134a'nın soğutma uygulamalarında, özellikle de mobil iklimlendirme uygulamalarındaki kullanımı değerlendirilecektir.

Yapılarında bulunan çift karbon bağları nedeniyle doymamış HFC grubuna giren R-1234yf, aynı zamanda HFO-1234yf olarak da adlandırılmaktadır. Bu adlandırmada bulunan harf ve rakamlar ise şunları ifade etmektedir:

HFO: Hidrofloroolefin olarak adlandırılan organik bir flor bileşimi

1: çift bağı, 2: karbonları, 3: hidrojenleri, 4: florları ve yf: flor atomlarının pozisyonunu göstermektedir (SolticeTM yf refrigerant fact sheet). Şekil 5.1'de bu soğutucu akışkanın kimyasal formülü, yapısında bulunan atomların yaptığı bağlarla birlikte gösterilmiştir.



Şekil 5.1. R-1234yf'nin kimyasal formülü (Palm, 2012)

Çizelge 5.1'de ise bu yeni soğutucu akışkanın temel özellikleri, R-134a ile karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi R-134a için 1430 olan ve MAC yönergesinde 150'nin altına çekilmesi gerektiği belirtilen GWP değeri R-1234yf için sadece 4'tür. Doğada yok olma süreleri ise R-134a için 13 yıl iken R-1234yf için sadece 11 gündür.

Çizelge 5.1. R-1234yf ve R-134a'nın temel özelliklerinin karşılaştırılması (Araz vd., 2013)

Soğutucu Akışkan	R-1234yf	R-134a
Kimyasal Formülü	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$	CH_2FCF_3
Moleküler Ağırlığı (g/mol)	114,04	102,3
1 atm. Basıncıta Kaynama Noktası	-29 °C	-26 °C
Kritik Sıcaklık	95 °C	101,08 °C
Kritik Basıncı	3382 kPa	4059,3 kPa
Ozon İnceltme Potansiyeli (ODP)	0	0
Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)	4	1430
Doğada Yok Olma Süresi	11 gün	13 yıl
Yanıcılık	Orta derecede yanıcı	Yanıcı değil

5.1 Emniyet

Yeni bir soğutucu akışkanın soğutma uygulamalarındaki kullanımının kabul edilebilmesi için mutlaka emniyetli bir şekilde kullanılabilir olmalıdır. Emniyetin sağlanması da soğutucu akışkanın iki temel özelliği ile ilgilidir. Bunlar soğutucu akışkanın zehirlenme etkisi (zehirliliği) ve yanıcılık özelliğidir.

5.1.1 Zehirlilik

R-1234yf ve çeşitli alternatif soğutucu akışkanların zehirlenme etkisi Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Akut toksisite maruz kalma limiti (ATEL: acute toxicity exposure limit) olarak adlandırılan bu değer 30 dakikadan kısa bir süre içerisinde sağlığı kötü bir şekilde etkilemeyecek maksimum limiti göstermektedir. Yani ortamdaki R-1234yf miktarı 101000 ppm'in üzerine çıkmadığı sürece herhangi bir zehirleyici etki yaratmayacaktır. Görüldüğü gibi R-1234yf'nin ATEL değeri hem alternatifi olarak gösterildiği R-134a'dan hem de bazı diğer alternatiflerden daha uygundur. ASHRAE standartlarında da R-1234yf'nin zehirlilik sınıfı A olarak belirtilmiştir (Spatz ve Minor, 2008).

Çizelge 5.2. Soğutucu akışkanların zehirlenme etkisi (Spatz ve Minor, 2008).

Soğutucu Akışkan	ATEL (ppm)
R-12	18000
R-134a	50000
R-152a	50000
CO₂	40000
R-1234yf	101000

5.1.2 Yanıcılık

R-1234yf'nin yanıcılık özelliğine geçmeden önce, soğutucu akışkanların yanıcılıklarını belirleyen temellerden bahsetmekte fayda vardır. Bu noktada cevaplanması gereken ilk soru, soğutucu akışkan yanıcı özelliğe sahip olup olmadığı ve eğer yanıcı ise yanma limitlerinin ne olduğu sorusudur.

Yanma limitlerini belirleyen iki kavram; alt yanma limiti (LFL: lower flame limit) ve üst yanma limitidir (UFL: upper flame limit). Alt yanma limiti bir soğutucu akışkanın yanması için ortamda bulunması gereken minimum miktarını belirtmektedir. Üst yanma limiti ise yanma oluşması için havada bulunabilecek maksimum soğutucu akışkan miktarını göstermektedir. Havadaki soğutucu akışkan miktarı belli bir değerin üzerine çıktığı zaman yanmayı sağlayacak yeterli oksijen miktarı bulunamamaktadır.

İkinci önemli konu; bir tutuşturma kaynağının, alev almaya yetecek enerji miktarını sağlama olasılığının ne olduğudur. Bunun için de iki kavram tanımlanmıştır. Bunlar kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (KTS) ve minimum tutuşma enerjisidir (MIE: minimum ignition energy). Soğutucu akışkanlara ait bu özellikler, soğutkanın alev alma ihtimalinin birer göstergesidir.

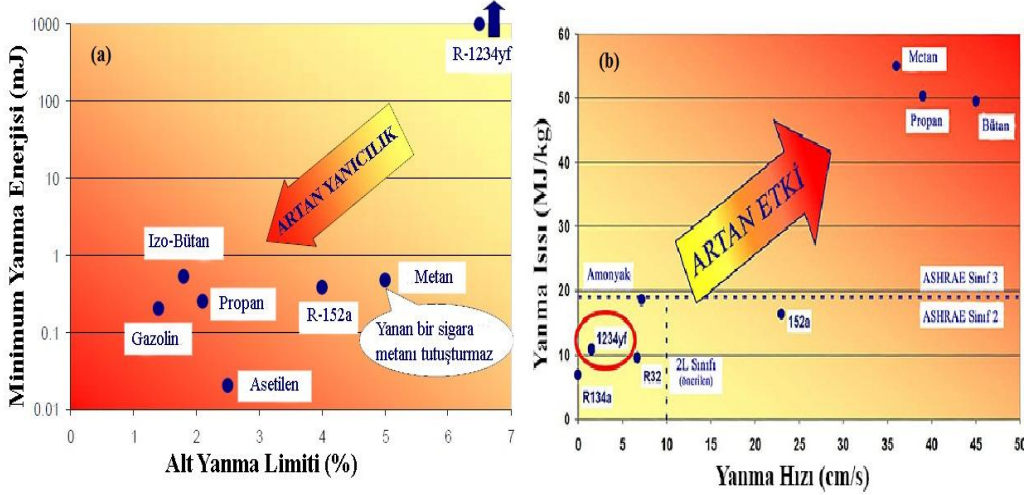
Soğutucu akışkanın alev alması durumunda yaratacağı etki de üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Yanma ısı (HOC: heat of combustion) ve yanma hızı (BV: burning velocity), soğutkanın bu etkisini ortaya koyan göstergelerdir. Yanma ısı yanma sonucunda kg başına ortaya çıkan ısı enerjisi miktarını belirtmekte olup birimi MJ/kg'dır. Yanma hızı ise cm/s cinsinden ifade edilmektedir.

Çizelge 5.3'te R-1234yf'nin bu özellikler bakımından sahip olduğu değerler gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. R-1234yf'nin Yanıcılık Özellikleri (Flammability table, 2013).

LFL (%)	6.5
UFL (%)	12.3
MIE (mJ)	5000 – 10000
BV (cm/s)	1.5
KTS (°C)	405
HOC (MJ/kg)	11.8

Şekil 5.2’de ise bu özellikler bir grafik halinde gösterilerek, bazı diğer düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanlarla görsel bir karşılaştırma sunulmuştur.



Şekil 5.2. a. Yanma meydana gelmesi ihtimali b. Yanmanın yaratacağı etki (Hill, 2010).

Şekil 5.2.a incelenecek olursa; sol alt köşeye-eksenlerin kesişim noktasına-doğru gidildikçe yanıcılığın arttığı görülür. Buradan da anlaşılmaktadır ki R-1234yf’nin yanma (tutuşma) ihtimali diğer bir alternatif olan R-152a dahil birçok akışkandan daha azdır. Şekil 5.1.2.1.b’de ise sağ üst köşeye doğru yanma etkisinin arttığı görülmektedir. Şekilden de anlaşılabileceği üzere R-1234yf’nin yanma etkisi oldukça düşüktür.

ASHRAE 34’de soğutucu akışkanlar yanıcılık özelliklerine göre üç kategoriye ayrılmıştır:

- ✓ 1: Yanıcı değil (101 kPa ve 21 °C’de).
- ✓ 2: $LFL > 0.1 \text{ kg/m}^3$ (101 kPa ve 21 °C’de) ve $HOC < 19 \text{ MJ/kg}$
- ✓ 3: $LFL < 0.1 \text{ kg/m}^3$ (101 kPa ve 21 °C’de) ve $HOC > 19 \text{ MJ/kg}$

R-1234yf bu sınıflandırmaya göre ikinci sınıfa girmektedir. Ancak yapılan yeni sınıflandırma önerisine göre, ikinci sınıfa giren ancak yanma oluşumunun etkisi az olan soğutucu akışkanlar yeni bir sınıfa ayrılacaktır. 2L adı verilen bu sınıfa yanma hızı 10 cm/s’ye kadar olan 2 sınıfı soğutucu akışkanlar girmektedir (Clodic, D, 2013).

R-1234yf'nin yanıcılığını ve yanıcılığının yaratacağı etkiyi ortaya koymak amacıyla gerek soğutucu akışkan üreticileri gerekse bu akışkanı kullanan firmalar tarafından bir dizi yanma testi gerçekleştirilmiştir. Bu testlerin bir kısmı bir önceki bölümde bahsettiğimiz R-1234yf'nin yanıcılık özelliklerini belirlemek, bir kısmı da bu özelliklerin yaratacağı etkiyi ve tehlikeyi ortaya koymak üzere yapılmış olup simülasyon ve saha testlerinden oluşmaktadır. Bu testlerle, sızıntı olması ve aracın kaza yapması vb. durumlarda aracın farklı bölümlerinde oluşan R-1234yf konsantrasyonları ölçülerek, yanma alt limitini geçip geçmediği ve herhangi bir tutuşma olup olmadığı kontrol edilmiştir. Simülasyon sonuçlarının da test sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür (Hill, 2008).

5.1.3 Risk Değerlendirmesi

Emniyet unsurunun tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için risk analizlerinin varlığı kaçınılmazdır. R-1234yf'nin mobil iklimlendirme ünitelerinde kullanımının yarattığı riski ortaya koymak amacıyla risk analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçları, Çizelge 5.4 ve 5.5'te verilmiştir. Çizelgede yer alan veriler, yapılan hata ağacı analizleri sonucunda R-1234yf kullanımından kaynaklanan riskin diğer olası risklere oranla çok az olduğu göstermektedir.

Çizelge 5.4. Araçta meydana gelebilecek çeşitli kaza risklerinin R-1234yf ile ilgili risklerle karşılaştırılması (Hill, 2010).

Risk	Araç çalışma süresi başına risk
Bir araç kazasında bulunma riski	5×10^{-5}
Fren arızasından kaynaklı bir kaza olma riski	3×10^{-7}
Yoldayken araçta yangın olması riski (herhangi bir nedenden dolayı)	10^{-7}
Bir kazada, hava yastığıyla ilişkili bir ölüm olması riski	2×10^{-10}
Araç sürücüsünün hayati sınırın üstünde bir HF'ye maruz kalma riski	3×10^{-12}
Araç sürücüsünün R-1234yf yanmasından kaynaklanan bir aleve maruz kalma riski	9×10^{-14}
Risk	Çalışma saati başına risk
Ölümcül olmayan kayda değer iş kazaları (tüm meslek gruplarında)	2×10^{-5}
Araba tamircilerinin bir nesnenin çarpması sonucu yaralanma riski	2×10^{-6}
Tamircilerin yüksek basınçlı R-1234yf ekipman hortumunun çarpması sonucu kayda değer bir kaza olması riski	3×10^{-8}
Servis teknikerinin R-1234yf yanması sonucu açık bir aleve maruz kalması riski	10^{-20}

Çizelge 5.5. R-1234yf sızıntısıyla ilgili risklerin çeşitli olaylar sonucu oluşabilecek yaralanma veya ölüm riskleriyle karşılaştırılması (Spatz ve Minor, 2008).

Risk	Yıllık risk oranı
Kalp krizi	2.7×10^{-3}
Evde ölümcül kaza olması	1.1×10^{-4}
Dağa çıkarken ölümcül kaza olması (dağcılar için)	6×10^{-4}
Bir yaya olarak yaralanma riski	2.1×10^{-5}
İş yerinde ölümcül kaza olması (tüm meslek dalları)	3.6×10^{-5}
Yıldırım çarpması sonucu yaralanma	10^{-6}
Asansörde ölümcül şekilde yaralanma riski	2×10^{-7}
Bir kaza sonucunda hayati limitlerin üstünde R-1234yf'ye maruz kalma riski	10^{-10}
Bir kazada, R-1234yf'nin yanması sonucu yaralanma riski	4.5×10^{-11}

5.2 Isıl Kararlılık

Yeni bir soğutucu akışkan adayının sahip olması gereken önemli özelliklerinden biri de soğutma ve iklimlendirme ekipmanı yapımında kullanılan materyallerle uyumluluğu ve bu materyallerin varlığındaki ısı kararlılığıdır. R-1234yf'nin kararlılığının değerlendirilmesi için ASHRAE/ANSI Standard 97'de yer alan sızdırmaz cam tüp protokolleri uygulanarak yapılan testlerde bakır, çelik ve alüminyum ile farklı yağlar kullanılmış ve testler 175 °C ve 200 °C'de farklı nem koşulları altında 14 günlük süre boyunca yapılmıştır. Testlerin sonuçları R-134a ile karşılaştırmalı olarak Çizelge 5.6'da verilmiştir. Tablodaki sonuçlardan da görüldüğü gibi R-1234yf, R-134a ile benzer şekilde davranmaktadır (Koban).

Çizelge 5.6. R-1234yf'nin termal stabilitesin R-134a ile karşılaştırılması (Koban).

Soğutucu Akışkan		R-134a				R-1234yf			
Yağ		PAG1	PAG2	POE1	POE2	PAG1	PAG2	POE1	POE2
Koşul		175 °C / 14 gün							
Düşük Nem	ppm	< 10							
Top. Asit Nu.	mgKOH/g	0,03	0,00	0,00	0,00	1,40	0,06	0,01	0,05
Düşük Nem	ppm	1000							
Top. Asit Nu.	mgKOH/g	0,82	0,00	0,01	0,10	2,44	0,17	0,01	1,18
Yüksek Nem	ppm	10000							
Top. Asit Nu.	mgKOH/g	1,75	0,00	21,3	21,4	3,04	0,90	19,5	21,1
Koşul		200 °C / 14 gün							
Düşük Nem	ppm	< 10							
Top. Asit Nu.	mgKOH/g	1,28	0,00	0,00	0,00	2,88	1,12	0,00	0,06
Düşük Nem	ppm	1000							
Top. Asit Nu.	mgKOH/g	1,15	0,54	0,10	0,21	3,49	1,40	2,00	2,84
Yüksek Nem	ppm	10000							
Top. Asit Nu.	mgKOH/g	2,19	0,87	21,4	22,3	3,22	2,05	20,2	21,2

5.3 Diğer Materyallerle Uyumluluk

Soğutucu akışkan adayının iklimlendirme ünitesinde kullanılan materyallerle uyumlu olması gerekmektedir. Çizelge 5.7'de R-1234yf'nin iklimlendirme sisteminde kullanılan plastik malzemelerle uyumluluğu, Çizelge 5.8'de ise elastomerlerle uyumluluğu R-134a ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir (Talley, 2010; Koban).

Çizelge 5.7. R-1234yf'nin plastiklerle uyumluluğu [ND8 PAG (100 °C'de iki hafta)] (Talley,2010; Koban)

Soğutucu Akışkan	Plastikler	Derece	24 saat sonraki ağırlık değişimi (%)	Fiziksel değişim
R-1234yf	Polyester	1	4,4	0
R-1234yf	Naylon	1	-1,5	1
R-1234yf	Epoksi	1	0,3	1
R-1234yf	Polietilen Terefitalat	1	2,0	0
R-1234yf	Poliimid	0	0,2	0
Soğutucu Akışkan	Plastikler	Derece	24 saat sonraki ağırlık değişimi (%)	Fiziksel değişim
R-134a	Polyester	1	5,6	0
R-134a	Naylon	1	-1,4	1
R-134a	Epoksi	1	0,3	1
R-134a	Polietilen Terefitalat	1	2,8	0
R-134a	Poliimid	0	0,7	0
Derece: 0 = en iyi (ağırlık değişimi < 1 ve fiziksel değişim = 0) 1 = sınır (1 < ağırlık değişimi < 10 ve fiziksel değişim ≤ 2) 2 = uyumsuz (ağırlık değişimi > 10 ve fiziksel değişim = 2)				

Çizelge 5.8. R-1234yf'nin elastomerlerle uyumluluğu [ND8 PAG (100 °C'de iki hafta)]
(Talley,2010; Koban)

Soğutucu Akışkan	Elastomerler	Derece	24 saat sonraki lineer taşma (swell) (%)	24 saat sonraki ağırlık değişimi (%)	24 saat sonraki sertlik değişimi (%)
R-1234yf	Neopren WRT	0	0,0	-0,3	1,0
R-1234yf	HNBR	0	1,6	5,5	-7,0
R-1234yf	NBR	0	-1,2	-0,7	4,0
R-1234yf	EPDM	0	-0,5	-0,6	4,0
R-1234yf	Silikon	1	-0,5	2,5	-14,5
R-1234yf	Sentetik kauçuk	0	-1,6	-1,9	0,5
Soğutucu Akışkan	Elastomerler	Derece	24 saat sonraki lineer taşma (swell) (%)	24 saat sonraki ağırlık değişimi (%)	24 saat sonraki sertlik değişimi (%)
R-134a	Neopren WRT	0	-0,6	-1,3	2
R-134a	HNBR	0	2,1	8,6	-5,5
R-134a	NBR	0	0,0	3,0	-3,5
R-134a	EPDM	0	-1,1	-0,4	2
R-134a	Silikon	0	-1,4	1,4	-2,5
R-134a	Sentetik kauçuk	0	-1,1	-1,6	-3,5
Derece0 = en iyi (ağırlık değişimi < 1 ve fiziksel değişim = 0) 1 = sınır (1< ağırlık değişimi < 10 ve fiziksel değişim ≤ 2) 2 = uyumsuz (ağırlık değişimi > 10 ve fiziksel değişim = 2)					

5.4 Yağlayıcılarla Karışabilirlik

Yeni soğutucu akışkanın soğutma çevriminde kullanılan yağlarla karışabilir olması gerekmektedir. R-1234yf'nin bu özeliğini belirlemek üzere testler yapılarak, ISO 120 POE ve ISO 68 POE yağları ile farklı sıcaklıklarda (-50 ile 90 °C arasında) ve farklı yağ yüzdelilerindeki (% 5 ile % 70 arasında) karışabilirliği ortaya konmuştur. Çıkan sonuçlar R-1234yf'nin karışabilme aralığının R-134a'dan daha geniş olduğunu ve yağlayıcılarla karışabilirlik bakımından R-134a ile benzer özellikte olduğunu göstermiştir. Detaylı sonuçlar Ek 3 ve Ek 4'te tablolar şeklinde gösterilmiştir. Bu tablolarda “M” harfi ile gösterilen kısımlar karışabilir olduğunu, “N” harfi ile gösterilmiş sarı kısımlar ise karışamaz olduğunu göstermektedir (Koban; Leck, 2009).

5.5 Çevresel Özellikler

Yapılmış olan yasal düzenlemelerin temel amacı iklimlendirme/soğutma sistemlerinin neden olduğu karbondioksit salınımını düşürerek, küresel ısınmaya olan katkılarını azaltmaktır. İklimlendirme/soğutma sistemleri direkt ve indirekt olarak karbondioksit salınımı yapmaktadırlar. Direkt salınımlar, sistemde

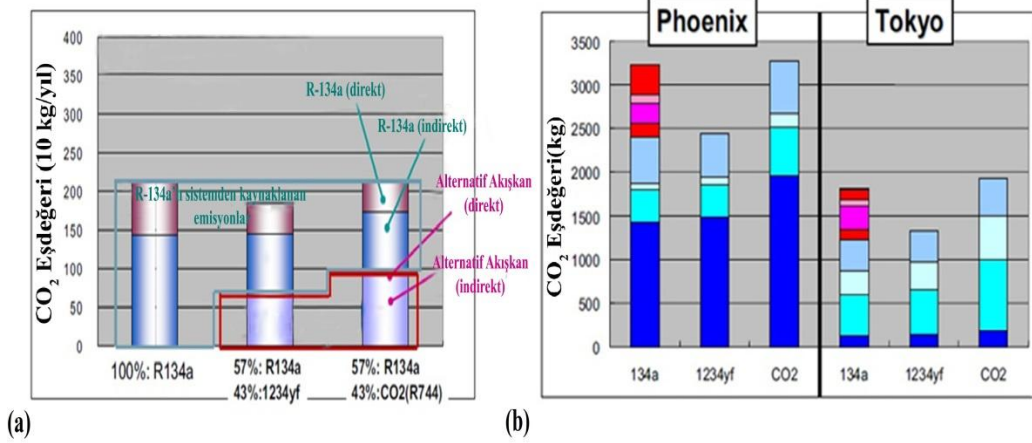
meydana gelen soğutucu akışkan sızırmalar veya kaza sonucu soğutucu akışkanın direkt olarak atmosfere salımıyla ortaya çıkan karbondioksit emisyonudur. İndirekt salınımlar ise sistem verimliliği, sistemi oluşturan ekipmanların üretimi gibi dolaylı yoldan karbondioksit salımını etkileyen unsurlardan oluşmaktadır. R-1234yf sahip olduğu GWP değeri, 4, ile çok az miktarda direkt salınımına yol açmaktadır. Ancak R-134a'lı bir sisteme oranla sistem performansı az miktarda da olsa düşüktür. Bu nedenle farklı soğutucu akışkanların küresel ısınmaya olan katkıları değerlendirilirken TEWI ve LCCP gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Yaşam Boyu İklim Performansı (Life Cycle Climate Performance: LCCP); iklimlendirme sistemlerinin yarattığı karbondioksit salınımı etkisini belirlemenin bir yolu da LCCP'nin (life cycle climate performance) hesaplanmasıdır. LCCP; iklimlendirme ve soğutma uygulamalarından kaynaklanan sera gazlarını en aza indirmek için kullanılabilir en çevreci soğutkanı belirlemek için kullanılabilir en kapsamlı yöntemlerden biridir ve aşağıda verilen denklemle hesaplanmaktadır (Papassava vd., 2005).

$$\begin{aligned} \text{LCCP} = & \text{GWP (MAC sızıntılarından olan direkt emisyonlar)} + \text{GWP (diğer} \\ & \text{kaynaklardan olan direkt emisyonlar: (soğutucu akışkanın atmosferik reaksiyon} \\ & \text{ürünleri) + (üretim, nakliye ve servis sızıntıları) + (EOL(End of life-ömür sonu)} \\ & \text{soğutucu akışkan emisyonları))) + GWP (MAC çalışmasından kaynaklanan} \\ & \text{indirekt emisyonlar)} + \text{GWP (diğer kaynaklardan olan indirekt emisyonlar:} \\ & \text{(soğutucu akışkanın üretimi ve nakliyesi) + (MAC üretimi ve araca montajı) +} \\ & \text{(EOL geri dönüşüm prosesi))} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Şekil 5.3.a'da, 2017 yılında dünyadaki mevcut araçların % 43'ünün iklimlendirme sistemlerinde alternatif soğutkan (R-1234yf ve CO₂) kullanıldığı kabul edilerek yapılan bir LCCP hesabının sonuçları görülmektedir. Şekilde yer alan kırmızı çerçeve alternatif soğutkan kullanan sistemlerin yarattığı CO₂ salınımını mavi çerçeve ise R-134a'lı sistemlerin yarattığı CO₂ salınımını göstermektedir. Görüldüğü gibi alternatif soğutkanlı sistemlerin direkt salınımı yok denecek kadar azdır. Üç soğutkanın dünya üzerindeki toplam salımları açısından kıyaslaması yapıldığında, soğutucu akışkan olarak R-1234yf'nin kullanılmasının yıllık CO₂ salınımlarını R-134a ve CO₂'ye oranla % 12 düşüreceği görülmektedir (İkegami vd., 2008).

Araç başına düşen emisyonlara bakıldığında ise Phoenix ve Tokyo için Şekil 5.3.b’de verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Kırmızı tonlarındaki bölümler direkt emisyonları, mavi tonları ise indirekt emisyonları göstermekte olup, hem CO₂ hem R-1234yf için direkt salımların yok denecek kadar az olduğu, iki akışkan karşılaştırıldığında ise R-1234yf kullanımının araç başına düşen CO₂ salınımı açısından % 20-% 30 civarında bir fayda sağlayacağı görülmektedir. (İkegami vd.,2008).



Şekil 5.3. a. Alternatif soğutkanlı sistemlerin neden olduğu küresel emisyonların, R-134a’lı sistemlerden kaynaklanan emisyonlarla karşılaştırılması b. Araç başına düşen emisyonların karşılaştırılması (İkegami vd., 2008).

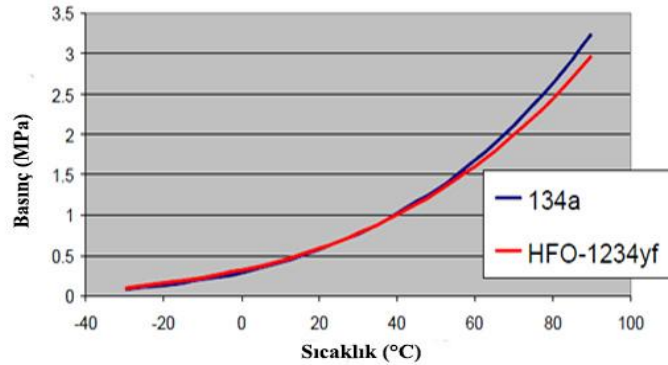
Öte yandan, Kauffeld, (2012) tarafından hazırlanan raporda, HFO’ların büyük çapta kullanımının çevre üzerinde yaratacağı etki üzerinde endişeler olduğu belirtilmiştir. Örneğin, HFC’ler parçalandığında bir yan ürün olarak TFA (Trifloroasetik asit) ortaya çıkmaktadır. Ancak HFO’lar söz konusu olduğunda ortaya çıkan TFA miktarı çok daha fazla olmaktadır (R-134a’dan 4-5 kat fazla). Kauffeld, Henne vd., (2012) tarafından yapılan çalışmada Avrupa’daki tüm araçlarda R-1234yf kullanılması durumunda, 10 katlık bir artış söz konusu olacağını tahmin ettiklerini, belirtmiştir. HFO’ların sağlıkla ilgili etkilerinin ve üretimi sırasında ortaya çıkacak olan yan ürünler ile bunların küresel ısınmaya olan etkilerinin belirsiz olduğunu, aynı zamanda HFO’ların yanması sonucu çıkacak ürünler konusunda endişeler olduğunu ifade eden Kauffeld, hazırladığı raporda HFO’ları uzun süreli bir alternatif olarak görmediğini belirtmiştir.

5.6 Performans

5.6.1 Termodinamik Özellikler

Bir soğutucu akışkanın sahip olduğu termodinamik özellikler, o soğutma sisteminin performansını belirleyen unsurların başında yer almaktadır. Bu nedenle kullanılacak olan soğutucu akışkanın termodinamik özelliklerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Bu özellikler çeşitli hal denklemleri yardımıyla hesaplanarak, tablolar halinde bu sektörde çalışanların kullanımına sunulmuştur. Ek 6 ve 7’de sırasıyla R-1234yf’ye ait doymuş buhar ve kızgın buhar tabloları verilmiştir (Opteon yf, 2013).

R-1234yf mobil iklimlendirme sistemlerinde R-134a’nın yerini almak üzere geliştirilmiş olması nedeniyle literatürde yer alan çalışmaların R-134a ile karşılaştırmalı bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 5.4’te R-134a ve R-1234yf’nin buhar basıncı eğrileri karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

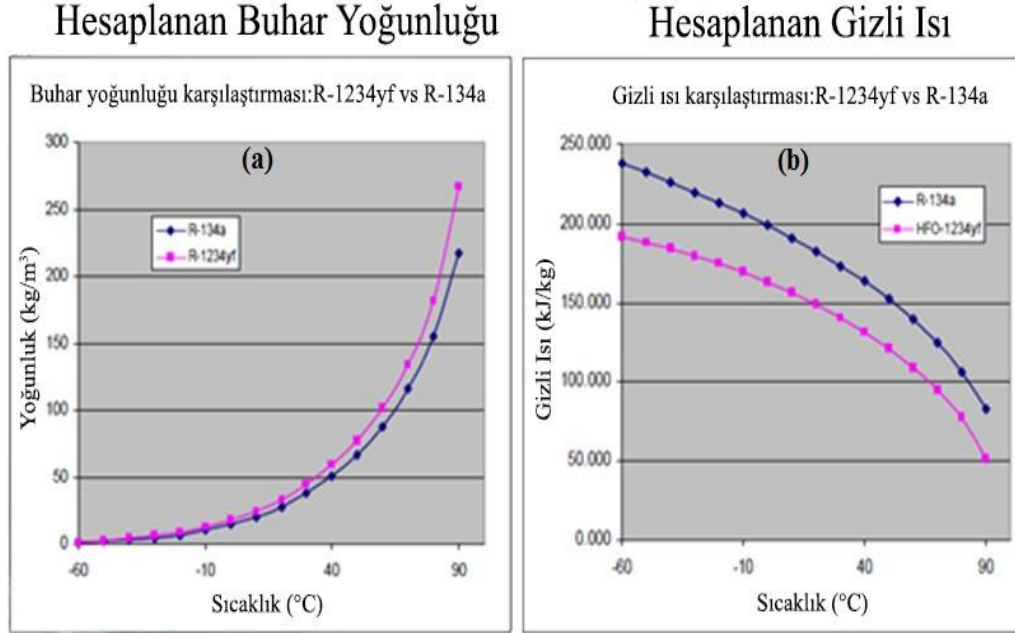


Şekil 5.4. R-134a ve R-1234yf’nin buhar basıncı eğrilerinin karşılaştırılması (Koban, 2009).

Şekilden de görüldüğü gibi bu iki soğutucu akışkanın buhar basıncı eğrileri neredeyse çakışmış haldedir. Bu durum bize R-1234yf’nin R-134a kullanılan bir sistemde hiç değişiklik yapılmadan ya da çok küçük değişiklikler yapılarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu durum gerçekten çok önem arz etmektedir ve R-1234yf’nin en büyük avantajlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Çünkü böylelikle yeni sistem tasarımı, yeni elemanlar geliştirme ihtiyacı ortadan kalkmış olacak, dolayısıyla yüksek sistem maliyetleri oluşmayacaktır.

Şekil 5.5.a ve b’de ise R-1234yf’nin buhar yoğunluğu ve gizli ısısının R-134a ile karşılaştırıldığını görmekteyiz. R-1234yf’nin buhar yoğunluğu

R-134a'ya göre biraz daha fazla iken buharlaşma entalpisi/gizli ısı daha azdır. Bu durum buharlaştırıcıda daha düşük bir soğutma etkisine neden olacaktır. veya başka bir açıdan bakıldığında, belli bir soğutma kapasitesi için, gerekli soğutucu akışkan debisinin R-134a'ya oranla daha fazla olması anlamına gelmektedir.



Şekil 5.5. a. Yoğunluk-sıcaklık eğrisi b. Gizli ısı-sıcaklık eğrisi (Leck, 2009).

Soğutma sistemlerinin performansının değerlendirilmesinde oldukça sık kullanılan bir diğer unsur, logaritmik basınç – entalpi (log P-h) diyagramlarıdır. R-1234yf soğutucu akışkanın p-h diyagramı Ek 5'te sunulmuştur.

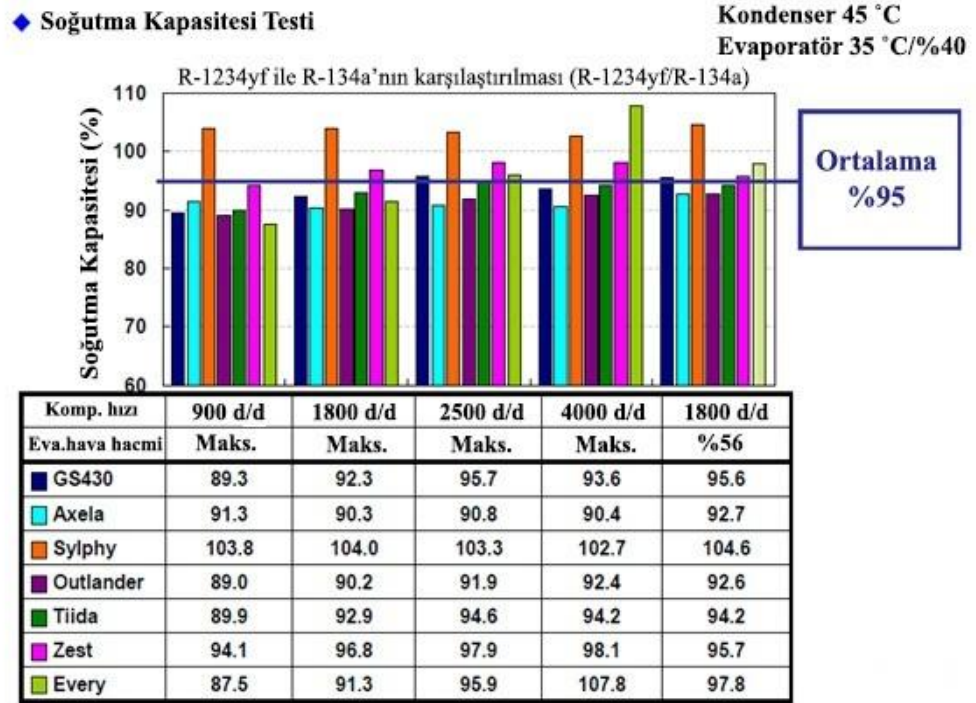
5.6.2 Performans Testleri

Termodinamik özellik tablolarından faydalananarak soğutma sisteminin performansı hakkında bir fikir sahibi olunsa bile, saha testleri gerçekleştirilmeden sistemin gerçek performansı tam anlamıyla ortaya konamaz. Bu nedenle birçok araştırmacı ve otomobil sektörüyle ilişkili firma tarafından çeşitli performans testleri gerçekleştirilmiş ve R-134a ile kıyaslamalar yapılmıştır.

JAMA (Japan Automotive Manufacturers Association) ve JAPIA (Japan Auto Parts Industries Association) tarafından, yedi farklı araç modeli üzerinde R-1234yf kullanılması durumundaki sistem kapasitelerini, COP'lerini, menfez çıkışında ve nefes alma seviyesindeki hava sıcaklıkları ile yakıt tüketimlerini R-134a'lı sistemle karşılaştırmak için testler yapılmıştır. Testler farklı kompresör

hızları ve farklı yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıkları ile bağıl nem miktarları için yapılmış olup, burada sadece 45 °C yoğuşturucu sıcaklığı, 35 °C buharlaştırıcı sıcaklığı ve %40 bağıl nem için yapılan testin sonuçları verilmiştir. R-1234yf'li sistemlerin kapasiteleri ve STK değerleri ile menfez çıkışı ve nefes alma seviyesindeki hava sıcaklıkları R-134a'ya oranlanarak Şekil 5.6, 5.7 ve 5.8'de verilmiştir (Ikegami vd., 2008).

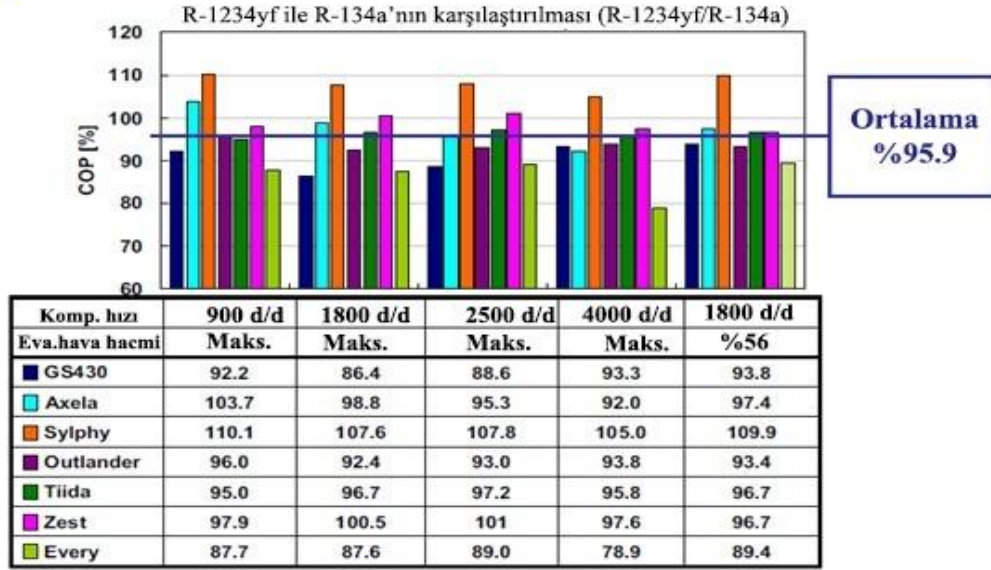
Görüldüğü gibi sistem kapasiteleri ve STK değerleri R-134a'ya oranla ortalama olarak % 95 dolaylarındadır. Pull-down diye tabir edilen atalet yükünü yenme testlerinde ise R-1234yf'nin çoğunlukla daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.



Şekil 5.6. Sistem kapasitelerinin karşılaştırılması (Ikegami vd., 2008).

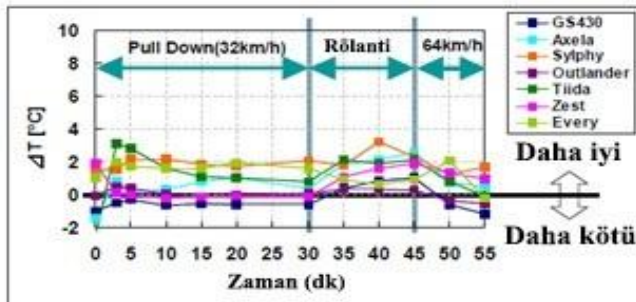
◆ Sistem Etkinlik (COP) Testi

Kondenser 45 °C
Evaporatör 35 °C/%40

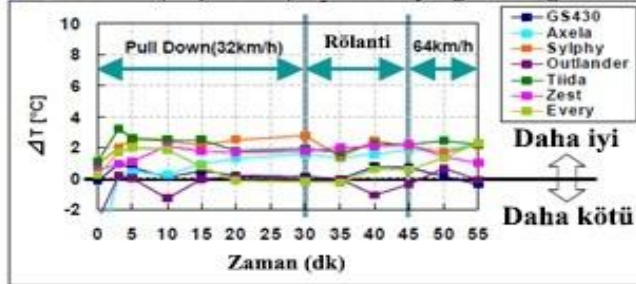


Şekil 5.7. Sistem etkinliklerinin karşılaştırılması (Ikegami vd., 2008)

◆ Menfez - R-134a'ya göre bağıl sıcaklık



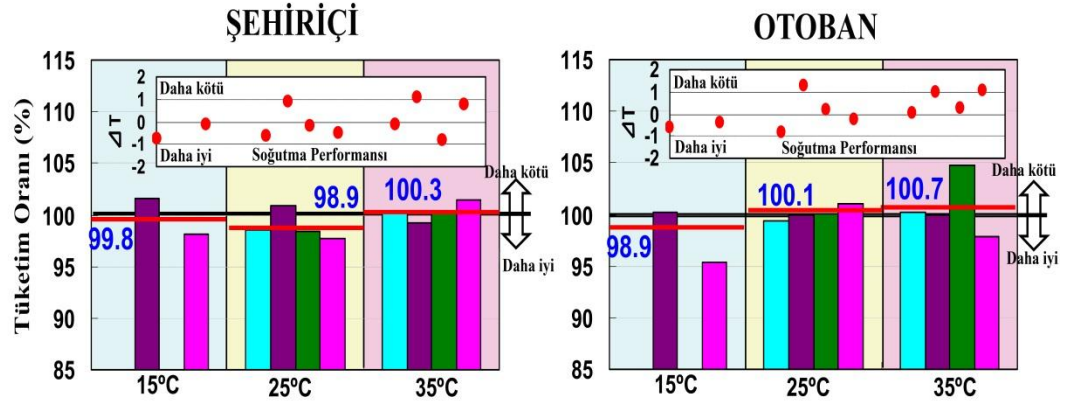
◆ Üst kısım (baş hızı)- R-134a'ya göre bağıl sıcaklık



Şekil 5.8. Hava sıcaklıklarının karşılaştırılması (Ikegami vd., 2008).

