



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**PROMOSYON TİCARİ TİP DOLAPLARDA
R404A SOĞUTUCU AKIŞKANIN YERİNE
R290 KULLANILMASININ SOĞUTMA
PERFORMANSINA ETKİSİ**

Turhan SARAÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Turhan SARAÇ tarafından hazırlanan ‘‘Promosyon Ticari Tip Dolaplarda R404a Soğutucu Akışkanın Yerine R290 Kullanılmasının Soğutma Performansına Etkisi’’ adlı tez çalışması 26.01.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Murat CİNİVİZ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÜNALDI

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDIN

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ömer Faruk YÜKSEL
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Turhan SARAÇ

Tarih: 26.01.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

PROMOSYON TİCARİ TİP DOLAPLARDA R404A SOĞUTUCU AKIŞKANIN YERİNE R290 KULLANILMASININ SOĞUTMA PERFORMANSINA ETKİSİ

Turhan SARAÇ

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÜNALDI

2023, 61 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Murat CİNİVİZ
Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDIN

Soğutucu akışkanların çevreye olan etkisi GWP değerinin büyüklüğüne bağlıdır. Bu nedenden dolayı GWP değeri düşük akışkanlar çevre için önemli bir yer almaktadır. R404A soğutucu akışkanı süpermarket dolaplarında en sık kullanılan gazdır. F gaz yönetmeliğine göre GWP değeri 150'den büyük soğutucu akışkanların kullanımı hermetik uygulamalar için 1 Ocak 2022 tarihinden itibaren Avrupa'da yasaklanmıştır. Bu çalışmada küresel ısınmayı olumsuz yönde etkileyen R404A soğutucu akışkanı yerine çevre dostu R290 soğutucu akışkanın dolap üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Soğutma çevrimindeki sınır şartlar $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ evaporasyon ve $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ olacak şekilde tasarlanmıştır. Testler TS EN ISO 23953-2 standardı referans alınarak sistemin performansı her iki soğutucu akışkan için karşılaştırmalı bir şekilde yapılmıştır. M paket sıcaklıkları, enerji tüketimleri, dolabın soğutma performanslarına göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan testlerde R290'lı sistemin R404A'ya göre kondenserde ısı atma performansı %30 oranında daha iyi sonuç vermiştir. Dolabın soğutma performansına bakıldığında R290'lı sistem M1 sınıfına yakın R404A'lı sistem ise M2 sınıfında çıkmıştır. R290 ve R404A'lı sistem için enerji tüketimleri sırasıyla EU 2019/2018 regülasyonuna göre C ve D sınıfındadır.

Anahtar Kelimeler: Küresel Isınma, R290, R404A, Soğutucu Akışkan, Süpermarket, Ticari Tip Dolap

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF USING R290 INSTEAD OF R404A REFRIGERANT ON REFRIGERATION PERFORMANCE IN PROMOTIONAL COMMERCIAL TYPE CABINETS

Turhan SARAÇ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÜNALDI

2023, 61 Pages

Jury

Prof. Dr. Murat CİNİVİZ
Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDIN

The impact of refrigerants on the environment depends on the magnitude of the GWP value. For this reason, low GWP fluids have an important place for the environment. R404A refrigerant is the most commonly used gas in supermarket cabinets. According to the F gas regulation, the use of refrigerants with a GWP greater than 150 is prohibited in Europe for hermetic applications as of January 1, 2022. In this study, the effect of environmentally friendly R290 refrigerant on the cabinet was investigated instead of R404A refrigerant, which negatively affects global warming.

The boundary conditions in the refrigeration cycle are designed to be -10 °C evaporation and +45 °C condensation. The tests were carried out comparatively for both refrigerants with reference to the TS EN ISO 23953-2 standard. Comparisons were made according to M package temperatures, energy consumption, and cooling performances of the cabinet. In the tests, the heat removal performance of the system with R290 in the condenser was 30% better than that of R404A. Considering the cooling performance of the cabinet, the system with R290 is close to the M1 class, and the system with R404A is in the M2 class. The energy consumptions for the system with R290 and R404A are in C and D classes, respectively, according to EU 2019/2018 regulation.

Keywords: Global warming, R290, R404A, Cooler liquid, Supermarket, Commercial Type Cabinet

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince bilgi, tecrübe ve desteğiyle beni yönlendiren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÜNALDI' ya teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam için gerekli materyalleri edinmem, tez süresince yönlendirmeleri, ilgisi ve desteklerinden ötürü İrfan AĞAÇAYAKLAR, Ali YILDIZ, Mevlüt ATAŞOĞLU ve çalışmalarına destek veren Çağlayan Soğutma A.Ş.' ye teşekkür ederim. Yaşamım boyunca desteklerini esirgemeyen, karşılaştığım zorluklara karşı beni motive eden sevgili eşime en içten duygularla teşekkürlerimi sunarım.

Turhan SARAÇ
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. SOĞUTMA SİSTEMLERİ	6
3.1. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi.....	7
3.2. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi Teorik Analiz	8
3.3. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi Ana Elemanlar.....	9
3.3.1. Kompresör	9
3.3.2. Evaporatör.....	9
3.3.3. Kondenser	10
3.3.4. Basınç düşürücü eleman	11
3.4. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi Yardımcı Elemanları	12
3.4.1. Kurutucu filtre.....	12
3.4.2. Gözetleme camı	13
3.4.3. Titreşim alıcı	13
3.4.4. Yağ ayırıcılar	14
3.4.5. Sıvı (likit) deposu.....	15
3.4.6. Emiş hattı akümülatörü	15
3.4.7. Çek valf.....	16
4. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR.....	17
4.1. Soğutucu Akışkanların Çevreye Etkileri	18
4.1.1. Ozon tahrip potansiyeli (ODP)	18
4.1.2. Küresel ısınma potansiyeli (GWP)	18
4.1.3. Montreal protokolü	19
4.1.4. Kyoto protokolü.....	19
4.1.5. F-gaz yönetmeliği	20
4.2. Soğutma Çevrimlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar.....	21
4.2.1. R404A soğutucu akışkan	21
4.2.2. R290 soğutucu akışkan	21
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22

5.1. Materyal	22
5.1.1. Kompresör seçimi	22
5.1.2. Kondenser seçimi.....	23
5.1.3. Evaporatör seçimi	23
5.1.4. Promosyon ticari tip dolap.....	24
5.1.5. Test odası	25
5.1.6. Termokupl sensör	25
5.1.7. M test paketi.....	26
5.1.8. Data logger programı	28
5.1.9. Şebeke analizörü	29
5.2. Yöntem.....	30
5.2.1. Test hazırlıkları	30
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	31
6.1. Araştırma Sonuçları	31
6.1.1. Deneysel ölçümler	31
6.1.2. Enerji sınıfının belirlenmesi.....	37
6.1.3. Dolabın toplam teşhir alanının (TTA) belirlenmesi	39
6.1.4. Dolabın EEI ve TTA Hesabı.....	41
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
7.1 Sonuçlar	44
7.2 Öneriler	45
KAYNAKLAR	46
EKLER	49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3. 1. Soğutma yöntemleri	6
Şekil 3. 2. Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi P-h ve T-S grafikleri	7
Şekil 3. 3. Basit buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi	8
Şekil 3. 4. Hermetik tip kompresör genel görünümü	9
Şekil 3. 5. Vitrin tipi evaporatör	10
Şekil 3. 6. Hava soğutmalı kondenser	11
Şekil 3. 7. Kılcal boru	12
Şekil 3. 8. Kurutucu filtre	12
Şekil 3. 9. Gözetleme camı	13
Şekil 3. 10. Titreşim alıcı	14
Şekil 3. 11. Yağ ayırıcı	14
Şekil 3. 12. Dikey likit deposu	15
Şekil 3. 13. Emiş hattı akümülatörü	16
Şekil 3. 14. Çek valf	16
Şekil 5. 1. Promosyon Tip Dolap	24
Şekil 5. 2. Dolaptaki test paketlerinin termokupl yerleşimleri	26
Şekil 5. 3. Dolaptaki M test paketlerinin yerleşimleri	27
Şekil 5. 4. Orchestratör programı yardımıyla alınan grafik görüntüsü	29
Şekil 5. 5. Entes MRP-26S-21 şebeke analizörü	29
Şekil 6. 1. Test odası sıcaklık ve nem değerleri	31
Şekil 6. 2. Tüm M paketlerinin sıcaklık grafiği	32
Şekil 6. 3. R290 soğutucu akışkanda en sıcak M paketinin sıcaklık grafiği	33
Şekil 6. 4. R404A soğutucu akışkanda en sıcak M paketinin sıcaklık grafiği	33
Şekil 6. 5. R290 soğutucu akışkanda en soğuk M paketinin sıcaklık grafiği	34
Şekil 6. 6. R404A soğutucu akışkanda en soğuk M paketinin sıcaklık grafiği	34
Şekil 6. 7. R290 soğutucu akışkanda evaporatör giriş ve çıkış sıcaklık grafiği	35
Şekil 6. 8. R404A soğutucu akışkanda evaporatör giriş ve çıkış sıcaklık grafiği	35
Şekil 6. 9. R290 soğutucu akışkanda kondenser emiş ve üfleme sıcaklık grafiği	36
Şekil 6. 10. R404A soğutucu akışkanda kondenser emiş ve üfleme sıcaklık grafiği	36
Şekil 6. 11. R290 soğutucu akışkanlı dolabın enerji tüketimi	37
Şekil 6. 12. R404A soğutucu akışkanlı dolabın enerji tüketimi	37
Şekil 6. 13. Promosyon tipi dolabın TTA örnek hesabı	41
Şekil 6. 14. TTA hesabı için alınan ölçüler	42

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4. 1. Bazı soğutucu akışkanların fiziksel özellikleri.....	19
Çizelge 4. 2. EC 842/2006 sayılı ilk yönetmeliğe ek yeni ürün yasaklamaları.....	20
Çizelge 5. 1. Kompresör özellikleri.....	23
Çizelge 5. 2. Kondenser özellikleri	23
Çizelge 5. 3. Evaporatör özellikleri	24
Çizelge 5. 4. Test odası iklim sınıfları.....	25
Çizelge 5. 5. M test paketlerinin boyutları ve kütlesi	27
Çizelge 5. 6. Test paketlerinin sıcaklık sınıfları	28
Çizelge 6. 1. EU 2019/2018 regülasyonunda yayınlanan enerji sınıfları	38
Çizelge 6. 2. EU 2019/2018 regülasyonunda yayınlanan M ve N sabit değerleri.....	39
Çizelge 6. 3. EU 2019/2018 regülasyonunda yayınlanan C sabit değerleri	39
Çizelge 6. 4. EU 2019/2018 regülasyonunda yayınlanan P sabit değerleri.....	39
Çizelge 6. 5. Cam yüzey ışık geçirime yüzdeleri	41

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$W_{komp.}$: Kompresör Kapasitesi
$Q_{kond.}$: Kondenser Birim Zamanda Isı Atımı
$Q_{evap.}$: Evaporatör Birim Zamanda Isı Çekemi
ΔT	: Sıcaklık Farkı
H_o	: Açık Yüzey Metre cinsinden, iz düşüm derinliği
L_{oh}	: Yatay Açık Yüzey Metre cinsinden, uç duvarları hariç dolap uzunluğu
H_g	: Cam Yüzey Metre cinsinden, iz düşüm derinliği
T_{gh}	: Cam yüzeyin ışık geçirme yüzdesi
L_{gh}	: Yatay Cam Yüzey Metre cinsinden, uç duvarları hariç dolap uzunluğu
V_o	: Açık Yüzey Metre cinsinden, iz düşüm derinliği
L_{ov}	: Yatay Açık Yüzey Metre cinsinden, uç duvarları hariç dolap uzunluğu
V_g	: Düşey Cam Yüzey Metre cinsinden, iz düşüm derinliği
T_{gv}	: Düşey Cam yüzeyin ışık geçirme yüzdesi
L_{gv}	: Düşey Cam Yüzey Metre cinsinden, uç duvarları hariç dolap uzunluğu

Kısaltmalar

COP	: Etkinlik katsayısı
ODP	: Ozon Tahrip Potansiyeli
GWP	: Küresel Isınma Potansiyeli
EEl	: Enerji İndeks Değeri
AE	: Yıllık enerji tüketim değeri
SAE	: Standart yıllık enerji tüketimi
E_d	: Ortalama Günlük Enerji Tüketimi
TTA	: Dolabın Toplam Teşhir Alanı

1. GİRİŞ

Soğutma, günlük yaşantımızda ve endüstriyel alanlarda sıkça görülmektedir. Soğutma sistemlerinden yiyecek ve içeceklerin muhafaza edilmesinde ve ayrıca diğer yaşam alanlarımızda faydalanılmaktadır. Endüstriyel soğutma sistemleri gıda, soğuk hava depoları, süpermarket soğutması ve buz pistleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Böylece gelişen teknolojiyle birlikte soğutma sistemleri alanında çalışmalar yapılmaktadır (Tuzcu ve Güngör, 2013).

Soğutma işlemi ortam sıcaklığı 30 °C ile 1 °C arasında iklimlendirme amaçlı, 10°C ile -40 °C arasında soğuk muhafaza için ticari amaçlı ve çeşitli sıcaklıklarda endüstriyel amaçlı olarak kullanılır. -40 °C altındaki soğutma işlemi şok soğutma diye adlandırılır. Bunların en önemli ihtiyaçların başında konforlu bir ortam oluşturulması gelmektedir. Özellikle ortam sıcaklığının yüksek olduğu yaz aylarında sıcaklık ancak soğutma makineleri ile sağlanabilmektedir (Bulut, 2017).

İnsanoğlu, endüstriyel etkilerle ekolojik dengenin yok olduğunu fark etmiştir. Çevreyi kirletme potansiyelleri düşük, doğayla uyumlu yeni alternatif sistemlerin uygulanmaya başlanması yönünde adımlar atmışlardır. Soğutma da kullanılan soğutucu akışkanların ozon tabakasının delinmesi ve sera etkisi ile çevre kirliliğine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Bu sebepten dolayı soğutma ve ısıtma sistemlerinde çeşitli yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler küresel ısınma potansiyeli (GWP) ve ozon delme potansiyeli (ODP) yüksek olan soğutucu akışkanların kullanımı ve üretiminin azaltılması yönündedir.

1940'lı yıllardan sonra florokarbon akışkanların yaygınlaşmasıyla, doğal soğutucu akışkanların kullanılması azalmıştır (Neksa, 2004). Avrupa Birliği'nin F-gaz yönetmeliği, 2017'den itibaren Avrupa birliği pazarında hermetik uygulamalar için küresel ısınma değeri (GWP) 150'nin üzerinde olan Hidroflorokarbon soğutucu akışkanların kullanımını kısıtlanmıştır (European Union, 2014). Fakat bugün dünyadaki küresel ısınma problemi nedeniyle, soğutma sistemlerinde kullanılması en uygun olan soğutucu akışkanlar, doğal akışkanlar olan saf hidrokarbonlar, CO₂ vb. akışkanlardır.

Bilim adamları soğutucu akışkanların küresel ısınma üzerindeki etkisini azaltmak için GWP değeri düşük soğutucu akışkanlara ve şarj miktarını azaltacak sistemlere öncelik vermişlerdir (Poggi ve ark., 2008).