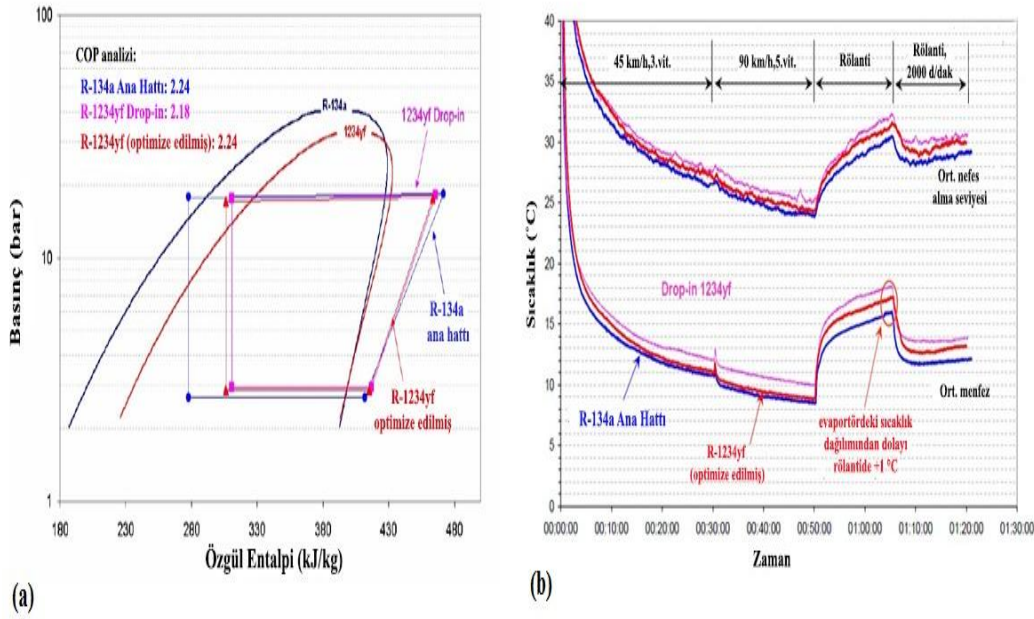
Bu testin devamı olarak dört araç üzerinde R-1234yf'li sistemin yakıt tüketimine olan etkisi, R-134a'lı sistem ile karşılaştırılmıştır. Şekil 5.9'da bu etki,

şehir içi, otoban ve genel kullanım için gösterilmiştir. Görüldüğü gibi R-1234yf'nin yakıt tüketimine olan etkisi yok denebilecek kadar azdır.



Şekil 5.9. Yakıt tüketimlerinin karşılaştırılması (Ikegami vd., 2008).

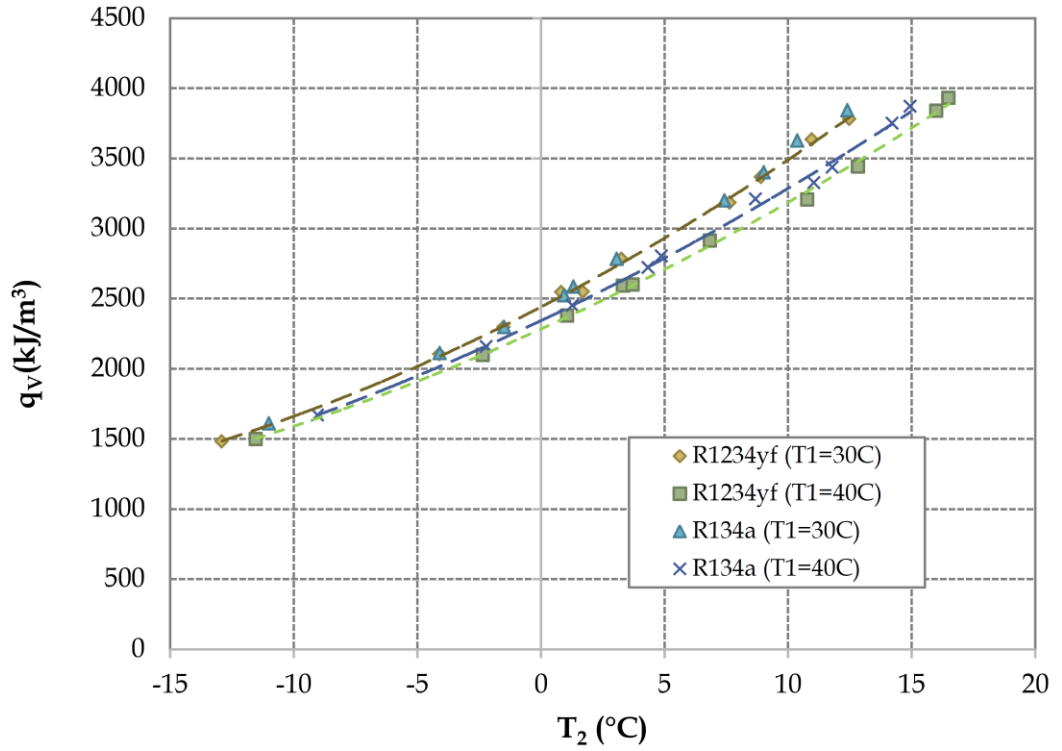
Bir otomobil üreticisi tarafından gerçekleştirilen başka bir testte ilk olarak R-134a'lı iklimlendirme sistemi üzerinde hiçbir değişiklik yapılmaksızın (drop-in test), daha sonra ise sistemin yoğuşturucusu ve termal genleşme vanası R-1234yf'ye göre optimize edilerek gerçekleştirilmiştir. Yapılan performans testlerinin sonuçları Şekil 5.10.a ve b'de görülmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi R-134a ile aynı soğutma kapasitesine ulaşmak için sistem üzerinde birtakım iyileştirmeler yapmak gereklidir. Yapılan optimizasyon sonucunda ise, R-1234yf'li sistemin COP'si R-134a ile aynı değere gelmiş, menfez çıkışında ve nefes alma seviyesindeki hava sıcaklıkları da aynı seviyelere ulaşmıştır (Monforte vd., 2008).



Şekil 5.10. a. Optimize edilmiş sistem etkinliklerinin karşılaştırılması b. Optimize edilmiş sistem hava sıcaklıklarının karşılaştırılması (Monforte vd., 2009).

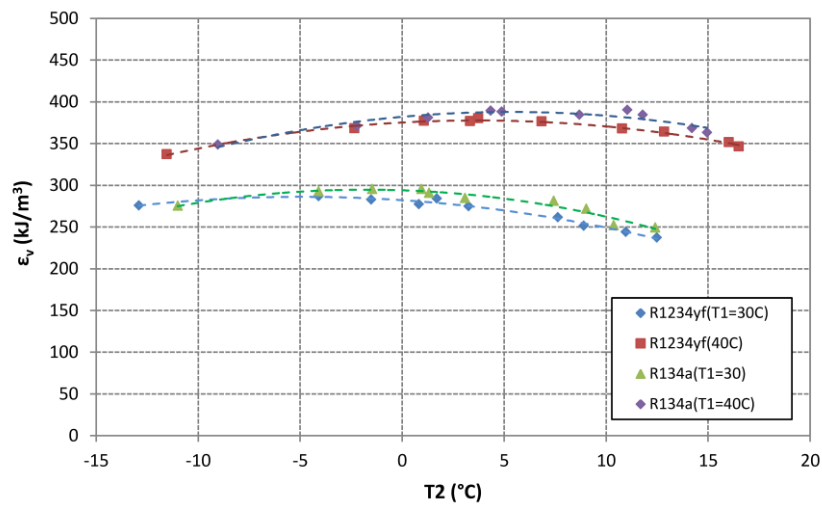
Jarahnejad (2012), tarafından yapılan bir başka çalışmada ise R-1234yf'nin performansı R-134a ile karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda bir deney düzeneği hazırlanarak iki soğutucu akışkan da bu deney düzeneğinde iki farklı yoğunlaştırıcı sıcaklığında (30 °C ve 40 °C) ve 1 kW ile 3,2 kW arasında değişen 10 farklı ısı yükünde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 11-13'de görülmektedir.

Şekil 5.11'de yer alan q_v terimi hacimsel soğutma kapasitesini, T_2 ise buharlaştırıcı sıcaklığını göstermektedir. Görüldüğü gibi hacimsel soğutma kapasitesi buharlaştırıcı sıcaklığı ile ciddi miktarda artmaktadır. İki soğutucu akışkan kıyaslanacak olursa, her iki yoğunlaştırıcı sıcaklığında da noktaların birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Genel olarak bakacak olduğumuzda da R-134a'nın ortalama olarak % 3 daha yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahip olduğu söylenebilir (Jarahnejad, 2012).



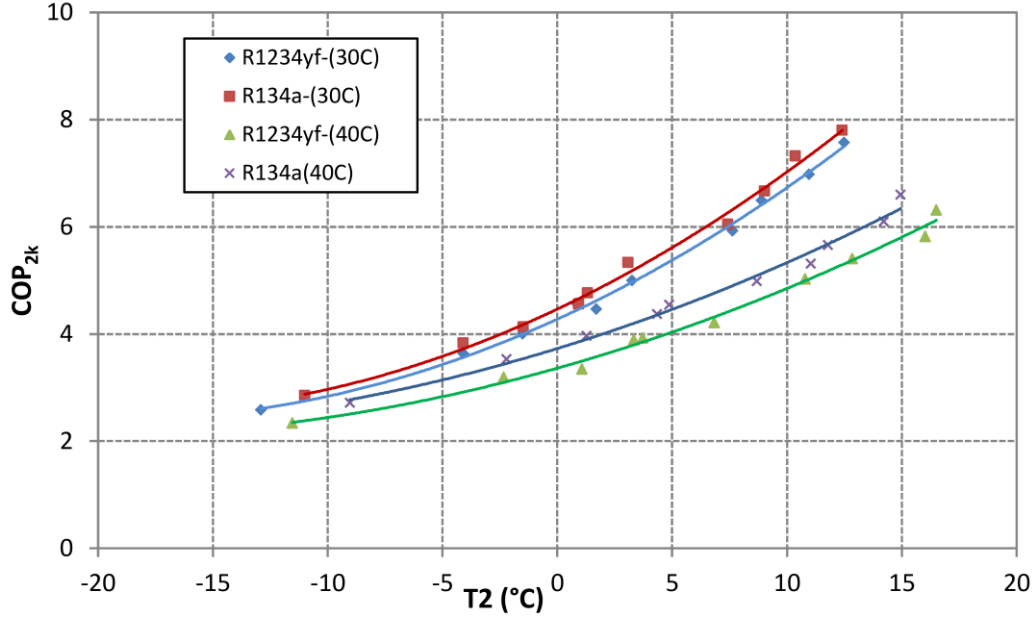
Şekil 5.11. Hacimsel soğutma kapasitelerinin karşılaştırılması (Jarehnejad, 2012).

Şekil 5.12’de ise iki soğutucu akışkan için gerekli kompresör işleri karşılaştırılmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi daha düşük yoğuşturucu sıcaklığında daha az kompresör işi gerekmektedir. İki soğutucu akışkan kıyaslandığında ise R-1234yf için her iki yoğuşturucu sıcaklığında da % 0-8 arasında daha az kompresör işi gerektiği görülmektedir (Jarehnejad, 2012).



Şekil 5.12. Gerekli kompresör işlerinin karşılaştırılması (Jarehnejad, 2012).

Son olarak da sistem STK'ları hesaplanarak, Şekil 5.13'te verilen grafikte gösterilmiştir. 30 °C ve 40 °C yoğuşturucu sıcaklıkları için hesaplanan STK değerleri incelendiğinde R-134a'nın R-1234yf göre sırasıyla % 2-10 ve % 5-15 arasında daha yüksek STK'ya sahip olduğu görülmektedir (Jarehnejad, 2012).



Şekil 5.13. Sistem STK'larının karşılaştırılması (Jarehnejad, 2012).

6. ASANSÖR KABİNİ İÇİN SOĞUTMA YÜKÜ/ISI KAZANCININ BELİRLENMESİ

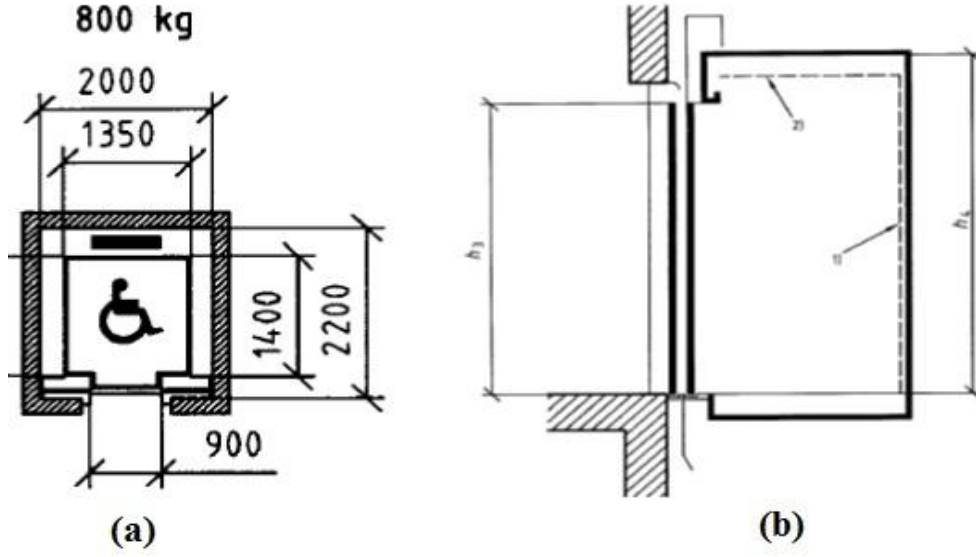
Bir iklimlendirme sisteminin temel amacı, insanların daha rahat (konforlu) bir ortam içerisinde yaşamalarını sağlamak veya bir ürünün saklanması ya da bir endüstriyel işlem için gerekli olan çevre ortamını oluşturmaktır. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için, uygun kapasiteye sahip bir sistemin kurulması ve yıl boyunca kontrollü çalıştırılması gerekir. Donanımın kapasitesini, gerekli olan gerçek anlık pik yük belirlerken, sağlaması gereken kontrol türünü de, pik ve kısmi yükler arasında oluşması gereken şartlar belirler. Genel olarak, herhangi bir mahalin gerçek pik veya kısmi yüklerini ölçmek mümkün değildir, bunların hesaplanması gerekir (Klima Tesisatı, 2009).

Bir iklimlendirme sisteminin, yıl boyunca kusursuz olarak işlevlerini yerine getirebilmesinin ilk şartı, tasarım aşamasında, doğru cihaz kapasiteleri belirlemek için, bu yükleri oluşturan ısı kazancı ve ısı kaybı hesaplarının doğru yapılmasıdır. Bu hesaba geçmeden önce, yük bileşenlerinin belirlenebilmesi için, kapsamlı ve dikkatli bir inceleme yapılması gereklidir. Ekonomik cihaz seçimi ve sistem tasarımı, sonrasında ise düzgün ve sorunsuz bir çalışma performansı, ancak mahalin gerçek anlık yükünün böylesi bir inceleme ile belirlenmesi ile mümkün olabilir (Klima Tesisatı, 2009).

Mahal yükünün fazla bulunması daha yüksek bir kapasiteye sahip cihaz seçimine yol açacak, dolayısıyla da maliyet artışıyla sonuçlanacaktır. Aynı zamanda cihaz sürekli kısmi yüke maruz kalacak, bu durum cihazın sürekli açılıp kapanmasına neden olacak ve bu nedenle de cihaz verimsiz çalışacaktır. Mahal yükünün az bulunması ise olması gerekenden daha küçük kapasiteye sahip bir cihaz seçimine neden olacaktır. Bu durumda ise pik yük altında ortamda istenen konfor şartları yerine getirilmemiş olacaktır.

Bu nedenle bir mahalin soğutma yükünün doğru bir şekilde belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda ilk olarak asansörlere ait standartlar incelenmiş ve soğutma yükü hesabının 800 kg beyan yüküne sahip bir asansör kabini için yapılmasına karar verilmiştir. Akabinde, TS 8237 ISO 4190-1 numaralı standarttan 800 kg beyan yüküne sahip asansör kabinin boyutları belirlenmiştir. Şekil 6.1.a'da 800 kg beyan yüküne sahip asansör kabininin şematik görüntüsü ve sahip olduğu ölçüler verilmiştir. Şekil 6.1.b'de ise asansör kabinin yandan görünüşü verilmiş olup, h_3 değeri kabin giriş yüksekliğini; h_4 ise

kabin iç yüksekliğini temsil etmektedir. Bu değerler yine aynı standartta yer alan ve Ek 8’de verilmiş olan çizelgeden sırasıyla 2,1 m ve 2,2 m olarak okunmuştur.



Şekil 6.1.a. a. Asansör kabinin üstten görünüşü b. Asansör kabinin yandan görünüşü (TS 8237 ISO 4190-1, 2004).

Kabinle ilgili diğer parametreler ise şu şekildedir (A. Sarıgülü, 2013, sözlü görüşme):

- Kabinin yan duvarlarında 1,5 mm galvaniz sac, 12 mm MDF ve 0,5 mm paslanmaz çelik kaplama kullanılmaktadır.
- Kabinin tavanında 2 mm galvaniz sac kullanılmaktadır.
- Kabinin tabanında 2 mm kıvrımlı galvaniz sac, 18 mm MDF ve 3 mm PVC veya 20 mm granit kullanılmaktadır.
- Kabin tavanında toplamda kabin alanının %1’i kadar olacak şekilde küçük delikler bulunmaktadır.
- Kabin aydınlatmasında genellikle spot lamba, floresan veya 15 W’lık tasarruf ampulü kullanılmaktadır.

Dış ortam tasarım şartları farklı şehirler için çeşitli kaynaklarda tablolar halinde verilmektedir. Bu tablolardan faydalanılarak İzmir ili için dış tasarım şartları tespit edilmiş olup, aşağıda verilmiştir (Klima Tesisatı, 2009).

Kuru termometre sıcaklığı = 37 °C

Yaş termometre sıcaklığı = 24 °C

Bağıl Nem = %34,6

$$W = 13,6 \text{ gr H}_2\text{O/kg kuru hava}$$

İç ortam tasarım koşulları da benzer şekilde ilgili tablodan belirlenmiştir: (Carrier, 2004):

$$\text{Kuru termometre sıcaklığı} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Bağıl Nem} = \%50$$

$$\text{Yaş termometre sıcaklığı} = 17,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Özgül Nem (W)} = 10,5 \text{ gr H}_2\text{O/kg kuru hava}$$

Hemen hemen tüm mühendislik tasarım problemlerinde olduğu gibi, iklimlendirme yükü hesabında da, mühendisler, teorik ya da amprik bilgiye dayanan bağıntıların kullanıldığı ve bazen de iteratif işlemler gerektiren, uzun ve yorucu hesap yöntemleri ile uğraşmak yerine, aynı bağıntılar ve işlemler ile oluşturulmuş tablo ve diyagramlardan, parametrik olarak okunan değerler ile yapılan, basitleştirilmiş hesaplama tekniklerini tercih ederler. Günümüzde, iklimlendirme mühendisleri tarafından kullanılan yük hesaplama yöntemleri de, bu türdendir (Klima Tesisatı, 2009).

Yapılan araştırmada, mevcut yöntemlerin hepsinin binalara yönelik olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu tez çalışma kapsamında Klima Tesisatı, 2009 ve Carrier Hava Koşullandırma Sistem Tasarımı Cilt 1 kitaplarında açıklanmış olan CLTD/SCL/CLF (Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Faktörü) yöntemi asansör kabini koşullarına uyarlanarak kullanılmıştır. Aynı zamanda ASHRAE, 2009'nin F17 ve F18 numaralı bölümlerinden (F17: Residential Cooling and Heating Load Calculations (Konutlar için soğutma ve ısıtma yükü hesaplamaları), F18: Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations (konut harici binalar için soğutma ve ısıtma yükü hesaplamaları)) faydalanılmıştır.

CLTD/SCL/CLF yönteminde, yük bileşenleri, hesaplama tekniği açısından beş başlık altında ele alınmıştır (Klima Tesisatı, 2009):

1. Çatılar, dış duvarlar ve pencerelerden iletimle olan soğutma yükü,
2. Pencerelerden güneş ışıınımı ile gerçekleşen soğutma yükü,
3. İç yüzeylerden ısı geçişi ile oluşan soğutma yükü,

4. İç kaynaklardan olan soğutma yükleri,
5. Havalandırma ve hava sızması ile oluşan soğutma yükü.

Bu başlıklar altında verilen bileşenlerin her biri aşağıda verilen kabuller altında ele alınarak ısı yükleri hesaplanmıştır. Asansör kabini için soğutma yükü hesabı yapılırken kullanılan kabuller şunlardır:

- Kabinin asansör boşluğunda hareket etmesi nedeniyle sisteme etki eden bir güneş ışıınımı söz konusu değildir.
- Benzer şekilde asansör boşluğundaki rüzgarın varlığı ve etkisi ihmal edilmiştir.
- Kabin 2,5 m/s hızla hareket etmekte ve kabinin dış yüzeylerinde zorlanmış taşınım söz konusudur.
- Kabin içerisinde doğal taşınım gerçekleşmektedir.
- Kabin kapısından ve tavanında yer alan küçük boşluklardan olan infiltrasyon/exfiltrasyon miktarı, kabin için gerekli olan taze hava ihtiyacı kadardır.
- Kabin kapısı, kabin duvarları ile aynı yapıdadır.

6.1 Çatılar, Dış Duvarlar ve Pencereleden İletimle Olan Soğutma Yüğü

Bu yöntemde, tüm dış yüzeylere, ışıınım ve taşınım ile gelip, buradan iletimle mahal içine geçen ısı, iklimlendirme sistemine eklediğı yük,

$$q = UA(CLTD) \quad (6.1)$$

denklemini ile hesaplanır. Bu hesaplama yönteminin adını koyan parametrelerden biri olan CLTD değeri, soğutma (yaz) şartları için tanımlanmış, dış yüzeylerde taşınım ve ışıınım etkilerini birlikte göz önüne alan ve yapı elemanlarının ısı depolama etkilerini de içeren bir eşdeğer sıcaklık farkı tanımlamasıdır. Bu değeri ASHRAE tarafından kabul edilmiş bir hesaplama yöntemi olan TFM'de kullanılan ve ısı kazançlarını, ısı depolanmasını dikkate alarak, soğutma yüklerine dönüştüren RTF bağıntıları kullanılarak elde edilmiş olup, tablolar şeklinde kullanıcılara sunulmuştur (Klima Tesisatı, 2009).

Yukarıda verilmiş olan kabullerden de görüleceğı gibi asansör kabinine etkiyen bir ışıınım söz konusu değildir. Bu nedenle asansör kabini duvarlarını dış

duvar olarak ele almak uygun olmayıp, 3. başlık altında açıklanacak olan iç duvar olarak kabul edilecek ve ilgili bağıntılar kullanılacaktır.

6.2 Pencerelerden Güneş Işınımı ile Oluşan Soğutma Yükü

Pencerelere düşen güneş ışınlımı, mahal içine girip, içerideki yüzeylerde yutulduktan sonra, zaman içerisinde, mahal havasına geçer ve bir soğutma yükü oluşturur. Bu yük aşağıda verilen Denklem 6.2 ile hesaplanır (Klima Tesisatı, 2009).

$$q = A(SC)(SCL) \quad (6.2)$$

SCL değeri, pencere etrafında bir gölgeleme elemanı (panjur, jaluzi, perde vb.) olmaması durumunda, aşağıda tarifi verilecek olan bir referans pencere yüzeyinin birim alanı başına, birim zamandaki güneş ışınlımından oluşan soğutma yükü anlamına gelir. SCL değerleri de benzer şekilde TFM yöntemindeki RTF bağıntıları kullanılarak türetilmiş olup, tablolar şeklinde kullanıcılara sunulmuştur (Klima Tesisatı, 2009).

Bir önceki bölümde olduğu gibi asansör kabinine etkiyen bir güneş ışınlımı olmadığı için bu başlık altında bahsedildiği gibi bir soğutma yükü de söz konusu değildir.

6.3 İç Duvarlar, Bölmeler, Tavan ve Döşemelerden Isı Geçişi ile Olan Soğutma Yükü

Şartlandırılan bir mahal, farklı sıcaklıktaki bir ortama bitişik ise, bu ortamlar arasında olan ısı geçişi göz önüne alınmalıdır. Bu durum için anlık ısı geçişi Denklem 6.3 ile tanımlanır.

$$q = UA(t_b - t_i) \quad (6.3)$$

Bu denklemde yer alan U değeri toplam ısı geçiş katsayısı olup, taşınım ve iletimle olan ısı geçişlerini barındırmaktadır. Dolayısıyla öncelikle iç ve dış taraftaki hava özellikleri kullanılarak ısı taşınım katsayıları ve kabin duvarları için duvar yapısı ve kullanılan malzemelerin özellikleri kullanılarak bir ısı iletim katsayısı hesaplanmalıdır. Hesaplanan bu ısı iletim ve taşınım katsayıları Denklem

6.4'te kullanılarak toplam ısı direnç ve akabinde denklem 6.5 ile toplam ısı geçiş katsayısı – U değeri – hesaplanır.

$$R_{top} = \frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_d} \quad (6.4)$$

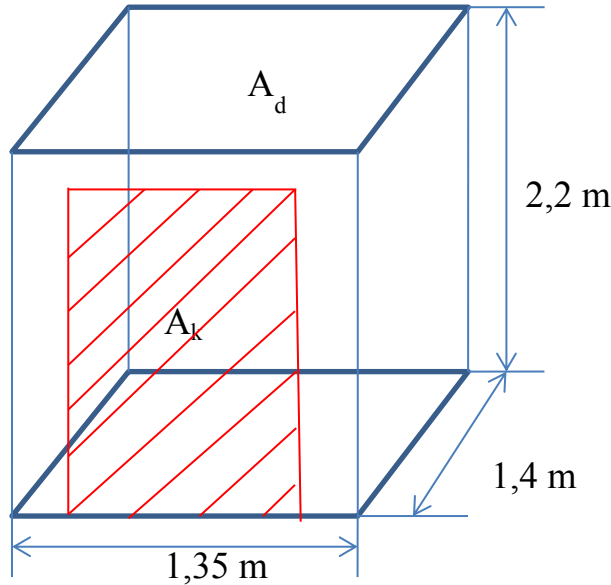
$$U = \frac{1}{R_{top}} \quad (6.5)$$

Asansör kabini duvarlarının temas halinde ortamlar bakıldığında, kapı kısmının bitişik ortamdaki hava, diğer duvarların ise dış hava ile temasta olduğu görülmektedir. Bu nedenle ısı dirençler hesaplanırken kabin kapısının bulunduğu kısım ayrı ele alınmıştır. Şekil 6.3.1'de gösterildiği gibi yan duvarlardan olan ısı kazancı hesaplanırken, yan duvar alanı, kapı ve kapı dışındaki yüzeyler olarak iki parça şeklinde düşünülmüştür. Şekilde A_k olarak gösterilen alan kapı alanını, A_d ise diğer yüzeylerin toplam alanını göstermektedir.

Kapı alanı = kapı yüksekliği * kapı genişliği

$A_k = 2,1 \text{ m} * 0,9 \text{ m} = 1,89 \text{ m}^2$ olarak bulunur.

$A_d = 2 * (2,2 * 1,35) + 2 * (2,2 * 1,4) - A_k = 10, 21 \text{ m}^2$ 'dir.



Şekil 6.2. Asansör kabini yüzey alanları

Kabini oluşturan duvarlar yapıları incelendiğinde yan duvarlar, taban ve tavan olmak üzere üç farklı duvar yapısı olduğu görülmektedir. Bu nedenle hesaplamalar aşağıda üç başlık altında – yan duvarlar, taban ve tavan, verilmiştir. Ancak ilk olarak iç ve dış ortamdaki ısı taşınım katsayılarının hesaplanması gerekmektedir.

6.3.1 Dış ortam ısı taşınım katsayısının hesaplanması

Daha öncede belirtildiği gibi asansör kabinin 2,5 m/s hızla hareket ettiği kabul edilerek zorlanmış taşınım için bir ısı taşınım katsayısı hesabı yapılacaktır. Bunun için ilk olarak Re sayısı hesaplanarak, akışın laminar mı yoksa türbülanslı mı olduğu bulunmalıdır. Re sayısı Denklem 6.6 ile hesaplanır.

$$Re = \frac{v_d L}{\vartheta_d} \quad (6.6)$$

Hava için kinematik viskozite, ısı iletkenlik ve Prandtl sayısı değerleri ilgili tablodan okunur:

$$k = 0,0026398 \text{ W/mK}$$

$$\vartheta = 1,6738 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 0,72628$$

Bu durumda;

$$Re = (2,5 \text{ m/s} * 2,2 \text{ m}) / 1,6738 * 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$Re = 328593,62 < 5 \times 10^5$ olduğu için akış laminardır. Bu durumda laminar akış için verilen formüller kullanılır.

$$Nu = 0,664 Re^{0,5} Pr^{1/3} \quad (6.7)$$

$$Nu = 342,14 \text{ olarak bulunur.}$$

Isı taşınım katsayısı ise Denklem 6.8 ile hesaplanır.

$$h_d = \frac{Nu k}{L} \quad (6.8)$$

Böylece dış ortam için ısı taşınım katsayısı;

$h_d = 4,105 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak bulunur.

6.3.2 İç ortam ısı taşınım katsayısının belirlenmesi

Daha önce bahsedildiği gibi iç ortamda doğal taşınım olduğu kabulü yapılacaktır. Bu durumda iç ortam için ısı taşınım katsayısını hesaplayabilmemiz için iç yüzey sıcaklığını bilmemiz gerekmektedir.

$$q = \frac{t_d - t_1}{R_{taş,d}} = \frac{t_1 - t_2}{R_{duvar}} = \frac{t_2 - t_{1i}}{R_{taş,i}} \quad (6.9)$$

6.9 numaralı denklem kullanılarak, deneme yanılma yöntemiyle iç yüzey duvar sıcaklığını temsil eden t_2 değeri $32 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak bulunmuştur.

İkinci olarak Denklem 6.10 ile ifade edilen Grashof sayısının bulunması gerekmektedir.

$$Gr_L = \frac{g\beta(t_2 - t_i)}{\nu^2} \quad (6.10)$$

Bu denklem içinde yer alan β ifadesi ise $1/K$ cinsinden olup, Denklem 6.11 ile hesaplanmaktadır.

$$\beta = 1/t \quad (6.11)$$

Kinematik viskozite değeri de ilgili tablodan okunarak Rayleigh sayısı Denklem 6.12 ile hesaplanır.

$$Ra_L = Gr_L Pr = \frac{g\beta(t_2 - t_i)}{\nu^2} Pr \quad (6.12)$$

İlgili değerler yerine konduğunda, $Ra_L = 6,13 \times 10^9$ olarak bulunur.

Nu sayısı ise tüm Ra değerleri için geçerli ve daha hassas olan Denklem 6.13 ile bulunur.

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 \quad (6.13)$$

$Nu = 217$ olarak bulunur.

Son aşama olarak iç ortam için ısı taşınım katsayısı Denklem 6.9, iç ortama uyarlanarak bulunur.

$$h_i = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

6.3.3 Yan duvarlar için toplam ısı transfer katsayısının belirlenmesi

Yan duvarlar bu bölümün başında belirtildiği gibi 3 tabakadan oluşmaktadır. Duvarı oluşturan malzemeler, malzemelerin kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Yan duvarlarda kullanılan malzemeler ve özellikleri

Malzeme Türü	Galvaniz Saç	MDF	Paslanmaz Çelik
Malzeme kalınlığı (mm)	1,5	12	0,5
Isı iletim katsayısı, k (W/m.K)	16	0,15	15,6

Bu değerler, 6.4 ve 6.5 numaralı denklemlerde yerine yazılarak, ısı direnç ve toplam ısı transfer katsayısı bulunur:

$$R_{\text{top,yd}} = 0,707 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{\text{yd}} = 1,413 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Son olarak 6.3 numaralı denklem kullanılarak yan duvarlardan olan ısı kazancı elde edilir:

$$q_{\text{yd}} = 158,68 \text{ W}$$

6.3.4 Kabin tabanı için toplam ısı transfer katsayısının belirlenmesi

Kabin tabanını oluşturan malzemeler ve özellikleri Çizelge 6.2’deki gibidir.

Çizelge 6.2. Kabin tabanında kullanılan malzemeler ve özellikleri

Malzeme Türü	Galvaniz Saç	MDF	PVC
Malzeme kalınlığı (mm)	2	18	3
Isı iletim katsayısı, k (W/m.K)	16	0,15	0,8

$$R_{top,tb} = 0,752 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{tb} = 1,331 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$q_{tb} = 27,664 \text{ W}$$

6.3.5 Kabin tavanı için toplam ısı transfer katsayısının belirlenmesi

Kabin tavanında sadece 2 mm galvaniz saç kullanılmaktadır. Bu bilgi ışığında hesaplanan ısı direnç, toplam ısı transfer katsayısı ve kabin tavanından olan ısı kazancı değerleri aşağıda verilmiştir.

$$R_{top,tv} = 0,628 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{tbv} = 1,593 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$q_{tv} = 33,117 \text{ W}$$

6.4 İç Kaynaklardan Olan Soğutma Yükleri

İç ısı kaynaklarından olan soğutma yükleri, duyulur ve gizli ısı kazançlarından kaynaklanmalarına göre, sırasıyla 6.9 ve 6.10 numaralı denklemler ile hesaplanır (Klima Tesisatı, 2009).

$$q_s = N (SHG)(CLF) \quad (6.9)$$

$$q_l = N (LHG) \quad (6.10)$$

Buradaki CLF değeri, mahalde ısının depolanmasını ve sonradan açığa çıkmasını, yani zamana bağlı ısı depolama ve geri bırakma olaylarını dikkate alır ve TFM yöntemindeki RTF bağıntıları ile hesaplanır. Değişik kaynaklar için bu

değer tablolar halinde verilmiştir. Ancak, eğer ortam sıcaklığı 24 saatlik dönem boyunca sabit tutulamıyorsa, örneğin soğutma sistemi yalnızca binanın kullanıldığı saatlerde açık kalıyorsa, yapıda depolanan duyulur ısıнын büyük bir kısmı ortamdan uzaklaştırılamayacağı için, “kapatma yükü (pulldown load) oluşur ve bu yük sistem ertesi gün çalışmaya başladığında soğutma yükü olarak karşımıza çıkar. Bu durumda CLF değeri bire eşit alınmalıdır (Klima Tesisatı, 2009).

Asansör kliması uygulaması için de binanın kullanılmadığı zamanlarda sistem çalışmayacağı için bu çalışmada CLF değeri 1 olarak alınmıştır. Bu durumda 6.9 numaralı denklem şu hali almaktadır:

$$q_s = N (SHG) \quad (6.11)$$

6.4.1 İnsanlardan kaynaklanan soğutma yükleri

İklimlendirilecek olan mahalin soğutma yükü hesaplanırken insanlardan olan duyulur ve gizli ısı kazançları önemli bir paya sahiptir. İnsanların yaptıkları faaliyete göre değişen bu değerler tablolar halinde verilmiştir. Bu çalışma kapsamında insanlardan kaynaklanan ısı kazançları, 800 kg beyan yüküne sahip bir asansörde bulunabilecek maksimum insan sayısına göre hesaplanmıştır.

$$N_{max} = \frac{Beyan\ yükü}{75\ kg} \quad (6.12)$$

Denklem 6.12 kullanılarak asansörde bulunabilecek maksimum insan sayısı $N_{max} = 10$ olarak hesaplanır.

Duyulur (SHG) ve gizli (LHG) ısı değerleri de tablolardan sırasıyla 60 W ve 70 W olarak okunmuştur. Bu durumda;

$$q_s = 10 \cdot 60 = 600\ W$$

$$q_l = 10 \cdot 70 = 700\ W$$

olarak hesaplanır. İnsanlardan olan toplam ısı kazancı ise;

$$q_{ins,top} = q_s + q_l = 1300\ W\ \text{olarak bulunur.}$$

6.4.2 Aydınlatmadan kaynaklanan soğutma yükü

Aydınlatmadan kaynaklanan soğutma yüklerinin hesabında aşağıda verilen Denklem 6.13 kullanılmaktadır.

$$SHG_a = W F_{ul} F_{sa} \quad (6.13)$$

Burada F_{ul} ile gösterilen kullanma çarpanı, soğutma yükü hesaplarının yapıldığı şartlardaki aydınlatma gücünün, toplam kurulu aydınlatma gücüne oranıdır. Mağaza gibi ticari uygulamaların soğutma yükü hesaplarında, kullanım çarpanı genellikle bir değerindedir. Konut ve otel odaları için 0,3-0,5, ofislerde 0,7-0,85 ve endüstriyel mahallerde 0,8-0,9 arasında alınabilir (Klima Tesisatı, 2009). Asansör uygulamasında aydınlatma tek bir lambadan sağlandığı için bu değer bir olarak alınmıştır.

Armatür çarpanı ise, ürettikleri ısının sadece bir kısmını, havalandırılan veya şartlandırılan ortama veren, floresan gibi aydınlatma cihazları için kullanılır ve farklı tip lambalar için farklı değerler alır. Bu çalışma için bu değer 1,25 olarak alınmıştır.

Bu bilgiler altında aydınlatmadan kaynaklanan soğutma yükü,

$$q_{s,ayd} = N * W * F_{ul} * F_{sa} = 18,75 \text{ W olarak bulunur.}$$

6.4.3 Cihazlardan kaynaklanan soğutma yükü

Cihazlardan kaynaklanan soğutma yükü, asansör içerisinde bulunan her kişinin bir cep telefonuna sahip olduğu düşünülerek hesaplanmıştır.

$$q_{s,cih} = N * SHG_{cih} = 10 * 5 \text{ W} = 50 \text{ W olarak bulunur.}$$

6.5 Havalandırma ve Hava Sızması ile Oluşan Soğutma Yüğü

Bir mahal için gerek isteğe bağlı havalandırma, gerekse istek dışı olarak hava sızması sonucunda akan dış hava, iki nedenle önemlidir. Dış hava çoğu zaman, iç havadaki kirleticileri seyreltmek için kullanılır ve bu dış havanın ısıtılması veya soğutulması için gereken enerji, kayda değer miktarda bir yük teşkil eder. Binalardan olan enfiltrasyon veya eksfiltrasyon değerlerinin

belirlenmesi için tablolar hazırlanmış olup, bu tablolardan okunan değerler ilgili formüllerde yerine konularak, soğutma yüklerini hesaplamak mümkün olmaktadır. Ancak asansör kabini için aynı işlemi yapmak mümkün değildir. Bunun temel nedeni, asansörün dinamik bir sistem olmasıdır. Asansör kabinine/kabininden olan enfiltrasyon/eksfiltrasyonun ana kaynağı asansör kapısıdır ve kapının ne kadar süre ile ve aralıklarla açık kaldığı bilgisi mevcut değildir. Bu nedenle asansör uygulaması için bu yükler hesaplanırken, taze hava ihtiyacının tamamının hava sızması ile karşılandığı kabulü yapılmıştır. Gerekli taze hava ihtiyacı 3, 5 L/s olarak ilgili tablodan belirlenmiştir.

Hava değişimi ile olan soğutma yükünü duyulur ve gizli ısı kazançları olarak ikiye ayırmak mümkündür.

Duyulur ısı kazancı aşağıda verilmiş olan Denklem 6.14 ile hesaplanır.

$$q_s = Q\rho C_p \Delta t \quad (6.14)$$

Bu denklemde yer alan ρ değeri yaklaşık olarak $1,2 \text{ kg/m}^3$ alınabilir. Ancak bu çalışmada iç ve dış ortam hava sıcaklıklarının ortalamasındaki yoğunluk değeri alınmıştır. Havanın özgül ısısı için ise 6.15 numaralı denklem kullanılabilir.

$$C_p = 1006 + 1840W \quad (6.15)$$

Buradaki 1006 değeri kuru havanın özgül ısısını (J/kgK) temsil etmekte, 1840 değeri ise su buharının özgül ısısını (J/kgK) göstermektedir. W değeri iç ve dış ortam özgül nem değerlerinin ortalaması kullanılmıştır.

$$C_p = \left(1006 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}\right) + \left(1840 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}\right) \left(\frac{0,0105 + 0,135 \text{ kg}}{2} \frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right) = 1028,1 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

$$q_s = \left(3,35 \frac{\text{L}}{\text{s}}\right) \left(\frac{1}{1000} \frac{\text{m}^3}{\text{L}}\right) \left(1,158 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(1028,1 \frac{\text{J}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}\right) (37 - 24 ^\circ\text{C})$$

$$q_s = 458,47 \text{ W olarak bulunur.}$$

Gizli ısı kazancı ise Denklem 6.16 ile bulunur.

$$q_l = Q\rho h_{fg} \Delta W \quad (6.16)$$

Bu denklemde yer alan h_{fg} değeri su buharına ait buharlaşma entalpisi olup, iç ve dış ortam sıcaklıklarının ortalaması olan 31,5 °C için doymuş buhar tablosundan 2426,93 kJ/kg olarak okunmuştur.

$$q_l = \left(3,35 \frac{L}{s}\right) \left(\frac{1}{1000} \frac{m^3}{L}\right) \left(1,158 \frac{kg}{m^3}\right) \left(2426,93 * 10^3 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ C}\right) \left(0,0135 - 0,0105 \frac{kg}{kg}\right) = 295,17 \text{ W}$$

olarak bulunur. Böylece havalandırmadan/hava sızmasından kaynaklanan toplam soğutma yükü,

$$q_{hav,top} = q_s + q_l = 753,63 \text{ W olarak bulunur.}$$

6.6 Diğer Yükler

Diğer yükler, veriş ve dönüş hava kanallarından olan kaçaklar ve kayıplar ile buharlaştırıcı fanından olan soğutma yüklerini içermektedir.