Süpermarketler modern toplum için vazgeçilmez konumdadır ve sayıları günden güne artmaktadır. Bununla birlikte tüketilen global enerji miktarı da artmaktadır. Bu elektrik tüketim artışını azaltmak için süpermarket soğutma sistemleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Soğutmada harcanan enerji bir süpermarketin enerji kullanımının en az yarısı kadardır. Çabuk bozulan ürünler teşhir dolaplarında sergilenir. Bu dolapların en çok enerji çeken bileşenleri kompresör ve kondenserdir. Bu iki bileşen sistemin enerji gereksiniminin %60-70'ine tekabül etmektedir. Bu sebepten dolayı enerji tüketim maliyetlerinin azaltılması, enerji tüketen sistemlerin iyileştirilmesi ve çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması gerekmektedir. Süpermarket dolaplarında en sık kullanılan soğutucu akışkan R404A'dır. R404A soğutucu akışkanın ODP değeri sıfırdır ancak GWP oranı yüksektir (Llopis ve ark., 2019).

Süpermarket dolaplarında kullanılan soğutucu akışkanlar için uygulanacak yönetmelikler sonucunda yeni soğutucu akışkan arayışına girilmiştir. Bu arayışa en hızlı cevap veren soğutucu akışkan R290'dır. Bu akışkanın maliyetinin düşük olması, soğutma ekipmanlarının piyasada ulaşılabilirliğinin kolay olması ve çevre dostu bir soğutucu akışkan olmasından dolayı üretici firmalar bu akışkana yönelmiştir.

Bu çalışmanın amacı, R290 soğutma sistemini süpermarketlerde yaygın olarak kullanılan R404A akışkanlı referans soğutma sistemiyle kıyaslamak ve böylelikle bu incelenen sistemin çevre dostu olmasının yanı sıra enerji tasarrufu ve maliyet durumları ve soğutma performansları açısından inceleyerek Türkiye'deki süpermarketlerde uygulanabilirliğini ortaya koymaktır.

Türkiye'nin enerji tüketimi ve emisyon değerlerinin azaltılması süpermarket soğutma sistemlerinde R290 soğutucu akışkanının kullanımının artması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Devotta ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada, klimalar için R22 soğutucu akışkanına alternatif olabilecek R410A, R134a, R407C, R290, R32, R135 ve R134a soğutucu akışkanlarını karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda R134a soğutucu akışkanının R22 soğutucu akışkanına COP değerinin yakın olduğu çıkmıştır. Fakat kapasitenin sağlanması için büyük kompresör seçimlerinin yapılması gerektiğine ulaşılmıştır. R290 soğutucu akışkanı R22'ye benzer özellikte olduğunu fakat kompresör çeşitliğinin az olduğunu belirtmiştir. R22'ye en uygun ve kullanışlı soğutucu akışkan R407C olduğunu belirtmişlerdir.

Spatz ve Motta (2004) yaptıkları çalışmada R290 ve R410A soğutucu akışkanlarının verimliliklerini R22 soğutucu akışkanıyla kıyaslayarak incelemiştir. R290 soğutucu akışkanı R22'ye göre %5 oranında daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Kaya (2009) bu çalışmada R22 soğutucu akışkan yerine ODP değer sıfır olan R404A soğutucu akışkanı kullanarak, buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde sistemin verimliliğini incelemiştir. Bu araştırma sonucunda R22'nin yerine kullanılan R404A soğutucu akışkanın kullanılması soğutma kapasitesinde %2,32 oranında artış göstermektedir. Ayrıca COP değerleri R22 ve R404A'nın sırasıyla 2,12 ve 1,91 olarak bulunmuştur.

Bortolini ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada endüstriyel soğutma sistemlerinde kullanılan R404A soğutucu akışkanın yerine kullanılabilir R410A ve R407F soğutucu akışkanın kullanımı ve performansı incelemiştir. Orta sıcaklık değerlerindeki (10 °C, -5 °C) soğutma sisteminde, R410A ve R407F soğutucu akışkanın soğutma kapasitesi ve COP değerleri R404A'ya göre yüksek olduğu hesaplanmıştır. Çalışmada hesaplanan soğutma kapasitesi ve COP değerleri R404A soğutucu akışkanı için sırasıyla, 1297W ve 1,47; R407F için 1417 W ve 1,51; R410A için 1342 W ve 1,75 olarak bulunmuştur.

Llopis ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada R404A ve R134a soğutucu akışkanın yerine kullanılabilir beş farklı soğutucu akışkanı analiz etmektedirler. Bu çalışmanın amacı GWP değeri yüksek olan R404A ve R134a'nın yerini alabilecek soğutucu akışkanların enerji analizleri ve çevresel etkilerini karşılaştırmaktır. Soğutma sistemlerinde sıklıkla kullanılan R404A ve R134a yerine R717, R744, R290, R1234ze ve R152a soğutucu akışkanlarını sistemde test edilecektir. Test sonuçlarında en iyi performansı R404A soğutucu akışkanın kullanıldığı iki kademeli sistem vermiştir. Fakat GWP değerinin yüksek olmasından dolayı GWP değeri düşük, çevre dostu olan R744

soğutucu akışkanı kullanıldığı kaskad çevriminin tercihinin daha uygun olacağı görülmüştür.

Kızılkın (2015) yaptığı çalışmada doğal soğutucu akışkanları bir soğuk hava deposu uygulaması için yedi adet soğutucu akışkanı termodinamiğin yasalarına göre karşılaştırmıştır. Çalışmasında R170, R744, R1270, R290, R600a, R717 ve R600 soğutucu akışkanlarına ait COP değerleri sırasıyla 1,463, 1,482, 2,366, 2,369, 2,448, 2,462 ve 2,5 bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda en yüksek ve en düşük COP değeri sırasıyla 2,5 ile R600 ve 1,463 ile R170 soğutucu akışkanı olmuştur.

Sapali ve Choudhari (2017) yaptıkları çalışmada R22'nin yerine R290'ın kullanılması analiz edilmiştir. Bu analizler buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi kullanılarak yapılmıştır. R290'ın performansı R22'ye göre daha düşüktür. Fakat çevresel etkileri GWP ve ODP değerlerinin düşük olması sebebiyle R22'ye alternatif olarak kullanımı uygundur.

Yıldırım ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada soğutma sisteminde R404A ve alternatifi olan R454C soğutucu akışkanların enerji analizlerini ve çevresel etkilerini analiz etmişlerdir. Yapılan analizler beş farklı evaporatör ve kondenser sıcaklığı için yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda R454'nin COP değeri R404A'dan yaklaşık %4 daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Hwang ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada soğutma sistemlerinde R404A, R410a ve R290 soğutucu akışkanlarının performanslarını R404A'ya göre olan sistemde deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Güç tüketimi de dahil olmak üzere, soğutucu akışkanların çevresel etkilerini karşılaştırmak için, üç soğutucu akışkanın yaşam döngüsü iklim performansı (LCCP), ölçülen verilere dayalı olarak değerlendirildi. R-410A'nın R-290'a kıyasla daha az çevresel etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Makhnatch ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada soğutma sistemlerinde R404A yerine R449a soğutucu akışkanının kullanımını incelemişlerdir. Uygun termodinamik özellikleri ve kabul edilebilir maksimum tahliye sıcaklığı nedeniyle, R404A için tasarlanmış soğutma sisteminde, hafif bir genişleme ayarı ve %4 soğutucu şarj artışı ile R449A'nın kullanılabileceği gösterilmiştir. R449A'nın COP değeri yaklaşık %13 daha düşük soğutma kapasitesine sahip olmasına rağmen, R404A'nın COP değeri ile hemen hemen aynı çıkmıştır. R404A yerine R449A kullanılmak istendiğinde, R404A için tasarlanmış soğutma sisteminde sadece soğutucu akışkanın miktarının ve termostatik genişleme valfinin ayarının yapılmasının yeterli olacağı sonucuna varmışlardır.

Biçen (2021) yaptığı çalışmada ticari tip dondurucularda R404A yerine R290 soğutucu akışkan kullanımını incelemiştir. İnceleme sonucunda R290 soğutucu akışkanın R404A'ya göre aynı ölçüdeki kondenser için daha iyi iş yaptığı sonucuna ulaşmıştır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların çevresel etkileri, enerji analizleri ve soğutma performansları ölçülerek yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmaları destekleyici ve literatürü farklı bir bakışla zenginleştirerek soğutucu akışkanların süpermarket dolapları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Genel olarak süpermarket dolaplarında kullanılan soğutucu akışkan cinsi R404A'dır. Fakat günümüzde bu akışkanın küresel ısınmaya etkisi çok büyük olduğu için kullanımı F gaz yönetmeliğine göre yasaklanmıştır. Bu sebepten dolayı R404A soğutucu akışkanına alternatif olabilecek, dolap üzerindeki performansları daha iyi ve yatırım maliyeti daha düşük çevre dostu olan R290 soğutucu akışkanı kullanılmıştır. Bu çalışmada süpermarketlerde ürünlerin teşhirinde kullanılan promosyon tipi dolabın R404A ve R290 soğutucu akışkanları kullanılarak dolabın tasarımında değişiklik yapılmadan sadece kompresör değiştirildiğinde dolap üzerinde soğutma performansı, enerji tüketim değerleri ve enerji verimliliğindeki değişimler ölçülerek karşılaştırılmıştır.

3. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

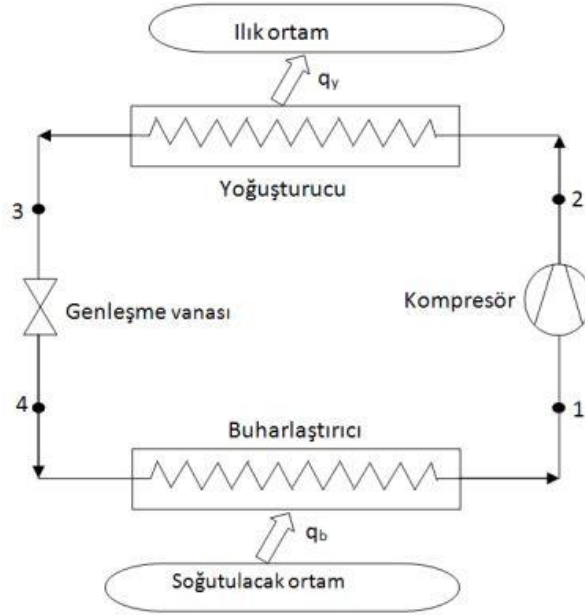
Soğutma ürün veya maddeden ısı çekme işlemi olarak tanımlanabilir. Farklı bir ifade ile bir maddenin veya ortamın sıcaklığını bulunduğu ortam sıcaklığının altına indirmek ve muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine soğutma denir. Soğutma işlemini gerçekleştiren elemanların oluşturduğu mekanizmaya soğutma sistemleri adı verilir. Soğutma işleminde ortamdan veya üründen ısı çekme yeterli değildir. Bu yüzden soğutma işlemi gerçekleştirilirken aşağıdaki işlemlerin dikkate alınması gerekmektedir.

- Ortam ve ürün sıcaklığı uygun şartlar altında muhafaza sıcaklığına getirilmeli ve bu sıcaklıkta korunmalıdır.
- Maddenin fiziksel özellikleri en az şekilde etkilenmelidir.
- Soğutma işlemi en az enerji harcanarak gerçekleştirilmeli ya da soğutma etkinlik değeri yüksek tutulmalıdır.
- Sistemin güvenliği sağlanmalıdır.
- Çevre olumsuz şartlardan korunmalıdır (Özkoç, 2016).

Soğutma yöntemleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Ticari ve endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan soğutma yöntemi buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimidir.



Şekil 3. 1. Soğutma yöntemleri



Şekil 3. 3. Basit buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi (Daloğlu, 2020)

Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimindeki hal değişimleri şunlardır;

- 1-2 Kompresörde izantropik sıkıştırma
- 2-3 Kondenserden çevreye sabit basınçta ısı transferi
- 3-4 Kısılma vanasında genişleme ve basınç düşüşü
- 4-1 Evaporatörden akışkana sabit basınçta ısı transferi

3.2. Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Çevrimi Teorik Analiz

Soğutma çevriminde birinci kanun analizinde, kondenser, evaporatör ve kompresör kapasiteleri, Şekil 3.3'deki çevrim noktaları göz önüne alınarak, sırasıyla aşağıdaki eşitlikler aracılığıyla hesaplanmıştır.

Kompresör kapasite hesabı Denklem 3.1' de gösterilmektedir;

$$W_{komp.} = m(h_2 - h_1) \quad (3.1)$$

Kondenserde, soğutucu akışkandan çevreye olan birim zamandaki ısı geçişi hesabı Denklem 3.2'de gösterilmektedir;

$$Q_{kond.} = m(h_2 - h_3) \quad (3.2)$$

Evaporatörde ortamdan birim zamanda çekilen ısı hesabı Denklem 3.3'de gösterilmektedir;

$$Q_{evap.} = m(h_1 - h_4) \quad (3.3)$$

Soğutma çevriminin etkinlik katsayısı (COP) hesabı Denklem 3.4'de gösterilmektedir;

$$COP = Q_{evap.}/W_{komp.} \quad (3.4)$$

3.3. Buhar Sıkıştırma Soğutma Çevrimi Ana Elemanlar

3.3.1. Kompresör

Kompresör sıkıştırma soğutma makinelerinin en önemli elemanıdır. Kompresör, soğutucunun cinsine göre değişen ve temel amacı, evaporatör basıncındaki soğutucu akışkanı emerek daha yüksek basınçtaki kondensere gönderen bir gaz pompasıdır. Kompresör, soğutma tesisinin cinsine ve büyüklüğüne göre 5 ana gruba ayrılır.

- Hermetik Kompresörler
- Vidalı (helisel) Kompresörler
- Pistonlu Kompresörler
- Türbo (santrifüj) Kompresörler
- Rotatif (dönel, rotorlu, rotary) Kompresörler

Şekil 3.4'de hermetik tip kompresörün genel görünümü gösterilmektedir.



Şekil 3. 4. Hermetik tip kompresör genel görünümü (Anonim, 2021a)

3.3.2. Evaporatör

Evaporatör, genişleme elemanından gelen düşük basınçtaki soğutucu akışkanı buharlaştırarak soğutulmak istenen ortamdaki ısıyı çekilmesini sağlar. Buhar sıkıştırma

çevrimde evaporatörün olduğu hatta düşük basınç hattı denir. Teşhir tipi dolaplarda genellikle vitrin modeli dediğimiz evaporatörler kullanılmaktadır. Şekil 3.5’de vitrin tipi evaporatör örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 5. Vitrin tipi evaporatör (Anonim, 2021b)

3.3.3. Kondenser

Kondenserin soğutma sistemindeki görevi, kompresörle sıkıştırılarak yüksek basınca çıkarılan sıcak gazın soğutularak yoğuşturulmasıdır. Temelde evaporatörde çekilen ısıyla, kompresör tarafından akışkana kazandırılan toplam ısı dışarı atılır. Kondenserler 3 gruba ayrılır. Bunlar;

- Hava ile soğutmalı kondanser
- Evaporatif kondanser
- Su ile soğutmalı kondanser

Ticari ve teşhir tipi dolaplarda genellikle hava ile soğutmalı kondenser kullanılmaktadır. Şekil 3.6’da hava ile soğutmalı kondenser örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 6. Hava soğutmalı kondenser (Anonim, 2021c)

3.3.4. Basınç düşürücü eleman

Soğutma sisteminde soğutucu akışkanın basıncını istenilen buharlaştırma basıncına düşürür. Bununla birlikte akışkanın sıcaklığında düşüş gerçekleşir. Bu işlem sırasında entalpi sabit kabul edilmektedir (Bulut, 2017).