Buharlaştırıcı fanından olan ısı kazancı 240 W güce ve % 27,4 verime sahip bir fan için,

$$q_f = (1 - \eta_f) P_f = 174,24 \text{ W olarak bulunur.}$$

Veriş kanalından olan duyulur ısı kazancı toplam oda duyulur ısısının % 1'i olarak alınır. Toplam oda duyulur ısısı mahal içerisindeki tüm duyulur soğutma yüklerinin toplamı olup, bu toplama % 1'lik bir emniyet faktörü eklenerek aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$ODI = (226,94 \text{ W} + 600 \text{ W} + 18,75 \text{ W} + 50 \text{ W}) * 1,01$$

$$ODI = 904,7 \text{ W}$$

Bu durumda veriş kanalından olan duyulur ısı kazancı,

$$\text{Veriş kanalı duyulur ısı kazancı} = ODI * 0,01 = 9,04 \text{ W}$$

Veriş kanalında meydana gelen kaçaklardan kaynaklanan kaçaklar ise hem duyulur hem gizli ısı kazancına neden olmaktadır. Duyulur ısı kazancı da benzer şekilde toplam oda duyulur ısısının % 1'i olarak alınabilir.

$$\text{Veriş kanalı hava kaçağı duyulur ısı yükü} = 9,04 \text{ W}$$

Veriş kanalı hava kaçağı gizli ısı yükü ise oda gizli ısısının % 1'i olarak ele alınabilir. Oda gizli ısısı odaya etki eden tüm gizli soğutma yüklerinin toplamı olup, bu toplama % 1'lik bir emniyet faktörü eklenerek aşağıda hesaplanmıştır.

$$\text{OGI} = 700 \text{ W} * 1,01 = 707 \text{ W}$$

Bu durumda veriş kanalı kaçağından olan gizli ısı yükü,

$$\text{Veriş kanalı hava kaçağı gizli ısı yükü} = 7,07 \text{ W}$$

Dönüş kanalından olan ısı kazançları da benzer şekilde oda duyulur ısısının %1'i olarak toplam soğutma yüküne ilave edilir.

$$\text{Dönüş kanalı duyulur ısı kazancı} = 9,04 \text{ W}$$

$$\text{Dönüş kanalı hava kaçağı duyulur ısı yükü} = 9,04 \text{ W}$$

Son olarak da baypas nedeniyle olan duyulur ve gizli ısı kazançlarını da hesaplamak gereklidir. Baypas oranı, iklimlendirme cihazının fiziksel ve işletme özelliklerinin bir fonksiyonu olup, cihazdan geçen havanın, hiçbir değişikliğe uğramadan geçtiği varsayılan kısmını temsil eder. Cihaz ısı geçiş yüzeyi azalırken baypas oranı, cihazdan havanın geçiş hızı azalırken azalır. Baypas oranları farklı uygulama alanları için tablolarda belirtilmiş olup, bu uygulama için 0,3 alınmasına karar verilmiştir.

Havalandırma ve hava sızmasından kaynaklanan soğutma yükleri, baypastan olan ısı kazançlarını da içermektedir. Bu nedenle baypas havasından olan ısı kazancı, bu bölümde hesaplanmış olan duyulur ve gizli ısı yüklerini 0,3 ile çarparak bulunur.

$$\text{Baypas havasından olan duyulur ısı kazancı} = 458,47 * 0,3 = 137,54 \text{ W}$$

Baypas havasından olan duyulur ısı kazancı = $295,17 \cdot 0,3 = 88,55 \text{ W}$

Yapılan soğutma yükü hesaplarının sonuçları Çizelge 6.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 6.3. Asansör kabiniine ait ısı kazançları

Isı Kazancı Türü	Isı Kazancı (W)
Duvarlardan Olan Toplam Duyulur Isı Kazancı	226,94
İnsanlardan Olan Duyulur Isı Kazancı	600
Aydınlatmadan Olan Duyulur Isı Kaz.	18,75
Cep Telefonlarından Olan Duyulur Isı Kazancı	50
Oda Duyulur Isısı	904,7
Veriş Kanalı Duyulur Isı Kazancı	9,04
Veriş Kanalı Hava Kaçaklarından Olan Duyulur Isı Kaz.	9,04
Fan	174,24
Baypas Havasından Olan Duyulur Isı Kazancı	137,54
Etkin Oda Duyulur Isısı	1234,5
İnsanlardan Olan Gizli Isı Kazancı	700
Oda Gizli Isısı	707
Veriş Kanalı Hava Kaçaklarından Olan Gizli Isı Kazancı	7,07
Baypas Havasından Olan Gizli Isı Kazancı	88,55
Etkin Oda Gizli Isısı	802,6
Etkin Oda Toplam Isısı	2037,14
Dış Havadan Olan Duyulur Isı Kazancı	320,93
Dış Havadan Olan Gizli Isı Kazancı	206,62
Dönüş Kanalı Hava Kaçakları	9,04
Dönüş kanalı duyulur ısı kazancı	9,04
Toplam Soğutma Yükü	2582,78

Görüldüğü gibi asansör kabini için toplamda 2582,78 W'lık bir soğutma yükü söz konusudur. Bu çalışma kapsamında, SAFKAR A.Ş. tarafından getirtilmiş olan, ticari bir asansör kliması ile karşılaştırmalar yapılmak istenmektedir. Bu nedenle tasarlanacak sistemin soğutma kapasitesinin bu asansör kliması ile aynı, yani 2,6 kW olmasına ve iklimlendirme ünitesi parçalarının da bu kapasiteye göre belirlenmesine karar verilmiştir.

7. SOĞUTMA ÇEVİRİMİ ANALİZİ

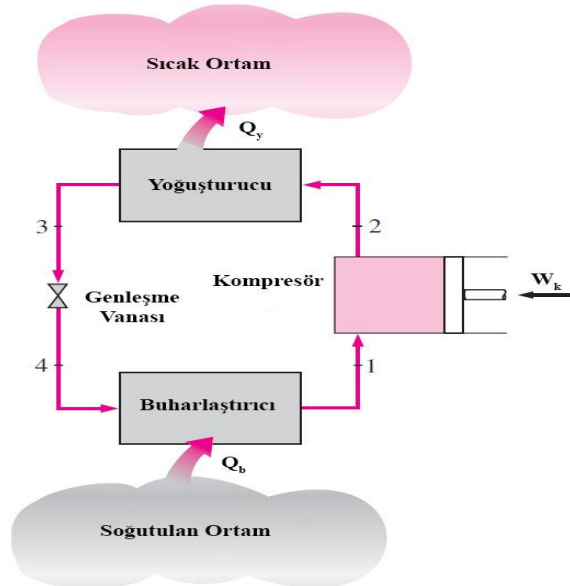
Bu proje kapsamında, R-1234yf, R-134a, R-410A ve R-407C olmak üzere dört farklı soğutucu akışkan kullanılacaktır. Bu nedenle de 2,6 kW soğutma kapasitesine sahip bir sistem için dört farklı soğutma çevrimi analiz edilmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde 2,6 kW soğutma kapasitesi ve farklı buharlaştırıcı ve

yoğusturucu sıcaklıkları için bir ideal çevrim analizi gerçekleştirilerek, bu 4 soğutkanın karşılaştırılması yapılmıştır. İkinci bölümde ise yine 2,6 kW soğutma kapasitesindeki sistemin, belirlenen tasarım sıcaklıkları altındaki (buharlaştırıcı ve yoğusturucu sıcaklıkları sırasıyla 7,5 °C ve 50 °C olarak alınmıştır) analizi, 5 °C aşırı kızdırma ve 5 °C aşırı soğutma için gerçekleştirilerek, prototipi yapılacak sistem ekipmanlarını sahip olması gereken özellikler belirlenmiş ve sistem performansları karşılaştırılmıştır.

7.1 Buhar Sıkıştırma Soğutma Çevrimi

Bir buhar sıkıştırma soğutma çevrimi, Şekil 7.1’de gösterildiği gibi temel olarak dört ana elemandan ve dört hal değişiminde oluşmaktadır. Bu çevrimi oluşturan hal değişimleri şöyledir:

- 1-2 Kompresörde izantropik sıkıştırma
- 2-3 Yoğusturucuda çevreye sabit basınçta ısı geçişi
- 3-4 Kısılma (genişleme ve basıncın düşmesi)
- 4-1 Buharlaştırıcıda akışkana sabit basınçta ısı geçişi



Şekil 7.1. Buhar sıkıştırma soğutma çevrimi (Çengel ve Boles, 2005).

Gerçek çevrimlerde sistem tasarımı, 2-3 numaralı hal değişimi bir miktar aşırı soğutma sağlayacak şekilde ve 4-1 hal değişimi de bir miktar aşırı kızdırma

sağlayacak şekilde yapılır. Bunun temel nedeni soğutucu akışkanın genleşme vanasına sıvı halde, kompresöre ise buhar halinde girmesini garanti altına almaktır. Pratikte aşırı soğutma miktarı yaklaşık 6 °C, aşırı kızdırma miktarı ise 3-8 °C olup, bu çalışmada sırasıyla 6 °C ve 5 °C olarak alınmıştır. Kompresör izantropik verimi ise 0,8 olarak alınmıştır. Şekil 7.2’de analiz edilen çevrimin p-h diyagramı verilmiştir.

Hesaplamalarda kullanılan denklemler ise şu şekildedir:

$$\eta_s = (h_{2,s} - h_1)/(h_2 - h_1) \quad (7.1)$$

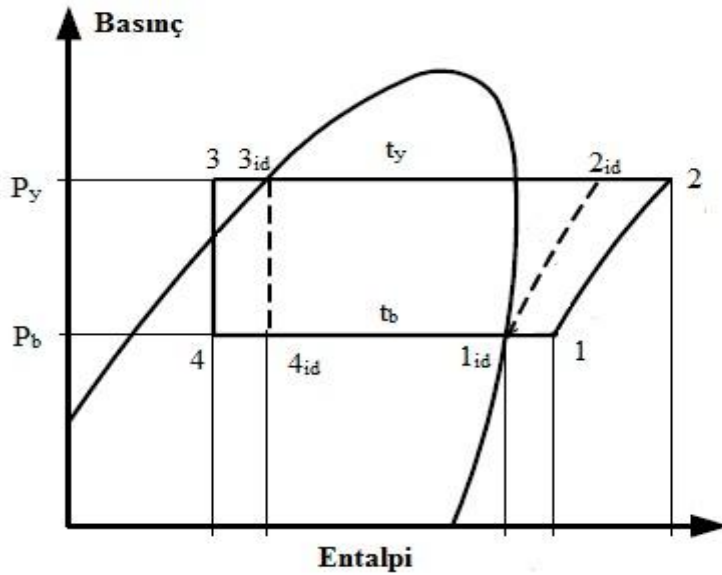
$$m = q/(h_1 - h_4) \quad (7.2)$$

$$W = m (h_2 - h_1) \quad (7.3)$$

$$q_{yog} = m (h_2 - h_3) \quad (7.4)$$

$$STK = W/q \quad (7.5)$$

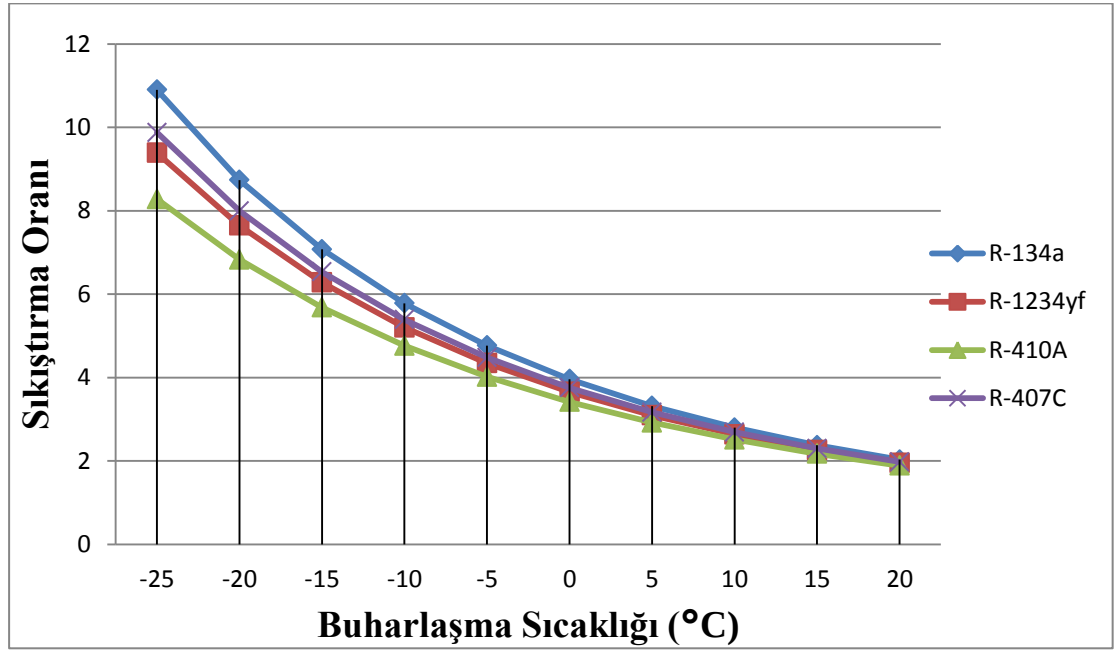
$$Sıkıştırma\ Oranı = P_{yog}/P_{buh} \quad (7.6)$$



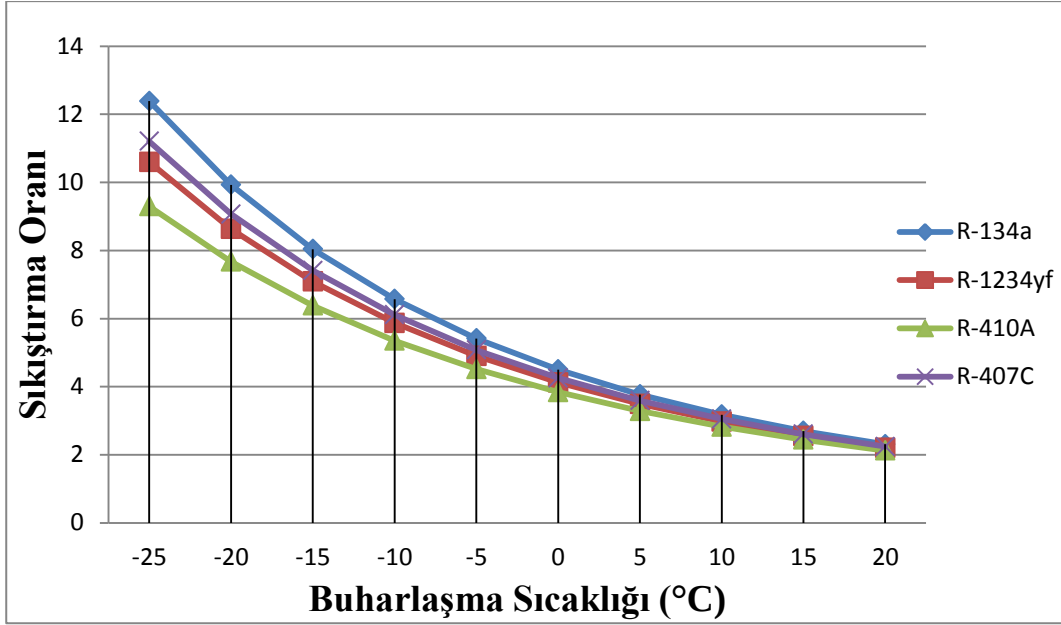
Şekil 7.2. Soğutma çevriminin basınç – entalpi diyagramı (Jarehnejad, 2012; Granryd,2005’den)

7.2 İdeal Çevrim Analizi

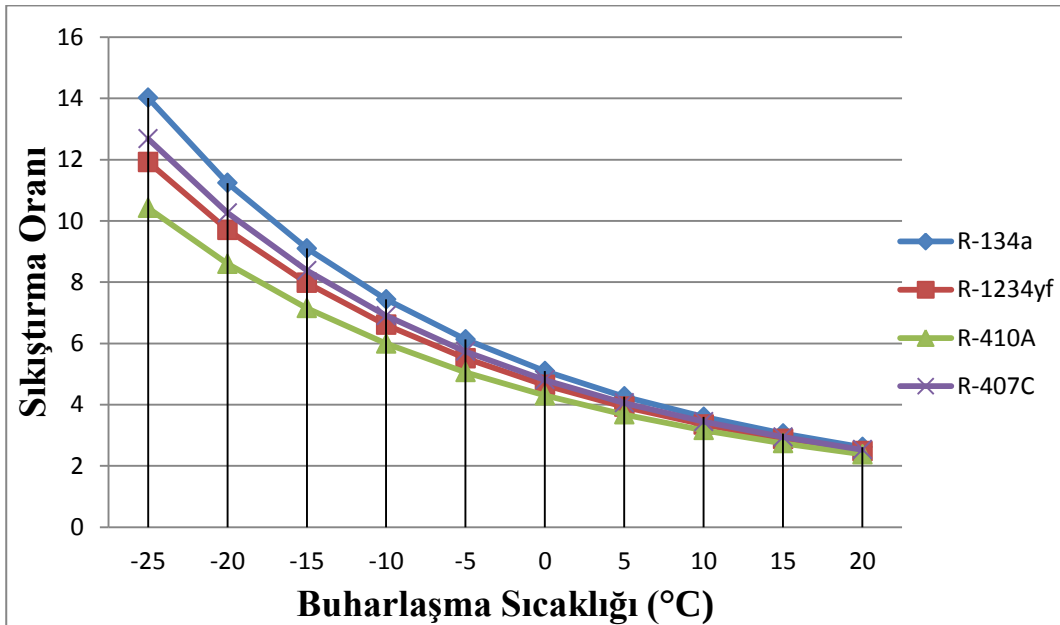
Farklı soğutucu akışkanların performansları arasında karşılaştırma yapmak için kullanılan yöntemlerden biri de ideal çevrim analizlerinin yapılmasıdır. Bu kapsamda, çalışmanın ilk aşaması olarak, dört farklı soğutucu akışkan için, 2,6 kW soğutma yükünde, on farklı buharlaştırıcı sıcaklığında (-25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15 ve 20 °C) ve üç farklı yoğusturucu sıcaklığında (45, 50 ve 55 °C) ideal çevrim analizleri yapılmıştır. Yapılan bu analizlerle, sıkıştırma oranları, soğutucu akışkanların kütleli debileri, kompresördeki güç tüketimleri ve soğutma tesir katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplamalar yapılırken Genetron Properties 1.1 (Genetron Properties 1.1, 2013) yazılımından yararlanılmıştır. Sonuçlar aşağıda, Şekil 7.3 - 7.5 arasında gösterilmiştir.



Şekil 7.3. 45 °C yoğusturucu sıcaklığında sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması.



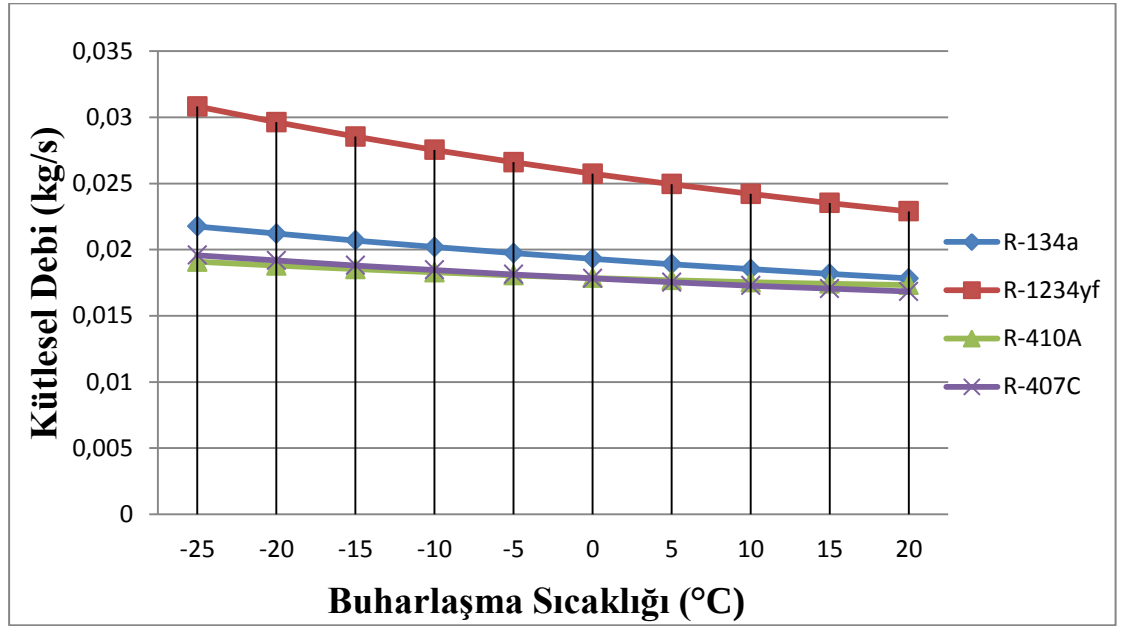
Şekil 7.4. 50 °C yoğuşturucu sıcaklığında sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması.



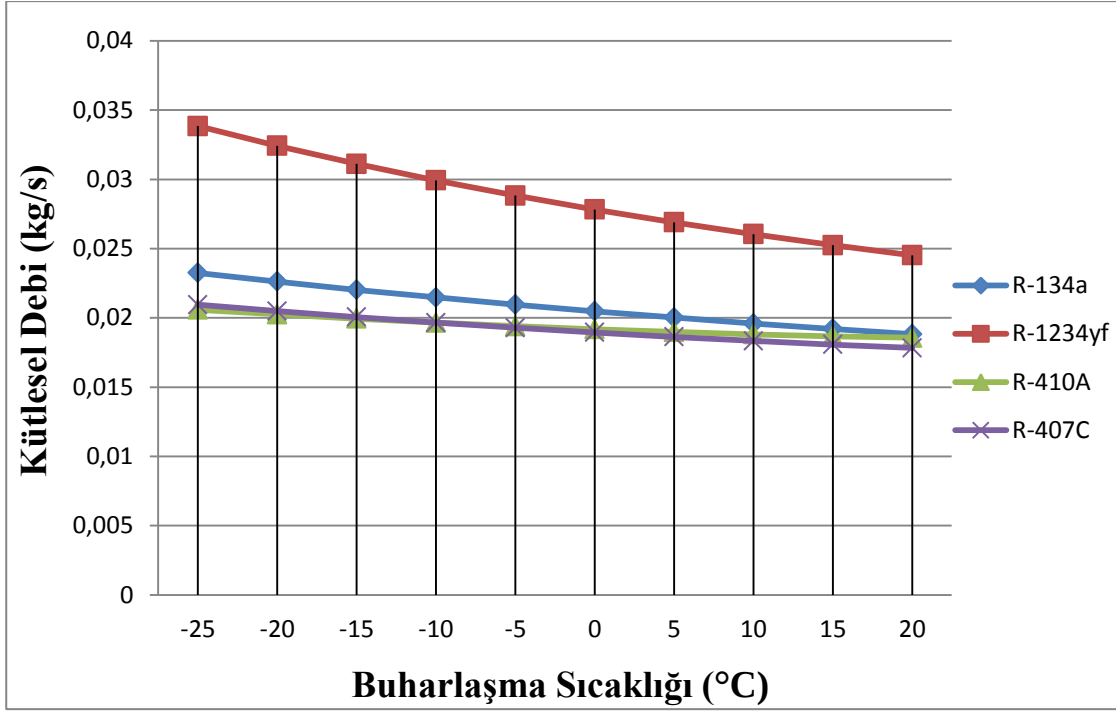
Şekil 7.5. 55 °C yoğuşturucu sıcaklığında sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması.

Şekil 7.3 - 7.5'ten görüldüğü gibi sıkıştırma oranları tüm soğutucu akışkanlar için buharlaşma sıcaklığıyla birlikte azalmakta, yoğuşma sıcaklığı ile artmaktadır. Farklı yoğuşturucu sıcaklıklarındaki sıkıştırma oranları karşılaştırıldığında ise büyükten küçüğe olmak üzere, R-134a, R-407C, R-1234yf ve R-410A şeklinde sıralanmaktadır.

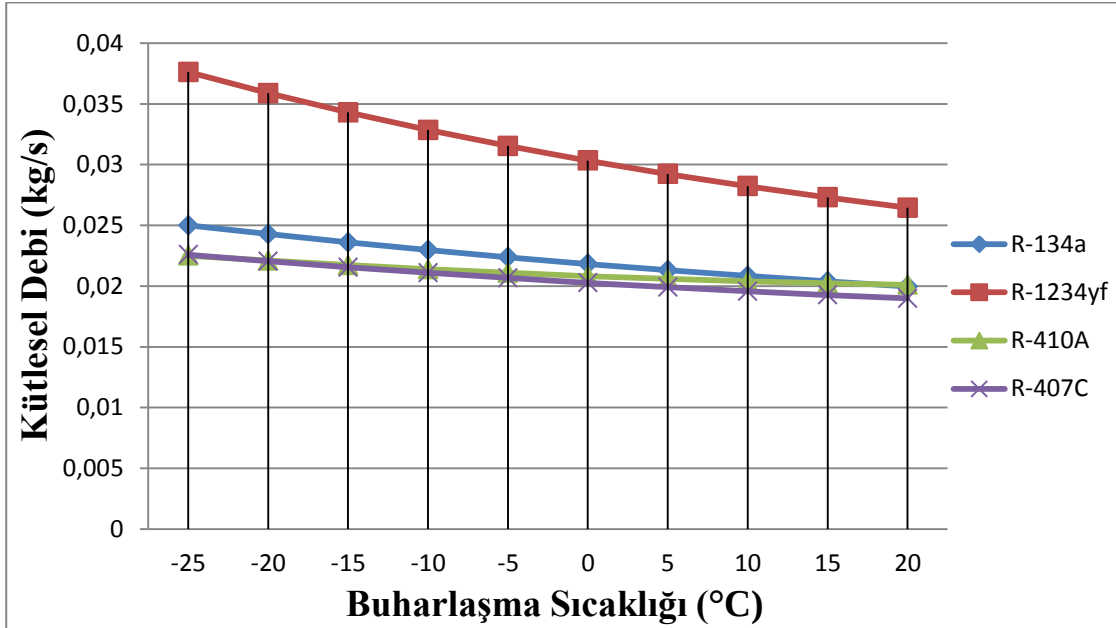
Şekil 7.6 – 7.8 incelendiğinde de kütleli debilerin de sıkıştırma oranına benzer şekilde, tüm akışkanlar için buharlaşma sıcaklığıyla ters, yoğunlaşma sıcaklığı ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. En yüksek kütleli debiye sahip soğutucu R-1234yf olup, onu R-134a takip etmektedir. Buharlaşma sıcaklığı arttıkça R-1234yf ile diğer soğutucu akışkan debileri arasındaki farkın azaldığı görülmektedir. R-410A ve R-407C'nin kütleli debileri karşılaştırıldığında ise 0 °C'nin altındaki buharlaşma sıcaklıklarında R-407C'nin; 0 °C ve üstündeki sıcaklıklarda ise R-410A'nın daha yüksek kütleli debiye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 7.6. 45 °C yoğuşturucu sıcaklığında kütleli debilerin karşılaştırılması.

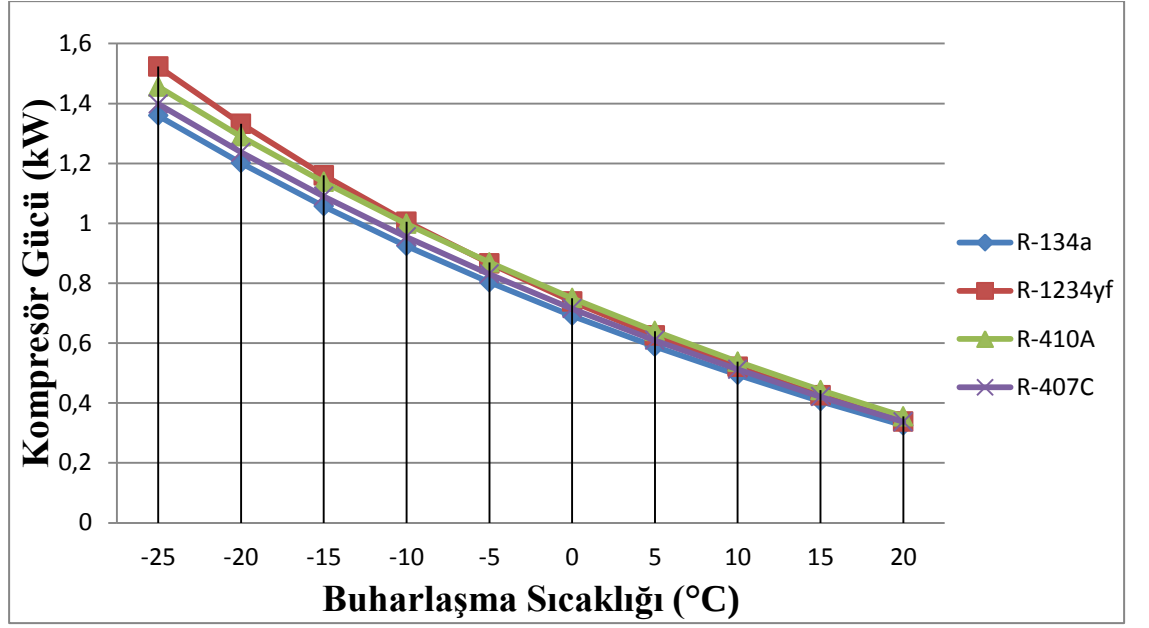


Şekil 7.7. 50 °C yoğuşturucu sıcaklığında kütleli debilerin karşılaştırılması.

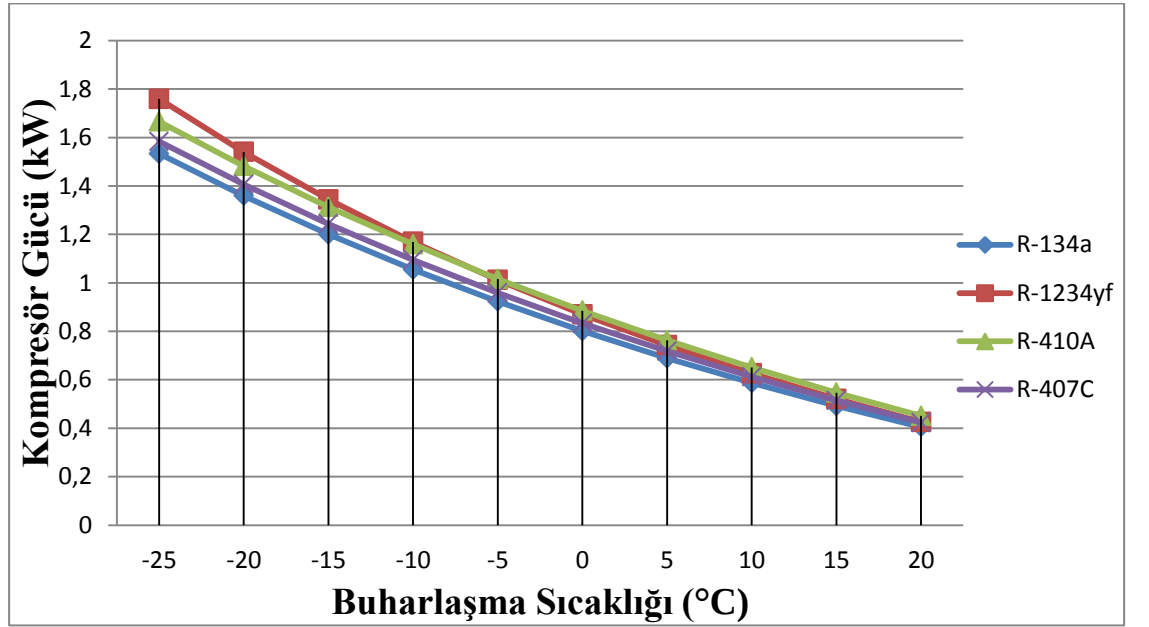


Şekil 7.8. 55 °C yoğuşturucu sıcaklığında kütleli debilerin karşılaştırılması.

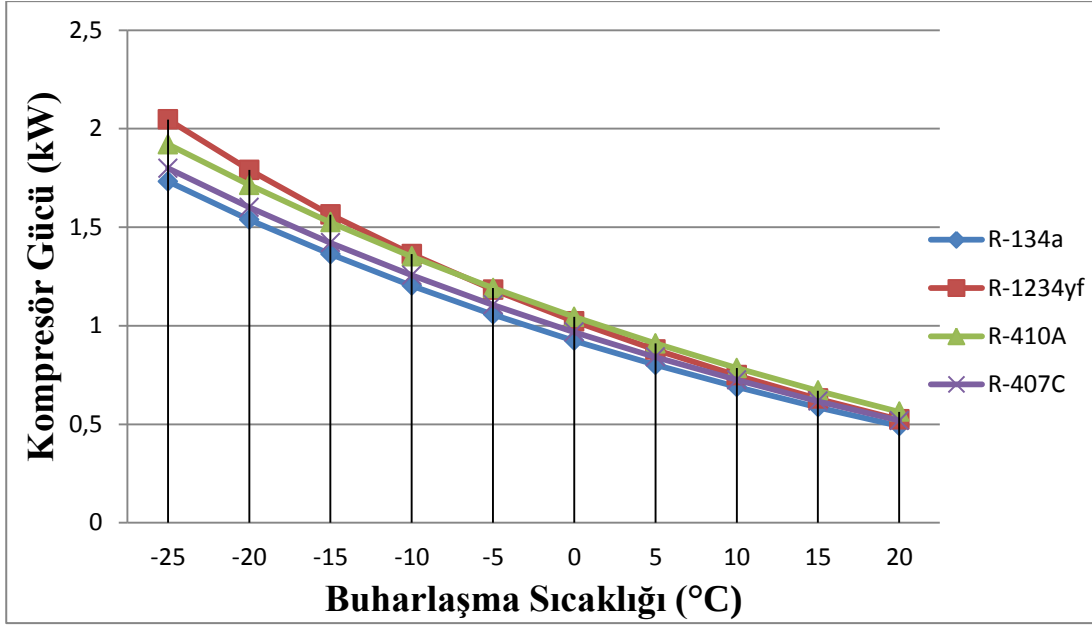
Şekil 7.9 – 7.11’de verilen kompresör güçleri karşılaştırıldığında, en düşük güç tüketiminin R-134a’da olduğu ve onu R-407C’nin takip ettiği görülmektedir. R-1234yf ve R-410A’nın güç tüketimleri ise daha fazla olup, -5 °C buharlaştırıcı sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda R-410A, üstündeki sıcaklıklarda ise R-1234yf daha az güç tüketimine sahiptir.



Şekil 7.9. 45 °C yoğuşturucu sıcaklığında kompresör güçlerinin karşılaştırılması.

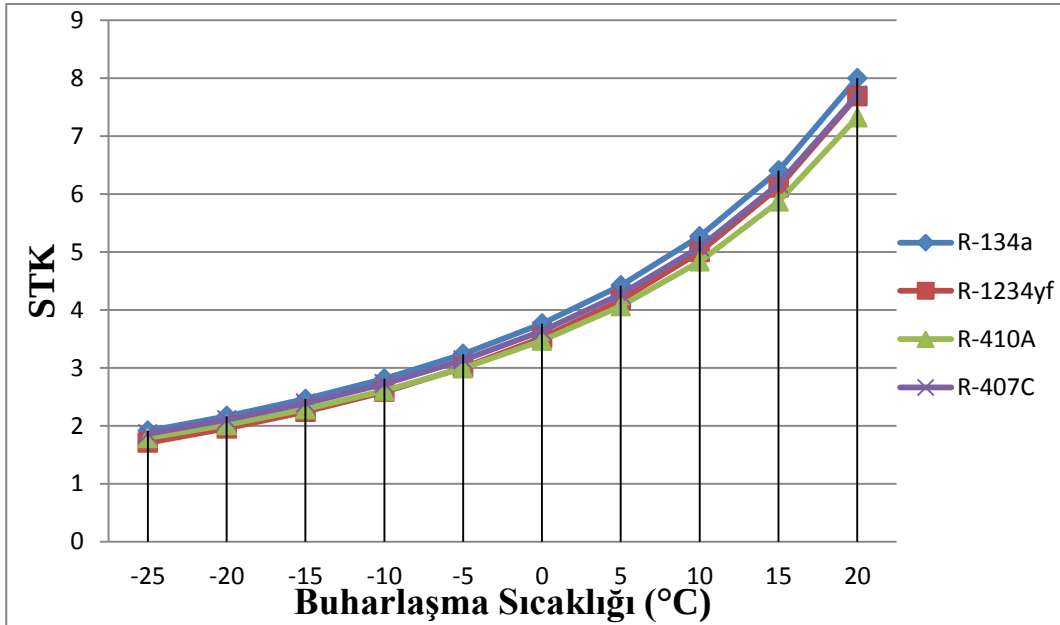


Şekil 7.10. 50 °C yoğuşturucu sıcaklığında kompresör güçlerinin karşılaştırılması.

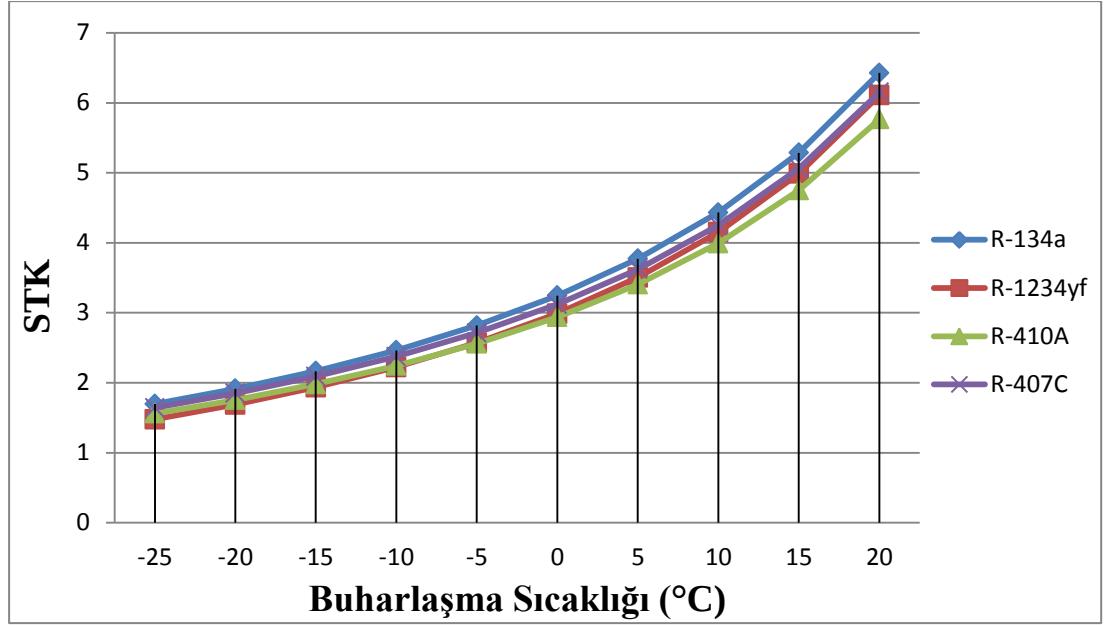


Şekil 7.11. 55 °C yoğuşturucu sıcaklığında kompresör güçlerinin karşılaştırılması.