Kısılma vanası tipleri aşağıdaki gibidir;

- Kılcal boru
- Termostatik genişleme valfi
- Elektronik genişleme valfi
- Otomatik genişleme valfi
- Termal genişleme valfi

Ticari ve teşhir tipi dolaplarda genellikle kılcal boru kullanılır. Kılcal boru, kondenser ile evaporatör arasına montaj yapılır. Kılcal boru soğutucu akışkanın tipine, sistemin kapasitesine, kondenserdeki yoğuşma ve evaporatördeki buharlaşma sıcaklığına göre iç çap ve uzunluğu belirlenir. Evaporatörde düşük kapasiteli soğutma sistemlerinde basınç düşürücü olarak kullanılır. Kılcal boruda kızgınlık ayarı bulunmamaktadır. Ayrıca ani soğutma yükü ihtiyaçlarına cevap vermezler. Hareket eden mekanizması olmadığı için arızalanma olasılığı azdır (İsa ve Onat, 2012).

Şekil 3.7’de kılcal boru örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 7. Kılcal boru (Anonim, 2021d)

3.4. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi Yardımcı Elemanları

Soğutma sistemlerinde temel elemanların dışında sisteme yardımcı elemanlarda kullanılmaktadır. Yardımcı elemanların görevleri şunlardır;

- Sistem ömrünün uzun olmasını ve verimi çalışmasını sağlamak,
- Sistemin arızalarını önlemek,
- Servis, bakım, tamir durumlarında kolay müdahale edilmesini sağlamak,
- Sistemin sesli ve gürültülü çalışmasını önlemek,

3.4.1. Kurutucu filtre

Soğutma sistemlerinde sisteme zarar veren nem, su, asit, tortu ve parçacıkların tutulmasını önleyen bir elemandır. Soğutma sistemi kurutucu filtre olmadan da çalışabilir ama daha verimli bir şekilde çalışabilmesi için kurutucu filtreye ihtiyaç vardır (Özkol, 2016).

Şekil 3.8’de gösterilen kurutucu filtre bakırdan üretilmiştir. Teşhir tipi dolapların soğutma sisteminde genellikle bu yapıda filtreler kullanılmaktadır.



Şekil 3. 8. Kurutucu filtre (Anonim, 2021e)

3.4.2. Gözetleme camı

Soğutma çevriminde kondenser ve genişleme elamanı arasına montaj edilir. Gözetleme camının soğutma sisteminde 3 görevi vardır. Bunlar;

- Akışkanın akış durumunu gözlemleyebilmek
- Nem içeriğini kontrol etmek
- Soğutucu akışkanın doymuş sıvı olup olmadığını kontrol etmek

Gözetleme camı bulunan sistemlerde kondenser görevini tam anlamıyla yapıp yapmadığı konusunda yorum yapılabilir. Şekil 3.9'da gözetleme camı örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 9. Gözetleme camı (Anonim, 2021f)

3.4.3. Titreşim alıcı

Soğutma sisteminde kompresörün basınç hattındaki titreşimlerden kaynaklı borularda deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu deformasyonları engellemek için sistemindeki kompresörün basınç ve dönüş hatlarına titreşim alıcılar yerleştirilmektedir. Şekil 3.10'da titreşim alıcı örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 10. Titreşim alıcı (Anonim, 2021g)

3.4.4. Yağ ayırıcılar

Kompresörlerin gürültü, aşınma ve ısınma sorunlarını azaltmak için yağlama yağları kullanılmaktadır. Sistemde sıkıştırma esnasında soğutucu akışkanla birlikte sisteme bir miktar yağ gönderilir. Bu yağın miktarı çok fazla değilse sistemde herhangi bir olumsuzluk yaratmaz fakat miktar yükseldikçe sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Sistemde yağ eksilmesinden dolayı en çok etkilenen bileşen kompresördür. Yağ seviyesinde azalma olduğu için kompresörde aşırı ısınmalar ve pistonlarında gürültüler meydana gelecektir. Bu tür olumsuzlukları önlemek için soğutma sistemlerinde yağ ayırıcı kullanımı önerilmektedir. Şekil 3.11’de yağ ayırıcı örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 11. Yağ ayırıcı (Anonim, 2021h)

3.4.5. Sıvı (likit) deposu

Soğutma sistemlerinde likit deposunun görevi kondenserde yoğuşmayan soğutucu akışkanı yoğuşturarak akışkanın genişleme elemanına sürekli sıvı olarak girmesini sağlamaktadır. Soğutma sisteminin tamir bakım ve servis esnasında akışkanın depo edilmesini sağlar. Soğutma sistemde kılcal boru kullanılacaksa eğer likit deposu kullanımı önerilmez. Termostatik genişleme elemanı olan sistemlerde likit deposu kullanımı daha uygundur. Şekil 3.12’de yağ ayırıcı örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 12. Dikey likit deposu (Anonim, 2021)

3.4.6. Emiş hattı akümülatörü

Soğutma sisteminde alçak basınç hattındaki kompresörün likit emmesini engelleyerek sistemin en pahalı parçası olan kompresörü korur. Emiş akümülatörü kompresörün emiş hattına yakın bir yere konumlandırılarak montaj edilmelidir. Şekil 3.13’de emiş akümülatör örneği gösterilmektedir.

Kompresöre likit dönüşüne neden olabilecek faktörler şunlardır;

- Soğutma sistemine fazla soğutucu akışkan şarj edilmesi
- Evaporatörün görevini tam anlamıyla yapmaması
- Evaporatör kapasitesinin yetersizliği
- Termostatik genişleme elemanının yanlış ayarlanması



Şekil 3. 13. Emiş hattı akümülatörü (Anonim, 2021j)

3.4.7. Çek valf

Sıvının ya da gazın tek bir yönde akmasını sağlamak için kullanılır. Şekil 3.14’de çek valf örneği gösterilmektedir.



Şekil 3. 14. Çek valf (Anonim, 2021k)

4. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

Soğutma teknolojisinin yaşam alanımızda önemli bir yeri bulunmaktadır. Sağlıklı yaşam koşullarının sağlanmasının yanı sıra, yiyeceklerin saklamasında, soğuk zincir ve iklimlendirme uygulamaları gibi birçok alanda kullanılır (Özkoç, 2016).

Soğutma sisteminde ısıyı bir ortamdan başka bir ortama taşıyan ara maddelere soğutucu akışkan denir (Demirci ve ark., 2020).

Soğutucu akışkanlarda aranan özellikler şunlardır;

- Pozitif buharlaşma basıncına sahip olmalıdır
- Yoğuşma basıncı düşük olmalıdır
- Buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır.
- Kimyasal olarak tepkimeye girmemelidir. Sistemdeki malzemeleri olumsuz yönde etkilememelidir.
- Yağlama yağının özelliklerini bozmamalıdır.
- Yanıcı, patlayıcı ve zehirli olmamalıdır.
- Oluşan kaçağın kolay tespit edilmesini sağlayacak özellikte olmalıdır.
- Ucuz ve kolay ulaşılabilir olmalıdır.
- Isı geçirgenlik katsayısı yüksek olmalıdır.
- Düşük donma derecesi sıcaklığı olmalıdır.
- Kritik sıcaklığı yüksek olmalıdır
- Özgül hacmi küçük olmalıdır
- Viskozitesi düşük olmalıdır (Atalay, 2011).

Soğutucu akışkanların tarihi incelendiğinde insanların doğru soğutucu akışkan arayışı içinde olduğu görülmüştür. Tarihte ilk ticari soğutucu akışkan etil eterdir. 1850'lerde yapılan buhar sıkıştırma sistemlerinde kullanılmıştır. (Çengel ve Boles, 1996)

1930'lu yıllara kadar genellikle kullanılan soğutucu akışkanlar amonyak, klorometan, karbontetraklorid, isobutan ve propan olmuşlardır. Bunların içinde en yaygın kullanılan soğutucu akışkan amonyak olmuştur (McCulloch, 1999).

1930'lardan sonra zehirleyici ve yanıcı olmasından dolayı, doğal bir soğutucu akışkan olan amonyak yerini yavaş yavaş CFC gibi yapay soğutucu akışkanlara bırakmıştır (Riffat ve ark., 1997).

4.1. Soğutucu Akışkanların Çevreye Etkileri

Soğutucu akışkanlar, kimyasal maddelerdir. Bu yüzden soğutucu akışkanlar doğayı olumlu veya olumsuz etkilemektedir. Soğutma sistemlerinde soğutucu akışkanın çevreye olan etkisi dikkate alınmalıdır. Çevreyi en çok etkileyen soğutucu akışkan türü halokarbonlardır. Halokarbon ailesi CFC ve HCFC' ler içerdikleri klor sebebiyle ozon tabakasının delinmesinde ve atmosferde küresel ısınmaya neden olurlar.

Bu çevresel problemlerin artmasından dolayı, halokarbon akışkanlarının üretimi ve kullanımının azaltılması ve sonlandırılması amacıyla uluslararası görüşme ve anlaşmalar yapılmıştır (Bolaji ve Huan, 2013).

Bu anlaşmalar Montreal Protokolü, Kyoto Protokolü, F-gaz Yönetmeliği şeklindedir.

4.1.1. Ozon tahrip potansiyeli (ODP)

Ozon zehirli bir gazdır ve solunduğunda ölüme sebep olur. Ozon tabakasındaki tahribat dünyada ciddi zararlara sebep olur ve insanlar üzerinde çeşitli rahatsızlıkların oluşma riskini artırır. Bitkilerin büyüme oranında azalmalar görülür ve ekosistemin dengesini bozar (Bolaji ve Huan, 2013).

Kloroflorokarbonlar (CFC), klor atomu içeren soğutucu akışkanların başında yer almaktadır. Günlük hayatta zehirleyici etkileri ve patlayıcı özellikleri olmamaları sebebiyle çok sık kullanılmaktadırlar. Atmosferde CFC' ler uzun süre dayanabilmektedir ve ozon tabasında incelmelere sebep olmaktadır.

4.1.2. Küresel ısınma potansiyeli (GWP)

Atmosferde zararlı gazların birikmesiyle tabaka meydana gelmektedir. Oluşan tabakada güneş ışınlarının engellemesi olayına sera etkisi denir. Sera etkisinin artması ile hava sıcaklığında artış meydana gelir bu da küresel ısınmaya neden olur.

GWP, soğutucu akışkanın atmosferi ne kadar ısıttığını gösteren bir değerdir. 1 kg f-gazın 1 kg CO₂'ye göre 100 yıllık da ne kadar bir ısınma potansiyeline sahip olduğunun göstergesidir (İsa, 2016).

Çizelge 4. 1. Bazı soğutucu akışkanların fiziksel özellikleri (Kilicarslan ve Hosoz, 2010)

Soğutucu Akışkanlar	Kritik Basınç (kPa)	Kritik Sıcaklık (°C)	ODP	GWP
R290	4247.1	96.675	0	20
R600	3796	151.975	0	20
R134a	4059	101.030	0	1410
R410A	4925	72.4	0	1725
R407C	4634	87.05	0	1520
R404A	3734.9	73.12	0	3943

4.1.3. Montreal protokolü

Bu protokol CFC ve HCFC türü soğutucu akışkanların ozon tabakasının tükenmesine neden olduğu için üretimi ve kullanımı konusuna yer vermektedir.(Başaran ve Özgener, 2013)

197 ülkenin imzalamasıyla birlikte yürürlüğe giren ve asıl amacı ozon tabakasını incelten gazları azaltmaktır. 1991’de Türkiye bu protokole dahil olmuştur. Protokol kapsamında, CFC, HCFC ve Halonların kullanımına tamamen son verilmiştir. Böylece amacına ulaşan en iyi uluslararası anlaşma olarak görülmüştür (Aslan ve ark., 2020).

4.1.4. Kyoto protokolü

Gelişmiş ülkelerin sera gazı etkisine azaltmak için 181 ülkenin imzaladığı protokoldür. 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Türkiye 2009’da bu protokole dahil olmuştur. Protokole imza atmayan önemli ülkeler arasında ABD ve Avustralya vardır. Kapsamındaki gazlar;

- Karbondioksit(CO₂),
- Metan(CH₄),
- NitrozOksit(N₂O),
- Hidrofluorokarbonlar(HFCs),
- Perfluorokarbonlar (PFCs),
- Kükürt heksaflorür (SF₆),

Kyoto protokolünün uygulamasının önerdiği politikalar ve önlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Enerji verimliliğinin artırılması,
- Yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi,
- Metan emisyonlarının geri kazanılması,
- Sera etkisi yaratan zararlı gaz emisyonlarının azaltılması,
- Sera gazı yutaklarının (orman,bitki örtüleri vb.) korunması ve yaygınlaştırılması (Özmen, 2009).

4.1.5. F-gaz yönetmeliği

Avrupa’da florlu sera gazlarının kullanımını azaltma amacıyla “F-gas Regulation 842/2006” olarak 2006 yılında yürürlüğe girmiştir. Mevcut geçerli olan versiyonu F-Gas Regulation 517/2014 tür. Türkiye’de de aynı amaçla, “Florlu sera gazlarına ilişkin yönetmelik” olarak 2018 yılında yürürlüğe girmiştir (İsa, 2016).

Türkiye F-gaz yönetmeliğine göre florlu ürün ve ekipmanlar için yasaklama takvimi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. EC 842/2006 sayılı ilk yönetmeliğe ek yeni ürün yasaklamaları (İsa, 2016)

150 ve üstü GWP’ye sahip HFC içeren bireysel soğutucu ve dondurucular.	1 Ocak 2015
2500 ve üstü GWP’ye sahip HFC içeren Hermetik ticari soğutucu ve dondurucular.	1 Ocak 2020
150 ve üstü GWP’ye sahip HFC içeren Hermetik ticari soğutucu ve dondurucular.	1 Ocak 2022
2500 ve üstü GWP’ye sahip HFC içeren sabit soğutma ekipmanı. Ürünleri- 50 °C ve altına soğutmak için tasarlanmış sistemler kapsam dışındadır.	1 Ocak 2020
40 kW ve üstü soğutma kapasitesine, 150 ve üstü GWP’ye sahip florlu sera gazı içeren, ticari amaçla kullanılan ve birden fazla iç üniteye sahip merkezi soğutma sistemleri (süpermarket uygulamaları vb.). Kaskad soğutma sisteminin primer devresinde 1500 ve üstü GWP’ye sahip florlu sera gazı içeren uygulamalar kapsam dışındadır.	1 Ocak 2022
150 ve üstü GWP’ye sahip HFC içeren oda tipi taşınabilir iklimlendirme cihazları.	1 Ocak 2020
750 ve üstü GWP’ye sahip veya 3 kg’dan az florlu sera gazı içeren tekli split klimalar.	1 Ocak 2025

4.2. Soğutma Çevrimlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar

4.2.1. R404A soğutucu akışkan

R404A soğutucu akışkanı düşük ve orta sıcaklıktaki soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır. R125, R134a ve R143a'dan oluşan karışım soğutucu akışkandır. F gaz yönetmeliğine göre GWP değeri 150'den yüksek olduğundan dolayı hermetik tip kompresör uygulamalarında kullanımını yasaklanmıştır.

4.2.2. R290 soğutucu akışkan

R290 soğutucu akışkanı düşük sıcaklıktaki soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır.

Ev tipi ve ticari tip dolaplarda en sık kullanılan çevre dostu soğutucu akışkandır. Bununla birlikte, yanıcı ve patlayıcı özellikleri nedeniyle R290 sınırlı miktarda sistemlere sarj edilmektedir. A3 güvenlik derecesine sahiptir.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyler TS EN ISO 23953-2 “Soğutuculu Teşhir Dolapları” standardına uygun şartlar altında yapılacaktır (Anonim, 2022a). Dolabın test odasına yerleşimi, M test paketlerinin dolaba yüklenme şekli ve paketlerin sıcaklık ölçüm noktaları, termokupl yerleşimleri, performans kriterlerinin yorumu bu standartta belirtilen şartlar ve kurallara göre yapılmıştır.

5.1. Materyal

Bu çalışmada promosyon tipi ticari dolap test düzeneği olarak kullanılmıştır. Test düzeneğinde sıcaklık ölçümleri termokupl sensörler yardımıyla yapılmıştır.

Test dolabında kullanılan cihaz ve ekipmanlar şunlardır;

- Kondenser
- Evaporatör
- Promosyon Tipi Dolap
- Test Odası
- Termokupl Sensör
- M test paketi
- Data logger programı
- Şebeke analizörü

Dolabın karşılaştırmalı testi için değiştirecek cihazlar şunlardır;

- R404A soğutucu akışkanı kullanılacak kompresör
- R290 soğutucu akışkanı kullanılacak kompresör
- R404a ve R290 soğutucu akışkan

5.1.1. Kompresör seçimi

Test düzeneğindeki dolap pozitif çalacak bir dolap olduğundan dolayı seçimler -10 evaporasyon +45 kondenzasyon şartlarında yapılmıştır. Kompresör özelliklerine ait bilgiler Çizelge 5.1’de verilmiştir. EK-1 ve Ek-2’de EMT6165GK ve EMC3121U kompresörlerin teknik verileri verilmiştir.

Çizelge 5. 1. Kompresör özellikleri

Kompresör	R290	R404A
Kompresör Marka	Embraco	Embraco
Kompresör Model	EMC 3121U	EMT 6165GK
Soğutma Kapasitesi	396 W	465 W
Giriş Gücü	162 W	276 W
COP değeri	2,44	1,69
Evaporasyon Sıcaklığı	-10 °C	-10 °C
Kondenzasyon Sıcaklığı	45 °C	45 °C

5.1.2. Kondenser seçimi

Kondenser seçimi yapılırken kompresörün giriş gücü ve soğutma kapasitesinin toplamına eşit veya %10 daha büyük kapasite seçilmelidir. Kondenser seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli durumlardan birisi kondenser sıcaklık farkıdır. Bu projede kondenser ΔT farkı 10 alınmıştır. Kondenser özelliklerine ait bilgiler Çizelge 5.2’de verilmiştir. Kondensere ait teknik veriler R404A ve R290 olarak sırasıyla EK-3 ve Ek-4’de verilmiştir.

Çizelge 5. 2. Kondenser özellikleri

Kondenser	R290	R404A
Isı Atım Kapasitesi	878 W	903 W
Giriş Sıcaklığı	35 °C	35 °C
Çıkış Sıcaklığı	45 °C	45 °C
ΔT Sıcaklık Farkı	10	10
Fan Debisi	710 m ³ /h	710 m ³ /h
Isı Transfer Alanı	3,75 m ²	3,75 m ²
Dış Boru Çapı	9,53 mm	9,53 mm
İç Boru Çapı	8,83 mm	8,83 mm
Boru Sayısı	24	24

5.1.3. Evaporatör seçimi

Evaporatör seçimi yapılırken kompresörün soğutma kapasitesine uygun seçim yapılması gerekmektedir. Evaporatör seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en

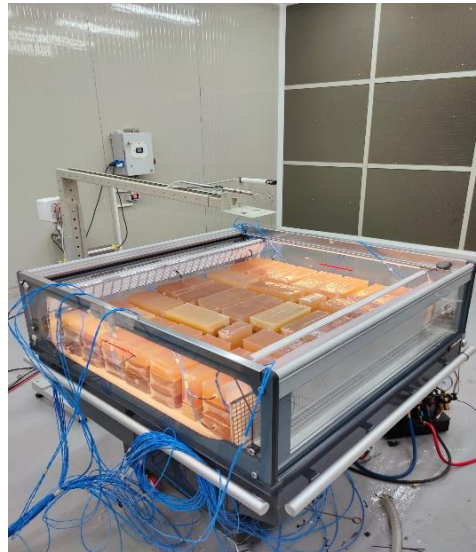
önemli kriter evaporasyon sıcaklığıdır. Bu proje için evaporasyon sıcaklığı $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Evaporatör özelliklerine ait bilgiler Çizelge 5.3’de verilmektedir. Evaporatöre ait teknik veriler R404A ve R290 olarak sırasıyla EK-5 ve Ek-6’da verilmiştir.

Çizelge 5. 3. Evaporatör özellikleri

Evaporatör	R290	R404A
Soğutma Kapasitesi	391 W	405 W
Evaporasyon Sıcaklığı	$-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
Fan Debisi	155 m ³ /h	155 m ³ /h
Isı Transfer Alanı	4,25 m ²	4,25 m ²
Dış Boru Çapı	9,53 mm	9,53 mm
İç Boru Çapı	8,83 mm	8,83 mm
Boru Sayısı	18	18

5.1.4. Promosyon ticari tip dolap

Hizmet sektöründeki zincir marketlerde farklı tiplerde ve boyutlarda soğutma dolapları kullanılmaktadır. Bu dolapların en sık kullanılanlardan birisi de promosyon tip dolaplardır. Promosyon tip dolaplar; indirimdeki ürünlerin teşhir edildiği ürün girdi çıktısı en fazla olan havuz şeklinde tasarlanmış dolaplardır. Şekil 5.1’de testte kullanılacak olan dolap gösterilmiştir.



Şekil 5. 1. Promosyon Tip Dolap

5.1.5. Test odası

Test odası ortamı 25 ± 1 °C sıcaklıkta ve $\%60 \pm 3$ bağıl nem değerlerinde olmalıdır. Test odasında hava akışı dolabın ön yüzünden 0,1 – 0,2 m/s aralığında olacak şekilde ayarlanmalıdır. Test odası çevre ortam sıcaklığından etkilenmeyecek şekilde ısı yalıtımına sahip özellikte değildir.

Çizelge 5.4’de test odalarının iklim sınıflarını belirleyen özellikleri bulunmaktadır. Deney yapılacak olan test odası sınıf 3’ü kapsamaktadır.

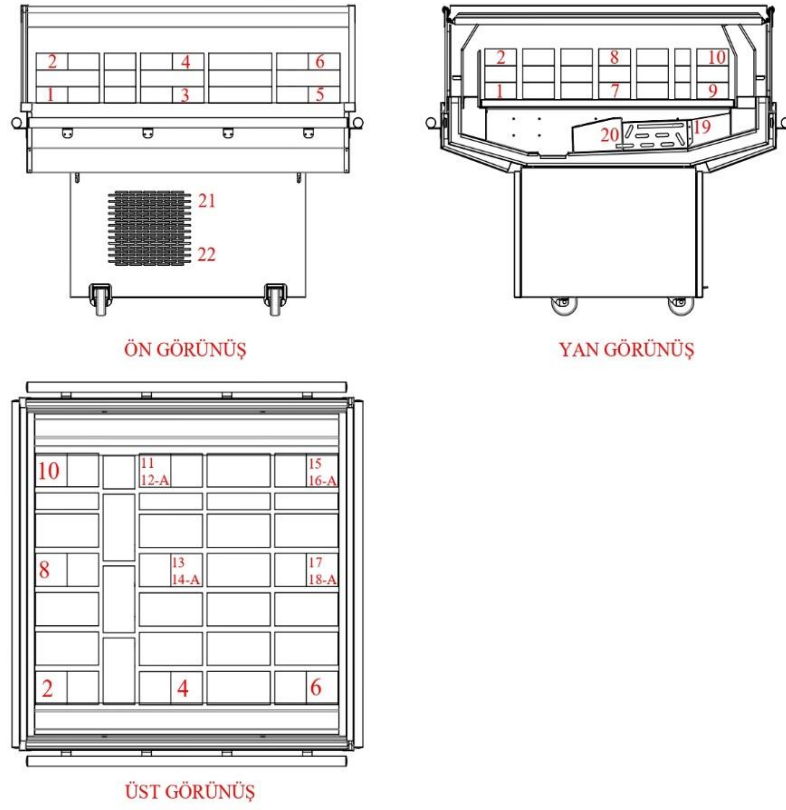
Çizelge 5. 4. Test odası iklim sınıfları (Anonim, 2022a)

Test odası İklim Sınıfı	Kuru hazne sıcaklığı °C	Bağıl nem %	Çiy noktası °C	Kuru havadaki su buharının kütlesi g/kg
0	20	50	9,3	7,3
1	16	80	12,6	9,1
2	22	65	15,2	10,8
3	25	60	16,7	12
4	30	55	20	14,8
5	27	70	21,1	15,8
6	40	40	23,9	18,8
7	35	75	30	27,3
8	23,9	55	14,3	10,2

Not – Kuru havadaki su buharının kütlesi dolapların performansını ve enerji tüketimini etkileyen ana noktalardan birisidir.

5.1.6. Termokupl sensör

Dolabın testi için kullanılan test paketlerinin sıcaklıkları, evaporatör giriş-çıkış sıcaklıkları ve kondanser emiş-üfleme sıcaklık ölçümleri T tipi termokupl aracılığıyla yapılmıştır. Dolaba test paketleri için 18 adet, evaporatör için 2 adet ve kondanser için 2 adet termokupl yerleştirilmiştir. Bu yerleştirilen sensörlerin numaraları Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



Şekil 5. 2. Dolaptaki test paketlerinin termokupl yerleşimleri

5.1.7. M test paketi

Test paketleri dolabın kullanma koşullarını simüle etmek ve soğutma performansını ölçebilmek için kullanılmaktadır. Bu test paketlerine M paketleri denmektedir.

Dolap içerisine konulan M paketlerinin sıcaklıklarını ölçebilmek için paketlere doğrudan temas edecek şekilde sıcaklık sensörleri takılmaktadır.

Test edilecek dolap da MADİ marka M paketi kullanılacaktır. Çizelge 5.5’de kullanılan M test paketlerinin boyut ve kütleleri hakkında bilgiler verilmektedir.

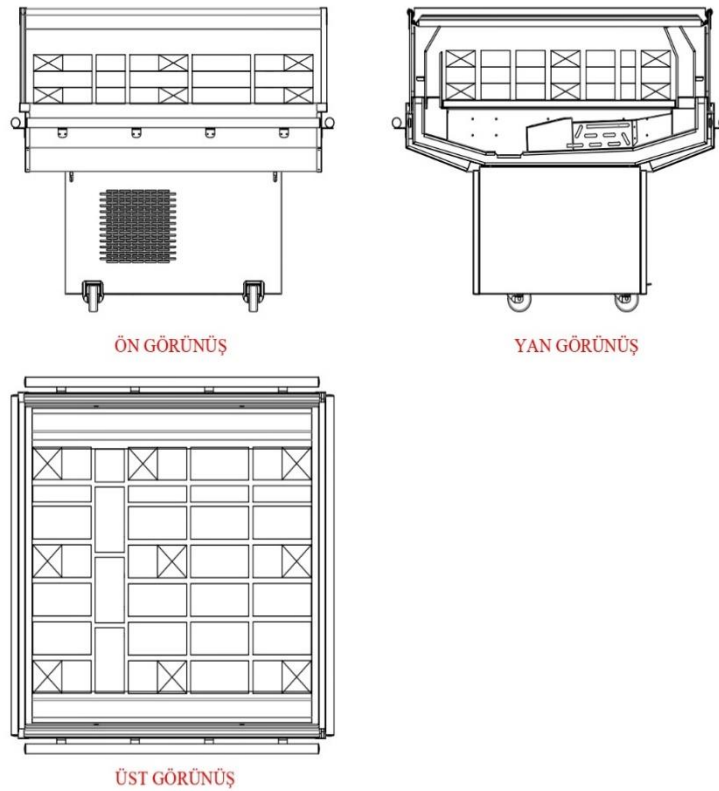
Çizelge 5. 5. M test paketlerinin boyutları ve kütlesi (Anonim, 2022a)

Boyutlar mm	Kütle gram
50*100*100	500
50*100*200	1000
50*50*200	500
25*100*200	500
37,5*100*200	750

Test paketleri dolabın teşhir alanına konularak dolabın standartta belirtilen bölgelerine termokupl sensörler yerleştirilecektir. Test edilecek dolabın test paketlerinin yerleşim konumları Şekil 5.3’de gösterilmektedir.

Dolabın doldurulmasında kullanılan M paketlerinin listesi şunlardır;

- 50*100*100 Termokupl takılan paket 18 adet
- 50*100*100 Standart paket 21 adet
- 50*100*200 Standart paket 60 adet
- 50*50*200 Standart paket 12 adet



Şekil 5. 3. Dolaptaki M test paketlerinin yerleşimleri

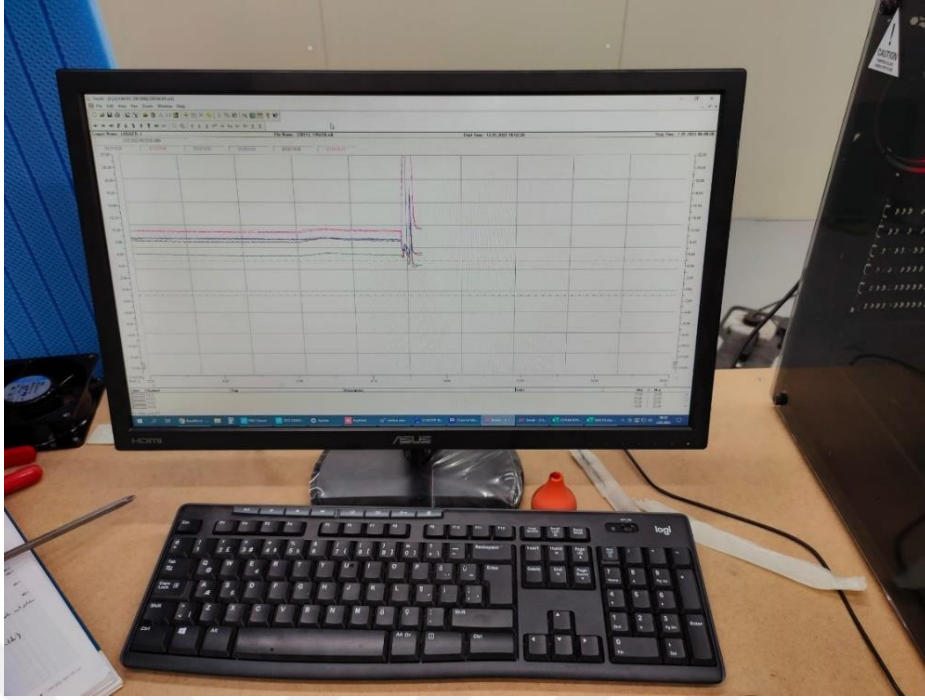
Test paketlerinin sıcaklıklarına göre dolabın hangi sınıfa girdiği Çizelge 5.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 5. 6. Test paketlerinin sıcaklık sınıfları (Anonim, 2022a)

Sınıf	En Sıcak M Paketinin En Yüksek Sıcaklık Değeri	En Soğuk M Paketinin En Düşük Sıcaklık Değeri	Tüm Paketlerin En Düşük Sıcaklık Değeri
	°C		
L1	-15	-	-18
L2	-12	-	-18
L3	-12	-	-15
M1	5	-1	-
M2	7	-1	-
H1	10	1	-
H2	10	-1	-

5.1.8. Data logger programı

Data logger sensörlerden elde edilen verileri belirlenen aralıklarda kayıt eden ve depolayan cihazdır. Data loggerdan alınan verileri orchestrator programı yardımıyla bilgisayar ortamında grafiksel verilere dönüştürülmektedir. Bu sayede dolabın iç sıcaklıkları, evaporatörün basınç ve sıcaklık değerleri, sistemin tükettiği güç değerleri incelenerek dolabın performansı hakkında yorum yapılabilir. Şekil 5.4'de orchestratör programının grafiksel verileri gösterilmektedir.