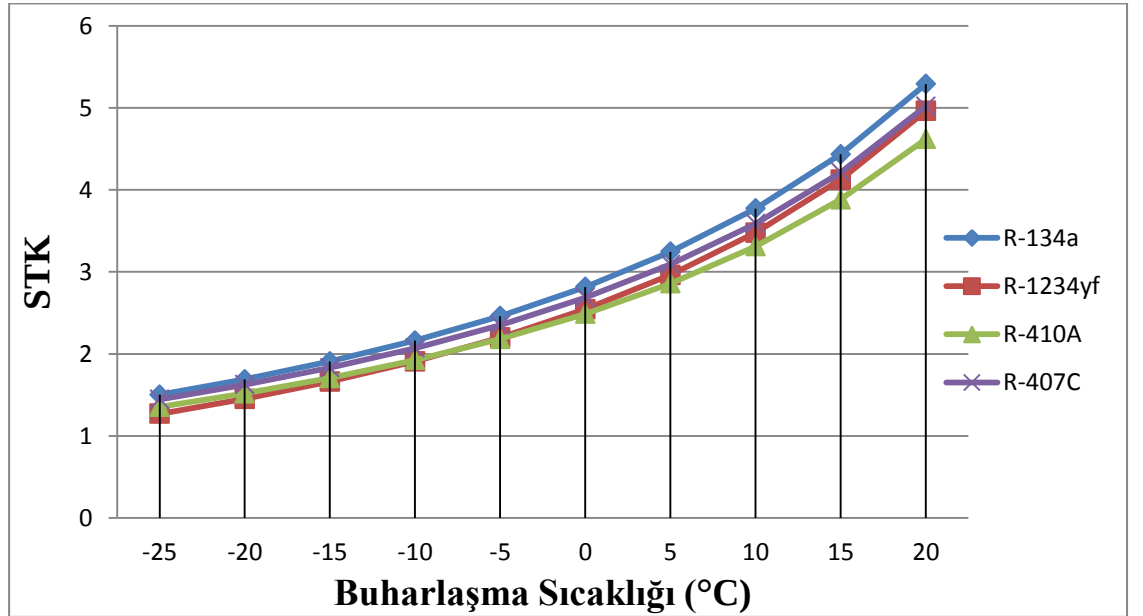
Şekil 7.12 – 7.14’te verilen soğutma tesir katsayıları karşılaştırıldığında ise diğerlerinin aksine, STK’nın buharlaştırıcı sıcaklığı ile arttığı, yoğuşturucu sıcaklığı ile ise azaldığı görülmektedir. Soğutkanlar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise tüm tasarım sıcaklıklarında en yüksek STK değerine sahip akışkanın R-134a olduğu ve onu R-407C’nin takip ettiği görülmektedir. R-1234yf ile R-410A arasında ise güç tüketimine bağlı olarak, -5 °C buharlaştırıcı sıcaklığı kritik nokta olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sıcaklığın üstünde R-1234yf altında ise R-410A soğutucu akışkanı daha yüksek STK değerine sahiptir.



Şekil 7.12. 45 °C yoğuşturucu sıcaklığında soğutma tesir katsayılarının karşılaştırılması.



şekil 7.13. 50 °C yoğuşturucu sıcaklığında soğutma tesir katsayılarının karşılaştırılması.



şekil 7.14. 55 °C yoğuşturucu sıcaklığında soğutma tesir katsayılarının karşılaştırılması.

7.3 R-1234yf İçin Soğutma evrimi Analizi Sonuçları

İkinci aşama olarak izelge 7.1’de verilmiş tasarımı şartları ve 7.1-7.6 numaralı denklemler kullanılarak soğutma çevriminin teorik hesaplamaları yapılmış ve sonuçları aşağıda çizelgeler ve şekiller halinde verilmiştir.

Çizelge 7.1. Soğutma çevrimi girdileri.

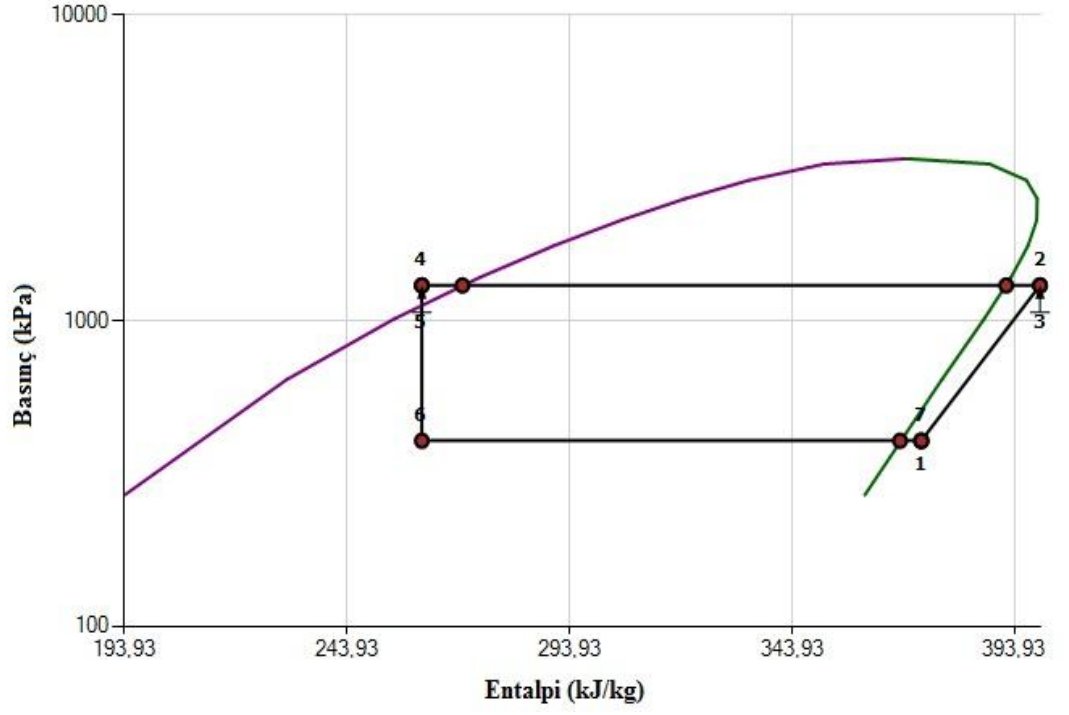
GİRDİLER		
Buharlaştırma Sıcaklığı	(°C)	7,5
Aşırı Kızdırma Miktarı	(°C)	5
Soğutma Yüğü	(W)	2600
Kompresör İzantropik Verimi	(--)	0,8
Yoğuşma Sıcaklığı	(°C)	50
Aşırı Soğutma Miktarı	(°C)	6

Çizelge 7.2. R-1234yf için ana elemanların giriş ve çıkışındaki soğutucu akışkan özellikleri.

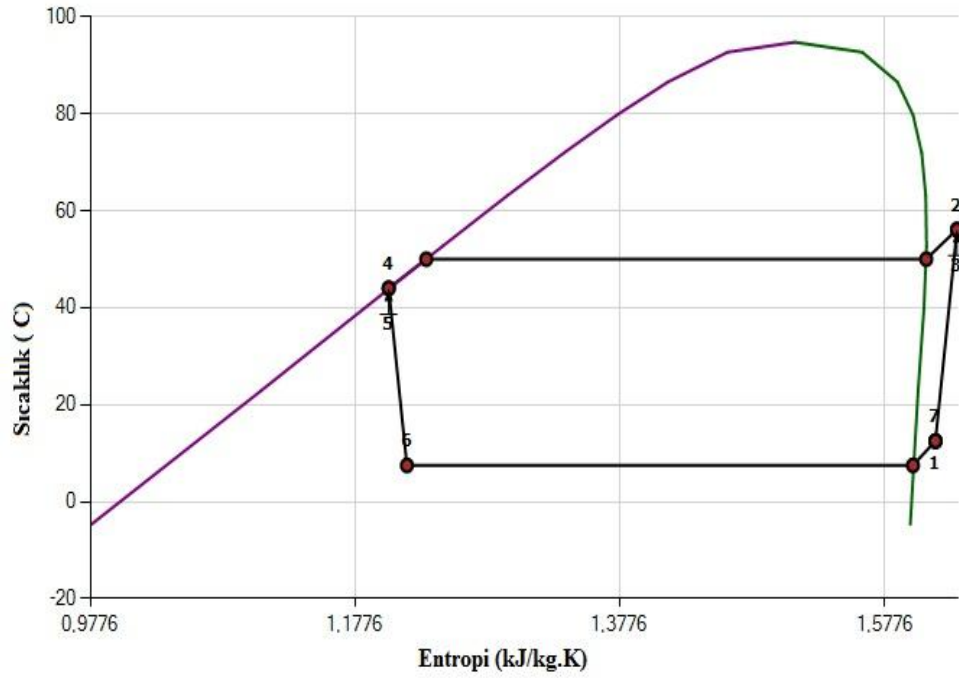
	Birim	Buharlaştırıcı Girişi / Genleşme Elemanı Çıkışı	Komrepsör Girişi / Buharlaştırıcı Çıkışı	Yoğuşturucu Girişi / Kompresör Çıkışı	Genleşme Elemanı Girişi / Yoğuşturucu Çıkışı
Sıcaklık	(°C)	7,5	12,5	56,09	44
Basınç	(kPa)	404,3	404,3	1302,3	1302,3
Entalpi	(kJ/kg)	260,73	372,92	399,58	260,73
Entropi	(kJ/kg·K)	1,2166	1,6162	1,6325	1,2028
Yoğunluk	(kg/m³)	67,02	21,85	71,98	1019,01
Kuruluk Derecesi	(--)	0,322	1	1	0

Çizelge 7.3. R-1234yf çevrimi sonuçları.

Sıkıştırma Oranı	3,22
Kütlesel Debi (kg/s)	0,02318
Güç Tüketimi (kW)	0,618
Yoğuşturucu Kapasitesi (W)	3217,95
Genleşme Elemanındaki Basınç Düşümü (kPa)	898,1



Şekil 7.15. R-1234yf çevriminin basınç-entalpi diyagramı.



Şekil 7.16. R-1234yf çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı.

7.4 R-134a İçin Soğutma Çevrimi Analizi Sonuçları

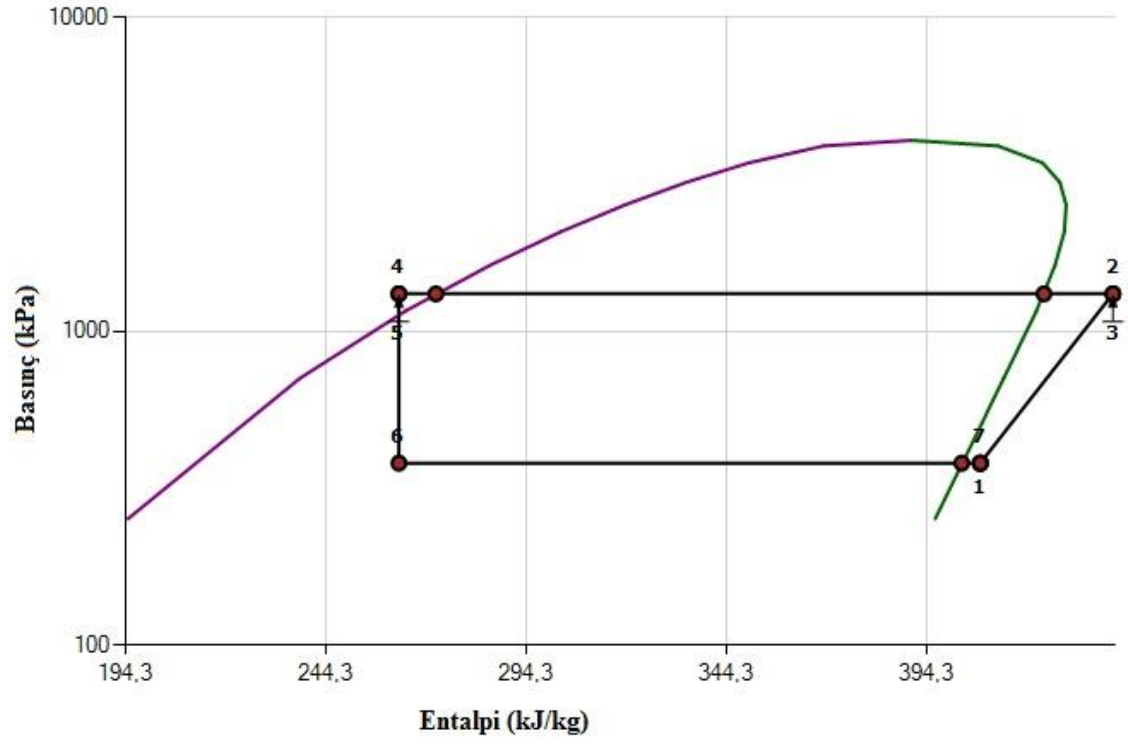
R-134a soğutucu akışkanı için de analiz gerçekleştirilerek, sonuçları Çizelge 7.4, 7.5 ve Şekil 7.17, 7.18 ile verilmiştir.

Çizelge 7.4. R-134a için ana elemanların giriş ve çıkışındaki soğutucu akışkan özellikleri.

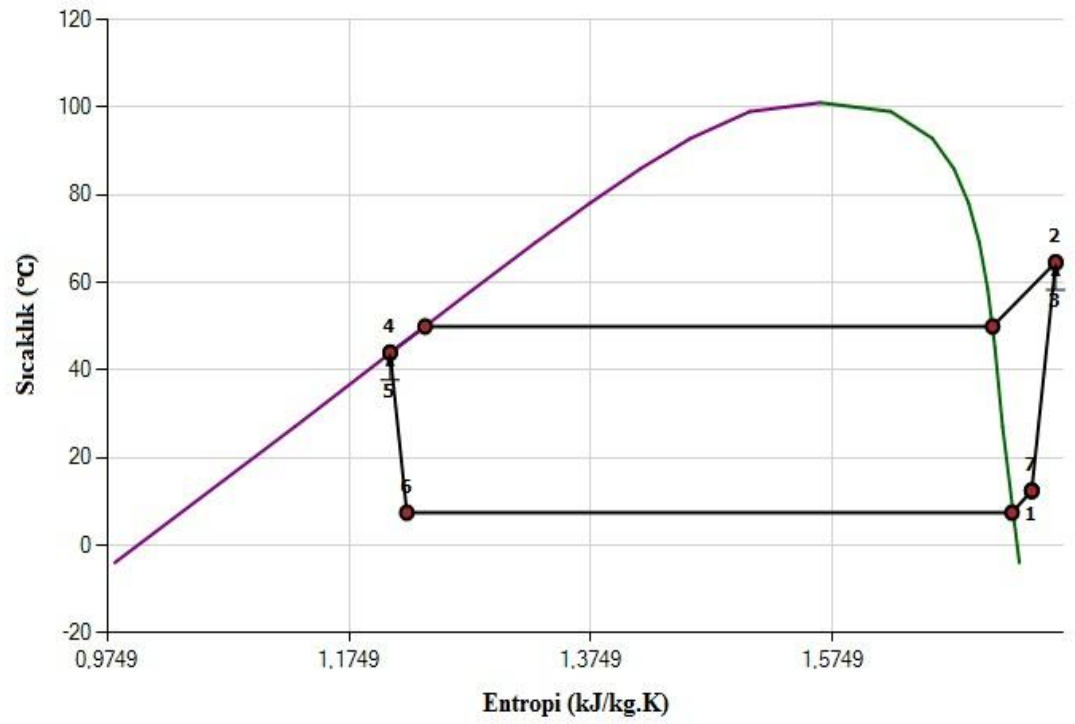
	Birim	Buharlaştırıcı Girişi / Genleşme Elemanı Çıkışı	Komrepsör Girişi / Buharlaştırıcı Çıkışı	Yoğusturucu Girişi / Kompresör Çıkışı	Genleşme Elemanı Girişi / Yoğusturucu Çıkışı
Sıcaklık	(°C)	7,5	12,5	64,61	44
Basınç	(kPa)	381,1	381,1	1317,9	1317,9
Entalpi	(kJ/kg)	262,37	407,55	440,67	262,37
Entropi	(kJ/kg·K)	1,2225	1,7396	1,7594	1,2086
Yoğunluk	(kg/m³)	66,14	18,14	59,56	1131,2
Kuruluk Derecesi	(--)	0,271	1	1	0

Çizelge 7.5. R-134a çevrimi sonuçları.

Sıkıştırma Oranı	3,4584
Kütleli Debi (kg/s)	0,01791
Güç Tüketimi (kW)	0,593
Yoğusturucu Kapasitesi (W)	3193,08
Genleşme Elemanındaki Basınç Düşümü (kPa)	936,8



Şekil 7.17. R-134a çevriminin basınç - entalpi diyagramı.



Şekil 7.18. R-134a çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı.

7.5 R-410A için Soğutma Çevrimi Analizi Sonuçları

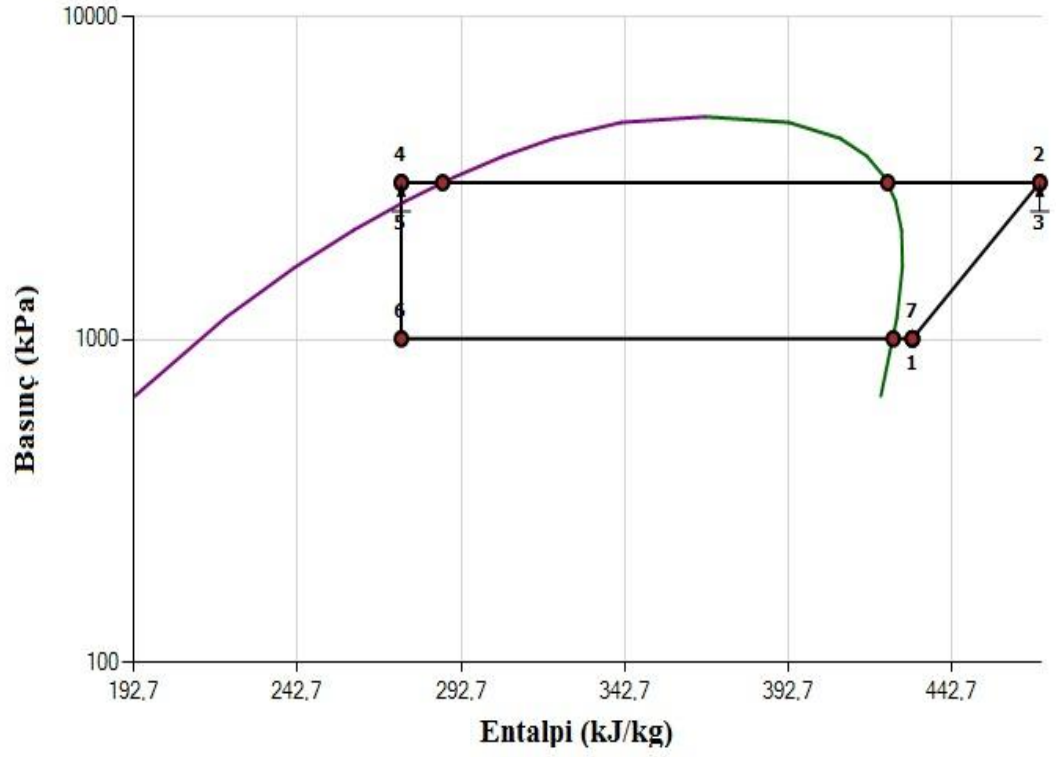
R-410A çevrim hesaplarının sonuçları Çizelge 7.6, 7.7 ve Şekil 7.19, 7.20 ile verilmiştir.

Çizelge 7.6. R-410A için ana elemanların giriş ve çıkışındaki soğutucu akışkan özellikleri.

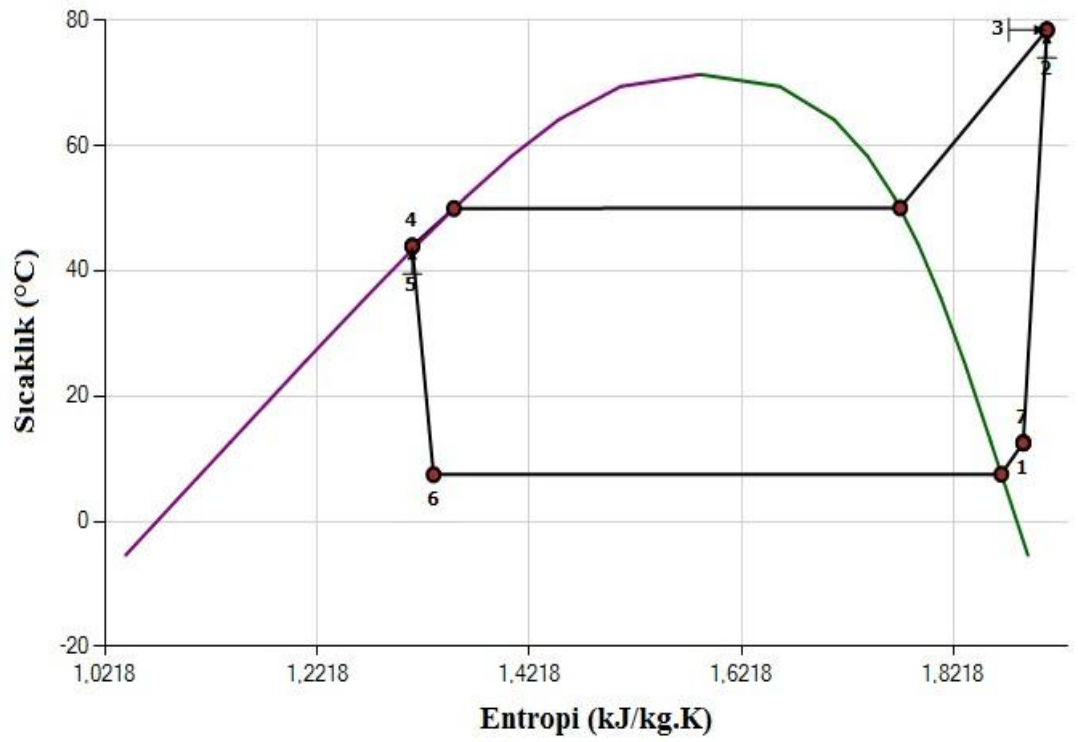
	Birim	Buharlaştırıcı Girişi / Genleşme Elemanı Çıkışı	Komprepsör Girişi / Buharlaştırıcı Çıkışı	Yoğuşturucu Girişi / Kompresör Çıkışı	Genleşme Elemanı Girişi / Yoğuşturucu Çıkışı
Sıcaklık	(°C)	7,46	12,54	78,46	43,95
Basınç	(kPa)	1008,1	1008,1	3066,7	3066,7
Entalpi	(kJ/kg)	274,35	430,44	469,38	274,35
Entropi	(kJ/kg·K)	1,3313	1,8873	1,9096	1,3112
Yoğunluk	(kg/m³)	123,23	37,4	101,76	958,01
Kuruluk Derecesi	(--)	0,286	1	1	0
Doyma Sıcaklığı	(°C)	7,46	7,54	50,05	49,95

Çizelge 7.7. R-410A çevrimi sonuçları.

Sıkıştırma Oranı	3,0422
Kütleli Debi (kg/s)	0,01666
Güç Tüketimi (kW)	0,649
Yoğuşturucu Kapasitesi (W)	3248,59
Genleşme Elemanındaki Basınç Düşümü (kPa)	2058,6



Şekil 7.19. R-410A çevriminin basınç - entalpi diyagramı.



Şekil 7.20. R-410A çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı.

7.6 R-407C için Soğutma Çevrimi Analizi Sonuçları

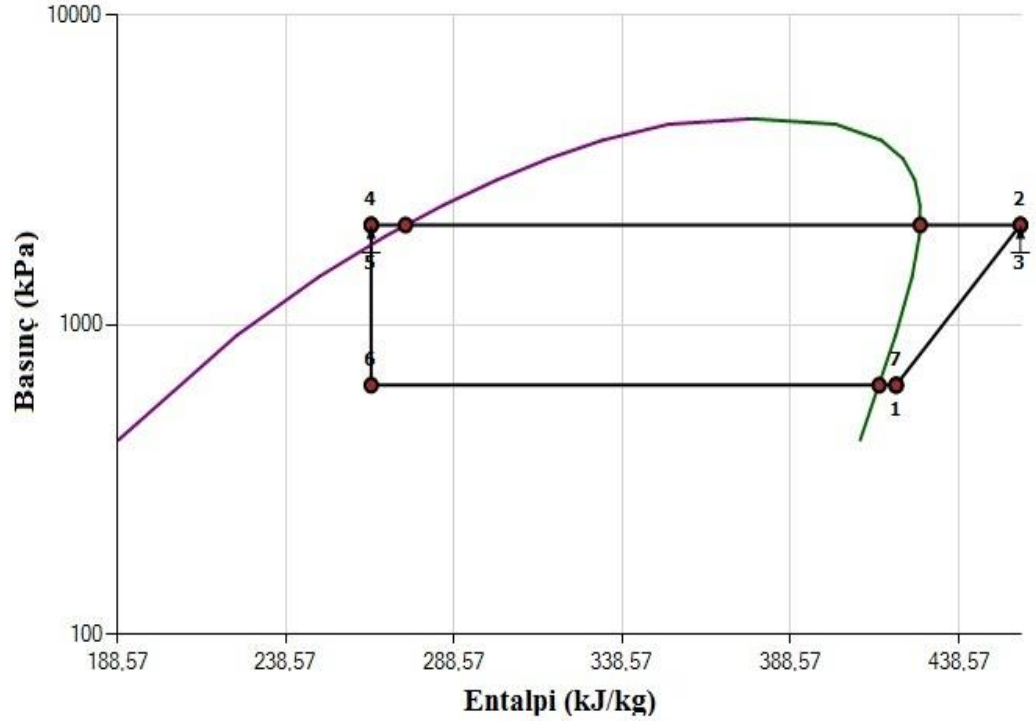
R-407C çevriminin sonuçları aşağıda çizelgeler (Çizelge 7.8 ve 7.9) ve diyagramlar (Şekil 7.21 ve 7.22) halinde verilmiştir.

Çizelge 7.8. R-407C için ana elemanların giriş ve çıkışındaki soğutucu akışkan özellikleri.

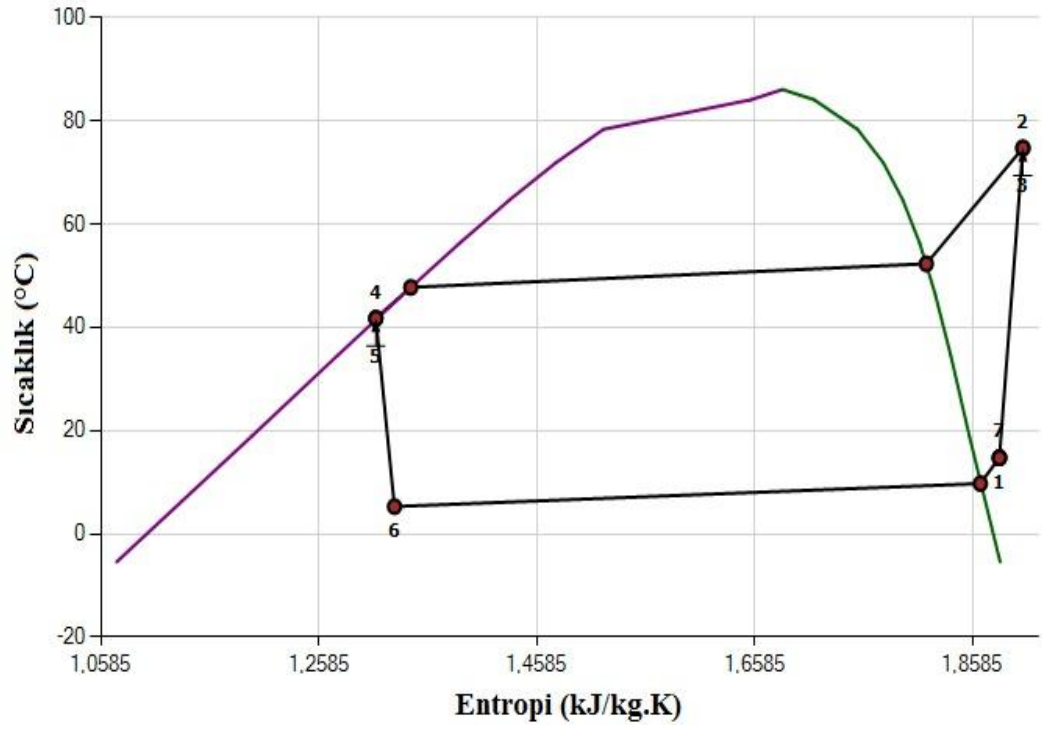
	Birim	Buharlaştırıcı Girişi / Genleşme Elemanı Çıkışı	Komprepsör Girişi / Buharlaştırıcı Çıkışı	Yoğuşturucu Girişi / Kompresör Çıkışı	Genleşme Elemanı Girişi / Yoğuşturucu Çıkışı
Sıcaklık	(°C)	5,27	14,73	74,7	41,72
Basınç	(kPa)	639,2	639,2	2102,3	2102,3
Entalpi	(kJ/kg)	263,89	419,88	456,84	263,89
Entropi	(kJ/kg·K)	1,3277	1,8832	1,905	1,311
Yoğunluk	(kg/m³)	92,83	26,4	80,31	1062,28
Kuruluk Derecesi	(--)	0,265	1	1	0
Doyma Sıcaklığı	(°C)	5,27	9,73	52,28	47,72

Çizelge 7.9. R-407C çevrimi sonuçları.

Sıkıştırma Oranı	3,2889
Kütleli Debi (kg/s)	0,01667
Güç Tüketimi (kW)	0,616
Yoğuşturucu Kapasitesi (W)	3216,04
Genleşme Elemanındaki Basınç Düşümü (kPa)	1463,1



Şekil 7.21. R-407C çevrimin basınç - entalpi diyagramı.



Şekil 7.22. R-407C çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı.

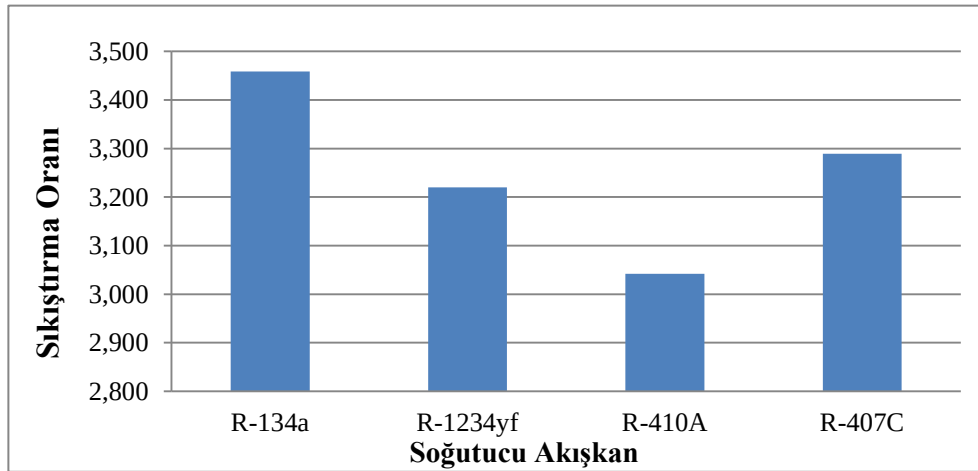
7.7 Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde elde edilmiş ve yukarıda çizelge ve grafikler halinde verilmiş olan sonuçlar kullanılarak bu 4 soğutucu akışkanın karşılaştırması yapılacaktır.

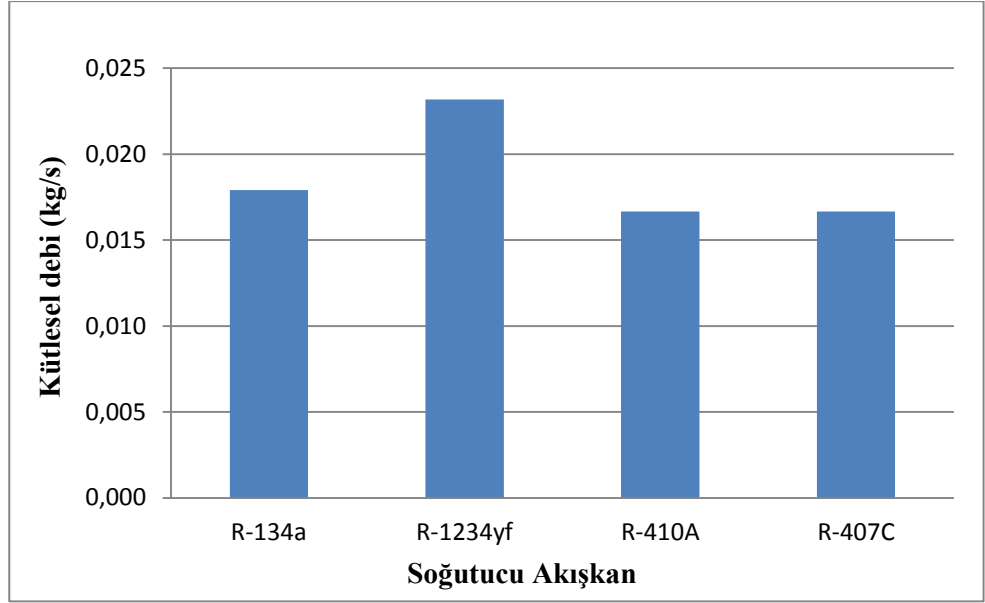
Çizelge 7.10’da soğutma çevrimi analizinin sonuçları, soğutucu akışkanları sahip olduğu GWP değerleri ve emniyet sınıflarıyla birlikte gösterilmiştir. Görüldüğü gibi en yüksek STK değerine sahip soğutucu akışkan R-134a’dır. Onu sırasıyla R-407C ve R-1234yf takip etmektedir. STK değeri en düşük soğutkan ise R-410A’dır. Bunun nedeni kompresördeki kısmen yüksek güç tüketimidir. Kütlesel debilere bakıldığında ise R-1234yf’nin diğer soğutkanlara oranla ciddi oranda yüksek kütlesel debiye sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, daha önce verilen grafiklerde de gösterildiği gibi buharlaşma entalpisinin düşük olmasıdır. Ancak kompresördeki sıkıştırma işlemi sırasında oluşan entalpi farkı da aynı oranda az olup, bu sistem STK değerine olumlu olarak yansımaktadır. R-407C de yüksek STK değeri ve R-410A’ya oranla kısmen düşük GWP değeri ile iyi bir alternatif oluşturmaktadır. Sonuçlar aynı zamanda Şekil 7.23 – 7.27 ile grafikler halinde verilmiştir.

Çizelge 7.10. Soğutucu akışkanların karşılaştırılması.

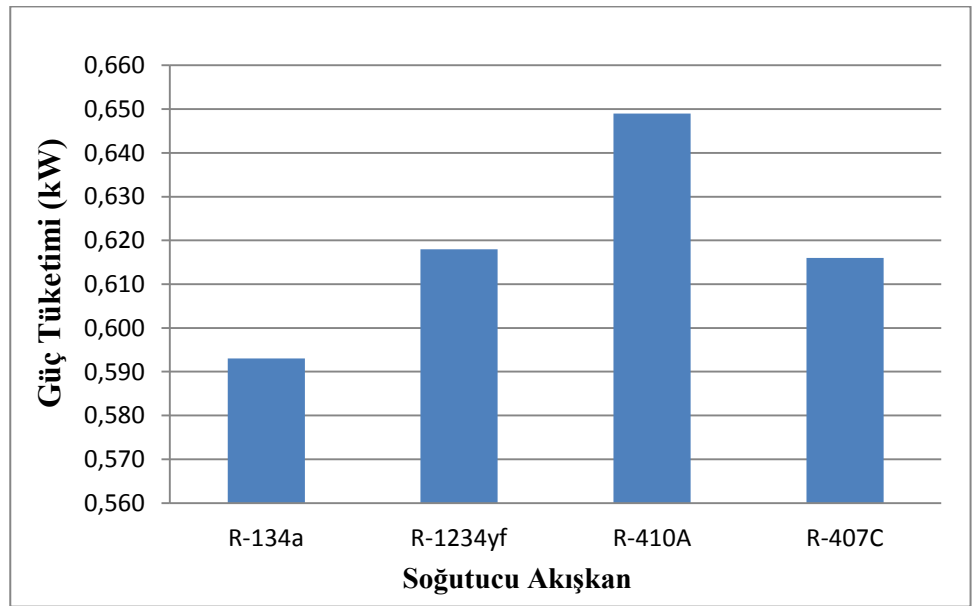
Soğutucu Akışkan	GWP	Emniyet Sınıfı	Sıkıştırma Oranı	Kütlesel Debi (kg/s)	Gerekli Kompresör Gücü (kW)	Gerekli Kondenser Kapasitesi (kW)	Soğutma Tesir Katsayısı
R-134a	1430	A1	3,458	0,018	0,593	3,193	4,384
R-1234yf	4	A2L	3,22	0,0232	0,618	3,218	4,207
R-410A	2088	A1	3,042	0,01666	0,649	3,249	4,009
R-407C	1774	A1	3,289	0,01667	0,616	3,216	4,220



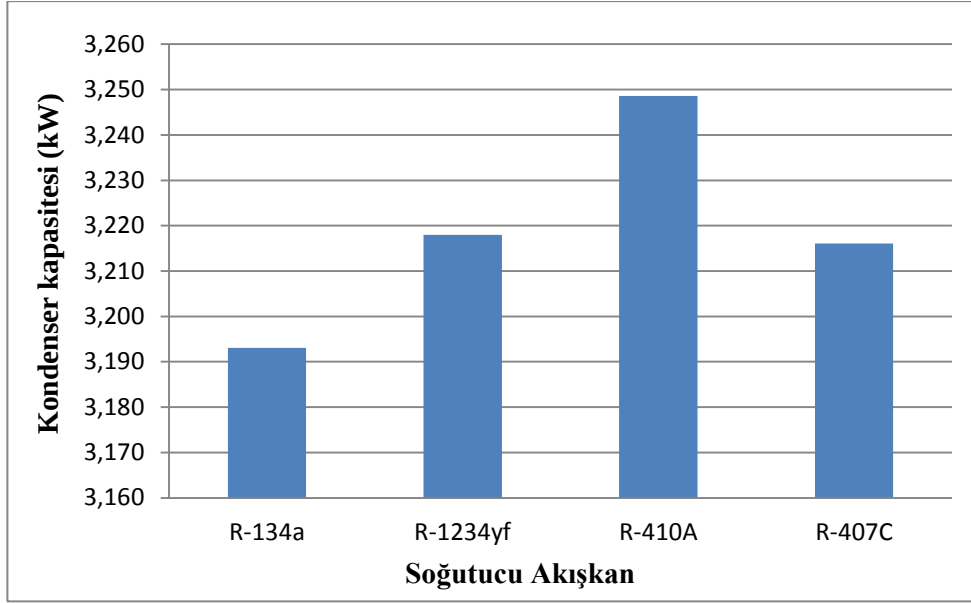
Şekil 7.23. Sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması.



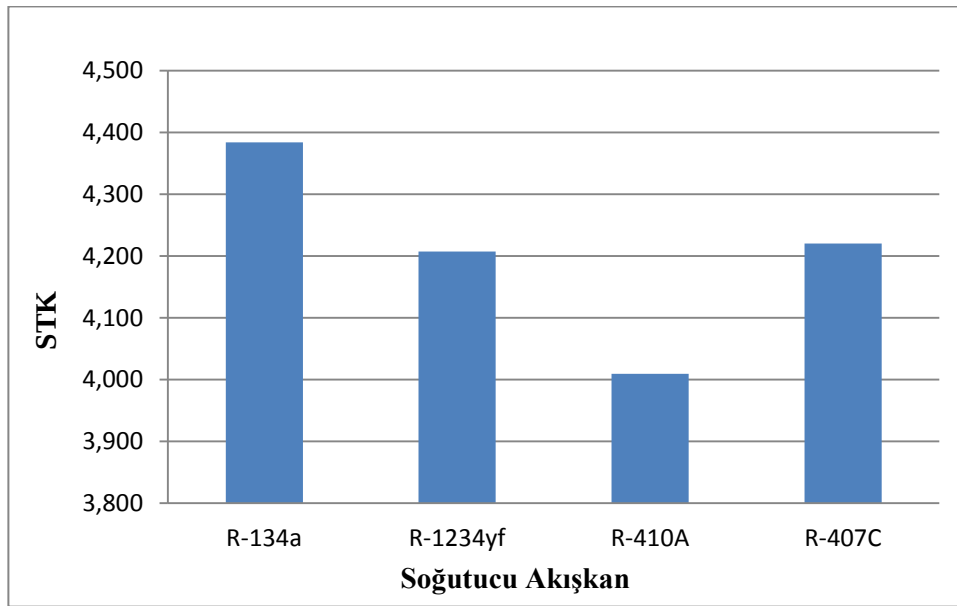
Şekil 7.24. Soğutucu akışkan kütleli debilerinin karşılaştırılması.



Şekil 7.25. Güç tüketimlerinin karşılaştırılması.



Şekil 7.26. Yoğuşturucu kapasitelerinin karşılaştırılması.



Şekil 7.27. Soğutma tesir katsayılarının karşılaştırılması.

8. SOĞUTMA ELEMANLARININ SEÇİMİ

Bir önceki bölümde elde edilen sonuçlardan faydalanılarak, 2,6 kW soğutma kapasitesine sahip, R-410A'lı sistem için kompresör, buharlaştırıcı, yoğuşturucu, buharlaştırıcı fanı ve yoğuşturucu fanlarının seçimi yapılmıştır. Sistem tasarlanırken firmada bulunan 36BT/E cihazı baz alınmıştır. Şekil 8.1'de bu cihazın fotoğrafları verilmiştir. Fotoğraflardan da görüldüğü gibi cihazın ısıtma fonksiyonu buharlaştırıcısının önüne yerleştirilen bir tij yardımıyla sağlanacak, böylece sistemin ısı pompası modunda çalışma gereksinimi ortadan kaldırılacaktır.