Şekil 5. 4. Orkestratör programı yardımıyla alınan grafik görüntüsü

5.1.9. Şebeke analizörü

Çalışmada kullanılan promosyon tipi dolabın elektrik kullanımını ölçmek için Entes marka MRP-26S-21 modeli analizör kullanılmıştır. Bu analizörden alınan veriler sayesinde dolabın güç tüketimi hakkında bilgi edinmekteyiz. Şebeke analizörü Şekil 5.5’de gösterilmiştir. Cihaz detayları Ek-7’de verilmiştir.



Şekil 5. 5. Entes MRP-26S-21 şebeke analizörü (Anonim, 2022b)

5.2. Yöntem

5.2.1. Test hazırlıkları

Test başlamadan önce dolabın sıcaklığının 24 saat boyunca stabilize olmasına izin verildi. Bu uygulama dolaptaki M-paketlerin çekirdek sıcaklıklarının stabilize olmasını sağlamak ve teste başlamadan önce gerekli sıcaklık değerlerini yakalamak için yapılmıştır.

Dolabın testine başlarken TS EN ISO 23953-2 standardına uygun M paketleri dolaba yüklenmiştir. T tipi termokupl sensörler dolabın ürün yükleme alanına yani teşhir alanına, kompresörün basınç-emiş hattına, evaporatör giriş-çıkış borularına ve kondenser fanın emiş-üfleme bölgesine konularak sıcaklık ölçümleri yapılacaktır.

Termokupl sensörlerden her 60 sn'de bir veri alınmaktadır. Bu verileri orchestratör programı ile grafik olarak çizdirilmiştir. Grafik olarak çizdirilen veriler için performans yorumlaması yapılmıştır.

Analizör yardımıyla dolabın her iki akışkan için çektiği elektrik güçleri ölçülecektir. Ölçümler neticesinde dolabın enerji sınıfı belirlenecektir.

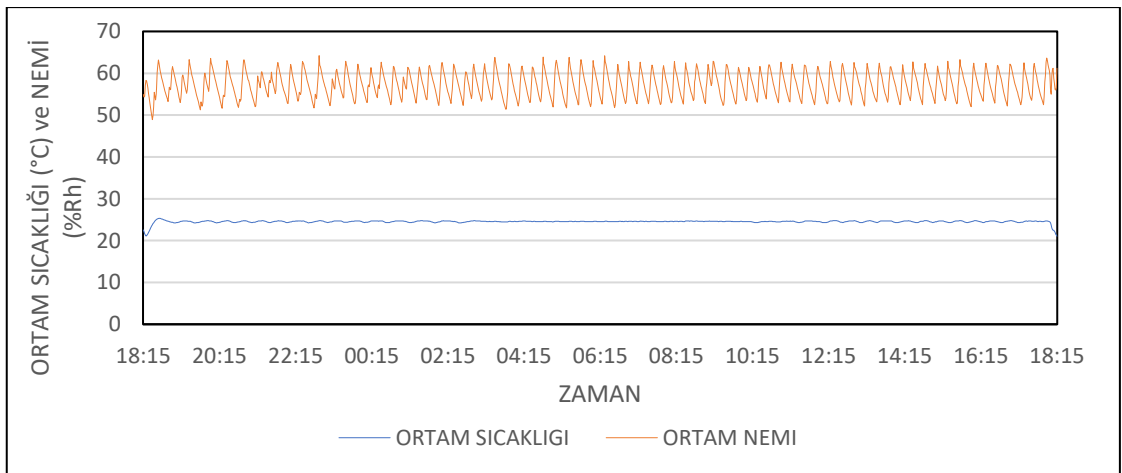
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada dolabın tasarımında herhangi bir değişiklik yapılmadan kompresör ve gaz cinsini değiştirerek dolap üzerindeki soğutma performansı sıcaklık değerleri sensörler yardımıyla ölçülerek incelenecektir. Toplamda 22 adet sıcaklık sensörü takılan test düzeneği için orchestratör programından 22 adet grafik yazdırılması gerekmektedir. Fakat testin sonucunda önem arz eden test odası nem ve sıcak sensörü, teşhir alanındaki 18 adet M paketine takılan sensörlerin ortalama sıcaklıkları, en soğuk M paketinin sıcaklığı, en sıcak M paketinin sıcaklığı, evaporatör giriş çıkış sıcaklıkları, kondenser emiş ve üfleme sıcaklığı ve enerji tüketimini gösteren toplam 7 adet grafik bu çalışmada paylaşılmıştır.

6.1. Araştırma Sonuçları

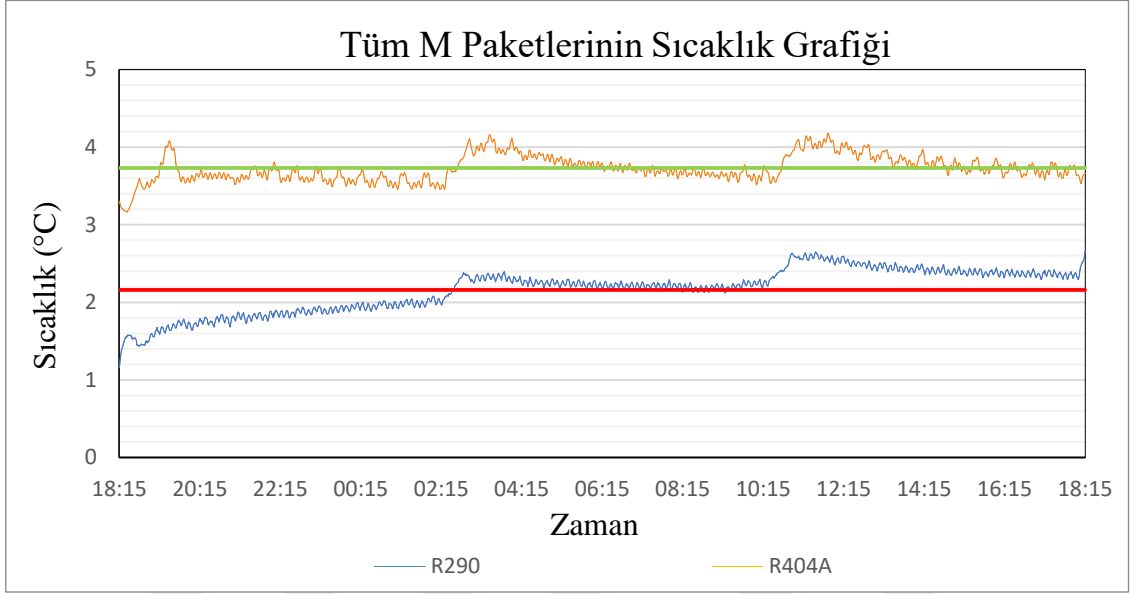
6.1.1. Deneysel ölçümler

Dolabın testini gerçekleştireceğimiz test odasının sıcaklık ve nem sensörlerinden alınan verileri Şekil 6.1'deki grafik de gösterilmektedir. Test odasının ortalama sıcaklık ve nem değerleri 57,23 °C ve %23,53 RH şeklinde ölçülmüştür. Test odasının sıcaklık ve nem değerleri TS EN ISO 23953-2 standardındaki iklim sınıfı 3 şartlarına uygundur.



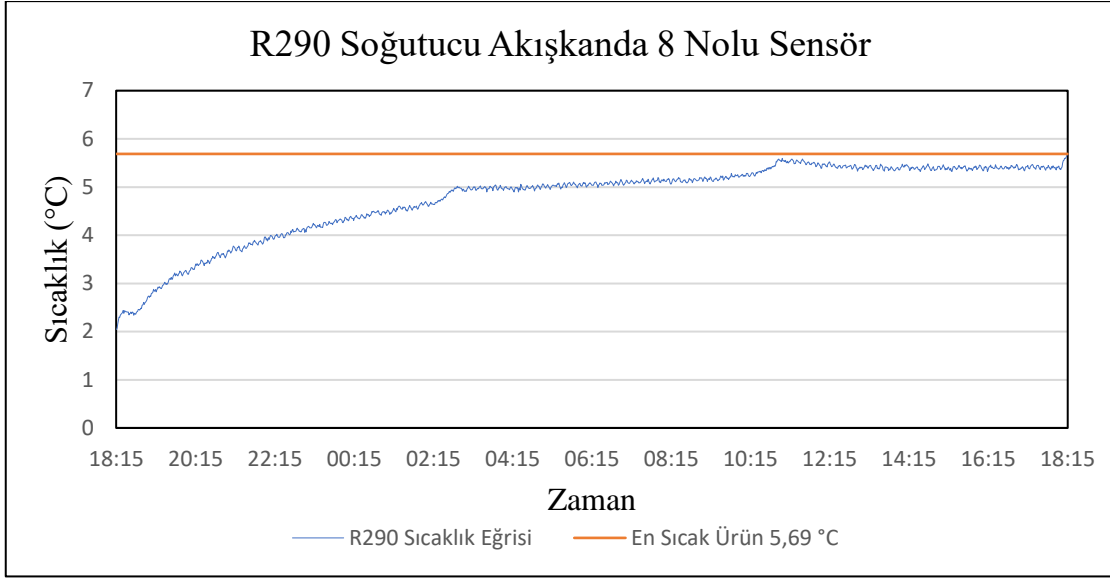
Şekil 6. 1. Test odası sıcaklık ve nem değerleri

Dolabın 24 saat çalışması sonucunda sensör takılan 18 adet M paketinin sıcaklıkları Şekil 6.2'deki grafik de gösterilmektedir. Dolap her iki soğutucu akışkan için ortalama sıcaklık değerleri R290 için 2,16 °C R404A için 3,73 °C olarak hesaplanmıştır. Görselleştirilen ve hesaplanan veriler sonucunda R290 soğutucu akışkan ile çalıştırılan dolabın %73 oranında daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

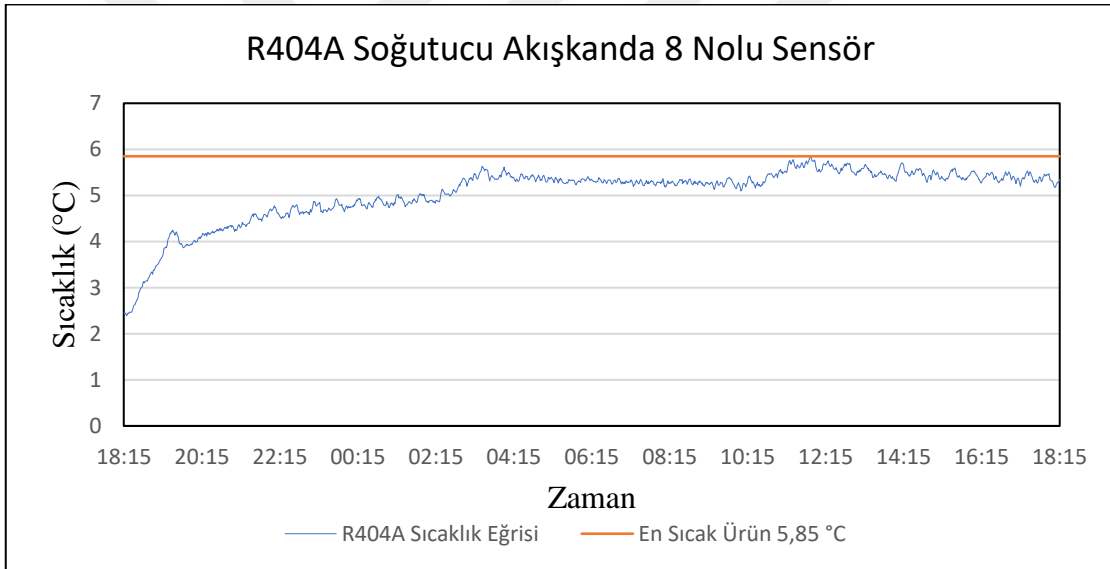


Şekil 6. 2. Tüm M paketlerinin sıcaklık grafiği

8 nolu sensörden alınan sıcaklık verileri Şekil 6.3 ve 6.4'deki grafiklerde gösterilmektedir. 8 nolu sensörün verilerine göre R290 ve R404A soğutucu akışkanlarındaki en sıcak ürünler sırasıyla 5,69 °C ve 5,85 °C ölçülmüştür. En sıcak ürün arasında iki akışkan arasında çok ciddi sıcaklık farkı görülmemektedir.

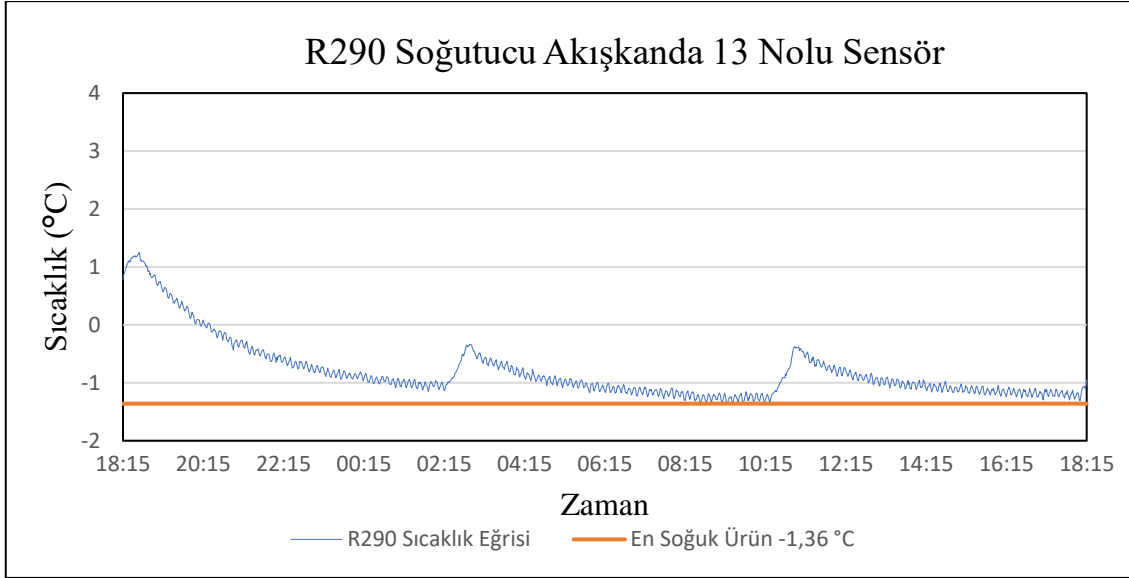


Şekil 6. 3. R290 soğutucu akışkanda en sıcak M paketinin sıcaklık grafiği

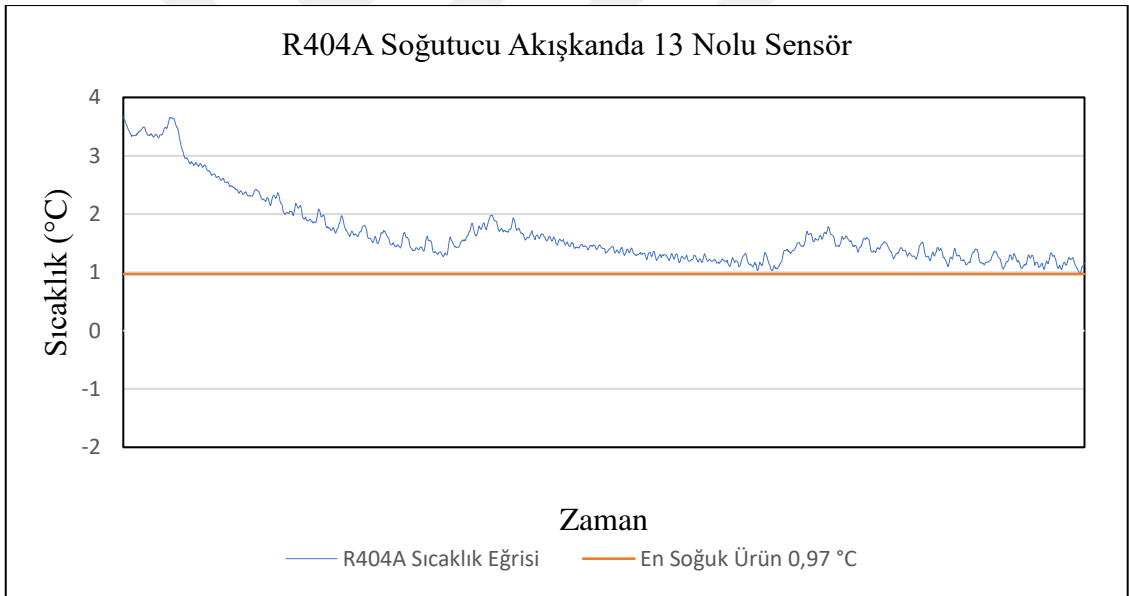


Şekil 6. 4. R404A soğutucu akışkanda en sıcak M paketinin sıcaklık grafiği

13 nolu sensörden alınan sıcaklık verileri Şekil 6.5 ve 6.6'daki grafiklerde gösterilmektedir. 13 nolu sensörün verilerine göre R290 ve R404A soğutucu akışkanlarındaki en soğuk ürünler sırasıyla $-1,36\text{ °C}$ ve $0,97\text{ °C}$ ölçülmüştür. İki soğutucu akışkan arasında en soğuk ürünler arasında $2,33\text{ °C}$ fark görülmektedir. R290 soğutucu akışkanın soğutma verimliliği test dolabı için daha iyi sonuçlar vermektedir.