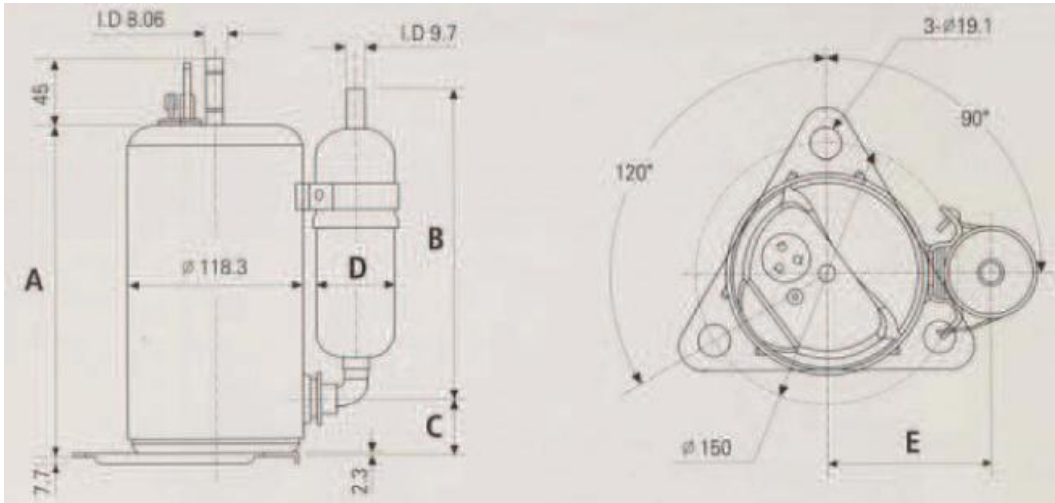
Şekil 8.1. 36 BT/E cihazı.

8.1 Kompresör

Bir iklimlendirme ünitesi için kompresör seçilirken, soğutucu akışkan türü, soğutma kapasitesi, buharlaştırıcı ve yoğuşturucu sıcaklıkları ile aşırı soğutma ve kızdırma miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametreler bir önceki bölümde sırasıyla 2,6 kW, 7,5 °C, 50 °C, 6 °C ve 5 °C olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında R-410A soğutucu akışkanı için küçük olması, dolayısıyla da az yer kaplaması nedeniyle, rotary tipte bir kompresör seçilmiş olup, Şekil 8.2'de gösterilmiştir. Şekil 8.3'de ise kompresörün yan ve üst görünüşlerinin teknik resimleri verilmiş olup, özellikleri Çizelge 8.1'de verilmiştir.



Şekil 8.2. R-410A kompresörü.



Şekil 8.3. Kompresörün yan ve üst görünüşleri.

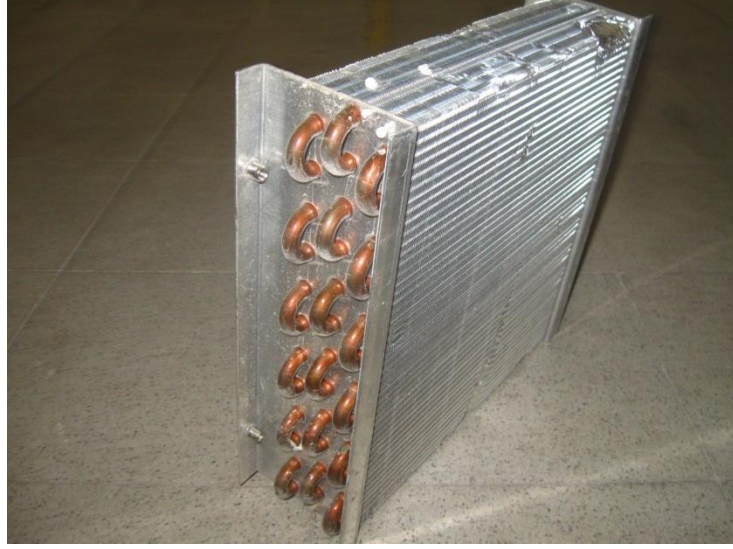
Çizelge 8.1. Seçilen R-410A kompresörünün özellikleri.

Soğutma Kapasitesi (W)		Motor Gücü (W)		EER (Btu/W.h)		COP		Yağ Şarjı (cc)	Boyutlar (mm)				
									A	B	C	D	E
2637	2667	882	910	10,2	10	2,99	2,93	330	237	220	43,6	50,8	93

8.2 Buharlaştırıcı

Bir iklimlendirme ünitesinde soğutma işlemi, iç ortam havasındaki ısının soğutucu akışkana geçerek soğutucu akışkanı buharlaşması suretiyle,

buharlaştırıcıda gerçekleşir. Dolayısıyla daha önce belirlenmiş olan 2,6 kW’lık soğutma yükünü karşılayacak bir buharlaştırıcı seçilmesi gerekmektedir. Seçilen buharlaştırıcı; bakır borulu, alüminyum kanatçıklı olup 1” teki lamel sayısı 14 ve toplam yüzey alanı 6,2 m²’dir. Tedarik edilen buharlaştırıcının resmi şekil 8.4’te gösterilmiştir.



şekil 8.4. Buharlaştırıcı.

8.3 Buharlaştırıcı Fanı

Buharlaştırıcı fanı için ilk olarak 2,6 kW soğutma kapasitesini sağlamak için gerekli hava debisi hesaplanmıştır.

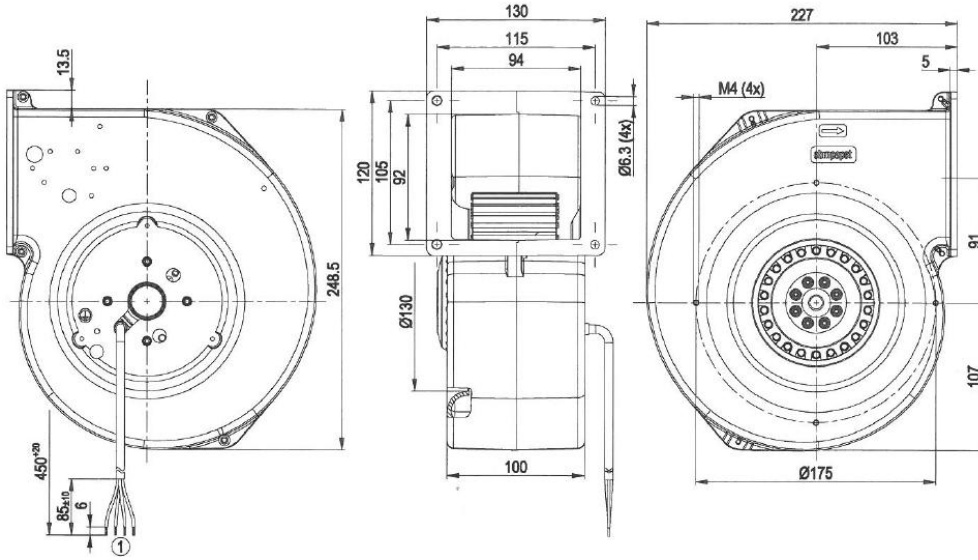
$$Q_b = \frac{q_b}{0,34\Delta t} \quad (8.1)$$

15 C’lik bir sıcaklık farkı için bu değer 509,8 m³/h bulunur.

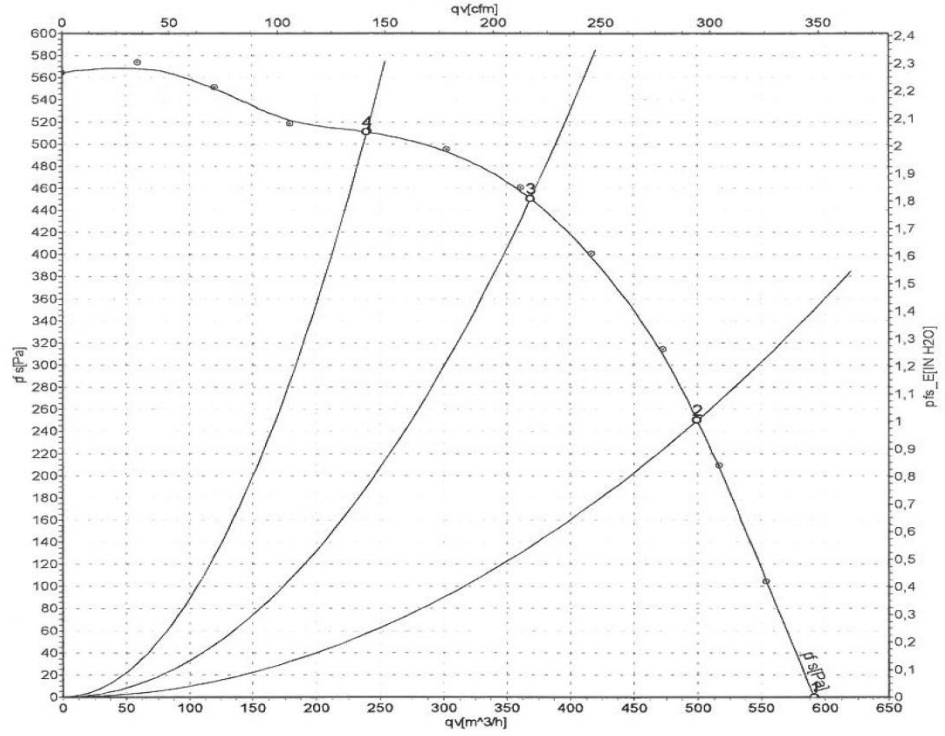
Daha sonra bu debiyi sağlayabilecek, santrifüj tipte bir fan seçimi gerçekleştirilmiştir. Seçilen fanın çapı 160 mm, ağırlığı ise 4 kg olup, resmi şekil 8.5’de, boyutları şekil 8,6’da, fanın karakteristik eğrisi ise şekil 8,7’de verilmiştir.



Şekil 8.5. Buharlaştırıcı fanı.



Şekil 8.6. Buharlaştırıcı fanının boyutları.



Şekil 8.7. Buharlaştırıcı fanı karakteristik eğrisi.

Çizelge 8.2’de ise, Şekil 8.7’de işaretlenmiş olan 4 nokta için fanın sahip olduğu özellikler gösterilmiştir.

Çizelge 8.2. Buharlaştırıcı fanının özellikleri.

	Voltaj (V)	Frekans (Hz)	Devir (1/dak)	Güç (W)	Akım (A)	Debi (m ³ /h)	Basınç (Pa)
1	230	50	2100	240	1,05	590	0
2	230	50	2375	200	0,87	500	250
3	230	50	2585	164	0,71	370	450
4	230	50	2715	137	0,59	240	510

Kullanılacak olan bu fan, standart olarak tek devirli olmakla birlikte, soğutma sisteminde 3 devirli hale getirilerek kullanılacaktır. Böylece asansör içindeki konfor şartları ve hava atış mesafesi asansör kabini içerisindeki şartlara göre kontrol edilerek, asansör kullanıcıları için maksimum konfor sağlanacaktır.

8.4 Yoğuşturucu

Yoğuşturucunun bir iklimlendirme ünitesindeki rolü, iç ortamdaki ısıyı alarak (iç ortamı soğutarak) buharlaşmış ve daha sonra kompresörde kızgın buhar haline gelmiş soğutucu akışkanın ısısını alarak tekrar sıvı hale getirmektir. Bu da

fanlar vasıtasıyla yoğuşturucu üzerinden çevre (dış ortam) havasını geçirerek gerçekleştirilir.

Bir önceki bölümde, R-410A için yoğuşturucu kapasitesi 3,25 kW olarak hesaplanmıştı. Bu bilgi ışığında seçilen yoğuşturucu multiflow tipte, alüminyum boru ve kanatçıklı olup, resmi Şekil 8.8’de gösterilmiştir.



Şekil 8.8. Yoğuşturucu.

8.5 Yoğuşturucu Fanı

Yoğuşturucu fanı veya fanları, soğutucu akışkandaki ısıyı dış ortama atarak, soğutucu akışkanı aşırı soğutulmuş hale getirebilecek hava debisini sağlayacak kapasitede olmalıdır. Hava debisini belirlemek için dış ortam hava sıcaklığının yoğuşturucuya giriş ve çıkışı arasında 15 °C’lik bir fark olduğu kabul edilerek, Denklem 8.2 ile hesaplanmıştır:

$$q_y = Q\rho\Delta h \quad (8.2)$$

$$3,25 \text{ (kJ/s)} = Q \text{ 1,134 (kg/m}^3\text{)} (325,31 - 310,24)(\text{kJ/kg})$$

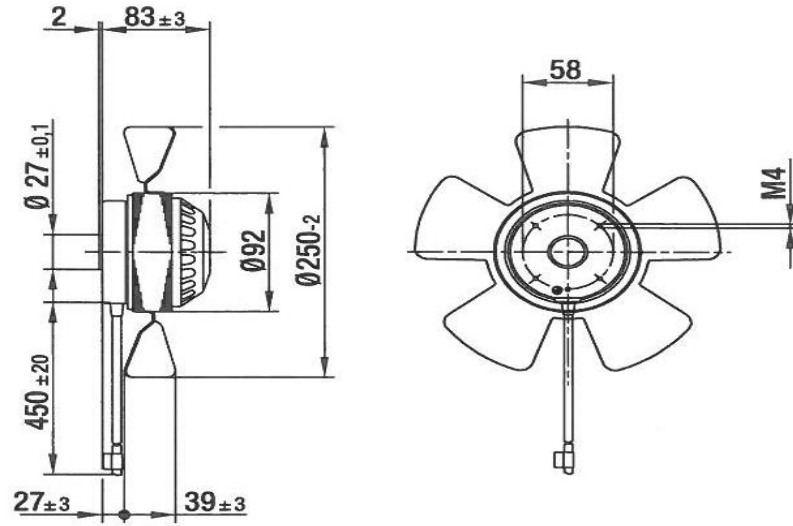
$$Q = 0,19 \text{ m}^3/\text{s} = 684,6 \text{ m}^3/\text{h} \text{ olarak bulunur.}$$

Aynı şekilde 10 °C’lik sıcaklık farklı için ise gerekli debi 1026 m³/h olarak hesaplanır.

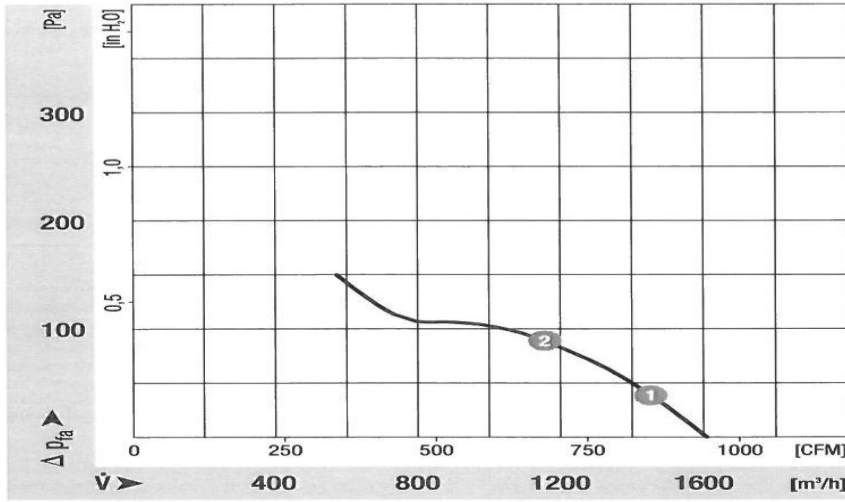
Bu sonuçlara göre seçilen yoğuşturucu fanının resmi Şekil 8.9'da, boyutlarının gösterildiği teknik resmi Şekil 8.10'da, fanın karakteristik eğrisi ise Şekil 8.11'de gösterilmiştir. Seçilen fan 250 mm çapında olup, 2,2 kg ağırlığındadır.



Şekil 8.9. Yoğuşturucu fanı.



Şekil 8.10. Yoğuşturucu fanının boyutları.



Şekil 8.11. Yoğuşturucu fanı karakteristik eğrisi.

8.6 Genleşme Elemanı

Yapılacak olan prototip hem R-410A hem de R-407C ile test edilmek istenmektedir. Bu nedenle de her 2 soğutucu akışkan için de istenilen basınç düşümünü gerçekleştirebilecek bir genleşme elemanının seçimi önem taşımaktadır.

Kılcal borular, buharlaştırıcı yük değişiminin olmadığı küçük kapasiteli soğutma sistemlerinde basınç düşürücü olarak kullanılırlar. Buharlaştırıcı yük değişimlerine cevap veremez ve kızgınlık ayarları yoktur. Ucuz olması, kompresör kalkış yükünün az olması gibi birtakım avantajlara sahip olmakla birlikte doğru şarj miktarı çok önemlidir. Aşırı şarj kompresöre sıvı yürümesine neden olabilir. Kılcal borulu sistemlerde sistem denge noktasının oluşturulması çok kolay olmamaktadır. Kompresörün pompaladığı akışkan debisi ile kılcal borunun taşıyacağı akışkan miktarı birbirine eşit olmaz ise sistem tasarım şartlarına göre çalışmayacak, dolayısıyla verimsiz bir çalışma söz konusu olacaktır (İsa ve Onat, 2012).

Bu çalışmada da, sistem kapasitesinin küçük olması ve ucuz olması nedeniyle kılcal boru kullanılmasına karar verilmiştir. Bu durumda R-410A ve R-407C için iki ayrı kılcal boru seçimi yapılacaktır.

Kılcal borular belirlenirken, istenilen kapasiteye ve basınç düşümüne uygun boru çapı ve boru uzunluğu belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerleri, çeşitli

soğutucu akışkanlar için tablolar ve grafikler halinde, aynı zamanda da denklemler halinde literatürde bulmak mümkündür.

Jung et al (1999), yaptıkları çalışmada R-22, R-134a, R-407C ve R-410A için bir korelasyon geliştirerek, kütleli debiyi yoğunlaştırıcı sıcaklığı, kılcal boru uzunluğu, kılcal boru çapı ve aşırı soğutma miktarının fonksiyonu olarak ortaya koyan bir denklem geliştirmişlerdir.

$$\dot{m} = C_1 D^{C_2} L^{C_3} T^{C_4} 10^{C_5 * DSC} \quad (8.3)$$

Bu denklemde yer alan katsayılar, C_1 , C_2 , C_3 , C_4 ve C_5 , Çizelge 8.3'te verilmiştir.

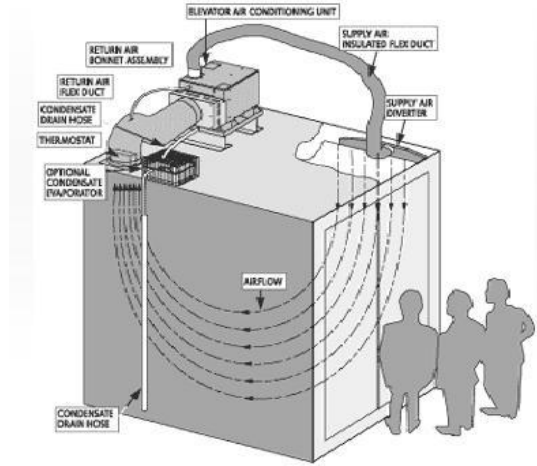
Çizelge 8.3. Denklem 8.3'te kullanılacak katsayılar (Jung et al., 2009).

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
R-410A	0,406125	2,589643	-0,45475	0,696669	0,011865
R-407C	0,246647	2,544032	-0,41953	0,755385	0,013678

Bu çalışmada kılcal boru çapı 1,5 mm alınmış ve kılcal boru uzunlukları R-410A ve R-407C için sırasıyla 1,64 m ve 0,91 m olarak bulunmuştur.

9. ASANSÖR KLİMASI TASARIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN UNSURLAR

Asansör iklimlendirme üniteleri kullanım ve montaj yeri itibarıyla diğer iklimlendirme ünitelerine göre ciddi farklılıklar göstermektedir. Şekil 9.1’de bir asansör iklimlendirme ünitesinin kabin üzerindeki konumu ve kabine olan bağlantısı gösterilmiştir. Görüldüğü gibi asansör kabininin soğutulması, cihazla kabin arasındaki iki hava kanalı ile gerçekleşmektedir.



Şekil 9.1. Asansör iklimlendirme ünitesi uygulaması (Liftair, 2013).

9.1 Boyutsal Kısıtlar

Asansör klimasının montajı için tek uygun yer asansör kabinin üstü olup, buradaki kullanım alanı da sınırlıdır. Bu nedenle de tasarlanan ürünün ticari hale getirilebilmesi için boyutsal bir takım kısıtlar söz konusudur.

Şekil 9.2.a ve b’de, iki farklı asansör kabineine ait kabin üstü fotoğrafları gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 9.2.a. Askı tertibatsız kabin üstü b. Askı tertibatlı kabin üstü (H. Akışın, 2013, yazılı görüşme)

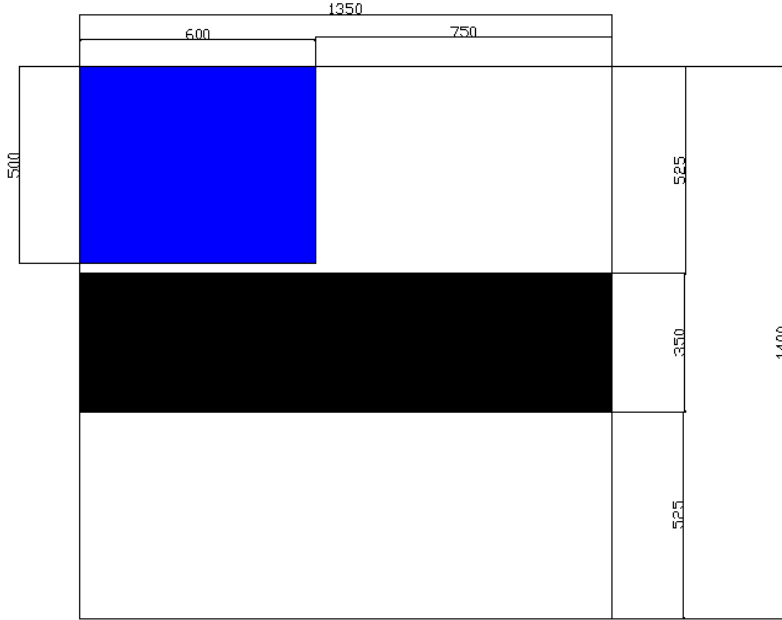
Şekil 9.2a’da verilmiş olan kabinin üstünde görüldüğü gibi kumanda paneli dışında hiçbir aksam bulunmamakta ve asansör iklimlendirme ünitesinin montajı için oldukça geniş bir alan bulunmaktadır. Tasarlanacak olan iklimlendirme ünitesi böyle bir kabin için, ciddi bir boyutsal kısıt olmaksızın tasarlanabilir. Ancak her asansör kabininin bu tipte olmadığı unutulmamalıdır. Şekil 9.2.b’de klasik bir asansör kabin tavanının fotoğrafı görülmektedir. Görüldüğü gibi kabinin ortasından geçen bir askı tertibatı mevcuttur. Asansör klimasının montajı için askı tertibatının önünde ve arkasında küçük alanlar mevcut olup, bu alanlar asansör kliması için boyutsal bir takım kısıtlar meydana getirmektedir.

TS 10922 EN 81-1 ve TS 10922 EN 81-2 nolu standartlarda asansör kabinleriyle ilgili bazı boyutsal bilgiler verilmiştir (TS 10922 EN 81-1 ve TS 10922 EN 81-2):

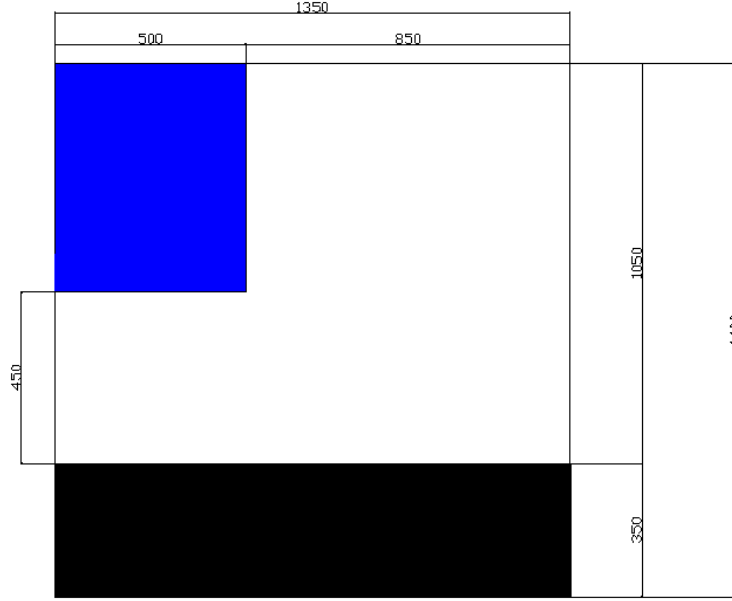
- a. Kabin üzerinde, 0,5 m * 0,6 m * 0,8 m boyutlarından küçük olmayan, bir yüzeyi üzerinde duran dikdörtgen bloğu alabilecek yer bulunmalıdır.
- b. Kabin üstünün üst seviyesiyle, kuyu tavanının en alt seviyesi (kabin izdüşümüne rast gelen tavan altındaki sarkan kiriş ve parçalar dahil) arasındaki serbest düşey mesafe en az $1,0 + 0,035 V^2$ olmalıdır.
- c. Kuyu tavanının en alt kısmından, kabin üstündeki en yüksek teçhizat parçasına olan mesafe en az $0,3 + 0,035 V^2$ olmalıdır.

Bu ifadelerde yer ver verilen V terimi, m/s cinsinden hızı ifade etmekte olup, işlemin sonucu metre cinsinden müsaade edilen mesafeyi göstermektedir.

Kabinin askı tertibatıyla ilgili ise herhangi bir boyutsal bilgi verilmemiştir. Ancak kabin tavanı üzerinde farklı konumlarda - ortasında, kenarında veya dışarısında, olabileceği belirtilmiştir. Şekil 9.3'te askı tertibatının kabin tavanının ortasında olması durumundaki, Şekil 9.4'te ise askı tertibatının kabin tavanının kenarında olması durumundaki kullanılabilir alanlar gösterilmiştir. Şekillerde gösterilen mavi renkli alanlar, yukarıda a maddesinde ifade edilmiş olan güvenlik hacmini temsil etmektedir. Siyah renkli bölge ise askı tertibatının genişliğinin 350 mm olduğu kabulüyle asansör kabini üzerinde kaplayacağı alanı temsil etmektedir. Geriye kalan beyaz alanlar ise asansör iklimlendirme ünitesinin montajının yapılabileceği alanları göstermektedir.



Şekil 9.3. Askı tertibatı kabinin ortasında.



Şekil 9.4. Askı tertibatı kabinin kenarında.

Bu iki şekil karşılaştırıldığında, askı tertibatının kabinin kenarında olması durumunda, ortasına olmasına göre oldukça geniş kullanılabilir alanlar olduğu görülmektedir. Ancak ortasından geçmesi durumunda ise, asansör iklimlendirme ünitesinin bir kenarının 525 mm'den kısa olması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ilerleyen dönemde üretilmesi söz konusu olabilecek ticari bir ürünün tasarımında en kötü durum göz önünde bulundurulmalı ve boyutsal kısıtlar mutlaka bu duruma göre belirlenmelidir.

B ve c maddelerinde verilmiş olan kısıtlamalar ise asansör klimasının yüksekliği ile ilgilidir. Buna göre ilk olarak seçilen asansör kabini için, asansör hızı ve beyan yükü belirlenerek, tablodan kuyu üst boşluğu değeri okunur. Burada soğutma yükü hesabında da seçilmiş olan 800 kg beyan yüküne sahip ve 2,5 m/s hızla hareket eden bir asansör ele alınarak, kuyu üst boşluğu değeri 5 m olarak okunmuştur. 2,5 m/s olan hız değeri kullanılarak;

$1,0 + 0,035 V^2$ ve $0,3 + 0,035 V^2$ ifadeleri sırasıyla 1,22 m ve 0,52 m olarak bulunur. Kabin yüksekliği olan 2,2 m ve bu değer kuyu üst boşluğundan çıkarılarak kalan kullanılabilir yükseklik miktarı bulunur.

$$\text{Kalan mesafe}_1 = 5 - 2,2 - 1,22 = 1,58 \text{ m}$$

Kalan mesafe₂ = 5 - 2,2 - 0,52 = 2,28 m olarak bulunur. Hesaplanan bu değerler olabilecek maksimum değerler olup, 2,5 m/s asansör hızına göre hesaplandığı

unutulmamalıdır. Farklı hız değerleri için kuyu üst boşluğunun doğru orantılı bir şekilde değiştiği, dolayısıyla da kullanılabilecek mesafe de hızla birlikte azalmaktadır.

9.2 Yoğuşma Suyunun Yok Edilmesi

Asansör iklimlendirme üniteleri için söz konusu diğer bir farklılık, asansör boşluğu içerisinde uygun bir şekilde drenaj edilemeyeceği için, yoğuşma suyunun sistem içinde yok edilmesi gerekliliğidir. Bu işlem için çeşitli yöntemler bulunmakta olup, her birinin bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Kullanılan soğutucu akışkan da dikkate alınarak (yanıcılık durumu) bu yöntemlerden birinin seçilmesi gerekmektedir.

9.2.1 Püskürtme Yöntemi

Yoğuşan suyu buğulaştırmak olarak da bilinen püskürtme yöntemi yoğuşan sudan kurtulmanın bir başka yoludur. Çok küçük su damlacıklarının iklimlendirme ünitesinin sıcak serpantinine püskürtülmesi yoğuşan suyun hızlı bir şekilde buharlaşmasını garantiye alır. Yoğuşan sudan kurtulmak için en etkili yöntemlerden biri olmakla beraber suyu püskürten nozulun kolayca tıkanması nedeniyle en pahalı yöntemlerden biridir. Maliyetin büyük bir kısmını tüm püskürtme sisteminin bakımı oluşturmaktadır (Elevator air conditioning, 2013).

9.2.2 Kaynatma Yöntemi

Yoğuşma suyundan kurtulma, yoğuşan suyun toplanarak kaynama noktasının üstüne ısıtılması ile gerçekleştirilir. Böylece yoğuşma suyu buharlaşarak sistemden atılmış olur. Yoğuşma suyundan kurtulmak için harcanan enerji miktarının fazla olması nedeniyle tüketiciler bu yöntemi kullanmakta tereddüt etmektedirler. Ancak yine de yapılan piyasa araştırmasında bu yöntemin kullanıldığı ürünlere rastlanılmıştır (Elevator air conditioning, 2013).

9.2.3 Basamaklandırma (Cascading) Yöntemi

Bu yöntemde yoğuşma suyunun direkt olarak iklimlendirme ünitesinin sıcak serpantinine akışı sağlanmaktadır. Böylece su buharlaşarak sistemden uzaklaşmış olmaktadır. Bu teknolojinin dezavantajı ise serpantinin yoğuşma suyunu buharlaştırmak için yeterince yüksek bir sıcaklıkta olmasının gerekmesidir. Suyun

tamamen buharlaşmaması durumunda su kabinin dış kısmına akabilir (Elevator air conditioning, 2013).

9.2.4 Drenaj Yöntemi

Bu yöntem, suyu toplamak için bir hazne oluşturulması ve daha sonra bir pompa yardımı ve drenaj sistemi aracılığıyla suyun uzaklaştırılmasına dayanmaktadır. Verimli olmakla birlikte hazneyi oluşturmanın maliyeti nedeniyle pahalı bir yöntem haline gelmektedir. Dahası pompanın çalıştığından emin olunması da oldukça önemlidir. Ayrıca boşaltma sistemi dış kısımdan oldukça çirkin görülebilir ve kurulu bir üniteye uygulanamaz (Elevator air conditioning, 2013).

10. TEST YÖNTEMLERİ VE MEVCUT ÜNİTENİN TESTİ

Bir iklimlendirme ünitesinin sahip olduğu soğutma/ısıtma kapasitesi, STK/ITK değerleri veya EER değeri gibi performansını ortaya koyan parametrelerin tespit edilmesi için uygun şartlarda, standartlara göre test edilmesi gerekmektedir. Performans testlerinde uygulanan standartlar, ülkeden ülkeye farklılık göstermekte olup, standartların listesi Çizelge 10.1’de bunların listesi verilmiştir.

Çizelge 10.1. Dünyada kullanılan bazı test standartları (Pierrot ve Conde, 2011).

Standart Kodu	Standart Adı
ISO 5151:2010	Non-ducted air conditioners and heat pumps - Testing and rating for performance
ISO 13253:2011	Ducted air conditioners and heat pumps - Testing and rating for performance
AHRI 210/240	Performance rating of unitary air-conditioning&Air-source heat pump equipment
ASHRAE 37:2005	Methods of testing for rating electrically driven unitary air-conditioning and heat pump equipment
EN 14825	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling - Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance
EN 14511-3:2011	Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling – Part 3: Test methods
JIS B 8615-1:2009	Non-ducted air-conditioners and air-to-air heat pumps - Testing and rating for performance
JIS B 8615-2:2009	Ducted air conditioners and heat pumps – Testing and rating for performance
GB/T 7725-2004	Room air conditioners
GB/T 17758-1999	Unitary air conditioners
KSC9306-2010	Air conditioners
IS 1391-1:2005	Room air conditioners – Specifications – Part 1 Unitary air conditioners
IS 1391-2:2004	Room air conditioners – Specifications – Part 2 Split air conditioners

Türkiye’de, EN 14511-3:2011 numaralı standart kabul edilmiş olup, “TS EN 14511-3:2011- Mekan Isıtma ve Soğutma İçin Elektrikle Tahrik Edilen Kompresör ile Çalışan İklimlendirme Cihazları, Sıvı Soğutma Paketleri ve Isı Pompaları – Bölüm 3: Deney Yöntemleri” adı altında kullanılmaktadır.

Tüm bu standartların temeline bakıldığında iki temel yöntem olduğu görülmektedir:

- Kalorimetrik Oda Yöntemi
- İç Ortam Hava Entalpisi Yöntemi

İç ortam hava entalpisi yönteminde, buharlaştırıcı giriş ve çıkışındaki hava entalpisi ve havanın kütleli debisi ölçülerek, soğutma kapasitesi hesaplanmaktadır.

Kalorimetrik oda yönteminde ise; kalibre edilmiş - duvarlarından olan ısı kaybı miktarı bilinen - ve iç ve dış ortamları temsil etmek üzere 2 odadan oluşan bir test odası kullanılmaktadır. Hem iç hem de dış ortam tarafındaki kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, test süresince odalar içerisine yerleştirilmiş ekipmanlarla sabit tutularak, bu ekipmanların odaya verdiği toplam enerji miktarı yapılan ölçümlerle hesaplanmaktadır. Odaya verilen toplam enerji, cihazın soğutma/ısıtma kapasitesini vermektedir. Kalorimetrik odalar da, kalibre edilmiş ve dengelenmiş olmak üzere iki tiptedir. Kalibre edilmiş odada çevreyle odayı ayıran tek bir duvar vardır, dengelenmiş tipte olanda ise iki duvar vardır ve dış ortam oda içerisiyle aynı sıcaklıkta tutularak, duvarlardan hemen hemen hiç ısı kaybı olmamaktadır.

Bu iki yöntemin temel farkları Çizelge 10.2’de verilmiştir.

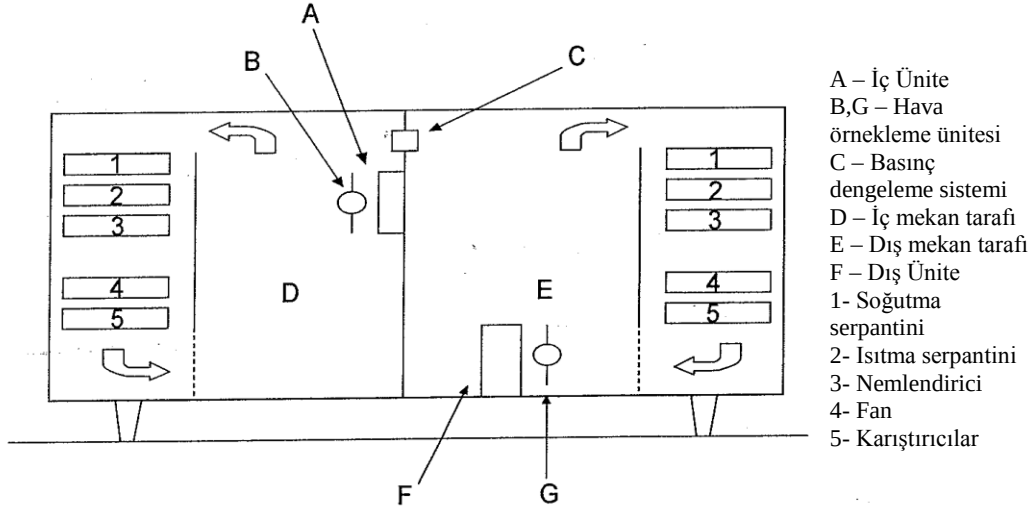
Çizelge 10.2. İki test yönteminin farkları (Pierrot ve Conde, 2011).

Test Yöntemi	Avantajları	Dezavantajları
Kalorimetrik Oda	Yüksek hassaslık (maks. belirsizlik değeri = % 5) Sistematik bir hata olması olasılığı düşük Verilen bir kısmi yük oranını daha kolay simule edebilme	Maliyeti çok fazla Test etme süresi daha uzun Yüksek bakım maliyeti (ölçüm cihazlarının fazla olmasından dolayı) Yüksek test maliyeti
İç Ortam Hava Entalpisi	Ekipman maliyeti az Daha kısa test süreleri Düşük test maliyeti	Düşük hassaslık (maks. belirsizlik değeri = % 10) Hata olasılığı yüksek (havanın debisini ve cihaz çıkışındaki nemini ölçmek zor)

TS EN 14511-3:2011 standardında iki yöntem de aktarılmıştır. Ancak 12 kW kapasitenin altındaki cihazların, eğer enerji etiketlemesi amacıyla test ediliyorsa, kalorimetrik oda yöntemi ile test edilmesi zorunlu kılınmıştır.

Bu proje kapsamında da Şekil 10.1’de gösterilmiş olan kalorimetrik tipte bir test odası kurulması kararlaştırılmış olup, çalışmalar devam etmektedir. Bu kalorimetrik odanın iç yüzeyleri gözeneksiz materyalden oluşmalı ve tüm birleşme yerleri hava ve nem kaçağına karşı sızdırmaz olmalıdır. Giriş kapısı da aynı şekilde fitil vb. malzeme ile sızdırmaz hale getirilmiş olmalıdır. Her iki kısım da ısı kaçağına (radyasyon da dahil) karşı yalıtılmış olmalı ve kaçak oranı test

edilen cihazın kapasitesinin % 5'ini geçmemelidir. Kalorimetre tabanının altında hava sirkülasyonuna izin veren bir hava boşluğu bulunmalıdır.



Şekil 10.1. Kalibre edilmiş tip kalorimetrik oda (TS EN 14511-3:2011).

Kalorimetrik oda için tavsiye edilen oda ebatları Çizelge 10.3'te verilmiştir. Testin yapılacağı odanın her bir odasının en az bu ebatlara sahip olması gerekmektedir.

Çizelge 10.3. Kalorimetrik oda ölçüleri (TS EN 14511-3:2011).

Kapasite (W)	Her oda için önerilen minimum ölçüler (içten içe)		
	En (m)	Yükseklik (m)	Boy (m)
3000	2,4	2,1	1,8
6000	2,4	2,1	2,4
9000	2,7	2,4	3,0
12000	3,0	2,4	3,7

Testlerin gerçekleştirilmesi gereken ortam koşulları da asansör kliması uygulaması ve soğutma ve ısıtma modları için sırasıyla şu şekildedir:

İç ortam: 20 °C kuru, 15 °C yaş termometre sıcaklığı (soğutma modu)

Dış ortam: 7 °C kuru, 6 °C yaş termometre sıcaklığı (soğutma modu)

İç ortam: 27 °C kuru, 19 °C yaş termometre sıcaklığı (soğutma modu)

Dış ortam: 35 °C kuru, 24 °C yaş termometre sıcaklığı (soğutma modu)

Otomobil endüstrisinde oldukça yaygın bir şekilde kullanılan diğer bir test yöntemi de, daha önceki bölümlerde de geçen pull-down testleridir. Mevcut asansör kliması da SAFKAR bünyesinde bulunan test odasında test edilmiştir. Şekil 10.2’de bu test odasının fotoğrafları verilmiştir. Bu test odası Şekil 10.2 a’da gösterilen, 5 m x 14 m x 6,5 m boyutlarında bir dış oda ve içerisinde 12 m’lik bir otobüsü simüle eden bir test arabası bulunmaktadır. Bu test odası ayırıcılar yardımıyla daha küçük hacimlere bölünebilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 10.2. a. Performans test merkezi b. Test arabası

Test merkezinin içerisinde dış ortam koşullarını sağlamak üzere Şekil 10.3’te gösterilen 10 adet 2,35 kW gücünde soğutucu cihaz bulunmakta ve dış ortam -20 °C’ye kadar soğutulabilmektedir. Buna ilaveten 34,87 kW gücündeki bir brülör yardımıyla da +55 °C’ye kadar ısıtmak mümkün olmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 10.3. a. Dış ortamdaki soğutucular b. Dış ortamdaki ısıtıcı

Bu çalışmada da Şekil 10.4’te gösterilmiş olan mevcut asansör kliması bu odanın hacmi 11 m³’e indirilerek, dış ortam sıcaklığı 35 °C civarında tutularak,

750 W ısı kazancı altında test edilmiştir. Isı kazançları oda içerisinde bulunan ve her biri 250 W olan lambalarla sağlanmıştır. Cihazın test odasına bağlantısını gösteren fotoğraflar Şekil 10.5’te verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 10.4. a. Mevcut asansör kliması b. İç görünüşü



(a)



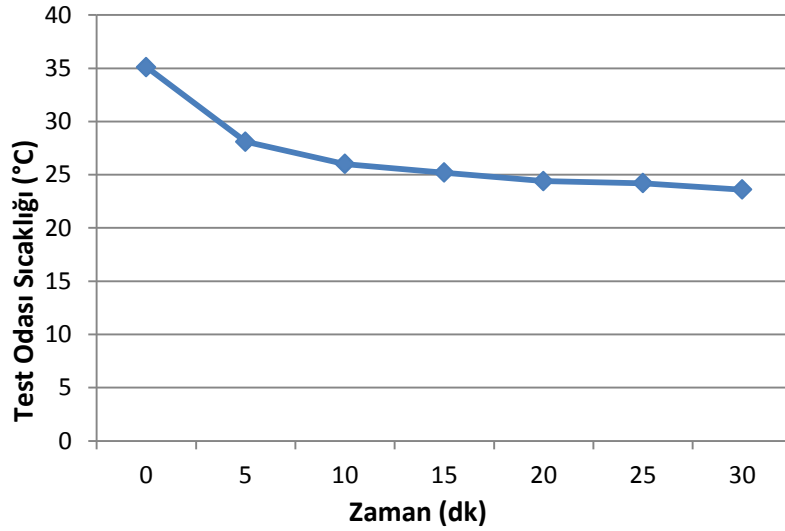
(b)

Şekil 10.5. a. Cihazın test odasına bağlanması b. Test odasının görünüşü

Test süresi boyunca buharlaştırıcı hava giriş ve çıkış sıcaklıkları, yoğunlaştırıcı hava giriş sıcaklığı, kompresör girişi ve çıkışındaki ve buharlaştırıcı çıkışındaki soğutucu akışkan sıcaklıkları (boru yüzeyi üzerinden) ölçülerek bilgisayara aktarılmıştır. Test sonuçları Çizelge 10.4 ve Şekil 10.6’da verilmiştir.