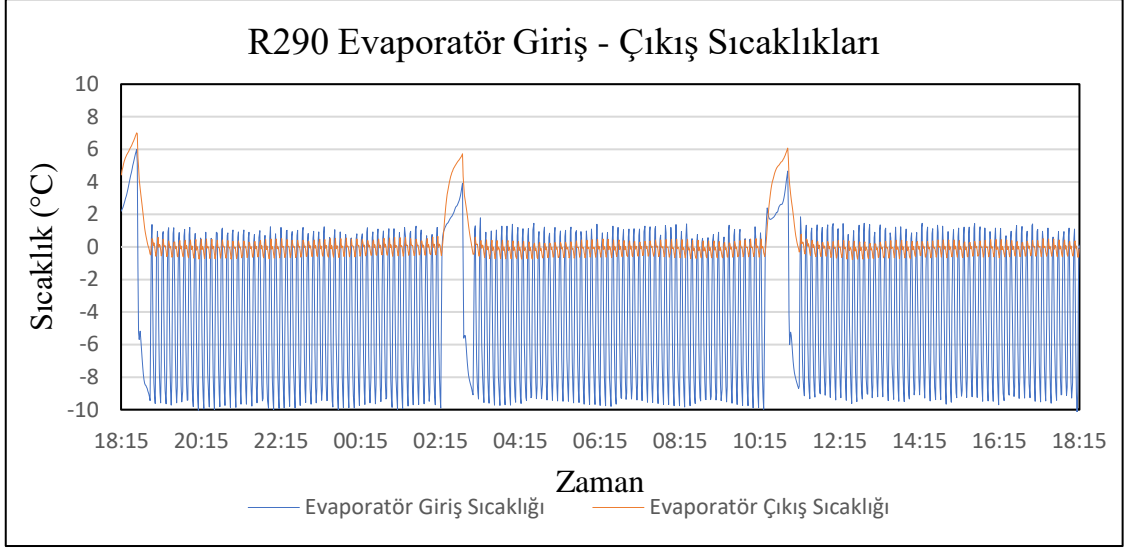


Şekil 6. 5. R290 soğutucu akışkanda en soğuk M paketinin sıcaklık grafiği

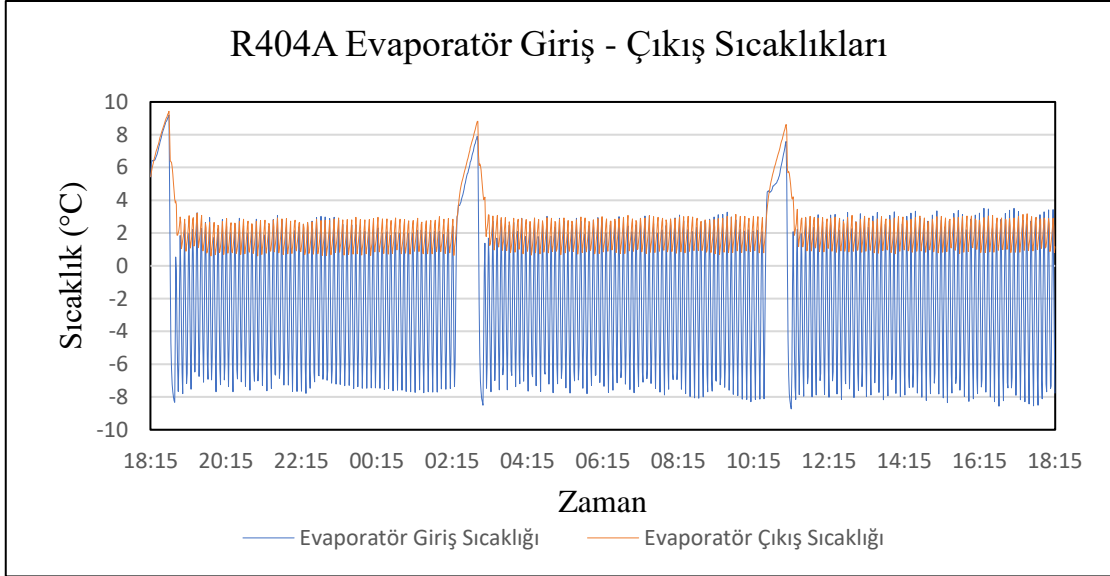


Şekil 6. 6. R404A soğutucu akışkanda en soğuk M paketinin sıcaklık grafiği

Evaporatörün giriş ve çıkış borularına bağlanan termokupl sensörler sayesinde evaporatörden de veriler alınmaktadır. Bu alınan sıcaklık verileri Şekil 6.7 ve 6.8'deki grafiklerde gösterilmektedir. Evaporatörün giriş sıcaklığı R290 ve R404A için sırasıyla -10,38 °C ve -8,73 °C şeklindedir. Bu değerlere göre R290 soğutucu akışkanı R404A'ya göre %18 daha verimli olduğu hesaplanmıştır.



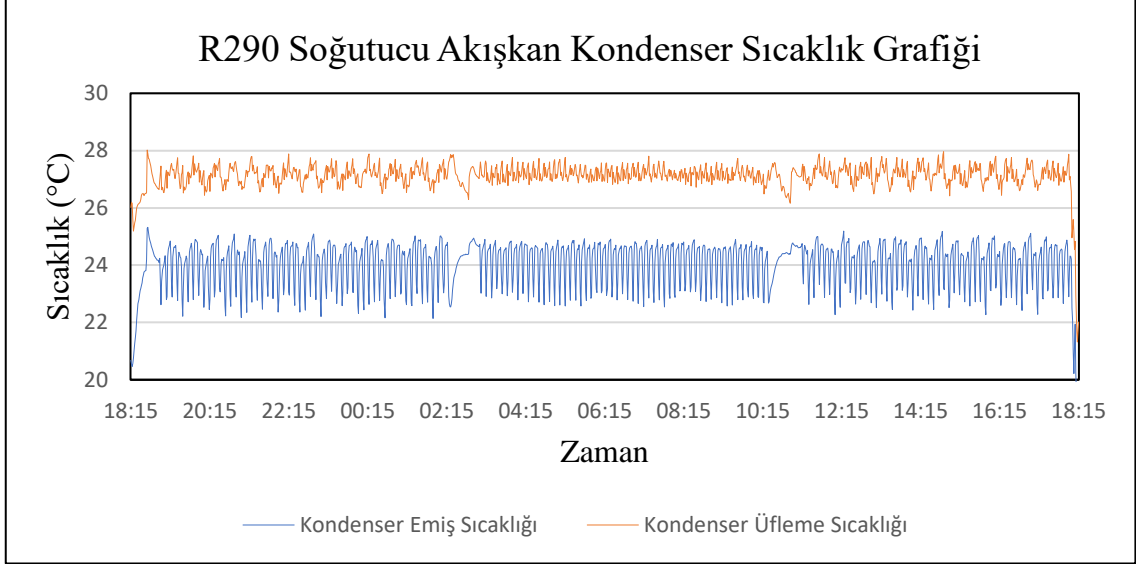
Şekil 6. 7. R290 soğutucu akışkanda evaporatör giriş ve çıkış sıcaklık grafiği



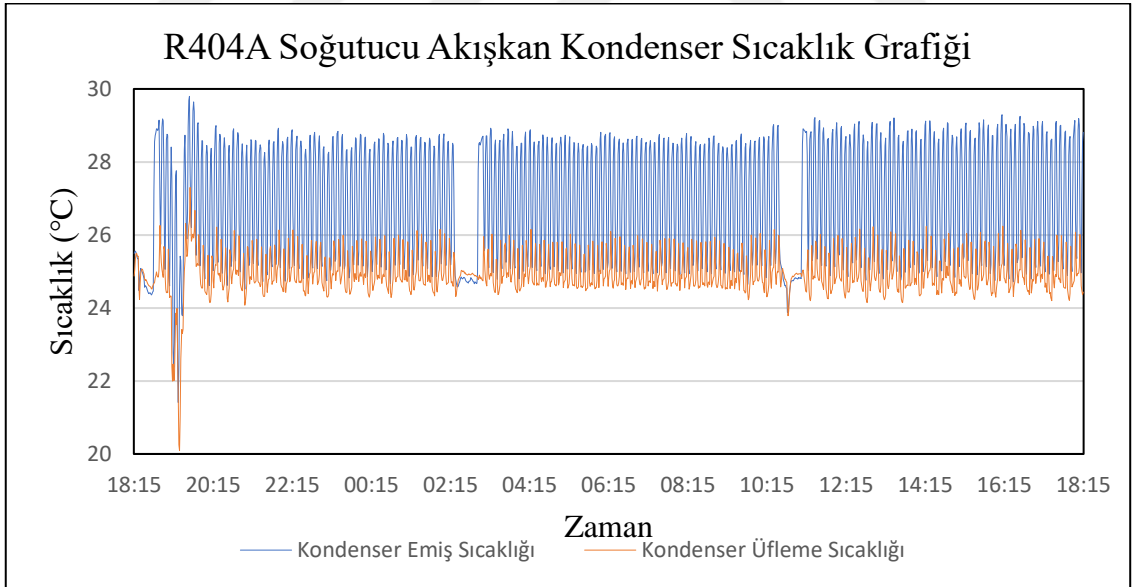
Şekil 6. 8. R404A soğutucu akışkanda evaporatör giriş ve çıkış sıcaklık grafiği

Kondenserin emiş ve üfleme yaptığı bölgelere termokupl sensörler yerleştirilmiştir. Bu sensörlerin yerleştirilme amacı seçim yapılmış olan kondenserin sistem için yeterli olup olmadığını tayin etmek içindir. Kondenserin emiş ve üfleme yaptığı sıcaklık grafikleri Şekil 6.9 ve 6.10'da gösterilmektedir. R290 ve R404A akışkanları için sistemde aynı kondenser kullanılmıştır. R290 soğutucu akışkan kullanılan sistemde ortamdaki emdiği 25 °C sıcaklığındaki havayı kondenserden 28 °C olarak atmaktadır. R290 kullanılan sistem için kondenser ΔT sıcaklık farkı 3 olarak çıkmaktadır. R404A soğutucu akışkan kullanılan sistemde ortamdaki emdiği 25 °C sıcaklığındaki havayı kondenserden 29,8 °C olarak atmaktadır. R404A kullanılan sistem için kondenser

ΔT sıcaklık farkı 4,8 olarak çıkmaktadır. Her iki soğutucu akışkan içinde kondenserde hararet görülmemektedir. Hatta kondenser kapasitelerinde R290 ve R404A için sırasıyla %57 ve %21 oranında küçülme yapılabilir.



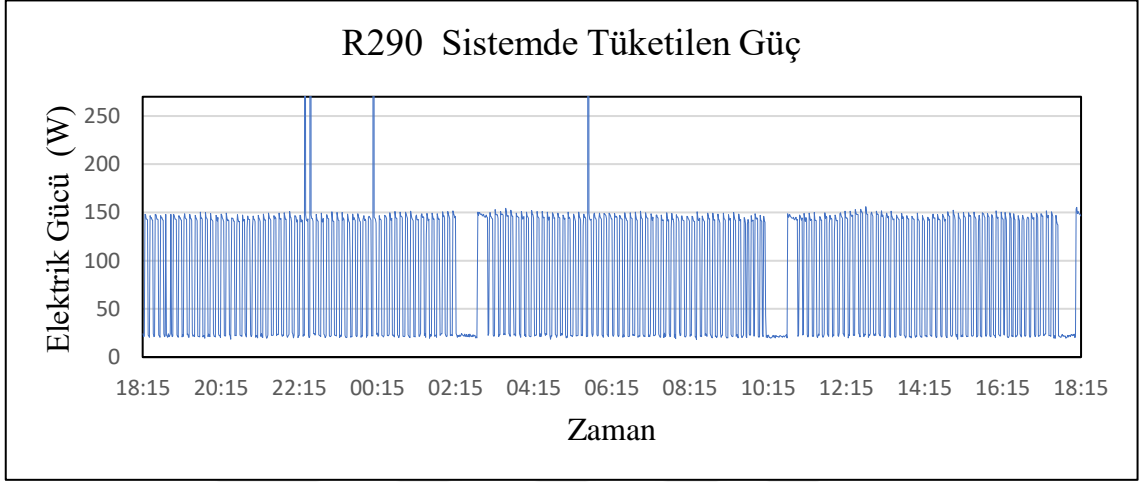
Şekil 6. 9. R290 soğutucu akışkanda kondenser emiş ve üfleme sıcaklık grafiği



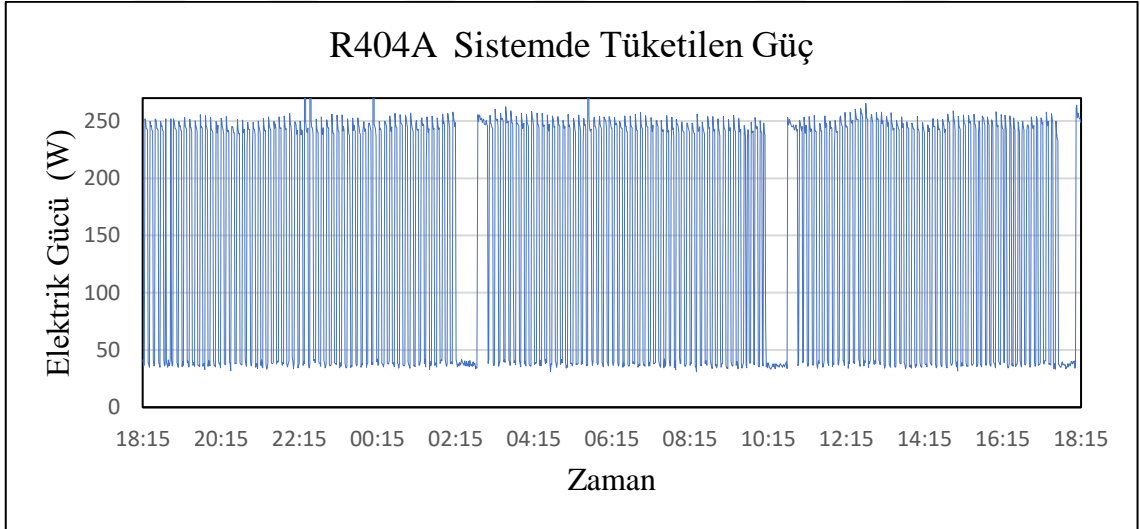
Şekil 6. 10. R404A soğutucu akışkanda kondenser emiş ve üfleme sıcaklık grafiği

R290 ve R404A soğutucu akışkanlı sistemlerin Şekil 6.11 ve 6.12’de 24 saatlik güç tüketimi gösterilmektedir. Çalıştırma şartları 220V- 50 Hz şeklindedir. EMC 3121U R290 kompresörü 4 dakika çalışıp 4 dakika durmaktadır. Defrost süreleri ile birlikte 24 saatlik periyotta kompresörün 12 saat 13 dakika çalıştığı hesaplanmıştır. EMT 6165GK

R404a kompresörü ise 3,5 dakika çalışıp 3,5 dakika durmaktadır. Defrost süreleri ile 24 saatlik periyotta kompresörün 11 saat 32 dakika çalıştığı hesaplanmıştır. R290 ve R404A soğutucu akışkanların kullanıldığı sistemlerde ortalama 24 saatlik güç tüketimi sırasıyla 95 ve 155 Watt hesaplanmıştır. R290 soğutucu akışkan kullanılan sistem %63 oranında daha az enerji harcamaktadır.