Çizelge 10.4. Test sonuçları

Zaman (dk)	Buharlaştırıcı Hava Girişi (°C)	Buharlaştırıcı Hava Çıkışı (°C)	Yoğuşturucu Hava Girişi (°C)	Kompresör Girişi (°C)	Kompresör Çıkışı (°C)	Buharlaştırıcı Çıkışı (°C)
0	35,1	35,1	35,2	35,7	39	35,5
5	28,1	11,8	35,5	10,7	73,2	10
10	26	10,8	36,8	10,4	76,5	9,5
15	25,2	10,2	35,1	9,9	76,2	9
20	24,4	9,8	35,2	9,4	75,6	8,6
25	24,2	9,4	35,5	9,2	75,2	8,6
30	23,6	9,1	34,8	8,5	74,5	8,2



Şekil 10.6. Oda sıcaklığının zamanla değişimi.

Görüldüğü gibi oda sıcaklığı başlangıç değeri olan 35 °C'den, konfor şartı olarak nitelendirebileceğimiz 24 °C civarına 30 dakikalık bir sürede inmiştir. Buharlaştırıcı çıkışındaki hava hızı da 5,9 m/s olarak ölçülmüştür. Söz konusu cihazın ticari bir ürün olması nedeniyle, bu veriler şüphesiz yapılacak tasarım için bir baz noktası oluşturmaktadır. Ancak mutlaka daha kapsamlı bir test gerçekleştirilerek, sistemin alçak ve yüksek basınç hatlarındaki basınç değerleri, her elemandan önceki ve sonraki sıcaklıklar ve tabi buharlaştırmacıya giren ve çıkan havanın nemi ölçülerek kaydedilmeli ve bu veriler kullanılarak performans parametreleri hesaplanmalıdır.

11. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışması kapsamında ele alınmış olan hususlar ve yapılan analizlerle elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- ✓ HFC'lerin sahip olduğu yüksek GWP değeri küresel ısınma endişelerinin artmasına neden olmuş, bunun neticesinde, çeşitli yasal düzenlemeler ortaya çıkmış ve HFC'lerin kullanımına belirli sınırlamalar getirilmiştir. Bu kapsamda karbondioksit, amonyak, hidrokarbonlar, R-152a, R-1234yf ve R-1234ze sahip oldukları düşük GWP ile mevcut soğutucu akışkanların yerine geçebilecek alternatifler olarak öne çıkmaktadırlar.
- ✓ Doğal soğutkanlara olan talepte 2008 - 2010 yılları arasındaki süreçte %100 civarında bir artış olduğu görülmüştür.
- ✓ Mobil iklimlendirme sistemlerinde R-134a'nın yerini almak üzere yeni geliştirilmiş alternatiflerden biri olan R-1234yf, R-134a ile hemen hemen aynı özelliklere sahip olup, R-134a'lı sistemlerde çok küçük değişikliklerle kullanılabilir. Nitekim, EPA da 28.02.2011 tarihinde R-1234yf'nin mobil iklimlendirme sistemlerinde kullanımını onaylamıştır.
- ✓ Bir soğutma sisteminin küresel ısınmaya olan katkısı soğutucu akışkanın GWP değerine bağlı olduğu kadar, soğutma sistemi performansına da bağlıdır. Bu yüzden, bir soğutma sisteminin küresel ısınmaya olan etkisi incelenirken, direkt ve indirekt emisyonları da içeren, LCCP veya benzer CO₂ emisyon analizleri yapılmalıdır. Literatürde yer alan çalışmalarda R-1234yf kullanımının CO₂ emisyonu açısından konvensiyonel bir R-134a'lı sisteme oranla %20-30 civarında bir fayda sağlayacağı görülmüştür.
- ✓ Yapılan çok kapsamlı ideal çevrim analizi sonuçlarına göre bu tez çalışmasında ele alınan dört soğutucu akışkan arasında tüm buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı sıcaklıklarında en yüksek STK değerine sahip akışkanın R-134a olduğu ve onu R-407C'nin takip ettiği görülmektedir. R-1234yf ile R-410A arasında ise güç tüketimine bağlı

olarak, -5 °C buharlaştırıcı sıcaklığı kritik nokta olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sıcaklığın üstünde R-1234yf altında ise R-410A soğutucu akışkanı daha yüksek STK değerine sahiptir. R-1234yf'nin STK değerinin R-134a'ya oranının ise %84,61 ila %96,10 arasında değişmekte olduğu görülmüştür.

- ✓ 800 kg beyan yüküne sahip bir asansör kabini için gerçekleştirilen soğutma yükü hesabı sonucunda kabin içerisinde 2582,78 W'lık bir ısı kazancı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu soğutma yükü hesabı, asansör kabini için kullanılabilecek mevcut tablolar olmaması nedeniyle birtakım kabullere dayandırılmış olup, asansördeki ısı kazancı hakkında bir fikir vermekle birlikte, tam anlamıyla doğru diye nitelendirilebilecek bir değer olmadığı vurgulanmalıdır. Doğru bir soğutma yükü analizi için bir asansör kabini üzerinden ölçümler alınarak; a) Asansör tavanındaki açıklıktan ve kapıdan giren dış hava debisi, sıcaklıkları ve oranları belirlenmelidir. b) Asansörün kullanım karakteristikleri incelenerek, kapının hangi sıklıkta ve ne kadar süre açık kaldığı ortaya konmalıdır.
- ✓ Tasarlanacak iklimlendirme ünitesinin kapasitesi, ticari bir ürünle karşılaştırma olanağı sunması açısından, 2,6 kW olarak seçilmiştir. Bu kapsamda; 50 °C yoğuşturucu ve 7,5 °C buharlaştırıcı sıcaklıklarında, 5 °C aşırı kızdırma ve 6 °C aşırı soğutma koşulları altında bir soğutma çevrimi analizi gerçekleştirilmiştir. Dört soğutucu akışkan için gerekli ekipmanların seçim parametreleri ortaya konmuş ve R-410A soğutkanlı sistem için gerekli seçimler yapılmıştır. Yapılan bu analiz ile aynı zamanda en yüksek STK değerine R-134a'nın sahip olduğu, onu R-407C, R-1234yf ve R-410A'nın takip ettiği görülmektedir. R-1234yf ile R-134a arasında yaklaşık % 4'lük bir fark ortaya çıkmaktadır.
- ✓ Asansör kliması uygulaması diğer iklimlendirme/soğutma uygulamalarından farklı olup, montajı kabin üzerine yapılmaktadır. Bu anlamda asansör kabini üzerindeki uygun alan, yapılacak tasarım için boyutsal anlamda bir takım kısıtlamalar ortaya koymaktadır. Tasarlanan ürünlerin ticari hale getirilmesi noktasında, 9. bölümde aktarılan kısıtlar dikkate alınarak, her asansör için kullanılabilecek tek bir tasarımın ortaya konmasının önem taşıdığı düşünülmektedir.
- ✓ Yoğuşma suyunun da mutlak suretle sistem içerisinde yok edilmesi gerekmekte olup bunun için 9. bölümde aktarılan yöntemlerden birinin kullanılması gerekmektedir. Ancak, R-1234yf'li bir sistemde kaynatma

yönteminin kullanılmasının R-1234yf'nin yanıcı özelliğinden dolayı sorun yaratabileceği düşünülmektedir.

- ✓ İklimlendirme cihazları için, birçok performans testi standardı olup, tüm bu standartlarda temel olarak iki test yöntemi mevcuttur: iç ortam hava entalpisi yöntemi ve kalorimetrik oda yöntemi. Bunlardan birincisi maliyet açısından daha uygun olması nedeniyle daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kalorimetrik oda yöntemi ise yüksek yatırım maliyetine karşılık, hassaslık anlamında daha iyi sonuçlar vermektedir. Türk standartlarında her iki yöntem de yer almakta olup, 12 kW altındaki cihazların enerji etiketlemesinde mutlak suretle kalorimetrik oda yönteminin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında da kalorimetrik oda yöntemi incelenerek, test koşulları ortaya konmuştur. TS EN 14511-3:2011 standardına uygun bir kalorimetrik test odasının yapımı için çalışmalar sürmektedir.
- ✓ Mevcut asansör klimasının testi, bu cihazın ticari bir ürün olması nedeniyle, üretilecek prototipler için bir baz noktası oluşturmaktadır. Ancak yapılan testin 10. bölümde de bahsedildiği gibi ölçüm noktaları arttırılarak tekrarlanması gerekmektedir. İlerleyen çalışmalarda prototipler aynı şartlarda test edilerek bu ürünle kıyaslamalar yapılacaktır.
- ✓ Asansör klimalarındaki bir diğer önemli konu, kabine giriş ve çıkış menfezlerinin konumu ve hava atım mesafesidir. Kabine giriş ve çıkış menfezleri en doğru hava akımını sağlayacak şekilde konumlandırılmalı, hava atım mesafesi ise insan konforunu bozmayacak ölçüde olmalıdır.
- ✓ İdeal bir soğutucu akışkan yoktur. Soğutucu akışkan seçimi, kullanılacak uygulamanın şartlarına ve istenilen unsurlara bağlı olarak yapılmalıdır. STK değerleri açısından bakılacak olduğunda, bu çalışmada R-134a'nın seçimi uygun görülmektedir.
- ✓ Son olarak değerlendirilmesi gereken bir unsur da soğutucu akışkan fiyatlarıdır. R-134a, R-407C ve R-410A'nın fiyatları sırasıyla yaklaşık olarak, 35 TL/kg, 43 TL/kg, 44 TL/kg iken; R-1234yf'nin fiyatı yaklaşık olarak 600 TL/kg'dır. Fiyatın bu denli yüksek olması, R-1234yf'nin yeni bir soğutucu akışkan olmasından kaynaklanmaktadır.
- ✓ Sektör incelendiğinde, R-134a soğutucu akışkanının terkedilme eğiliminde olduğu, üreticilerin R-134a'dan R-410A ve R-407C soğutucu akışkanlarına geçme yönünde bir eğilim içerisinde olduğu

görülmektedir. Dolayısıyla çevresel özellikleri ile ön plana çıkan R-1234yf'nin fiyatının düşmesi ile birlikte ilerleyen zamanda kendine özellikle mobil iklimlendirme sektöründe yer bulması beklenmektedir. Nitekim, General Motors firması Cadillac, Chevrolet, Buick gibi bazı markalarında 2013 yılından itibaren bu soğutucu akışkanı kullanacağını açıklamıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akasaka R. , Tanaka K. and Higashi Y.**, 2009, Thermodynamic property modeling for 2,3,3,3-Tetraflouropropene (HFO-1234yf), *International Journal of Refrigeration*, 33(2010): 52-60 pp.
- Akasaka, R.**, 2010, An application of the extended corresponding states model to thermodynamic property calculations for trans-1,3,3,3-tetrafluoropropene (HFO-1234ze(E)), *International Journal of Refrigeration*, 33 (2010): 907-914 pp.
- Alarko Carrier**, 2004, Carrier Hava Koşullandırma Sistem Tasarımı, Alarko Carrier Yayınları, 1, 374 s.
- Araz, M., Güngör, A. ve Hepbaşlı, A.**, 2013, Düşük küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanların soğutma uygulamalarındaki kullanımının değerlendirilmesi, TESKON 2013, İzmir.
- Arcaklioğlu, E., Avusoğlu, A.C. and Erisen, A.**, 2005, Thermodynamic analysis of refrigerant mixtures for possible replacements for CFCs by an algorithm compiling property data, *Applied Thermal Engineering* ,26: 430–439 pp.
- ASHRAE Handbook - F17**, 2009, Residential cooling and heating load calculations.
- ASHRAE Handbook - F18**, 2009, Nonresidential cooling and heating load calculations.
- Bulgurcu, H., İsa, K. ve Onat, A.**, 2012, Florlu gazlar ile ilgili Avrupa Birliği düzenlemeleri: F-Gaz yönetmeliği, 1. Ulusal İklimlendirme Soğutma Eğitimi Sempozyumu, Balıkesir.
- Calm, J.M.**, 2008, The next generation of refrigerants – Historical review, considerations, and outlook, *International Journal of Refrigeration*, 31: 1123-1133 pp.
- Clodic, D.**, "Low GWP refrigerants and flammability classification", Paris. <http://www.nedo.go.jp/content/100080128.pdf> (Erişim tarihi: 22.05.2013).
- Çengel, Y.A. and Boles, M.A.**, 2002, Thermodynamics: An Engineering Approach, Mc Graw Hill, Fourth Edition, 930 pp.
- Çengel, Y.A.**, 2006, Heat and Mass Transfer: A Practical Approach, Mc Graw Hill, Third Edition, 879 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Flammability table,

http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/uses_apps/automotive_ac/SmartAutoAC/flammability_table.html#.UOxh4XdZiNc (Erişim Tarihi: 03.06.2013)

Genetron Properties 1.1, 2013, Honeywell International: Buffalo Research Laboratory, Buffalo, NY.

Guide, Guide 2012: Natural Refrigerants- Market Growth for Europe, Shecco Publications, 170 pp. <http://guide.shecco.com/GUIDE-Natural-Refrigerants-Europe-2012.php>, (Erişim Tarihi:24.01.2013).

Elevator Air Conditioning, 2013,

http://en.wikipedia.org/wiki/Elevator#Elevator_convenience_features (Erişim Tarihi: 25.05.2013.)

Granryd, E. et al., 2005. Refrigeration Engineering, 5th Edition, Stockholm: Royal Institute of Technology, KTH, Vol. I.

Henne, S., Shallcross, D.E., Reimann, S., Xiao, P., Brunner, D., O'Doherty, S. and Buchmann, B., 2012, Future emissions and atmospheric fate of HFC-1234yf from Mobile Air Conditioners in Europe, Environ. Sci.Technol., 46 (3): 1650–1658 pp.

Higashi, Y., 2010, Thermophysical properties of HFO-1234yf and HFO-1234ze(E), International Symposium on Next-generation Air Conditioning and Refrigeration Technology, Tokyo, Japan.

Hill, W., 2008, Risk assessment and Performance Evaluation of HFO-1234yf”, VDA Winter Meeting.

Hill, W., 2010, Industry 3 Year evaluation of low global warming potential refrigerant HFO-1234yf.

Ikegami T., Iguchi, M., Aoki, K. and Iijima K., 2008, New refrigerants evaluation results”, SAE 2008 Alternate Refrigerant Systems Symposium, Arizona.

İsa, K. ve Onat, A., 2012, İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Enerji Verimliliği, Doğa Yayıncılık, İstanbul, 372 s.

Jarahnejad, M., 2012, New Low GWP Synthetic Refrigerants”, Master of Science Thesis, KTH Industrial Engineering and Management.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jung, D.**, 2008, Energy and environmental crisis: let's solve it naturally in refrigeration and air conditioning, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Jung, D., Park, C. and Park, B.**, 2009, Capillary tube selection for HCFC22 alternatives, International Journal of Refrigeration, 22: 604 – 614.
- Karber, K., M., Abdelaziz, O. and Vineyard, E., A.**, 2012, Experimental performance of R-1234yf and R-1234ze as drop-in replacements for R-134a in domestic refrigerators, International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Purdue.
- Kauffeld, M.**, 2012, Availability of low GWP alternatives to HFCs-Feasibility of an early phase-out of HFCs by 2020, Environmental Investigation Agency, 53 pp.
- KEOGH, A.**, 2005, “Soğutucu akışkan seçimi ve su soğutma grubu tasarımı - Paket tip su soğutma gruplarında R-410A kullanımı, Carrier Teknik Bülten, 4: 10 s.
- Koban, M.**, Automotive material investigation with low GWP refrigerant HFO-1234yf, Willmington,DE.
- Koban, M.**, 2009, HFO-1234yf low GWP refrigerant LCCP analysis, SAE 2009 World Congress.
- Koyama, S., Takada N., Matsuo, Y., Yoshitake, D. and Fukuda, S.**, 2010, Possibility to introduce HFO-1234ze(E) and its mixture with HFC-32 as low-GWP alternatives for heat pump/refrigeration systems”, International Symposium on Next-generation Air Conditioning and Refrigeration Technology, Tokyo, Japan.
- Leck, T.J.**, 2009, Evaluation of HFO-1234yf as a potential replacement for R-134a in refrigeration applications”, 3. IIR Conference on Thermophysical Properties and Transfer Processes of Refrigerants, Boulder.
- LECK, T.J.**, 2010, New high performance low GWP refrigerants for stationary AC and refrigeration”, International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Purdue.
- Lee H.S., Yoon J.I., Kim J.D. and Bansal P.**, 2005, Evaporating heat transfer and pressure drop of hydrocarbon refrigerants in 9.52 and 12.70 mm smooth tube”, International Journal of Heat and Mass Transfer ,48: 2351–2359 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lemmon, E.W., Huber, M.L. and McLinden, M.O.**, 2010, NIST standard reference Database 23:, reference fluid thermodynamic and transport properties-REFPROP, Version 9.0, National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Data Program, Gaithersburg.
- Lewandowski, T.A.**, 2012, Risk assessment of residential heat pump systems using 2L flammable refrigerants, AHRI.
- Liftair**, <http://www.rvcomfort.com/rvp/products/special/liftaire.php> (Erişim tarihi: 02.06.2013).
- MAC Directive**, 2006, Directive 2006/40/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 Relating To Emissions from Air-Conditioning Systems in Motor Vehicles And Amending Council Directive 70/156/EEC, Office Journal of the European Union.
- Monforte, R., Rose, B. and L'Huillier, J-M.**, “Updated situation about alternate refrigerant evaluation”, SAE 2008 Alternate Refrigerant Systems Symposium, Scottsdale, AZ.
- Opteon yf**, 2013, Thermodynamic properties of Dupont™Opteon™yf, http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/k24239_Op_teon_yf_thermo_properties_SI.pdf (Erişim tarihi: 02.06.2013).
- ÖZKOL, N.**, 2007, Uygulamalı Soğutma Tekniği, Makine Mühendisleri Odası, TMMOB, 7. Baskı, Ankara, 738 s.
- Palm, B.**, 2011, Refrigerants of the future, 10th Heat Pump Conference 2011, Tokyo, Japan.
- Palm, B.**, 2012, Recent developments on refrigerants, International Geothermal Days, Romania.
- Papasavva, S., Hill, W., R. and Andersen S. O.**, 2010, Green-Mac-LCCP: A tool for assessing the cycle climate performance of mac systems”, Enviromental Science & Technology, 44: 7666-7672 pp.
- Solkane**, Refrigerant Software Version 8.0.0.15, Hannover, Germany.
- Soltice™ yf refrigerant fact sheet**, http://www.1234facts.com/wp-content/uploads/2012/06/Solsticeyf_refrigerant_fact_sheet.pdf (Erişim tarihi: 22.05.2013)
- Spatz, M. and Minor, B.**, 2008, HFO-1234yf : A low GWP refrigerant for MAC”, SAE World Congress, Detroit, Michigan.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Talley, E.**, 2010, R1234yf refrigerant, Fall 2010 ICAIA Conference.
- Taria S., Nakai A. and Piao. C.**, 2010, Examination regarding air conditioning and heat pump water heater system using post new alternative refrigerant, International Symposium on Next-generation Air Conditioning and Refrigeration Technology Conference, Tokyo, Japan.
- Klima Tesisatı**, 2009, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İstanbul, 458 s.
- TS 8237 ISO 4190-1**, 2004, Asansörler - Yerleştirme ile ilgili boyutlar - Bölüm 1: Sınıf I, Sınıf II, Sınıf III ve Sınıf IV asansörleri, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 10922 EN 81-1**, 2001, Asansörler - Yapım ve montaj için güvenlik kuralları: Bölüm 1 - Elektrikli asansörler, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 81-2**, 2002, Asansörler - Yapım ve montaj için güvenlik kuralları: Bölüm 2 - Hidrolik asansörler, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 14511-2:2011**, 2012, Mekan ısıtma ve soğutma için elektrikle tahrik edilen kompresör ile çalışan iklimlendirme cihazları, sıvı soğutma paketleri ve ısı pompaları - Bölüm 3: Deney şartları, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 14511-3:2011**, 2012, Mekan ısıtma ve soğutma için elektrikle tahrik edilen kompresör ile çalışan iklimlendirme cihazları, sıvı soğutma paketleri ve ısı pompaları - Bölüm 3: Deney yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü.
- William Cullen**, http://tr.wikipedia.org/wiki/William_Cullen (Erişim tarihi: 20.05.2013)

ÖZGEÇMİŞ

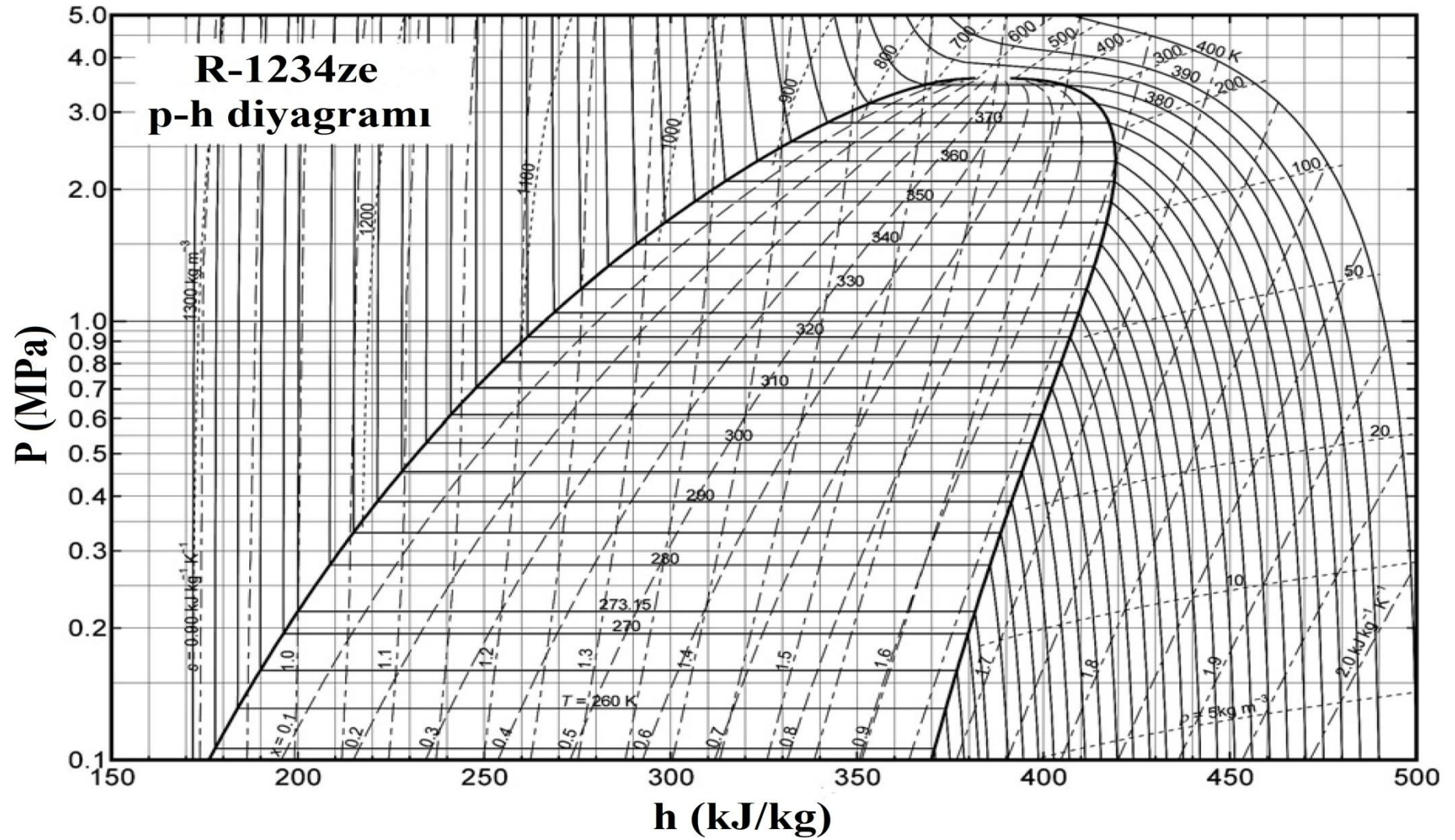
Mustafa ARAZ, 1986 yılında Karaman’da doğmuş olup, T.C. vatandaşıdır. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2010 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nü bitirdi. 2011 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Ekim, 2012 itibariyle Yaşar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

EKLER

- Ek 1 R-1234ze'nin p-h diyagramı
- Ek 2 R-1234ze'nin termodinamik özellikleri
- Ek 3 R-1234yf'nin ISO 120 POE yağı ile karışabilirliği
- Ek 4 R-1234yf'nin ISO 68 POE yağı ile karışabilirliği
- Ek 5 R-1234yf'nin p-h diyagramı
- Ek 6 R-1234yf'nin doymuş buhar tablosu
- Ek 7 R-1234yf'nin kızgın buhar tablosu
- Ek 8 Asansör kabinlerinin fonksiyonel boyutları

EK 1

R-1234ZE'NİN P-H DİYAGRAMI



EK 2

R-1234ZE’NİN TERMODİNAMİK ÖZELİKLERİ

Sıcaklık (°C)	Basınç (MPa)	Sıvı Yoğunluğu (kg/m³)	Buhar Yoğunluğu (kg/m³)	Sıvı Entalpisi (kJ/kg)	Buhar Entalpisi (kJ/kg)	Sıvı Entropisi (kJ/kg-K)	Buhar Entropisi (kJ/kg-K)	C _v (Sıvı) (kJ/kg-K)	C _v (Buhar) (kJ/kg-K)	C _p (sıvı) (kJ/kg-K)	C _p (Buhar) (kJ/kg-K)
-50	0.0210	1374.5	1.307	-38.34	173.36	-0.161	0.788	0.807	0.672	1.201	0.750
-45	0.0280	1362.0	1.711	-32.30	176.87	-0.134	0.783	0.815	0.683	1.211	0.763
-40	0.0368	1349.3	2.210	-26.22	180.39	-0.107	0.779	0.822	0.695	1.222	0.777
-35	0.0477	1336.4	2.818	-20.08	183.92	-0.081	0.775	0.830	0.707	1.233	0.791
-30	0.0611	1323.3	3.553	-13.88	187.45	-0.056	0.772	0.838	0.719	1.244	0.805
-25	0.0773	1310.1	4.433	-7.63	190.98	-0.030	0.770	0.846	0.732	1.255	0.820
-20	0.0968	1296.6	5.476	-1.31	194.51	-0.005	0.768	0.855	0.744	1.267	0.836
-15	0.1200	1282.9	6.704	5.06	198.03	0.020	0.767	0.863	0.757	1.280	0.852
-10	0.1474	1269.0	8.140	11.50	201.53	0.044	0.766	0.872	0.770	1.292	0.868
-5	0.1793	1254.8	9.807	18.00	205.02	0.069	0.766	0.880	0.783	1.306	0.886
0	0.2165	1240.3	11.733	24.58	208.49	0.093	0.766	0.889	0.797	1.320	0.904
5	0.2593	1225.5	13.946	31.23	211.93	0.117	0.767	0.898	0.810	1.335	0.923
10	0.3083	1210.4	16.480	37.95	215.34	0.141	0.767	0.907	0.824	1.350	0.943
15	0.3641	1194.9	19.368	44.75	218.70	0.164	0.768	0.916	0.838	1.366	0.964
20	0.4273	1179.0	22.650	51.64	222.03	0.188	0.769	0.926	0.852	1.384	0.986
25	0.4986	1162.7	26.371	58.61	225.30	0.211	0.770	0.935	0.866	1.402	1.009
30	0.5784	1145.9	30.581	65.68	228.51	0.235	0.772	0.944	0.880	1.422	1.034
35	0.6676	1128.5	35.338	72.84	231.65	0.258	0.773	0.954	0.894	1.443	1.061
40	0.7666	1110.6	40.709	80.11	234.70	0.281	0.774	0.963	0.908	1.466	1.090
45	0.8764	1092.0	46.775	87.50	237.65	0.304	0.776	0.973	0.922	1.492	1.123
50	0.9975	1072.7	53.629	95.00	240.48	0.327	0.777	0.982	0.937	1.520	1.160
55	1.1308	1052.5	61.388	102.64	243.16	0.350	0.778	0.992	0.954	1.553	1.205
60	1.2769	1031.2	70.191	110.43	245.69	0.373	0.779	1.002	0.972	1.589	1.258
65	1.4368	1008.8	80.216	118.39	248.03	0.396	0.780	1.013	0.992	1.632	1.323
70	1.6113	984.9	91.694	126.53	250.15	0.420	0.780	1.025	1.015	1.684	1.403
75	1.8014	959.3	104.930	134.90	252.00	0.443	0.780	1.037	1.039	1.748	1.503
80	2.0080	931.5	120.360	143.53	253.53	0.467	0.779	1.052	1.065	1.831	1.633
85	2.2323	900.9	138.620	152.49	254.62	0.492	0.777	1.068	1.092	1.944	1.811
90	2.4757	866.4	160.720	161.88	255.13	0.517	0.774	1.087	1.122	2.108	2.075
95	2.7396	826.3	188.420	171.88	254.79	0.544	0.769	1.110	1.156	2.378	2.519
100	3.0261	776.8	225.360	182.84	253.04	0.572	0.760	1.143	1.199	2.922	3.438

EK 3

R-1234YF'NİN ISO 120 POE YAĞI İLE KARIŞABİLİRLİĞİ

[illegible]

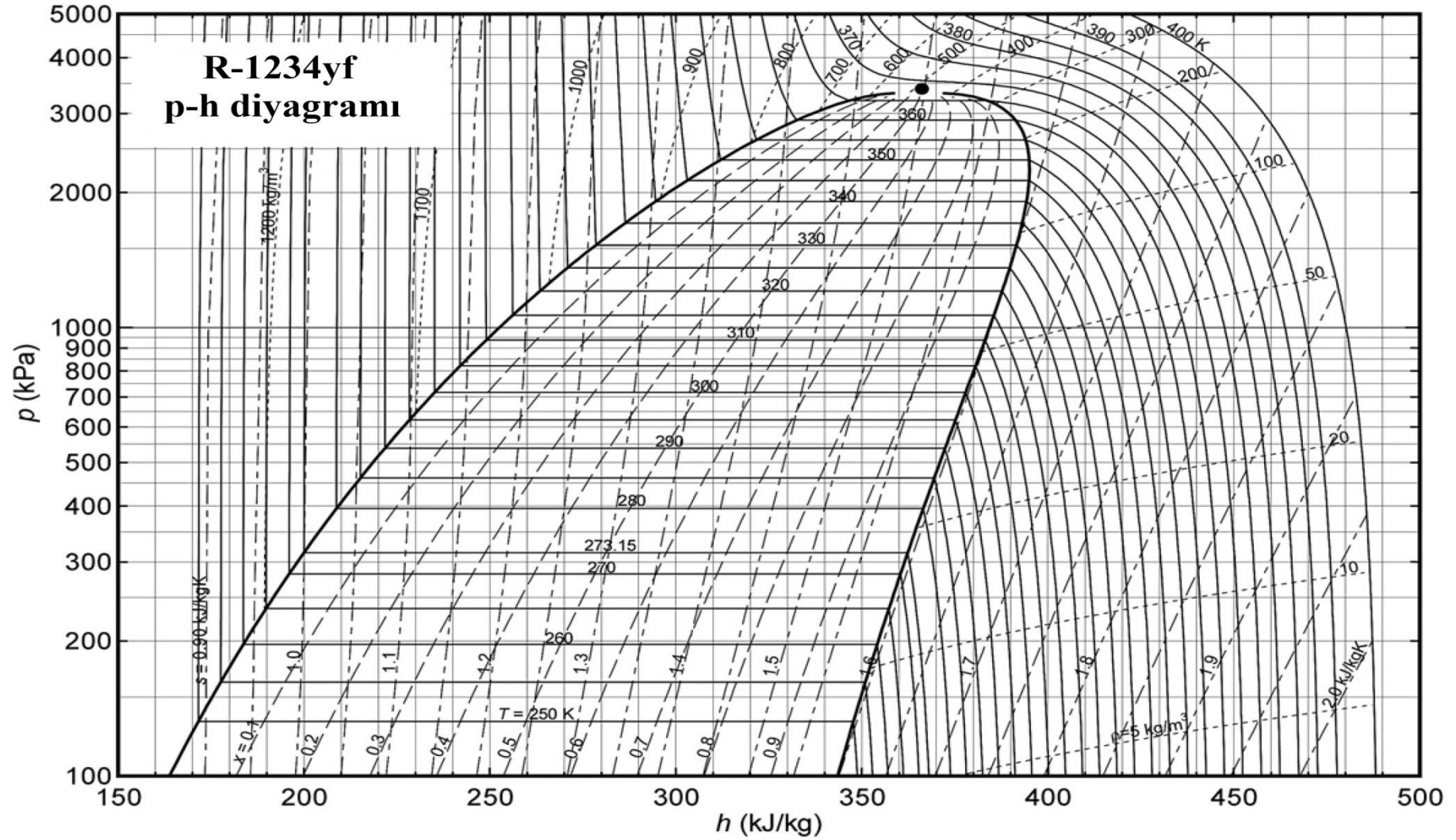
EK 4

R-1234YF’NİN ISO 68 POE YAĞI İLE KARIŞABİLİRLİĞİ

[illegible]

EK 5

R-1234YF'NİN P-H DİYAGRAMI



EK 6

R-1234YF DOYMUŞ BUHAR TABLOSU

Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)		Özgül Hacim (m ³ /kg)		Yoğunluk (kg/m ³)		Entalpi (kJ/kg)			Entropi (kJ/kg·K)	
	Sıvı	Buhar	Sıvı	Buhar	Sıvı	Buhar	Sıvı	Gizli	Buhar	Sıvı	Buhar
-50	37,423	37,423	0,000758	0,4247	1318,4	2,355	139,6	190,2	329,9	0,757	1,610
-45	48,624	48,624	0,000766	0,3326	1305,2	3,007	145,3	187,9	333,2	0,782	1,606
-40	62,367	62,367	0,000774	0,2635	1291,9	3,795	151,1	185,5	336,6	0,807	1,603
-35	79,039	79,039	0,000782	0,2111	1278,3	4,737	156,9	183,0	339,9	0,832	1,601
-30	99,056	99,056	0,000791	0,1708	1264,5	5,855	162,8	180,5	343,3	0,857	1,599
-25	122,861	122,861	0,000800	0,1394	1250,5	7,171	168,8	177,9	346,7	0,881	1,598
-20	150,921	150,921	0,000809	0,1148	1236,3	8,709	174,9	175,2	350,1	0,905	1,597
-15	183,724	183,724	0,000818	0,0953	1221,8	10,496	181,0	172,4	353,4	0,929	1,597
-10	221,783	221,783	0,000829	0,0796	1207,0	12,559	187,3	169,5	356,7	0,953	1,597
-5	265,632	265,632	0,000839	0,0670	1191,8	14,931	193,6	166,4	360,0	0,976	1,597
0	315,821	315,821	0,000850	0,0567	1176,3	17,647	200,0	163,3	363,3	1,000	1,598
5	372,925	372,925	0,000862	0,0482	1160,4	20,744	206,5	160,0	366,5	1,023	1,599
10	437,532	437,532	0,000874	0,0412	1144,0	24,267	213,1	156,6	369,7	1,047	1,600
15	510,255	510,255	0,000887	0,0354	1127,2	28,266	219,8	153,0	372,8	1,070	1,601
20	591,721	591,721	0,000901	0,0305	1109,9	32,796	226,6	149,3	375,9	1,093	1,602
25	682,582	682,582	0,000916	0,0264	1091,9	37,925	233,5	145,4	378,9	1,116	1,604
30	783,511	783,511	0,000932	0,0229	1073,3	43,729	240,5	141,2	381,8	1,139	1,605
35	895,206	895,206	0,000949	0,0199	1054,0	50,301	247,6	136,9	384,5	1,162	1,606
40	1,018,393	1,018,393	0,000967	0,0173	1033,8	57,753	254,9	132,3	387,2	1,185	1,608
45	1,153,834	1,153,834	0,000988	0,0151	1012,6	66,223	262,3	127,4	389,7	1,208	1,608
50	1,302,325	1,302,325	0,001010	0,0132	990,4	75,884	269,9	122,1	392,0	1,231	1,609
55	1,464,709	1,464,709	0,001034	0,0115	966,7	86,961	277,6	116,5	394,1	1,254	1,610
60	1,641,882	1,641,882	0,001062	0,0100	941,3	99,754	285,5	110,4	395,9	1,278	1,609
65	1,834,805	1,834,805	0,001094	0,0087	913,7	114,676	293,7	103,7	397,5	1,302	1,609
70	2,044,535	2,044,535	0,001132	0,0076	883,2	132,332	302,2	96,3	398,6	1,326	1,607
75	2,272,271	2,272,271	0,001178	0,0065	848,8	153,671	311,1	88,0	399,1	1,351	1,604
80	2,519,445	2,519,445	0,001236	0,0055	809,0	180,333	320,5	78,4	398,9	1,377	1,599

EK 7

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU

MUTLAK BASINÇ (kPa)												
Sıcaklık (°C)	45			50			55			60		
	-46,51 °C			-44,45 °C			-42,56 °C			-40,79 °C		
	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,3575	332,2	1,607	0,3240	333,6	1,606	0,2964	334,9	1,604	0,2732	336,0	1,603
-45	0,3602	333,3	1,612	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-40	0,3688	337,2	1,629	0,3310	337,0	1,620	0,3001	336,8	1,613	0,2743	336,7	1,606
-35	0,3774	341,0	1,645	0,3388	340,9	1,637	0,3072	340,7	1,630	0,2809	340,6	1,623
-30	0,3860	345,0	1,661	0,3466	344,8	1,653	0,3143	344,7	1,646	0,2874	344,5	1,639
-25	0,3945	348,9	1,678	0,3543	348,8	1,670	0,3214	348,7	1,662	0,2939	348,5	1,655
-20	0,4030	353,0	1,694	0,3620	352,8	1,686	0,3284	352,7	1,678	0,3004	352,6	1,672
-15	0,4115	357,0	1,710	0,3696	356,9	1,702	0,3354	356,8	1,694	0,3069	356,7	1,688
-10	0,4199	361,2	1,725	0,3773	361,0	1,717	0,3424	360,9	1,710	0,3133	360,8	1,704
-5	0,4283	365,3	1,741	0,3849	365,2	1,733	0,3493	365,1	1,726	0,3197	365,0	1,719
0	0,4367	369,6	1,757	0,3924	369,5	1,749	0,3562	369,3	1,742	0,3260	369,2	1,735
5	0,4451	373,8	1,772	0,4000	373,7	1,764	0,3631	373,6	1,757	0,3324	373,5	1,750
10	0,4534	378,1	1,788	0,4075	378,0	1,780	0,3700	378,0	1,773	0,3387	377,9	1,766
15	0,4617	382,5	1,803	0,4151	382,4	1,795	0,3769	382,3	1,788	0,3450	382,2	1,781
20	0,4701	386,9	1,818	0,4226	386,8	1,810	0,3837	386,7	1,803	0,3513	386,7	1,796
25	0,4784	391,4	1,833	0,4301	391,3	1,825	0,3905	391,2	1,818	0,3576	391,1	1,812
30	0,4867	395,9	1,848	0,4375	395,8	1,840	0,3973	395,7	1,833	0,3639	395,6	1,827
35	0,4949	400,4	1,863	0,4450	400,4	1,855	0,4042	400,3	1,848	0,3701	400,2	1,842
40	0,5032	405,0	1,878	0,4525	405,0	1,870	0,4110	404,9	1,863	0,3764	404,8	1,856
45	0,5115	409,7	1,893	0,4599	409,6	1,885	0,4177	409,5	1,878	0,3826	409,5	1,871
50	0,5197	414,4	1,907	0,4674	414,3	1,899	0,4245	414,2	1,892	0,3888	414,2	1,886
55	0,5280	419,1	1,922	0,4748	419,0	1,914	0,4313	419,0	1,907	0,3950	418,9	1,900
60	0,5362	423,9	1,936	0,4822	423,8	1,928	0,4380	423,8	1,921	0,4012	423,7	1,915
65	0,5444	428,7	1,951	0,4896	428,6	1,943	0,4448	428,6	1,936	0,4074	428,5	1,929
70	0,5526	433,6	1,965	0,4970	433,5	1,957	0,4516	433,4	1,950	0,4136	433,4	1,943
75	0,5609	438,5	1,979	0,5044	438,4	1,971	0,4583	438,4	1,964	0,4198	438,3	1,958
80	0,5691	443,4	1,993	0,5118	443,4	1,985	0,4650	443,3	1,978	0,4260	443,3	1,972
85	0,5773	448,4	2,007	0,5192	448,4	1,999	0,4718	448,3	1,992	0,4322	448,3	1,986
90	0,5855	453,4	2,021	0,5266	453,4	2,013	0,4785	453,3	2,006	0,4384	453,3	2,000
95	0,5937	458,5	2,035	0,5340	458,5	2,027	0,4852	458,4	2,020	0,4445	458,4	2,014
100	0,6019	463,6	2,049	0,5414	463,6	2,041	0,4919	463,5	2,034	0,4507	463,5	2,028

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	65			70			75			80		
	-39,14 °C			-37,59 °C			-36,13 °C			-34,74 °C		
	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,2535	337,2	1,603	0,2365	338,2	1,602	0,2217	339,2	1,601	0,2087	340,1	1,601
-35	0,2586	340,4	1,616	0,2395	340,2	1,610	0,2229	340,1	1,605	-	-	-
-30	0,2647	344,4	1,633	0,2452	344,2	1,627	0,2283	344,1	1,622	0,2135	343,9	1,616
-25	0,2707	348,4	1,649	0,2508	348,2	1,643	0,2336	348,1	1,638	0,2185	348,0	1,633
-20	0,2767	352,4	1,665	0,2564	352,3	1,660	0,2389	352,2	1,654	0,2235	352,0	1,649
-15	0,2827	356,5	1,681	0,2620	356,4	1,676	0,2441	356,3	1,670	0,2284	356,2	1,665
-10	0,2887	360,7	1,697	0,2676	360,6	1,692	0,2493	360,5	1,686	0,2333	360,3	1,681
-5	0,2946	364,9	1,713	0,2731	364,8	1,707	0,2545	364,7	1,702	0,2382	364,6	1,697
0	0,3005	369,1	1,729	0,2786	369,0	1,723	0,2596	368,9	1,718	0,2430	368,8	1,713
5	0,3064	373,4	1,744	0,2841	373,3	1,739	0,2648	373,2	1,733	0,2479	373,1	1,728
10	0,3122	377,8	1,760	0,2895	377,7	1,754	0,2699	377,6	1,749	0,2527	377,5	1,744
15	0,3181	382,1	1,775	0,2950	382,1	1,770	0,2750	382,0	1,764	0,2575	381,9	1,759
20	0,3239	386,6	1,790	0,3004	386,5	1,785	0,2801	386,4	1,780	0,2622	386,3	1,775
25	0,3297	391,0	1,806	0,3058	391,0	1,800	0,2851	390,9	1,795	0,2670	390,8	1,790
30	0,3355	395,6	1,821	0,3112	395,5	1,815	0,2902	395,4	1,810	0,2718	395,3	1,805
35	0,3413	400,1	1,836	0,3166	400,1	1,830	0,2952	400,0	1,825	0,2765	399,9	1,820
40	0,3471	404,7	1,850	0,3220	404,7	1,845	0,3002	404,6	1,840	0,2812	404,5	1,835
45	0,3529	409,4	1,865	0,3274	409,3	1,860	0,3053	409,3	1,854	0,2859	409,2	1,850
50	0,3586	414,1	1,880	0,3327	414,0	1,874	0,3103	414,0	1,869	0,2906	413,9	1,864
55	0,3644	418,8	1,894	0,3381	418,8	1,889	0,3153	418,7	1,884	0,2953	418,7	1,879
60	0,3701	423,6	1,909	0,3434	423,6	1,903	0,3203	423,5	1,898	0,3000	423,4	1,893
65	0,3758	428,5	1,923	0,3487	428,4	1,918	0,3253	428,3	1,913	0,3047	428,3	1,908
70	0,3816	433,3	1,938	0,3541	433,3	1,932	0,3302	433,2	1,927	0,3094	433,2	1,922
75	0,3873	438,2	1,952	0,3594	438,2	1,946	0,3352	438,1	1,941	0,3141	438,1	1,936
80	0,3930	443,2	1,966	0,3647	443,2	1,960	0,3402	443,1	1,955	0,3187	443,0	1,950
85	0,3987	448,2	1,980	0,3700	448,2	1,974	0,3452	448,1	1,969	0,3234	448,1	1,964
90	0,4044	453,2	1,994	0,3753	453,2	1,988	0,3501	453,1	1,983	0,3280	453,1	1,978
95	0,4101	458,3	2,008	0,3806	458,3	2,002	0,3551	458,2	1,997	0,3327	458,2	1,992
100	0,4158	463,4	2,022	0,3859	463,4	2,016	0,3600	463,4	2,011	0,3373	463,3	2,006
105	0,4215	468,6	2,035	0,3912	468,6	2,030	0,3650	468,5	2,025	0,3420	468,5	2,020
110	0,4272	473,8	2,049	0,3965	473,8	2,044	0,3699	473,7	2,038	0,3466	473,7	2,034

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	90			100			101,325			110		
	-32,15 °C			-29,78 °C			-29,49 °C			-27,6 °C		
	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m3/kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,1869	341,9	1,600	0,1693	343,5	1,599	0,1672	343,7	1,599	0,1548	344,9	1,598
-30	0,1888	343,6	1,607	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-25	0,1933	347,7	1,623	0,1732	347,4	1,615	0,1708	347,3	1,614	0,1567	347,1	1,607
-20	0,1978	351,8	1,640	0,1773	351,5	1,631	0,1748	351,5	1,630	0,1604	351,2	1,623
-15	0,2022	355,9	1,656	0,1813	355,6	1,647	0,1788	355,6	1,646	0,1642	355,4	1,640
-10	0,2066	360,1	1,672	0,1853	359,9	1,664	0,1828	359,8	1,663	0,1678	359,6	1,656
-5	0,2110	364,3	1,688	0,1893	364,1	1,680	0,1867	364,1	1,679	0,1715	363,9	1,672
0	0,2153	368,6	1,704	0,1932	368,4	1,695	0,1906	368,4	1,694	0,1751	368,2	1,688
5	0,2197	372,9	1,719	0,1971	372,7	1,711	0,1945	372,7	1,710	0,1787	372,5	1,704
10	0,2240	377,3	1,735	0,2010	377,1	1,727	0,1983	377,1	1,726	0,1822	376,9	1,719
15	0,2283	381,7	1,750	0,2049	381,5	1,742	0,2022	381,5	1,741	0,1858	381,3	1,735
20	0,2325	386,1	1,766	0,2088	386,0	1,758	0,2060	385,9	1,757	0,1893	385,8	1,750
25	0,2368	390,6	1,781	0,2126	390,5	1,773	0,2098	390,4	1,772	0,1929	390,3	1,765
30	0,2410	395,2	1,796	0,2165	395,0	1,788	0,2136	395,0	1,787	0,1964	394,9	1,781
35	0,2453	399,8	1,811	0,2203	399,6	1,803	0,2174	399,6	1,802	0,1999	399,5	1,796
40	0,2495	404,4	1,826	0,2241	404,2	1,818	0,2211	404,2	1,817	0,2034	404,1	1,811
45	0,2537	409,1	1,841	0,2279	408,9	1,833	0,2249	408,9	1,832	0,2068	408,8	1,825
50	0,2579	413,8	1,855	0,2317	413,6	1,847	0,2286	413,6	1,846	0,2103	413,5	1,840
55	0,2621	418,5	1,870	0,2355	418,4	1,862	0,2324	418,4	1,861	0,2138	418,3	1,855
60	0,2663	423,3	1,884	0,2393	423,2	1,877	0,2361	423,2	1,876	0,2172	423,1	1,869
65	0,2705	428,2	1,899	0,2431	428,0	1,891	0,2399	428,0	1,890	0,2207	427,9	1,884
70	0,2746	433,0	1,913	0,2468	432,9	1,905	0,2436	432,9	1,904	0,2241	432,8	1,898
75	0,2788	438,0	1,927	0,2506	437,9	1,920	0,2473	437,8	1,919	0,2275	437,8	1,912
80	0,2830	442,9	1,942	0,2544	442,8	1,934	0,2510	442,8	1,933	0,2310	442,7	1,927
85	0,2871	447,9	1,956	0,2581	447,8	1,948	0,2547	447,8	1,947	0,2344	447,7	1,941
90	0,2913	453,0	1,970	0,2619	452,9	1,962	0,2584	452,9	1,961	0,2378	452,8	1,955
95	0,2954	458,1	1,984	0,2656	458,0	1,976	0,2621	458,0	1,975	0,2412	457,9	1,969
100	0,2996	463,2	1,997	0,2693	463,1	1,990	0,2658	463,1	1,989	0,2446	463,0	1,982
105	0,3037	468,4	2,011	0,2731	468,3	2,003	0,2695	468,3	2,002	0,2480	468,2	1,996
110	0,3078	473,6	2,025	0,2768	473,5	2,017	0,2731	473,5	2,016	0,2514	473,4	2,010
115	0,3120	478,8	2,038	0,2805	478,7	2,031	0,2768	478,7	2,030	0,2548	478,7	2,024

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	120			130			140			150		
	-25,56 °C			-23,65 °C			-21,85 °C			-20,15 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,1426	346,3	1,598	0,1322	347,6	1,598	0,1233	348,8	1,597	0,1155	349,9	1,597
-25	0,1430	346,8	1,600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-20	0,1464	350,9	1,616	0,1346	350,7	1,610	0,1244	350,4	1,603	0,1156	350,1	1,598
-15	0,1499	355,1	1,633	0,1378	354,9	1,626	0,1274	354,6	1,620	0,1184	354,3	1,614
-10	0,1533	359,4	1,649	0,1409	359,1	1,642	0,1304	358,9	1,636	0,1212	358,6	1,631
-5	0,1566	363,6	1,665	0,1441	363,4	1,659	0,1333	363,2	1,653	0,1240	362,9	1,647
0	0,1600	367,9	1,681	0,1472	367,7	1,675	0,1362	367,5	1,669	0,1267	367,3	1,663
5	0,1633	372,3	1,697	0,1503	372,1	1,690	0,1391	371,9	1,684	0,1294	371,7	1,679
10	0,1666	376,7	1,712	0,1533	376,5	1,706	0,1420	376,3	1,700	0,1321	376,1	1,695
15	0,1699	381,1	1,728	0,1564	380,9	1,722	0,1448	380,8	1,716	0,1348	380,6	1,710
20	0,1731	385,6	1,743	0,1594	385,4	1,737	0,1477	385,3	1,731	0,1375	385,1	1,726
25	0,1764	390,1	1,759	0,1624	390,0	1,752	0,1505	389,8	1,747	0,1401	389,6	1,741
30	0,1796	394,7	1,774	0,1655	394,5	1,768	0,1533	394,4	1,762	0,1428	394,2	1,756
35	0,1828	399,3	1,789	0,1684	399,1	1,783	0,1561	399,0	1,777	0,1454	398,8	1,772
40	0,1861	403,9	1,804	0,1714	403,8	1,798	0,1589	403,6	1,792	0,1480	403,5	1,787
45	0,1893	408,6	1,819	0,1744	408,5	1,813	0,1616	408,3	1,807	0,1506	408,2	1,801
50	0,1925	413,4	1,833	0,1773	413,2	1,827	0,1644	413,1	1,822	0,1532	413,0	1,816
55	0,1956	418,1	1,848	0,1803	418,0	1,842	0,1671	417,9	1,836	0,1557	417,7	1,831
60	0,1988	422,9	1,863	0,1832	422,8	1,857	0,1699	422,7	1,851	0,1583	422,6	1,846
65	0,2020	427,8	1,877	0,1862	427,7	1,871	0,1726	427,6	1,865	0,1609	427,4	1,860
70	0,2051	432,7	1,892	0,1891	432,6	1,885	0,1753	432,5	1,880	0,1634	432,4	1,875
75	0,2083	437,6	1,906	0,1920	437,5	1,900	0,1781	437,4	1,894	0,1660	437,3	1,889
80	0,2114	442,6	1,920	0,1949	442,5	1,914	0,1808	442,4	1,908	0,1685	442,3	1,903
85	0,2146	447,6	1,934	0,1978	447,5	1,928	0,1835	447,4	1,922	0,1711	447,3	1,917
90	0,2177	452,7	1,948	0,2007	452,6	1,942	0,1862	452,5	1,937	0,1736	452,4	1,931
95	0,2209	457,8	1,962	0,2037	457,7	1,956	0,1889	457,6	1,950	0,1761	457,5	1,945
100	0,2240	462,9	1,976	0,2065	462,8	1,970	0,1916	462,7	1,964	0,1786	462,6	1,959
105	0,2271	468,1	1,990	0,2094	468,0	1,984	0,1943	467,9	1,978	0,1812	467,8	1,973
110	0,2302	473,3	2,003	0,2123	473,2	1,997	0,1970	473,1	1,992	0,1837	473,1	1,987
115	0,2334	478,6	2,017	0,2152	478,5	2,011	0,1997	478,4	2,005	0,1862	478,3	2,000
120	0,2365	483,9	2,031	0,2181	483,8	2,025	0,2023	483,7	2,019	0,1887	483,6	2,014

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	160			170			180			190		
	-18,54 °C			-17 °C			-15,53 °C			-14,12 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,1086	351,0	1,597	0,1026	352,1	1,597	0,0972	353,0	1,597	0,0923	354,0	1,597
-15	0,1105	354,1	1,609	0,1036	353,8	1,603	0,0974	353,5	1,598	-	-	-
-10	0,1132	358,4	1,625	0,1061	358,1	1,620	0,0998	357,8	1,615	0,0942	357,6	1,610
-5	0,1158	362,7	1,641	0,1086	362,4	1,636	0,1022	362,2	1,632	0,0965	362,0	1,627
0	0,1184	367,1	1,658	0,1111	366,8	1,653	0,1045	366,6	1,648	0,0987	366,4	1,643
5	0,1210	371,5	1,674	0,1135	371,2	1,669	0,1069	371,0	1,664	0,1009	370,8	1,659
10	0,1235	375,9	1,689	0,1159	375,7	1,684	0,1092	375,5	1,680	0,1031	375,3	1,675
15	0,1261	380,4	1,705	0,1183	380,2	1,700	0,1114	380,0	1,696	0,1053	379,8	1,691
20	0,1286	384,9	1,721	0,1207	384,7	1,716	0,1137	384,5	1,711	0,1074	384,3	1,707
25	0,1311	389,4	1,736	0,1231	389,3	1,731	0,1160	389,1	1,727	0,1096	388,9	1,722
30	0,1335	394,0	1,751	0,1254	393,9	1,747	0,1182	393,7	1,742	0,1117	393,5	1,738
35	0,1360	398,7	1,766	0,1277	398,5	1,762	0,1204	398,4	1,757	0,1138	398,2	1,753
40	0,1385	403,3	1,782	0,1301	403,2	1,777	0,1226	403,0	1,772	0,1159	402,9	1,768
45	0,1409	408,1	1,796	0,1324	407,9	1,792	0,1248	407,8	1,787	0,1180	407,6	1,783
50	0,1433	412,8	1,811	0,1347	412,7	1,807	0,1270	412,5	1,802	0,1201	412,4	1,798
55	0,1458	417,6	1,826	0,1370	417,5	1,821	0,1292	417,3	1,817	0,1222	417,2	1,813
60	0,1482	422,4	1,841	0,1393	422,3	1,836	0,1313	422,2	1,832	0,1242	422,1	1,827
65	0,1506	427,3	1,855	0,1415	427,2	1,850	0,1335	427,1	1,846	0,1263	427,0	1,842
70	0,1530	432,2	1,870	0,1438	432,1	1,865	0,1356	432,0	1,861	0,1283	431,9	1,856
75	0,1554	437,2	1,884	0,1461	437,1	1,879	0,1378	437,0	1,875	0,1303	436,9	1,871
80	0,1578	442,2	1,898	0,1483	442,1	1,894	0,1399	442,0	1,889	0,1324	441,9	1,885
85	0,1602	447,2	1,912	0,1506	447,1	1,908	0,1420	447,0	1,903	0,1344	446,9	1,899
90	0,1626	452,3	1,926	0,1528	452,2	1,922	0,1442	452,1	1,917	0,1364	452,0	1,913
95	0,1649	457,4	1,940	0,1551	457,3	1,936	0,1463	457,2	1,931	0,1384	457,1	1,927
100	0,1673	462,6	1,954	0,1573	462,5	1,950	0,1484	462,4	1,945	0,1405	462,3	1,941
105	0,1697	467,7	1,968	0,1595	467,6	1,963	0,1505	467,6	1,959	0,1425	467,5	1,955
110	0,1720	473,0	1,982	0,1618	472,9	1,977	0,1526	472,8	1,973	0,1445	472,7	1,969
115	0,1744	478,2	1,995	0,1640	478,1	1,991	0,1547	478,1	1,987	0,1465	478,0	1,982
120	0,1767	483,5	2,009	0,1662	483,4	2,004	0,1568	483,4	2,000	0,1485	483,3	1,996
125	0,1791	488,9	2,023	0,1684	488,8	2,018	0,1589	488,7	2,014	0,1505	488,6	2,010
130	0,1815	494,2	2,036	0,1706	494,2	2,031	0,1610	494,1	2,027	0,1524	494,0	2,023

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	200			210			220			230		
	-12,77 °C			-11,47 °C			-10,22 °C			-9,01 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0879	354,9	1,597	0,0839	355,7	1,597	0,0802	356,6	1,597	0,0769	357,4	1,597
-10	0,0891	357,3	1,606	0,0845	357,0	1,602	0,0803	356,8	1,597	-	-	-
-5	0,0913	361,7	1,623	0,0866	361,5	1,618	0,0824	361,2	1,614	0,0785	360,9	1,610
0	0,0934	366,1	1,639	0,0887	365,9	1,635	0,0843	365,7	1,631	0,0804	365,4	1,627
5	0,0956	370,6	1,655	0,0907	370,4	1,651	0,0863	370,1	1,647	0,0823	369,9	1,643
10	0,0977	375,1	1,671	0,0927	374,9	1,667	0,0883	374,7	1,663	0,0842	374,4	1,659
15	0,0997	379,6	1,687	0,0947	379,4	1,683	0,0902	379,2	1,679	0,0860	379,0	1,675
20	0,1018	384,2	1,703	0,0967	384,0	1,699	0,0921	383,8	1,695	0,0878	383,6	1,691
25	0,1039	388,7	1,718	0,0987	388,6	1,714	0,0940	388,4	1,710	0,0896	388,2	1,707
30	0,1059	393,4	1,733	0,1006	393,2	1,730	0,0958	393,0	1,726	0,0914	392,9	1,722
35	0,1079	398,0	1,749	0,1025	397,9	1,745	0,0977	397,7	1,741	0,0932	397,6	1,737
40	0,1099	402,7	1,764	0,1045	402,6	1,760	0,0995	402,4	1,756	0,0950	402,3	1,753
45	0,1119	407,5	1,779	0,1064	407,3	1,775	0,1013	407,2	1,771	0,0967	407,0	1,768
50	0,1139	412,3	1,794	0,1083	412,1	1,790	0,1032	412,0	1,786	0,0985	411,8	1,783
55	0,1159	417,1	1,809	0,1101	417,0	1,805	0,1050	416,8	1,801	0,1002	416,7	1,798
60	0,1178	421,9	1,823	0,1120	421,8	1,819	0,1068	421,7	1,816	0,1020	421,6	1,812
65	0,1198	426,8	1,838	0,1139	426,7	1,834	0,1086	426,6	1,830	0,1037	426,5	1,827
70	0,1217	431,8	1,852	0,1158	431,6	1,849	0,1103	431,5	1,845	0,1054	431,4	1,841
75	0,1237	436,7	1,867	0,1176	436,6	1,863	0,1121	436,5	1,859	0,1071	436,4	1,856
80	0,1256	441,7	1,881	0,1195	441,6	1,877	0,1139	441,5	1,874	0,1088	441,4	1,870
85	0,1275	446,8	1,895	0,1213	446,7	1,891	0,1157	446,6	1,888	0,1105	446,5	1,884
90	0,1295	451,9	1,909	0,1231	451,8	1,906	0,1174	451,7	1,902	0,1122	451,6	1,899
95	0,1314	457,0	1,923	0,1250	456,9	1,920	0,1192	456,8	1,916	0,1139	456,7	1,913
100	0,1333	462,2	1,937	0,1268	462,1	1,934	0,1209	462,0	1,930	0,1155	461,9	1,927
105	0,1352	467,4	1,951	0,1286	467,3	1,947	0,1227	467,2	1,944	0,1172	467,1	1,940
110	0,1371	472,6	1,965	0,1305	472,5	1,961	0,1244	472,4	1,958	0,1189	472,3	1,954
115	0,1390	477,9	1,979	0,1323	477,8	1,975	0,1261	477,7	1,971	0,1206	477,6	1,968
120	0,1409	483,2	1,992	0,1341	483,1	1,988	0,1279	483,0	1,985	0,1222	482,9	1,981
125	0,1428	488,5	2,006	0,1359	488,5	2,002	0,1296	488,4	1,998	0,1239	488,3	1,995
130	0,1447	493,9	2,019	0,1377	493,8	2,015	0,1313	493,8	2,012	0,1255	493,7	2,008
135	0,1466	499,3	2,032	0,1395	499,3	2,029	0,1331	499,2	2,025	0,1272	499,1	2,022

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	240			250			260			270		
	-7,84 °C			-6,7 °C			-5,6 °C			-4,54 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0738	358,2	1,597	0,0710	358,9	1,597	0,0684	359,6	1,597	0,0659	360,3	1,597
-5	0,0749	360,7	1,606	0,0716	360,4	1,603	0,0686	360,2	1,599	-	-	-
0	0,0768	365,2	1,623	0,0734	364,9	1,619	0,0703	364,7	1,616	0,0675	364,4	1,612
5	0,0786	369,7	1,639	0,0752	369,5	1,636	0,0721	369,2	1,632	0,0691	369,0	1,629
10	0,0804	374,2	1,656	0,0769	374,0	1,652	0,0738	373,8	1,649	0,0708	373,6	1,645
15	0,0822	378,8	1,672	0,0787	378,6	1,668	0,0754	378,4	1,665	0,0724	378,2	1,661
20	0,0840	383,4	1,687	0,0804	383,2	1,684	0,0771	383,0	1,681	0,0740	382,8	1,677
25	0,0857	388,0	1,703	0,0821	387,9	1,700	0,0787	387,7	1,696	0,0756	387,5	1,693
30	0,0874	392,7	1,719	0,0837	392,5	1,715	0,0803	392,4	1,712	0,0772	392,2	1,709
35	0,0891	397,4	1,734	0,0854	397,2	1,731	0,0819	397,1	1,727	0,0787	396,9	1,724
40	0,0908	402,1	1,749	0,0870	402,0	1,746	0,0835	401,8	1,743	0,0803	401,7	1,739
45	0,0925	406,9	1,764	0,0887	406,8	1,761	0,0851	406,6	1,758	0,0818	406,5	1,755
50	0,0942	411,7	1,779	0,0903	411,6	1,776	0,0867	411,4	1,773	0,0833	411,3	1,770
55	0,0959	416,5	1,794	0,0919	416,4	1,791	0,0882	416,3	1,788	0,0848	416,1	1,785
60	0,0976	421,4	1,809	0,0935	421,3	1,806	0,0898	421,2	1,802	0,0863	421,0	1,799
65	0,0992	426,3	1,824	0,0951	426,2	1,820	0,0913	426,1	1,817	0,0878	426,0	1,814
70	0,1009	431,3	1,838	0,0967	431,2	1,835	0,0928	431,1	1,832	0,0893	430,9	1,829
75	0,1025	436,3	1,852	0,0983	436,2	1,849	0,0944	436,1	1,846	0,0907	435,9	1,843
80	0,1041	441,3	1,867	0,0998	441,2	1,864	0,0959	441,1	1,861	0,0922	441,0	1,858
85	0,1058	446,4	1,881	0,1014	446,3	1,878	0,0974	446,2	1,875	0,0937	446,1	1,872
90	0,1074	451,5	1,895	0,1030	451,4	1,892	0,0989	451,3	1,889	0,0951	451,2	1,886
95	0,1090	456,6	1,909	0,1045	456,5	1,906	0,1004	456,4	1,903	0,0966	456,3	1,900
100	0,1106	461,8	1,923	0,1061	461,7	1,920	0,1019	461,6	1,917	0,0980	461,5	1,914
105	0,1122	467,0	1,937	0,1076	466,9	1,934	0,1034	466,8	1,931	0,0995	466,7	1,928
110	0,1138	472,3	1,951	0,1092	472,2	1,948	0,1049	472,1	1,945	0,1009	472,0	1,942
115	0,1154	477,5	1,965	0,1107	477,4	1,961	0,1064	477,4	1,958	0,1023	477,3	1,956
120	0,1170	482,9	1,978	0,1122	482,8	1,975	0,1078	482,7	1,972	0,1038	482,6	1,969
125	0,1186	488,2	1,992	0,1138	488,1	1,989	0,1093	488,0	1,986	0,1052	488,0	1,983
130	0,1202	493,6	2,005	0,1153	493,5	2,002	0,1108	493,4	1,999	0,1066	493,4	1,996
135	0,1218	499,0	2,019	0,1168	499,0	2,015	0,1123	498,9	2,012	0,1080	498,8	2,010
140	0,1234	504,5	2,032	0,1184	504,4	2,029	0,1137	504,3	2,026	0,1094	504,3	2,023

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

MUTLAK BASINÇ (kPa)												
Sıcaklık (°C)	280			290			300			310		
	-3,5 °C			-2,49 °C			-1,51 °C			-0,55 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0637	361,0	1,597	0,0615	361,7	1,597	0,0596	362,3	1,598	0,0577	362,9	1,598
0	0,0648	364,2	1,609	0,0623	363,9	1,606	0,0600	363,7	1,603	0,0579	363,4	1,600
5	0,0664	368,8	1,626	0,0639	368,5	1,622	0,0616	368,3	1,619	0,0594	368,1	1,616
10	0,0680	373,4	1,642	0,0655	373,2	1,639	0,0631	372,9	1,636	0,0609	372,7	1,633
15	0,0696	378,0	1,658	0,0670	377,8	1,655	0,0646	377,6	1,652	0,0623	377,4	1,649
20	0,0712	382,6	1,674	0,0685	382,4	1,671	0,0661	382,2	1,668	0,0638	382,0	1,665
25	0,0727	387,3	1,690	0,0700	387,1	1,687	0,0675	386,9	1,684	0,0652	386,8	1,681
30	0,0742	392,0	1,706	0,0715	391,8	1,703	0,0690	391,7	1,700	0,0666	391,5	1,697
35	0,0757	396,7	1,721	0,0730	396,6	1,718	0,0704	396,4	1,715	0,0680	396,2	1,713
40	0,0772	401,5	1,736	0,0744	401,4	1,734	0,0718	401,2	1,731	0,0693	401,0	1,728
45	0,0787	406,3	1,752	0,0758	406,2	1,749	0,0732	406,0	1,746	0,0707	405,9	1,743
50	0,0802	411,1	1,767	0,0773	411,0	1,764	0,0746	410,9	1,761	0,0720	410,7	1,758
55	0,0816	416,0	1,782	0,0787	415,9	1,779	0,0759	415,7	1,776	0,0733	415,6	1,773
60	0,0831	420,9	1,797	0,0801	420,8	1,794	0,0773	420,6	1,791	0,0747	420,5	1,788
65	0,0845	425,8	1,811	0,0815	425,7	1,808	0,0786	425,6	1,806	0,0760	425,5	1,803
70	0,0860	430,8	1,826	0,0829	430,7	1,823	0,0800	430,6	1,820	0,0773	430,5	1,818
75	0,0874	435,8	1,840	0,0842	435,7	1,838	0,0813	435,6	1,835	0,0786	435,5	1,832
80	0,0888	440,9	1,855	0,0856	440,8	1,852	0,0827	440,6	1,849	0,0799	440,5	1,847
85	0,0902	445,9	1,869	0,0870	445,8	1,866	0,0840	445,7	1,864	0,0812	445,6	1,861
90	0,0916	451,1	1,883	0,0884	451,0	1,880	0,0853	450,9	1,878	0,0825	450,7	1,875
95	0,0930	456,2	1,897	0,0897	456,1	1,894	0,0866	456,0	1,892	0,0837	455,9	1,889
100	0,0944	461,4	1,911	0,0911	461,3	1,909	0,0879	461,2	1,906	0,0850	461,1	1,903
105	0,0958	466,6	1,925	0,0924	466,5	1,922	0,0892	466,4	1,920	0,0863	466,3	1,917
110	0,0972	471,9	1,939	0,0938	471,8	1,936	0,0905	471,7	1,934	0,0875	471,6	1,931
115	0,0986	477,2	1,953	0,0951	477,1	1,950	0,0918	477,0	1,947	0,0888	476,9	1,945
120	0,1000	482,5	1,966	0,0964	482,4	1,964	0,0931	482,3	1,961	0,0901	482,3	1,958
125	0,1013	487,9	1,980	0,0978	487,8	1,977	0,0944	487,7	1,975	0,0913	487,6	1,972
130	0,1027	493,3	1,993	0,0991	493,2	1,991	0,0957	493,1	1,988	0,0926	493,0	1,986
135	0,1041	498,7	2,007	0,1004	498,6	2,004	0,0970	498,6	2,002	0,0938	498,5	1,999
140	0,1055	504,2	2,020	0,1017	504,1	2,017	0,0983	504,0	2,015	0,0950	504,0	2,012
145	0,1068	509,7	2,033	0,1031	509,6	2,031	0,0996	509,6	2,028	0,0963	509,5	2,026

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

MUTLAK BASINÇ (kPa)												
Sıcaklık (°C)	320			330			340			350		
	0,39 °C			1,3 °C			2,19 °C			3,07 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0560	363,5	1,598	0,0543	364,1	1,598	0,0528	364,7	1,598	0,0513	365,3	1,598
5	0,0573	367,8	1,613	0,0554	367,6	1,611	0,0535	367,3	1,608	0,0518	367,1	1,605
10	0,0588	372,5	1,630	0,0568	372,3	1,627	0,0549	372,0	1,624	0,0532	371,8	1,622
15	0,0602	377,2	1,646	0,0582	376,9	1,644	0,0563	376,7	1,641	0,0545	376,5	1,638
20	0,0616	381,8	1,662	0,0596	381,7	1,660	0,0576	381,4	1,657	0,0558	381,2	1,654
25	0,0630	386,6	1,678	0,0609	386,4	1,676	0,0589	386,2	1,673	0,0571	386,0	1,671
30	0,0643	391,3	1,694	0,0622	391,1	1,692	0,0602	391,0	1,689	0,0584	390,8	1,686
35	0,0657	396,1	1,710	0,0635	395,9	1,707	0,0615	395,7	1,705	0,0596	395,6	1,702
40	0,0670	400,9	1,725	0,0648	400,7	1,723	0,0628	400,6	1,720	0,0609	400,4	1,718
45	0,0683	405,7	1,741	0,0661	405,6	1,738	0,0641	405,4	1,735	0,0621	405,2	1,733
50	0,0696	410,6	1,756	0,0674	410,4	1,753	0,0653	410,3	1,751	0,0633	410,1	1,748
55	0,0709	415,5	1,771	0,0687	415,3	1,768	0,0665	415,2	1,766	0,0645	415,0	1,763
60	0,0722	420,4	1,786	0,0699	420,2	1,783	0,0677	420,1	1,781	0,0657	420,0	1,778
65	0,0735	425,3	1,800	0,0712	425,2	1,798	0,0690	425,1	1,795	0,0669	425,0	1,793
70	0,0748	430,3	1,815	0,0724	430,2	1,813	0,0702	430,1	1,810	0,0681	430,0	1,808
75	0,0760	435,4	1,830	0,0736	435,2	1,827	0,0714	435,1	1,825	0,0692	435,0	1,822
80	0,0773	440,4	1,844	0,0748	440,3	1,842	0,0726	440,2	1,839	0,0704	440,1	1,837
85	0,0785	445,5	1,858	0,0761	445,4	1,856	0,0737	445,3	1,854	0,0715	445,2	1,851
90	0,0798	450,6	1,873	0,0773	450,5	1,870	0,0749	450,4	1,868	0,0727	450,3	1,865
95	0,0810	455,8	1,887	0,0785	455,7	1,884	0,0761	455,6	1,882	0,0738	455,5	1,880
100	0,0823	461,0	1,901	0,0797	460,9	1,898	0,0773	460,8	1,896	0,0750	460,7	1,894
105	0,0835	466,3	1,915	0,0809	466,2	1,912	0,0784	466,1	1,910	0,0761	466,0	1,908
110	0,0847	471,5	1,929	0,0821	471,4	1,926	0,0796	471,3	1,924	0,0772	471,2	1,922
115	0,0859	476,8	1,942	0,0833	476,7	1,940	0,0807	476,7	1,938	0,0784	476,6	1,935
120	0,0872	482,2	1,956	0,0844	482,1	1,954	0,0819	482,0	1,951	0,0795	481,9	1,949
125	0,0884	487,6	1,970	0,0856	487,5	1,967	0,0830	487,4	1,965	0,0806	487,3	1,963
130	0,0896	493,0	1,983	0,0868	492,9	1,981	0,0842	492,8	1,978	0,0817	492,7	1,976
135	0,0908	498,4	1,997	0,0880	498,3	1,994	0,0853	498,3	1,992	0,0828	498,2	1,990
140	0,0920	503,9	2,010	0,0892	503,8	2,007	0,0865	503,7	2,005	0,0839	503,7	2,003
145	0,0932	509,4	2,023	0,0903	509,3	2,021	0,0876	509,3	2,018	0,0850	509,2	2,016
150	0,0944	515,0	2,036	0,0915	514,9	2,034	0,0887	514,8	2,032	0,0861	514,7	2,029

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	360			370			380			390		
	3,92 °C			4,76 °C			5,58 °C			6,38 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0499	365,8	1,598	0,0486	366,4	1,599	0,0473	366,9	1,599	0,0461	367,4	1,599
5	0,0502	366,8	1,602	0,0486	366,6	1,599	-	-	-	-	-	-
10	0,0515	371,6	1,619	0,0500	371,3	1,616	0,0485	371,1	1,614	0,0471	370,9	1,611
15	0,0528	376,3	1,636	0,0512	376,1	1,633	0,0497	375,9	1,630	0,0483	375,6	1,628
20	0,0541	381,0	1,652	0,0525	380,8	1,649	0,0510	380,6	1,647	0,0495	380,4	1,644
25	0,0554	385,8	1,668	0,0537	385,6	1,666	0,0522	385,4	1,663	0,0507	385,2	1,661
30	0,0566	390,6	1,684	0,0549	390,4	1,681	0,0534	390,2	1,679	0,0519	390,0	1,677
35	0,0578	395,4	1,700	0,0561	395,2	1,697	0,0545	395,1	1,695	0,0530	394,9	1,693
40	0,0591	400,2	1,715	0,0573	400,1	1,713	0,0557	399,9	1,710	0,0541	399,7	1,708
45	0,0602	405,1	1,731	0,0585	404,9	1,728	0,0568	404,8	1,726	0,0553	404,6	1,724
50	0,0614	410,0	1,746	0,0597	409,8	1,743	0,0580	409,7	1,741	0,0564	409,5	1,739
55	0,0626	414,9	1,761	0,0608	414,8	1,759	0,0591	414,6	1,756	0,0575	414,5	1,754
60	0,0638	419,8	1,776	0,0619	419,7	1,774	0,0602	419,6	1,771	0,0586	419,4	1,769
65	0,0649	424,8	1,791	0,0631	424,7	1,788	0,0613	424,6	1,786	0,0596	424,4	1,784
70	0,0661	429,8	1,805	0,0642	429,7	1,803	0,0624	429,6	1,801	0,0607	429,5	1,799
75	0,0672	434,9	1,820	0,0653	434,8	1,818	0,0635	434,6	1,816	0,0618	434,5	1,813
80	0,0683	440,0	1,835	0,0664	439,8	1,832	0,0646	439,7	1,830	0,0628	439,6	1,828
85	0,0695	445,1	1,849	0,0675	445,0	1,847	0,0656	444,9	1,845	0,0639	444,7	1,842
90	0,0706	450,2	1,863	0,0686	450,1	1,861	0,0667	450,0	1,859	0,0649	449,9	1,857
95	0,0717	455,4	1,877	0,0697	455,3	1,875	0,0678	455,2	1,873	0,0660	455,1	1,871
100	0,0728	460,6	1,891	0,0708	460,5	1,889	0,0688	460,4	1,887	0,0670	460,3	1,885
105	0,0739	465,9	1,905	0,0718	465,8	1,903	0,0699	465,7	1,901	0,0680	465,6	1,899
110	0,0750	471,2	1,919	0,0729	471,1	1,917	0,0709	471,0	1,915	0,0690	470,9	1,913
115	0,0761	476,5	1,933	0,0740	476,4	1,931	0,0720	476,3	1,929	0,0701	476,2	1,927
120	0,0772	481,8	1,947	0,0751	481,7	1,945	0,0730	481,7	1,943	0,0711	481,6	1,940
125	0,0783	487,2	1,960	0,0761	487,1	1,958	0,0740	487,1	1,956	0,0721	487,0	1,954
130	0,0794	492,6	1,974	0,0772	492,6	1,972	0,0751	492,5	1,970	0,0731	492,4	1,968
135	0,0805	498,1	1,987	0,0782	498,0	1,985	0,0761	497,9	1,983	0,0741	497,9	1,981
140	0,0815	503,6	2,001	0,0793	503,5	1,999	0,0771	503,4	1,997	0,0751	503,4	1,995
145	0,0826	509,1	2,014	0,0803	509,0	2,012	0,0782	509,0	2,010	0,0761	508,9	2,008
150	0,0837	514,7	2,027	0,0814	514,6	2,025	0,0792	514,5	2,023	0,0771	514,4	2,021