Şekil 6. 11. R290 soğutucu akışkanlı dolabın enerji tüketimi



Şekil 6. 12. R404A soğutucu akışkanlı dolabın enerji tüketimi

6.1.2. Enerji sınıfının belirlenmesi

Bir ticari teşhir dolabının enerji sınıflandırılması yapılırken, dolabın günlük veya yıllık olarak tükettiği enerjinin yanında dolabın tipi, hacmi, M paket sıcaklıkları birer etmen teşkil etmektedir.

Bu etmenleri bir arada tutarak yapılan hesaba enerji indeks değeri “EEI” elde edilir. EU 2019/2018 Regülasyonuna göre enerji sınıflarının, enerji indeks değer aralıklarını gösterildiği Çizelge 6.1’de gösterilmektedir (Anonymous, 2022a).

Çizelge 6. 1. EU 2019/2018 regülasyonunda yayımlanan enerji sınıfları (Anonymous, 2022a)

Enerji Verimliliği Sınıfı	EEI
A	$EEI < 10$
B	$10 \leq EEI < 20$
C	$20 \leq EEI < 35$
D	$35 \leq EEI < 50$
E	$50 \leq EEI < 65$
F	$65 \leq EEI < 80$
G	$EEI \geq 80$

Dolabın enerji sınıfının belirlenmesinde kullanılacak formüller Denklem 6.1, 6.2 ve 6.3’de verilmiştir (Anonymous, 2022a).

$$EI = \frac{AE}{SAE} \times 100 \quad (6.1)$$

$$AE = 365 \times E_d \quad (6.2)$$

$$SAE = 365 \times P(M + N \times Y)] \times C \quad (6.3)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan terimler;

EEI; Enerji indeks değeri

AE; Yıllık enerji tüketim değeri (kWh/yıl)

SAE; Standart yıllık enerji tüketimi. (kWh/yıl)

E_d ; Ortalama Günlük Enerji Tüketimi

Y; Dolabın Toplam Teşhir Alanı (TTA)

SAE denkleminde yer alan M, N ve C sabit değerlerdir. Bu değerler EU 2019/2018 Regülasyonunda yayımlanan tablolardan kullanılacaktır. EU 2019/2018 Regülasyonunda yayımlar Çizelgeler 6.2, 6.3 ve 6.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 6. 2. EU 2019/2018 regülasyonunda yayınlanan M ve N sabit değerleri

Katagori	M Değeri	N Değeri
İçecek soğutucuları	2,1	0,006
Dondurma dondurucular	2	0,009
Soğutmalı otomatlar	4,1	0,004
Dikey süpermarket buzdolabı dolapları	9,1	9,1
Yatay süpermarket buzdolabı dolapları	3,7	3,5
Dikey süpermarket dondurucu dolapları	7,5	19,3
Yatay süpermarket dondurucu dolapları	4	10,3

Çizelge 6. 3. EU 2019/2018 regülasyonunda yayınlanan C sabit değerleri

Katagori	Sıcaklık Sınıfı	En Sıcak M Paketinin Sıcaklığı °C	En Soğuk M Paketinin Sıcaklığı °C	C değeri
Dikey süpermarket buzdolabı dolapları	M2	$\leq +7$	≥ -1	1
	H1-H2	$\leq +10$	≥ -1	0,82
	M1	$\leq +5$	≥ -1	1,15
Yatay süpermarket buzdolabı dolapları	M2	$\leq +7$	≥ -1	1
	H1-H2	$\leq +10$	≥ -1	0,92
	M1	$\leq +5$	≥ -1	1,08
Dikey süpermarket dondurucu dolapları	L1	≤ -15	-	1
	L2	≤ -12	-	0,9
	L3	≤ -12	-	0,9
Yatay süpermarket dondurucu dolapları	L1	≤ -15	-	1
	L2	≤ -12	-	0,92
	L3	≤ -12	-	0,92

Çizelge 6. 4. EU 2019/2018 regülasyonunda yayınlanan P sabit değerleri

Kabin Tipi	P değeri
Entegre süpermarket dolapları	1,1
Doğrudan satış fonksiyonlu diğer soğutma cihazları	1

6.1.3. Dolabın toplam teşhir alanının (TTA) belirlenmesi

Promosyon tipi dolabın teşhir alanı TS EN ISO 23953-2 standardında verilmiş yönlendirmelere göre yapılmıştır.

Dolabın toplam teşhir alanı metre kare cinsinden, görünür gıda maddelerinin yatay ve düşey iz düşüm alanlarının toplamından çıkmaktadır. Çok katlı ve yarı düşey dolaplarda, yatay iz düşüm alanı rafların ön bölümüne yerleştirilen görünür gıda maddelerinin dikkate alınması için yerden itibaren 1,55 m'ye yerleştirilen bir düzlemden ölçülür.

Toplam teşhir alanının hesaplanması Denklem 6.4'de verilmiştir (Anonim, 2022a).

$$TTA = (H_o \times L_{oh}) + (H_g \times T_{gh} \times L_{gh}) + (V_o \times L_{ov}) + (V_g \times T_{gv} \times L_{gv}) \quad (6.4)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan terimler;

TTA; Toplam teşhir alanı,

H; Metre cinsinden, iz düşüm derinliği,

V; Metre cinsinden, iz düşüm yüksekliği,

L; Metre cinsinden, uç duvarları hariç dolap uzunluğu,

T_g; Cam yüzeyin ışık geçirme yüzdesi,

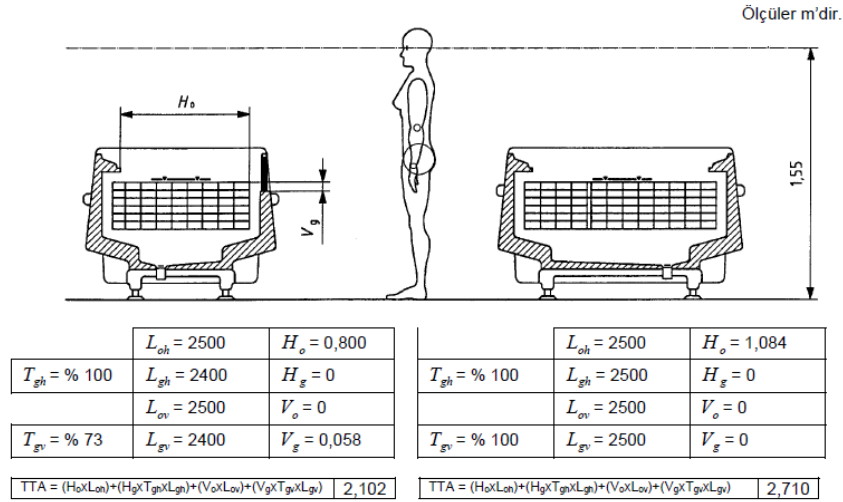
o indisi; Açık yüzey,

g indisi; Cam yüzey,

h indisi; Yatay,

v indisi; Düşey,

Şekil 6.13'de örnek TTA hesabı gösterilmektedir. Cam yüzeyin ışık geçirme yüzdesi Çizelge 6.5'de gösterilmektedir.



Şekil 6. 13. Promosyon tipi dolabın TTA örnek hesabı (Anonim, 2022a)

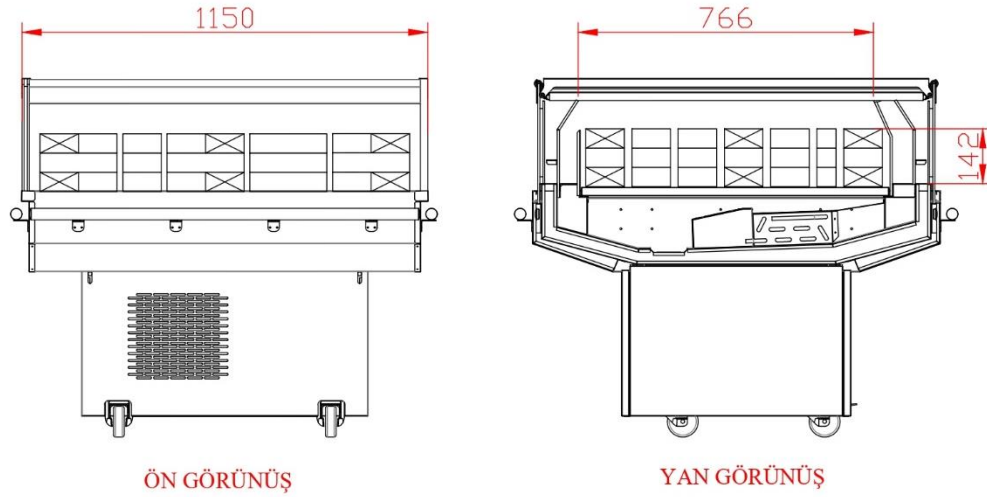
Çizelge 6. 5. Cam yüzey ışık geçirme yüzdeleri (Anonim, 2022a)

Cam Tüzey Tipi	T_g Işık geçirme yüzdesi
Tek yansıtmasız cam	%98
Tek cam	%90
Çift cam veya iki tek cam	%81
Kaplamasız üçlü cam	%73

6.1.4. Dolabın EEI ve TTA Hesabı

Test dolabının TTA ve EEI hesaplanması yukarıda verilen direktiflere uyarak yapılacaktır.

Test dolapları aynı olduğundan dolayı TTA alanında bir değişiklik olmayacaktır. Fakat iki soğutucu akışkan için EEI değerinde farklılıklar olacaktır. TTA' nın hesaplanmasında kullanılacak olan ölçüler dolabın yan ve ön kesitinden ölçüler alınarak yapılmıştır. Şekil 6.14'de dolabın ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 6. 14. TTA hesabı için alınan ölçüler

$$TTA = (0,76 \times 1,15) + (0,142 \times 0,98 \times 1,15) = 1,034$$

R290 soğutucu akışkan için EEI hesabı;

Tablolardan alınan sabit değerler;

$$P=1 - M=3,7 - N=3,5 - TTA=1.034 - C=1,08 E_d= 95W$$

$$EEI = \frac{832,2}{3173,66} \times 100 = 26,22$$

$$AE = 365 \times 2,28 = 832,2$$

$$SAE = 365 \times 1,1(3,7 + 3,5 \times 1,034) \times 1,08 = 3173,66$$

R404A soğutucu akışkan için EEI hesabı;

$$EEI = \frac{1357,8}{3173,66} \times 100 = 42,78$$

$$AE = 365 \times 3,72 = 1357,8$$

$$SAE = 365 \times 1,1(3,7 + 3,5 \times 1,034)] \times 1,08 = 3173,66$$

R290 ve R404A soğutucu akışkanlı sistemlerin enerji sınıfları sırasıyla C ve D çıkmaktadır.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada sadece sistemde sadece kompresör bileşenini değiştirerek M paketlerindeki sıcaklık değişimleri ölçülmüştür. Bu ölçümler neticesinde soğutucu akışkanın dolap üzerindeki soğutma performansı incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında çıkan sonuçlar şunlardır;

Testi yapılan R290 soğutucu akışkanlı sistem için M1 sınıfına daha yakın bir performans göstermektedir. R404A soğutucu akışkanlı sistem ise M2 sınıfına daha yakın performans göstermiştir.

R290'lı sistem R404A'lı sisteme göre ortalama ürün sıcaklıkları arasındaki fark 1,57 °C olarak ölçülmüştür. Bu sebepten dolayı R290'lı sistemin dolap içerisindeki soğutma verimliliği daha yüksektir.

8 numaralı sensörün bulunduğu bölge, diğer bölgelere göre daha az soğutulduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi dolabın hava sirkülasyonunun homojen bir dağılım göstermediği şeklinde yorumlanabilir.

R404A ve R290 soğutucu akışkanlarının aynı kondenserde ısı atma performansları incelendiğinde R290 soğutucu akışkanlı çevrim kondenserde %57 oranında daha iyi iş yapmaktadır.

R404A soğutucu akışkanlı sistemin kondenser kapasitesi R290'dan %33 daha büyüktür. Bu sebepten R290 kullanılan sistemlerde kondenseri %30 kadar küçük bir kapasite ile aynı soğutma verimi alınabilir.

R404A sistemin kompresör soğutma kapasitesi R290 sisteme göre %17 daha büyüktür. Bu sebepten dolayı R404A soğutucu akışkanlı sistemin enerji tüketimi daha yüksektir.

R404A sistemin sadece kompresörü değiştirilerek R290 soğutucu akışkanlı bir sisteme dönüştürülmesinde herhangi bir sorun görünmemektedir.

Her iki soğutucu akışkan için evaporasyon sıcaklıkları incelendiğinde R290 ve R404 için sırasıyla -10,38°C ve -8,73°C olduğu görülmüştür. Buradan çıkarabileceğimiz sonuç daha az gaz şarjı ile R404A'nın sağladığı soğutma kapasitesini R290 soğutucu akışkanla sağlanabileceğidir.

R290 ve R404A soğutucu akışkana sahip dolabın enerji tüketimleri incelendiğinde R290'lı sistem %63 oranında daha az enerji tükettiği görülmüştür.

7.2 Öneriler

Dolap tasarımında hava sirkülasyonu önemlidir. Bu sirkülasyon dolap içerisinde, homojen dağıtılabılırsa ürün sıcaklık değerlerindeki sapmalar minimum seviyede gözlemlenebilir.

R290 soğutucu akışkanın R404A'ya göre kondenser verimliliği daha iyi sonuç vermiştir. Bu sebepten dolayı sistemde fan hız kontrol cihazı kullanarak fan motorunun dönüş hızının azaltılması ile kullanılan elektrik enerjisinde azaltmalar görülebilir.

Kondenser fan hızının azaltılması kondenserin verimliliğini düşürecektir. Fakat bu durum dolabın daha sessiz çalışmasını sağlayacaktır. Gürültüden dolayı müşteri şikayetlerinde azalmalar görülecektir.