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	400			425			450			475		
	7,17 °C			9,08 °C			10,9 °C			12,65 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0450	367,9	1,599	0,0424	369,1	1,600	0,0401	370,3	1,600	0,0380	371,4	1,600
10	0,0457	370,6	1,609	0,0426	370,0	1,603	-	-	-	-	-	-
15	0,0469	375,4	1,626	0,0438	374,8	1,620	0,0410	374,3	1,614	0,0385	373,7	1,609
20	0,0481	380,2	1,642	0,0449	379,7	1,636	0,0421	379,1	1,631	0,0396	378,6	1,625
25	0,0493	385,0	1,658	0,0461	384,5	1,653	0,0432	384,0	1,647	0,0406	383,5	1,642
30	0,0504	389,9	1,674	0,0472	389,4	1,669	0,0442	388,9	1,664	0,0416	388,4	1,658
35	0,0516	394,7	1,690	0,0482	394,3	1,685	0,0453	393,8	1,680	0,0426	393,4	1,675
40	0,0527	399,6	1,706	0,0493	399,2	1,701	0,0463	398,7	1,695	0,0436	398,3	1,690
45	0,0538	404,5	1,721	0,0503	404,1	1,716	0,0473	403,7	1,711	0,0446	403,3	1,706
50	0,0549	409,4	1,737	0,0514	409,0	1,732	0,0483	408,6	1,727	0,0455	408,2	1,722
55	0,0559	414,3	1,752	0,0524	414,0	1,747	0,0493	413,6	1,742	0,0465	413,2	1,737
60	0,0570	419,3	1,767	0,0534	419,0	1,762	0,0502	418,6	1,757	0,0474	418,3	1,752
65	0,0581	424,3	1,782	0,0544	424,0	1,777	0,0512	423,7	1,772	0,0483	423,3	1,767
70	0,0591	429,3	1,797	0,0554	429,0	1,792	0,0521	428,7	1,787	0,0492	428,4	1,782
75	0,0601	434,4	1,811	0,0564	434,1	1,806	0,0531	433,8	1,802	0,0501	433,5	1,797
80	0,0612	439,5	1,826	0,0574	439,2	1,821	0,0540	438,9	1,816	0,0510	438,6	1,812
85	0,0622	444,6	1,840	0,0584	444,4	1,835	0,0549	444,1	1,831	0,0519	443,8	1,826
90	0,0632	449,8	1,855	0,0593	449,5	1,850	0,0559	449,3	1,845	0,0528	449,0	1,841
95	0,0642	455,0	1,869	0,0603	454,7	1,864	0,0568	454,5	1,859	0,0536	454,2	1,855
100	0,0652	460,2	1,883	0,0612	460,0	1,878	0,0577	459,7	1,873	0,0545	459,5	1,869
105	0,0662	465,5	1,897	0,0622	465,3	1,892	0,0586	465,0	1,887	0,0554	464,8	1,883
110	0,0672	470,8	1,911	0,0631	470,6	1,906	0,0595	470,3	1,901	0,0562	470,1	1,897
115	0,0682	476,1	1,925	0,0641	475,9	1,920	0,0604	475,7	1,915	0,0571	475,4	1,911
120	0,0692	481,5	1,938	0,0650	481,3	1,934	0,0613	481,0	1,929	0,0579	480,8	1,925
125	0,0702	486,9	1,952	0,0660	486,7	1,947	0,0622	486,5	1,943	0,0588	486,2	1,938
130	0,0712	492,3	1,966	0,0669	492,1	1,961	0,0630	491,9	1,956	0,0596	491,7	1,952
135	0,0722	497,8	1,979	0,0678	497,6	1,974	0,0639	497,4	1,970	0,0604	497,2	1,966
140	0,0732	503,3	1,993	0,0687	503,1	1,988	0,0648	502,9	1,983	0,0613	502,7	1,979
145	0,0742	508,8	2,006	0,0697	508,6	2,001	0,0657	508,4	1,997	0,0621	508,2	1,992
150	0,0751	514,4	2,019	0,0706	514,2	2,014	0,0666	514,0	2,010	0,0629	513,8	2,006
155	0,0761	520,0	2,032	0,0715	519,8	2,027	0,0674	519,6	2,023	0,0638	519,4	2,019

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

MUTLAK BASINÇ (kPa)												
Sıcaklık (°C)	500			525			550			575		
	14,33 °C			15,95 °C			17,51 °C			19,02 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0361	372,4	1,601	0,0344	373,4	1,601	0,0328	374,4	1,602	0,0314	375,3	1,602
15	0,0362	373,1	1,603	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0,0373	378,0	1,620	0,0352	377,5	1,615	0,0333	376,9	1,610	0,0316	376,3	1,606
25	0,0383	383,0	1,637	0,0362	382,5	1,632	0,0343	381,9	1,627	0,0325	381,4	1,623
30	0,0393	387,9	1,653	0,0371	387,4	1,649	0,0352	386,9	1,644	0,0334	386,4	1,640
35	0,0402	392,9	1,670	0,0381	392,4	1,665	0,0361	392,0	1,660	0,0343	391,5	1,656
40	0,0412	397,9	1,686	0,0390	397,4	1,681	0,0370	397,0	1,677	0,0352	396,5	1,672
45	0,0421	402,9	1,701	0,0399	402,4	1,697	0,0378	402,0	1,693	0,0360	401,6	1,688
50	0,0430	407,9	1,717	0,0408	407,5	1,713	0,0387	407,1	1,708	0,0368	406,7	1,704
55	0,0439	412,9	1,732	0,0416	412,5	1,728	0,0395	412,1	1,724	0,0376	411,7	1,720
60	0,0448	417,9	1,748	0,0425	417,6	1,743	0,0404	417,2	1,739	0,0384	416,8	1,735
65	0,0457	423,0	1,763	0,0433	422,6	1,759	0,0412	422,3	1,754	0,0392	422,0	1,750
70	0,0466	428,1	1,778	0,0442	427,8	1,774	0,0420	427,4	1,769	0,0400	427,1	1,766
75	0,0474	433,2	1,793	0,0450	432,9	1,788	0,0428	432,6	1,784	0,0408	432,3	1,780
80	0,0483	438,3	1,807	0,0458	438,0	1,803	0,0436	437,8	1,799	0,0415	437,5	1,795
85	0,0491	443,5	1,822	0,0466	443,2	1,818	0,0444	443,0	1,814	0,0423	442,7	1,810
90	0,0500	448,7	1,836	0,0474	448,5	1,832	0,0451	448,2	1,828	0,0430	447,9	1,824
95	0,0508	454,0	1,851	0,0482	453,7	1,846	0,0459	453,4	1,843	0,0438	453,2	1,839
100	0,0516	459,2	1,865	0,0490	459,0	1,861	0,0467	458,7	1,857	0,0445	458,5	1,853
105	0,0524	464,5	1,879	0,0498	464,3	1,875	0,0474	464,0	1,871	0,0452	463,8	1,867
110	0,0533	469,9	1,893	0,0506	469,6	1,889	0,0482	469,4	1,885	0,0460	469,1	1,881
115	0,0541	475,2	1,907	0,0514	475,0	1,903	0,0489	474,8	1,899	0,0467	474,5	1,895
120	0,0549	480,6	1,921	0,0522	480,4	1,917	0,0497	480,2	1,913	0,0474	479,9	1,909
125	0,0557	486,0	1,934	0,0529	485,8	1,930	0,0504	485,6	1,927	0,0481	485,4	1,923
130	0,0565	491,5	1,948	0,0537	491,3	1,944	0,0512	491,1	1,940	0,0488	490,9	1,937
135	0,0573	497,0	1,961	0,0545	496,8	1,958	0,0519	496,6	1,954	0,0495	496,4	1,950
140	0,0581	502,5	1,975	0,0552	502,3	1,971	0,0526	502,1	1,967	0,0502	501,9	1,964
145	0,0589	508,1	1,988	0,0560	507,9	1,984	0,0534	507,7	1,981	0,0510	507,5	1,977
150	0,0597	513,6	2,002	0,0568	513,5	1,998	0,0541	513,3	1,994	0,0516	513,1	1,990
155	0,0605	519,3	2,015	0,0575	519,1	2,011	0,0548	518,9	2,007	0,0523	518,7	2,004
160	0,0613	524,9	2,028	0,0583	524,7	2,024	0,0555	524,6	2,020	0,0530	524,4	2,017

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

MUTLAK BASINÇ (kPa)												
Sıcaklık (°C)	600			625			650			675		
	20,48 °C			21,89 °C			23,27 °C			24,6 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0301	376,2	1,602	0,0288	377,0	1,603	0,0277	377,8	1,603	0,0267	378,6	1,604
25	0,0309	380,8	1,618	0,0294	380,2	1,614	0,0280	379,6	1,609	0,0267	379,1	1,605
30	0,0318	385,9	1,635	0,0303	385,4	1,631	0,0289	384,8	1,627	0,0276	384,3	1,622
35	0,0326	391,0	1,652	0,0311	390,5	1,648	0,0297	390,0	1,643	0,0284	389,5	1,639
40	0,0335	396,1	1,668	0,0319	395,6	1,664	0,0305	395,1	1,660	0,0292	394,7	1,656
45	0,0343	401,2	1,684	0,0327	400,7	1,680	0,0313	400,3	1,676	0,0299	399,8	1,673
50	0,0351	406,3	1,700	0,0335	405,9	1,696	0,0320	405,4	1,692	0,0307	405,0	1,689
55	0,0359	411,4	1,716	0,0343	411,0	1,712	0,0328	410,6	1,708	0,0314	410,2	1,705
60	0,0367	416,5	1,731	0,0350	416,1	1,727	0,0335	415,7	1,724	0,0321	415,4	1,720
65	0,0374	421,6	1,747	0,0358	421,3	1,743	0,0342	420,9	1,739	0,0328	420,6	1,736
70	0,0382	426,8	1,762	0,0365	426,4	1,758	0,0349	426,1	1,754	0,0335	425,8	1,751
75	0,0389	431,9	1,777	0,0372	431,6	1,773	0,0357	431,3	1,769	0,0342	431,0	1,766
80	0,0397	437,1	1,792	0,0379	436,8	1,788	0,0363	436,5	1,784	0,0349	436,2	1,781
85	0,0404	442,4	1,806	0,0386	442,1	1,803	0,0370	441,8	1,799	0,0355	441,5	1,796
90	0,0411	447,6	1,821	0,0393	447,3	1,817	0,0377	447,1	1,814	0,0362	446,8	1,810
95	0,0418	452,9	1,835	0,0400	452,6	1,832	0,0384	452,4	1,828	0,0368	452,1	1,825
100	0,0425	458,2	1,850	0,0407	458,0	1,846	0,0390	457,7	1,843	0,0375	457,4	1,839
105	0,0432	463,5	1,864	0,0414	463,3	1,860	0,0397	463,0	1,857	0,0381	462,8	1,854
110	0,0439	468,9	1,878	0,0421	468,7	1,874	0,0404	468,4	1,871	0,0388	468,2	1,868
115	0,0446	474,3	1,892	0,0428	474,1	1,888	0,0410	473,8	1,885	0,0394	473,6	1,882
120	0,0453	479,7	1,906	0,0434	479,5	1,902	0,0417	479,3	1,899	0,0400	479,1	1,896
125	0,0460	485,2	1,919	0,0441	485,0	1,916	0,0423	484,7	1,913	0,0406	484,5	1,910
130	0,0467	490,7	1,933	0,0447	490,5	1,930	0,0429	490,2	1,927	0,0413	490,0	1,923
135	0,0474	496,2	1,947	0,0454	496,0	1,943	0,0436	495,8	1,940	0,0419	495,6	1,937
140	0,0481	501,7	1,960	0,0461	501,5	1,957	0,0442	501,3	1,954	0,0425	501,1	1,951
145	0,0487	507,3	1,974	0,0467	507,1	1,970	0,0448	506,9	1,967	0,0431	506,7	1,964
150	0,0494	512,9	1,987	0,0474	512,7	1,984	0,0455	512,5	1,980	0,0437	512,3	1,977
155	0,0501	518,5	2,000	0,0480	518,4	1,997	0,0461	518,2	1,994	0,0443	518,0	1,991
160	0,0508	524,2	2,013	0,0486	524,0	2,010	0,0467	523,8	2,007	0,0449	523,7	2,004
165	0,0514	529,9	2,026	0,0493	529,7	2,023	0,0473	529,6	2,020	0,0455	529,4	2,017
170	0,0521	535,6	2,039	0,0499	535,5	2,036	0,0479	535,3	2,033	0,0461	535,1	2,030

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

MUTLAK BASINÇ (kPa)												
Sıcaklık (°C)	700			725			750			775		
	25,9 °C			27,16 °C			28,4 °C			29,6 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0257	379,4	1,604	0,0248	380,1	1,604	0,0239	380,8	1,605	0,0231	381,5	1,605
30	0,0264	383,7	1,618	0,0252	383,1	1,614	0,0242	382,6	1,610	0,0232	382,0	1,606
35	0,0272	389,0	1,635	0,0260	388,4	1,632	0,0250	387,9	1,628	0,0240	387,3	1,624
40	0,0279	394,2	1,652	0,0268	393,7	1,649	0,0257	393,2	1,645	0,0247	392,7	1,641
45	0,0287	399,4	1,669	0,0275	398,9	1,665	0,0264	398,5	1,662	0,0254	398,0	1,658
50	0,0294	404,6	1,685	0,0282	404,2	1,681	0,0271	403,7	1,678	0,0261	403,3	1,675
55	0,0301	409,8	1,701	0,0289	409,4	1,697	0,0278	409,0	1,694	0,0268	408,6	1,691
60	0,0308	415,0	1,717	0,0296	414,6	1,713	0,0285	414,2	1,710	0,0274	413,8	1,707
65	0,0315	420,2	1,732	0,0303	419,8	1,729	0,0291	419,5	1,726	0,0281	419,1	1,722
70	0,0322	425,4	1,748	0,0309	425,1	1,744	0,0298	424,7	1,741	0,0287	424,4	1,738
75	0,0328	430,7	1,763	0,0316	430,3	1,759	0,0304	430,0	1,756	0,0293	429,7	1,753
80	0,0335	435,9	1,778	0,0322	435,6	1,775	0,0310	435,3	1,771	0,0299	435,0	1,768
85	0,0341	441,2	1,793	0,0329	440,9	1,789	0,0316	440,6	1,786	0,0305	440,3	1,783
90	0,0348	446,5	1,807	0,0335	446,2	1,804	0,0322	445,9	1,801	0,0311	445,6	1,798
95	0,0354	451,8	1,822	0,0341	451,5	1,819	0,0328	451,3	1,816	0,0317	451,0	1,813
100	0,0360	457,2	1,836	0,0347	456,9	1,833	0,0334	456,6	1,830	0,0323	456,4	1,827
105	0,0367	462,5	1,851	0,0353	462,3	1,847	0,0340	462,0	1,845	0,0328	461,8	1,842
110	0,0373	467,9	1,865	0,0359	467,7	1,862	0,0346	467,5	1,859	0,0334	467,2	1,856
115	0,0379	473,4	1,879	0,0365	473,1	1,876	0,0352	472,9	1,873	0,0340	472,7	1,870
120	0,0385	478,8	1,893	0,0371	478,6	1,890	0,0358	478,4	1,887	0,0345	478,1	1,884
125	0,0391	484,3	1,907	0,0377	484,1	1,904	0,0363	483,9	1,901	0,0351	483,6	1,898
130	0,0397	489,8	1,920	0,0382	489,6	1,917	0,0369	489,4	1,915	0,0356	489,2	1,912
135	0,0403	495,4	1,934	0,0388	495,2	1,931	0,0375	494,9	1,928	0,0362	494,7	1,926
140	0,0409	500,9	1,948	0,0394	500,7	1,945	0,0380	500,5	1,942	0,0367	500,3	1,939
145	0,0415	506,5	1,961	0,0400	506,3	1,958	0,0386	506,1	1,955	0,0373	505,9	1,953
150	0,0421	512,2	1,974	0,0405	512,0	1,972	0,0391	511,8	1,969	0,0378	511,6	1,966
155	0,0426	517,8	1,988	0,0411	517,6	1,985	0,0397	517,4	1,982	0,0383	517,3	1,979
160	0,0432	523,5	2,001	0,0417	523,3	1,998	0,0402	523,1	1,995	0,0389	523,0	1,993
165	0,0438	529,2	2,014	0,0422	529,0	2,011	0,0408	528,9	2,008	0,0394	528,7	2,006
170	0,0444	535,0	2,027	0,0428	534,8	2,024	0,0413	534,6	2,021	0,0399	534,4	2,019
175	0,0450	540,7	2,040	0,0434	540,6	2,037	0,0419	540,4	2,034	0,0404	540,2	2,032

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	800			850			900			950		
	30,77 °C			33,04 °C			35,2 °C			37,28 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0224	382,2	1,605	0,0210	383,4	1,606	0,0198	384,6	1,606	0,0187	385,7	1,607
35	0,0230	386,8	1,620	0,0213	385,6	1,613	-	-	-	-	-	-
40	0,0237	392,2	1,638	0,0220	391,1	1,631	0,0204	390,0	1,624	0,0190	388,8	1,617
45	0,0244	397,5	1,655	0,0227	396,5	1,648	0,0211	395,5	1,641	0,0197	394,5	1,635
50	0,0251	402,8	1,671	0,0233	401,9	1,665	0,0218	401,0	1,658	0,0203	400,0	1,652
55	0,0258	408,1	1,687	0,0240	407,3	1,681	0,0224	406,4	1,675	0,0209	405,5	1,669
60	0,0264	413,4	1,703	0,0246	412,6	1,697	0,0230	411,8	1,691	0,0215	411,0	1,685
65	0,0271	418,7	1,719	0,0252	418,0	1,713	0,0236	417,2	1,707	0,0221	416,4	1,702
70	0,0277	424,0	1,735	0,0258	423,3	1,729	0,0241	422,6	1,723	0,0227	421,8	1,718
75	0,0283	429,3	1,750	0,0264	428,7	1,744	0,0247	428,0	1,739	0,0232	427,3	1,733
80	0,0289	434,7	1,765	0,0270	434,0	1,760	0,0253	433,4	1,754	0,0237	432,7	1,749
85	0,0295	440,0	1,780	0,0275	439,4	1,775	0,0258	438,8	1,769	0,0243	438,1	1,764
90	0,0300	445,3	1,795	0,0281	444,8	1,790	0,0263	444,2	1,784	0,0248	443,6	1,779
95	0,0306	450,7	1,810	0,0286	450,2	1,804	0,0268	449,6	1,799	0,0253	449,0	1,794
100	0,0312	456,1	1,824	0,0292	455,6	1,819	0,0274	455,0	1,814	0,0258	454,5	1,809
105	0,0317	461,5	1,839	0,0297	461,0	1,833	0,0279	460,5	1,828	0,0263	460,0	1,823
110	0,0323	467,0	1,853	0,0302	466,5	1,848	0,0284	466,0	1,843	0,0267	465,5	1,838
115	0,0328	472,4	1,867	0,0307	471,9	1,862	0,0289	471,5	1,857	0,0272	471,0	1,852
120	0,0334	477,9	1,881	0,0313	477,4	1,876	0,0294	477,0	1,871	0,0277	476,5	1,866
125	0,0339	483,4	1,895	0,0318	483,0	1,890	0,0299	482,5	1,885	0,0282	482,1	1,880
130	0,0344	489,0	1,909	0,0323	488,5	1,904	0,0304	488,1	1,899	0,0286	487,7	1,894
135	0,0350	494,5	1,923	0,0328	494,1	1,918	0,0308	493,7	1,913	0,0291	493,3	1,908
140	0,0355	500,1	1,936	0,0333	499,7	1,931	0,0313	499,3	1,926	0,0296	498,9	1,922
145	0,0360	505,7	1,950	0,0338	505,4	1,945	0,0318	505,0	1,940	0,0300	504,6	1,935
150	0,0366	511,4	1,963	0,0343	511,0	1,958	0,0323	510,6	1,953	0,0305	510,3	1,949
155	0,0371	517,1	1,977	0,0348	516,7	1,972	0,0327	516,3	1,967	0,0309	516,0	1,962
160	0,0376	522,8	1,990	0,0353	522,4	1,985	0,0332	522,1	1,980	0,0314	521,7	1,976
165	0,0381	528,5	2,003	0,0358	528,2	1,998	0,0337	527,8	1,993	0,0318	527,5	1,989
170	0,0386	534,3	2,016	0,0362	533,9	2,011	0,0341	533,6	2,007	0,0322	533,3	2,002
175	0,0391	540,1	2,029	0,0367	539,7	2,024	0,0346	539,4	2,020	0,0327	539,1	2,015
180	0,0396	545,9	2,042	0,0372	545,6	2,037	0,0350	545,2	2,032	0,0331	544,9	2,028

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	1000			1100			1200			1300		
	39,28 °C			43,07 °C			46,6 °C			49,93 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0177	386,8	1,607	0,0159	388,7	1,608	0,0145	390,4	1,609	0,0132	391,9	1,609
40	0,0178	387,6	1,610	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	0,0184	393,4	1,628	0,0162	391,0	1,615	-	-	-	-	-	-
50	0,0190	399,0	1,646	0,0168	396,9	1,634	0,0149	394,6	1,622	0,0132	392,0	1,609
55	0,0196	404,6	1,663	0,0174	402,6	1,651	0,0155	400,6	1,640	0,0138	398,3	1,629
60	0,0202	410,1	1,680	0,0179	408,3	1,669	0,0160	406,4	1,658	0,0144	404,4	1,647
65	0,0208	415,6	1,696	0,0185	413,9	1,685	0,0165	412,2	1,675	0,0149	410,3	1,665
70	0,0213	421,1	1,712	0,0190	419,5	1,702	0,0170	417,9	1,692	0,0154	416,2	1,682
75	0,0218	426,6	1,728	0,0195	425,1	1,718	0,0175	423,6	1,708	0,0158	422,0	1,699
80	0,0224	432,0	1,743	0,0200	430,6	1,734	0,0180	429,2	1,724	0,0163	427,7	1,715
85	0,0229	437,5	1,759	0,0205	436,2	1,749	0,0184	434,8	1,740	0,0167	433,4	1,731
90	0,0234	442,9	1,774	0,0209	441,7	1,764	0,0189	440,4	1,755	0,0172	439,1	1,747
95	0,0238	448,4	1,789	0,0214	447,2	1,780	0,0193	446,0	1,771	0,0176	444,8	1,762
100	0,0243	453,9	1,804	0,0218	452,8	1,795	0,0197	451,6	1,786	0,0180	450,4	1,778
105	0,0248	459,4	1,818	0,0223	458,3	1,809	0,0202	457,2	1,801	0,0184	456,1	1,793
110	0,0253	464,9	1,833	0,0227	463,9	1,824	0,0206	462,8	1,816	0,0188	461,8	1,808
115	0,0257	470,5	1,847	0,0231	469,5	1,838	0,0210	468,5	1,830	0,0192	467,4	1,822
120	0,0262	476,0	1,862	0,0236	475,1	1,853	0,0214	474,1	1,845	0,0195	473,1	1,837
125	0,0266	481,6	1,876	0,0240	480,7	1,867	0,0218	479,8	1,859	0,0199	478,8	1,851
130	0,0271	487,2	1,890	0,0244	486,3	1,881	0,0222	485,4	1,873	0,0203	484,5	1,866
135	0,0275	492,8	1,904	0,0248	492,0	1,895	0,0225	491,1	1,887	0,0206	490,2	1,880
140	0,0280	498,5	1,917	0,0252	497,7	1,909	0,0229	496,8	1,901	0,0210	496,0	1,894
145	0,0284	504,2	1,931	0,0256	503,4	1,923	0,0233	502,6	1,915	0,0213	501,7	1,907
150	0,0288	509,9	1,944	0,0260	509,1	1,936	0,0237	508,3	1,928	0,0217	507,5	1,921
155	0,0293	515,6	1,958	0,0264	514,8	1,950	0,0241	514,1	1,942	0,0220	513,3	1,935
160	0,0297	521,3	1,971	0,0268	520,6	1,963	0,0244	519,9	1,955	0,0224	519,1	1,948
165	0,0301	527,1	1,985	0,0272	526,4	1,976	0,0248	525,7	1,969	0,0227	525,0	1,962
170	0,0305	532,9	1,998	0,0276	532,2	1,990	0,0252	531,5	1,982	0,0231	530,8	1,975
175	0,0310	538,7	2,011	0,0280	538,1	2,003	0,0255	537,4	1,995	0,0234	536,7	1,988
180	0,0314	544,6	2,024	0,0284	544,0	2,016	0,0259	543,3	2,008	0,0238	542,6	2,001
185	0,0318	550,5	2,037	0,0288	549,8	2,029	0,0262	549,2	2,021	0,0241	548,6	2,014

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	1400			1500			1600			1700		
	53,06 °C			56,03 °C			58,86 °C			61,55 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0121	393,3	1,609	0,0112	394,5	1,610	0,0103	395,5	1,609	0,0096	396,4	1,609
55	0,0124	395,8	1,617	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	0,0129	402,2	1,636	0,0116	399,8	1,626	0,0105	397,1	1,614	-	-	-
65	0,0134	408,3	1,655	0,0122	406,2	1,645	0,0110	403,9	1,634	0,0100	401,4	1,624
70	0,0139	414,4	1,672	0,0127	412,4	1,663	0,0115	410,4	1,653	0,0105	408,2	1,644
75	0,0144	420,3	1,690	0,0131	418,5	1,681	0,0120	416,7	1,672	0,0110	414,7	1,663
80	0,0148	426,1	1,706	0,0135	424,5	1,698	0,0124	422,8	1,689	0,0114	421,0	1,681
85	0,0153	432,0	1,723	0,0140	430,4	1,714	0,0128	428,9	1,706	0,0118	427,2	1,698
90	0,0157	437,7	1,739	0,0144	436,3	1,731	0,0132	434,9	1,723	0,0122	433,3	1,715
95	0,0161	443,5	1,754	0,0148	442,1	1,747	0,0136	440,8	1,739	0,0126	439,4	1,732
100	0,0165	449,2	1,770	0,0151	448,0	1,762	0,0140	446,7	1,755	0,0129	445,3	1,748
105	0,0168	454,9	1,785	0,0155	453,7	1,778	0,0143	452,5	1,770	0,0133	451,3	1,764
110	0,0172	460,7	1,800	0,0159	459,5	1,793	0,0147	458,4	1,786	0,0136	457,2	1,779
115	0,0176	466,4	1,815	0,0162	465,3	1,808	0,0150	464,2	1,801	0,0140	463,1	1,794
120	0,0179	472,1	1,830	0,0166	471,1	1,823	0,0154	470,0	1,816	0,0143	469,0	1,809
125	0,0183	477,8	1,844	0,0169	476,9	1,837	0,0157	475,9	1,831	0,0146	474,8	1,824
130	0,0186	483,6	1,858	0,0172	482,6	1,852	0,0160	481,7	1,845	0,0149	480,7	1,839
135	0,0190	489,3	1,873	0,0176	488,4	1,866	0,0163	487,5	1,860	0,0152	486,6	1,853
140	0,0193	495,1	1,887	0,0179	494,2	1,880	0,0166	493,4	1,874	0,0155	492,5	1,868
145	0,0197	500,9	1,901	0,0182	500,1	1,894	0,0169	499,2	1,888	0,0158	498,4	1,882
150	0,0200	506,7	1,914	0,0185	505,9	1,908	0,0172	505,1	1,902	0,0161	504,3	1,896
155	0,0203	512,5	1,928	0,0188	511,8	1,922	0,0175	511,0	1,916	0,0164	510,2	1,910
160	0,0207	518,4	1,942	0,0192	517,6	1,935	0,0178	516,9	1,929	0,0167	516,1	1,924
165	0,0210	524,3	1,955	0,0195	523,5	1,949	0,0181	522,8	1,943	0,0169	522,0	1,937
170	0,0213	530,1	1,968	0,0198	529,4	1,962	0,0184	528,7	1,956	0,0172	528,0	1,951
175	0,0216	536,0	1,982	0,0201	535,4	1,976	0,0187	534,7	1,970	0,0175	534,0	1,964
180	0,0219	542,0	1,995	0,0204	541,3	1,989	0,0190	540,6	1,983	0,0178	540,0	1,977
185	0,0223	547,9	2,008	0,0207	547,3	2,002	0,0193	546,6	1,996	0,0180	546,0	1,991
190	0,0226	553,9	2,021	0,0210	553,3	2,015	0,0196	552,6	2,009	0,0183	552,0	2,004
195	0,0229	559,9	2,034	0,0213	559,3	2,028	0,0198	558,7	2,022	0,0186	558,1	2,017
200	0,0232	565,9	2,047	0,0215	565,3	2,041	0,0201	564,7	2,035	0,0188	564,1	2,030

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

MUTLAK BASINÇ (kPa)												
Sıcaklık (°C)	1800			1900			2000			2100		
	64,13 °C			66,6 °C			68,97 °C			73,46 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0089	397,2	1,609	0,0083	397,9	1,608	0,0078	398,4	1,607	0,0068	399,0	1,605
65	0,0090	398,5	1,613	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70	0,0096	405,8	1,634	0,0087	403,1	1,623	0,0079	400,1	1,612	-	-	-
75	0,0101	412,6	1,654	0,0092	410,3	1,644	0,0085	407,8	1,635	0,0070	401,8	1,613
80	0,0105	419,2	1,672	0,0097	417,1	1,664	0,0089	415,0	1,655	0,0076	410,1	1,636
85	0,0109	425,5	1,690	0,0101	423,7	1,682	0,0093	421,8	1,674	0,0080	417,6	1,658
90	0,0113	431,8	1,707	0,0105	430,1	1,700	0,0097	428,4	1,692	0,0084	424,6	1,677
95	0,0117	437,9	1,724	0,0109	436,4	1,717	0,0101	434,8	1,710	0,0088	431,4	1,696
100	0,0120	444,0	1,741	0,0112	442,6	1,734	0,0105	441,1	1,727	0,0091	438,0	1,713
105	0,0124	450,0	1,757	0,0115	448,7	1,750	0,0108	447,3	1,743	0,0095	444,4	1,731
110	0,0127	456,0	1,772	0,0119	454,7	1,766	0,0111	453,5	1,760	0,0098	450,8	1,747
115	0,0130	461,9	1,788	0,0122	460,8	1,782	0,0114	459,6	1,775	0,0101	457,1	1,764
120	0,0133	467,9	1,803	0,0125	466,8	1,797	0,0117	465,6	1,791	0,0104	463,3	1,779
125	0,0136	473,8	1,818	0,0128	472,7	1,812	0,0120	471,7	1,806	0,0107	469,5	1,795
130	0,0139	479,7	1,833	0,0131	478,7	1,827	0,0123	477,7	1,821	0,0109	475,6	1,810
135	0,0142	485,6	1,847	0,0134	484,7	1,842	0,0126	483,7	1,836	0,0112	481,7	1,825
140	0,0145	491,6	1,862	0,0136	490,6	1,856	0,0128	489,7	1,851	0,0114	487,8	1,840
145	0,0148	497,5	1,876	0,0139	496,6	1,871	0,0131	495,7	1,865	0,0117	493,9	1,855
150	0,0151	503,4	1,890	0,0142	502,6	1,885	0,0134	501,7	1,879	0,0120	500,0	1,869
155	0,0154	509,4	1,904	0,0144	508,6	1,899	0,0136	507,7	1,894	0,0122	506,1	1,884
160	0,0156	515,3	1,918	0,0147	514,5	1,913	0,0139	513,7	1,908	0,0124	512,1	1,898
165	0,0159	521,3	1,932	0,0150	520,5	1,926	0,0141	519,8	1,921	0,0127	518,2	1,912
170	0,0162	527,3	1,945	0,0152	526,5	1,940	0,0144	525,8	1,935	0,0129	524,3	1,926
175	0,0164	533,3	1,959	0,0155	532,6	1,954	0,0146	531,9	1,949	0,0131	530,4	1,939
180	0,0167	539,3	1,972	0,0157	538,6	1,967	0,0149	537,9	1,962	0,0134	536,5	1,953
185	0,0170	545,3	1,985	0,0160	544,7	1,980	0,0151	544,0	1,975	0,0136	542,6	1,966
190	0,0172	551,4	1,998	0,0162	550,7	1,993	0,0153	550,1	1,989	0,0138	548,8	1,980
195	0,0175	557,4	2,012	0,0165	556,8	2,007	0,0156	556,2	2,002	0,0140	554,9	1,993
200	0,0177	563,5	2,024	0,0167	562,9	2,020	0,0158	562,3	2,015	0,0142	561,1	2,006
205	0,0180	569,6	2,037	0,0169	569,0	2,032	0,0160	568,5	2,028	0,0144	567,3	2,019
210	0,0182	575,8	2,050	0,0172	575,2	2,045	0,0163	574,6	2,041	0,0147	573,5	2,032

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

Sıcaklık (°C)	MUTLAK BASINÇ (kPa)											
	2400			2600			2800			3000		
	77,63 °C			81,54 °C			85,22 °C			88,67 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0060	399,1	1,602	0,0053	398,6	1,597	0,0046	397,3	1,590	0,0040	394,8	1,581
80	0,0063	403,9	1,615	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	0,0068	412,6	1,639	0,0057	406,3	1,618	-	-	-	-	-	-
90	0,0073	420,4	1,661	0,0063	415,4	1,644	0,0053	409,1	1,623	0,0043	399,9	1,595
95	0,0077	427,7	1,681	0,0067	423,4	1,666	0,0058	418,5	1,649	0,0049	412,4	1,629
100	0,0080	434,6	1,700	0,0071	430,9	1,686	0,0062	426,7	1,671	0,0054	421,9	1,655
105	0,0084	441,4	1,718	0,0074	438,0	1,705	0,0066	434,4	1,691	0,0058	430,3	1,677
110	0,0087	448,0	1,735	0,0077	444,9	1,723	0,0069	441,7	1,711	0,0061	438,1	1,698
115	0,0090	454,4	1,752	0,0080	451,6	1,740	0,0072	448,7	1,729	0,0065	445,5	1,717
120	0,0093	460,8	1,768	0,0083	458,2	1,757	0,0075	455,5	1,746	0,0067	452,6	1,735
125	0,0095	467,1	1,784	0,0086	464,7	1,774	0,0077	462,2	1,763	0,0070	459,5	1,753
130	0,0098	473,4	1,800	0,0088	471,1	1,790	0,0080	468,8	1,780	0,0073	466,3	1,770
135	0,0100	479,6	1,815	0,0091	477,5	1,805	0,0082	475,3	1,796	0,0075	473,0	1,786
140	0,0103	485,8	1,830	0,0093	483,8	1,821	0,0085	481,7	1,811	0,0077	479,6	1,802
145	0,0105	492,0	1,845	0,0095	490,1	1,836	0,0087	488,1	1,827	0,0080	486,1	1,818
150	0,0108	498,2	1,860	0,0098	496,4	1,851	0,0089	494,5	1,842	0,0082	492,6	1,833
155	0,0110	504,3	1,874	0,0100	502,6	1,865	0,0091	500,8	1,857	0,0084	499,0	1,848
160	0,0112	510,5	1,889	0,0102	508,8	1,880	0,0093	507,1	1,871	0,0086	505,4	1,863
165	0,0115	516,6	1,903	0,0104	515,0	1,894	0,0095	513,4	1,886	0,0088	511,7	1,878
170	0,0117	522,8	1,917	0,0106	521,3	1,908	0,0097	519,7	1,900	0,0090	518,1	1,892
175	0,0119	529,0	1,930	0,0108	527,5	1,922	0,0099	526,0	1,914	0,0092	524,4	1,906
180	0,0121	535,1	1,944	0,0110	533,7	1,936	0,0101	532,2	1,928	0,0093	530,8	1,920
185	0,0123	541,3	1,958	0,0112	539,9	1,950	0,0103	538,5	1,942	0,0095	537,1	1,934
190	0,0125	547,5	1,971	0,0114	546,1	1,963	0,0105	544,8	1,955	0,0097	543,4	1,948
195	0,0127	553,7	1,984	0,0116	552,4	1,976	0,0107	551,1	1,969	0,0099	549,7	1,962
200	0,0129	559,9	1,998	0,0118	558,6	1,990	0,0109	557,3	1,982	0,0101	556,1	1,975
205	0,0131	566,1	2,011	0,0120	564,9	2,003	0,0111	563,6	1,995	0,0102	562,4	1,988
210	0,0133	572,3	2,024	0,0122	571,1	2,016	0,0112	569,9	2,009	0,0104	568,8	2,002
215	0,0135	578,5	2,036	0,0124	577,4	2,029	0,0114	576,3	2,022	0,0106	575,1	2,015
220	0,0137	584,8	2,049	0,0126	583,7	2,042	0,0116	582,6	2,034	0,0107	581,5	2,028
225	0,0139	591,1	2,062	0,0128	590,0	2,054	0,0118	588,9	2,047	0,0109	587,8	2,041

R-1234YF KIZGIN BUHAR TABLOSU (Devamı)

MUTLAK BASINÇ (kPa)												
Sıcaklık (°C)	3200			3250			3300			3350		
	91,92 °C			92,7 °C			93,47 °C			94,22 °C		
	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)	Özgül Hacim (m ³ /kg)	Entalpi (kJ/kg)	Entropi (kJ/kg·K)
	0,0033	390,1	1,566	0,0031	388,2	1,560	0,0029	385,5	1,553	0,0026	381,1	1,540
95	0,0041	404,0	1,604	0,0038	401,0	1,595	0,0035	397,4	1,585	0,0032	392,2	1,570
100	0,0047	416,1	1,637	0,0045	414,5	1,632	0,0043	412,7	1,626	0,0041	410,7	1,621
105	0,0051	425,7	1,662	0,0049	424,4	1,658	0,0048	423,1	1,654	0,0046	421,7	1,650
110	0,0055	434,2	1,685	0,0053	433,1	1,681	0,0052	432,0	1,678	0,0050	430,9	1,674
115	0,0058	442,0	1,705	0,0056	441,1	1,702	0,0055	440,2	1,699	0,0053	439,3	1,696
120	0,0061	449,5	1,724	0,0059	448,7	1,721	0,0058	447,9	1,718	0,0056	447,1	1,716
125	0,0064	456,7	1,742	0,0062	456,0	1,740	0,0061	455,3	1,737	0,0059	454,5	1,734
130	0,0066	463,7	1,760	0,0065	463,1	1,757	0,0063	462,4	1,755	0,0062	461,7	1,752
135	0,0069	470,6	1,777	0,0067	470,0	1,774	0,0066	469,4	1,772	0,0064	468,7	1,770
140	0,0071	477,3	1,793	0,0069	476,8	1,791	0,0068	476,2	1,789	0,0066	475,6	1,786
145	0,0073	484,0	1,809	0,0071	483,5	1,807	0,0070	482,9	1,805	0,0069	482,4	1,803
150	0,0075	490,6	1,825	0,0074	490,1	1,823	0,0072	489,6	1,821	0,0071	489,0	1,819
155	0,0077	497,1	1,840	0,0076	496,6	1,838	0,0074	496,1	1,836	0,0073	495,7	1,834
160	0,0079	503,6	1,855	0,0078	503,1	1,853	0,0076	502,7	1,851	0,0075	502,2	1,849
165	0,0081	510,0	1,870	0,0080	509,6	1,868	0,0078	509,2	1,866	0,0077	508,7	1,864
170	0,0083	516,5	1,885	0,0081	516,1	1,883	0,0080	515,7	1,881	0,0078	515,2	1,879
175	0,0085	522,9	1,899	0,0083	522,5	1,897	0,0082	522,1	1,895	0,0080	521,7	1,894
180	0,0087	529,3	1,913	0,0085	528,9	1,911	0,0083	528,5	1,910	0,0082	528,1	1,908
185	0,0088	535,7	1,927	0,0087	535,3	1,925	0,0085	534,9	1,924	0,0084	534,6	1,922
190	0,0090	542,0	1,941	0,0088	541,7	1,939	0,0087	541,4	1,938	0,0085	541,0	1,936
195	0,0092	548,4	1,955	0,0090	548,1	1,953	0,0089	547,8	1,951	0,0087	547,4	1,950
200	0,0093	554,8	1,968	0,0092	554,5	1,967	0,0090	554,2	1,965	0,0089	553,8	1,963
205	0,0095	561,2	1,982	0,0093	560,9	1,980	0,0092	560,6	1,978	0,0090	560,2	1,977
210	0,0097	567,6	1,995	0,0095	567,3	1,993	0,0093	567,0	1,992	0,0092	566,7	1,990
215	0,0098	574,0	2,008	0,0097	573,7	2,007	0,0095	573,4	2,005	0,0093	573,1	2,003
220	0,0100	580,4	2,021	0,0098	580,1	2,020	0,0097	579,8	2,018	0,0095	579,5	2,017
225	0,0102	586,8	2,034	0,0100	586,5	2,033	0,0098	586,2	2,031	0,0096	585,9	2,030
230	0,0103	593,2	2,047	0,0101	592,9	2,045	0,0100	592,6	2,044	0,0098	592,4	2,042
235	0,0105	599,6	2,060	0,0103	599,3	2,058	0,0101	599,1	2,057	0,0099	598,8	2,055
240	0,0106	606,0	2,072	0,0104	605,8	2,071	0,0103	605,5	2,069	0,0101	605,3	2,068

EK 8

ASANSÖR KABİNLERİNİN FONKSİYONEL BOYUTLARI

Parametre	Beyan hızı V_n	Konutlardaki asansörler				Genel amaçlı asansörler			Yoğun kullanımlı asansörler				
		Beyan yükü (kütle)											
		320 kg	450 kg	630 kg	1000 kg	630 kg	800 kg	1000 kg/1275 kg	1275 kg	1600 kg	1800 kg	2000 kg	
Kabin yüksekliği, h_4		2200						2300	2400				
Kabin ve durak kapısı yüksekliği, h_3		2000	2100										
Kuyu dibi derinliği ^a , d_3	0,40 m/s ^b	1400				c							
	0,63 m/s	1400							c				
	1,00 m/s												
	1,60 m/s	c	1600										
	2,00 m/s	c		1750		c	1750						
	2,50 m/s	c		2200		c	2200						
	3,0 m/s	c							3200				
	3,5 m/s								3400				
	4,0 m/s ^d								3800				
	5,0 m/s ^d								3800				
	6,0 m/s ^d								4000				
Kuyu üst boşluğu ^a , h_1	0,40 m/s ^b	3600				c							
	0,63 m/s	3600				3800		4200		c			
	1,00 m/s	3700											
	1,60 m/s	c	3800			4000		4200					
	2,00 m/s	c		4300		c	4400						
	2,50 m/s	c		5000		c	5000	5200	5500				
	3,0 m/s	c							5500				
	3,5 m/s								5700				
	4,0 m/s ^d								5700				
	5,0 m/s ^d								5700				
	6,0 m/s ^d								6200				

^a Bazı ülkeler ilâve kuyu üst boşluğu (h_1) ve kuyu dibi derinliği (d_3) talep edebilirler.

^b Sadece hidrolik asansörler için.

^c Standard dışı düzen.

^d Stroku azaltılmış tamponların avantajı varsayılır.