R290 soğutucu akışkanlı sistemlerde daha az gaz şarjı olacağından dolayı daha küçük çaplı borular ve daha küçük kondenserler kullanılabilir. Kondenserin küçülmesi ile birlikte dolabın teşhir alanında artış meydana gelecektir.

KAYNAKLAR










- Anonim, 2021a, Hermetik kompresör [online], Frigoduman, <https://www.frigoduman.com.tr/mx21tba-danfoss-1-hp-r404a-hbp-123b2708-p60> [Ziyaret Tarihi: 01 Ocak 2021].
- Anonim, 2021b, Vitrin evaporatör [online], ATM, <https://atm-tr.com/products/yaprakli-batarya-esanjorler/oem-kondanser-ve-evaporatorler/> [Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2021].
- Anonim, 2021c, Hava soğutmalı kondenser [online], Çiğdem Soğutma, <https://www.cigdemsogutma.com/kondanser-gk-50-500-luk-tek-fanli-50-m%C2%B2--fan-dahil-degildir-!--cigdem-342> [Ziyaret Tarihi: 10 Nisan 2021].
- Anonim, 2021d, Kılcal boru [online], Ottocool, <https://www.ottocool.com/urun/endustriyel-kilcal-borular> [Ziyaret Tarihi: 25 Mayıs 2021].
- Anonim, 2021e, Bakır kurutucu filtre [online], Cantaş Soğutma <https://cantas.com/urun/dena-135-gr-kurutucu-filtre-635-250-sae/> [Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2021].
- Anonim, 2021f, Refnox gözetleme camı [online], Frigotek Soğutma, <https://frigoteksogutma.com/urun/123/Gozetleme-Cami> [Ziyaret Tarihi: 10 Temmuz 2021].
- Anonim, 2021g, Titreşim alıcı (online), Yılmaz Soğutma, <http://www.yilmazsogutma.com.tr/product?id=839> [Ziyaret Tarihi: 12 Eylül 2021].
- Anonim, 2021h, Geleneksel Yağ ayırıcı [online], Güven Soğutma, <http://www.gvn.com.tr/Default.asp?P=0&L=1&K=0&K1=35> [Ziyaret Tarihi: 13 Eylül 2021].
- Anonim, 2021ı, Likit tankı [online], Güven Soğutma, <http://www.gvn.com.tr/Default.asp?P=0&L=1&K=0&K1=49> [Ziyaret Tarihi: 13 Eylül 2021].
- Anonim, 2021j, Emiş Hattı Akümülatörü [online], Güven Soğutma, <http://www.gvn.com.tr/Default.asp?P=0&L=1&K=0&K1=29> [Ziyaret Tarihi: 13 Eylül 2021].
- Anonim, 2021k, Refnox çek valf [online], Aday İklimlendirme, <https://adayiklimlendirme.com/urun/adayiklimlendirme/refnox-cek-valf> [Ziyaret Tarihi: 13 Eylül 2021].
- Anonim, 2022a, TS EN ISO 23953-2 [online], Türk Standardı, <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073085116084118083075098101113066047> [Ziyaret Tarihi: 22 Haziran 2022].
- Anonim, 2022b, Şebeke analizörü [online], Entes, <https://www.entes.com.tr/mpr-26s-21/> [Ziyaret Tarihi: 22 Haziran 2022].
- Anonymous, 2022a, Commission delegated regulation (EU) 2019/2018 [online], EUR-lex, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2018> [Ziyaret Tarihi: 25 Haziran 2022].
- Aslan, U., Ekren, O., Erdoğan, S., Gürel, A., Karadeniz, H., Karaman, B. ve Satoğlu, B., 2020, Florlu Sera Gazları Yönetmeliği ve Güncel Soğutucu Akışkanlar, *Soğutma Dünyası Sayı:89.*, İzmir, 44-48.

- Atalay, H., 2011, Soğutucu Akışkan Ve Çevrimlerin Termodinamik ve Termofiziksel Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 119.
- Başaran, A. ve Özgener, L., 2013, Doğaya Zararlı Halokarbon Soğutkanların Çevresel Etkileri Ve Alınan Önlemler, *Mühendis ve Makina*, 54 (640), 45-53.
- Biçen, E., 2021, Raftan Soğutmalı Ticari Tip Dondurucularda R404a Soğutucu Akışkanın Yerine Soğutucu Akışkan R290 Kullanımının Soğutma Performansı Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, 75.
- Bolaji, B. ve Huan, Z., 2013, Ozone depletion and global warming: Case for the use of natural refrigerant – a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 49-54.
- Bortolini, M., Gamberi, M., Gamberini, R., Graziani, A., Lolli, F. ve Regattieri, A., 2015, Retrofitting of R404a commercial refrigeration systems using R410a and R407f refrigerants, *International Journal of Refrigeration*, 55, 142-152.
- Bulut, H., 2017, Soğutma Ve Klima Tekniği Ders Notu, 246.
- Çengel, Y. ve Boles, M., 1996, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, *Literatür Yayıncılık*, İstanbul.
- Daloğlu, A. C., 2020, Soğutma teknikniği-1.bölüm Ders Notu.
- Demirci, E., Özkaymak, M., Koşan, M., Akkoç, A. ve Aktaş, M., 2020, Doğal Soğutucu Akışkan Kullanımında Gelişmeler, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (3), 184-199.
- Devotta, S., Waghmare, A., Sawant, N. ve Domkundwar, B., 2001, Alternatives To Hcfc-22 For Air Conditioners, *Applied Thermal Engineering*, 21 (6), 703-715.
- European Union, 2014, Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing regulation (EC) no 842/2006, *Official Journal of European Union*, 57, 195-230.
- Hwang, Y., Jin, D. ve Radermacher, R., 2007, Comparison of R-290 and two HFC blends for walk-in refrigeration systems, *International Journal of Refrigeration*, 30 (4), 633-641.
- İsa, K. ve Onat, A., 2012, İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Enerji Verimliliği, *Doğa Yayıncılık*, İstanbul, 114.
- İsa, K., 2016, AB Florlu Sera Gazları (F-Gaz) Yönetmeliği, *Doğa Yayıncılık*, İstanbul, 44.
- Kaya, S., 2009, Performance Comparison On The Vapour Compression Refrigeration System When Retrofitting From R22 to R404A. Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 60.
- Kilicarslan, A. ve Hosoz, M., 2010, Energy and irreversibility analysis of a cascade refrigeration system for various refrigerant couples, *Energy Conversion and Management*, 51 (12), 2947-2954.
- Kızılkkan, Ö., 2015, A Comparative Investigation of Natural Refrigerants: A Case Study For Cold Storage Application, *SDU International Journal of Technological Science*, 7 (3), 184-199.
- Llopis, R., Sanchez, D., Sanz-Kock, C., Cabello, R. ve Torrella, E., 2015, Energy and environmental comparison of two-stage solutions for commercial refrigeration at low temperature: Fluids and systems, *Applied Energy*, 138, 133-142.
- Llopis, R., Calleja-Anta, D., Sanchez, D., Nebot-Andres, L., Catalan-Gil, J. ve Cabello, R., 2019, R-454C, R-459B, R-457A and R-455A as low-GWP replacements of R-404A: Experimental evaluation and optimization, *International Journal of Refrigeration*, 106, 133-143.

- Makhnatch, P., Babiloni, A., Rogstam, J. ve Khodabandeh, R., 2017, Retrofit of lower GWP alternative R449A into an existing R404A indirect supermarket refrigeration system, *International Journal of Refrigeration*, 184-192.
- McCulloch, A., 1999, CFC and Halon replacements in the environment, *Journal of Fluorine Chemistry*, 100, 163-173.
- Neksa, P., 2004, CO₂ as refrigerant for systems in transcritical operation principles and technology status Part I, *Journal of EcoLibrium*, 28-33.
- Özkoç, N., 2016, Uygulamalı Soğutma Tekniği, *Makine Mühendisleri Odası Yayını*, Ankara.
- Özmen, T., 2009, Sera Gazı – Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü, *TMH*, 453, 43-46.
- Poggi, F., Macchi-Tejeda, H., Leducq, D. ve Bontemps, A., 2008, Refrigerant charge in refrigerating systems and strategies of charge reduction, *International Journal Of Refrigeration*, 31 (3), 353-370.
- Riffat, S., Afonso, C., Oliveirat, A. ve Reay, D., 1997, Natural Refrigerants For Refrigeration And Air-Conditioning Systems, *Applied Thermal Engineering*, 17 (1), 33-42.
- Sapali, S. ve Choudhari, C., 2017, Performance Investigation of Natural Refrigerant R290 as a Substitute to R22 in Refrigeration Systems, *Energy Procedia*, 109, 346-352.
- Spatz, M. ve Motta, S., 2004, An evaluation of options for replacing HCFC-22 in medium temperature refrigeration systems, *International Journal of Refrigeration*, 27 (5), 475-483.
- Tuzcu, H. ve Güngör, A., 2013, Süpermarket Soğutma Sistemleri Ve Enerji Kongresi Verimliliğinin Artırılması Amaçlı İzmir`de Bir Süpermarket Soğutma Sisteminin İncelenmesi, *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Soğutma Teknolojileri Sempozyumu*, İzmir, 523-543.
- Yıldırım, R., Kumaş, K. ve Akyüz, A., 2021, Soğutma Sisteminde R404A Yerine R454C Soğutucu Akışkanın Kullanılmasının İncelenmesi: Enerji ve Çevresel Analizi, *Teknik Bilimleri Dergisi*, 11 (2), 47-51.

EKLER

EK-1 EMT6165GK Kompresör Teknik Dokümanlar

COMPRESSOR TECHNICAL DATA		embraco Nidec	
EMT6165GK			
	 ENGINEERING CODE 513306212	 REFRIGERANT R-404A	
	 POWER SUPPLY 220-240 V 50 Hz	 APPLICATION MBP	
	 MOTOR TYPE CSIR	 STANDARD EN12900	
 COOLING CAPACITY 465 W	 EFFICIENCY 1.69 W/W		
DATA			
GENERAL DATA			
Model	EMT6165GK		
Type	Hermetic Reciprocating		
Technology	ON/OFF		
Compressor Application	MBP		
Expansion Device	Capillary Tube or Expansion Valve		
Compressor Cooling	Fan/220		
HP	1/3		
Starting Torque	HST		
Plant	BRAZIL		
ELECTRICAL DATA			
Start Winding Resistance	18.8 Ω at 25°C		
Run Winding Resistance	10.9 Ω at 25°C		
Locked Rotor Amperage (LRA) 50Hz	10.4 A		
Rated Load Amperage (LMBP) at 50 Hz	2.6 A		
Rated Load Amperage (HBP) at 50 Hz	2.8 A		

MECHANICAL DATA

Displacement	5.19 cm ³
OIL Charge	180 ml
OIL Type	ESTER
OIL Viscosity	ISO22
Weight	7.8 Kg

ELECTRICAL COMPONENTS

Start Capacitor	53-64 μ f/330 V
CSR CSIR BOX	No
Starting Device Type	RELAY
Overload Protection	T0571/G6

EXTERNAL CHARACTERISTICS

Base Plate	SMALL EUEM
Tray Holder	YES

Connector	Internal Diameter	Shape	Material
Suction	6.1 mm	SLANTED 42° UP + 45° TO BACK	COPPER
Discharge	4.94 mm	SLANTED PARALLEL BP+24° TO BACK	COPPER
Process	6.1 mm	SLANTED 45° UP + 45° TO BACK	COPPER

PERFORMANCE

TESTED CONDITIONS

Tested Refrigerant	R-404A
Tested Application	MBP
Tested Standard	EN12900
Tested Cooling	Fan
Tested Voltage	220 V
Tested Frequency	50 Hz
Max Refrigerant Charge	250 g
Refrigerant Temperature	Dew

RATED POINTS

Condensing Temperature °C	Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
45	-10	465	1.69	276	-	13.97

Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

PERFORMANCE CURVE

Condensing Temperature 35°C

Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
-20	372	1.73	215	-	9.63
-15	460	1.99	231	-	12.03
-10	562	2.24	251	-	14.82
-5	679	2.51	271	-	18.08
0	813	2.82	288	-	21.92
5	965	3.21	301	-	26.43
10	1137	3.72	306	-	31.70

Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

PERFORMANCE CURVE

Condensing Temperature 45°C

Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
-20	302	1.28	236	-	8.90
-15	378	1.49	253	-	11.24
-10	465	1.69	276	-	13.97
-5	565	1.88	301	-	17.17
0	680	2.08	327	-	20.95
5	809	2.30	351	-	25.39
10	956	2.58	371	-	30.60

Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

PERFORMANCE CURVE

Condensing Temperature 55°C

Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
-10	367	1.28	287	-	12.99
-5	448	1.43	315	-	16.12
0	541	1.57	346	-	19.81
5	647	1.71	378	-	24.18
10	767	1.88	408	-	29.31

Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

EK-2 EMC3121U Kompresör Teknik Dokümanlar

COMPRESSOR TECHNICAL DATA



EMC3121U



ENGINEERING CODE
513301690

REFRIGERANT
R-290

POWER SUPPLY
220-240 V 50 Hz

APPLICATION
L/MBP

MOTOR TYPE
RSCR

STANDARD
EN12900



COOLING CAPACITY
396 W

EFFICIENCY
2.44 W/W

DATA

GENERAL DATA

Model	EMC3121U
Type	Hermetic Reciprocating
Technology	ON/OFF
Compressor Application	L/MBP
Expansion Device	Capillary Tube
Compressor Cooling	Fan/220
HP	1/4
Starting Torque	LST
Plant	MEXICO

ELECTRICAL DATA

Start Winding Resistance	20.76 Ω at 25°C
Run Winding Resistance	16.4 Ω at 25°C
Locked Rotor Amperage (LRA) 50Hz	5.8 A
Rated Load Amperage (LMBP) at 50 Hz	1.4 A

MECHANICAL DATA

Displacement	5.19 cm ³
Oil Charge	150 ml
Oil Type	ESTER
Oil Viscosity	ISO10
Weight	6.8 Kg

ELECTRICAL COMPONENTS

CSR CSIR BOX	No
Starting Device Type	PTC
Overload Protection	4TM232KFBYY-53

EXTERNAL CHARACTERISTICS

Base Plate	UNI
------------	-----

Connector	Internal Diameter	Shape	Material
Suction	6.5 mm	STRAIGHT	COPPER
Discharge	6.5 mm	STRAIGHT	COPPER
Process	6.5 mm	STRAIGHT	COPPER

PERFORMANCE

TESTED CONDITIONS

Tested Refrigerant	R-290
Tested Application	MBP
Tested Standard	EN12900
Tested Cooling	Fan
Tested Voltage	220 V
Tested Frequency	50 Hz
Max Refrigerant Charge	150 g
Refrigerant Temperature	Dew

RATED POINTS

Condensing Temperature °C	Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
45	-10	396	2.44	162	-	4.87

Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

PERFORMANCE CURVE

Condensing Temperature 35°C

Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
-35	148	1.59	93	-	1.62
-30	191	1.84	104	-	2.11
-25	244	2.12	115	-	2.69
-20	305	2.44	125	-	3.39
-15	376	2.80	134	-	4.19
-10	457	3.22	142	-	5.12
-5	548	3.71	147	-	6.17
0	648	4.30	151	-	7.36

Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

PERFORMANCE CURVE

Condensing Temperature 45°C

Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
-35	121	1.25	96	-	1.45
-30	160	1.45	110	-	1.93
-25	207	1.67	124	-	2.50
-20	261	1.90	137	-	3.18
-15	324	2.16	150	-	3.96
-10	396	2.44	162	-	4.87
-5	476	2.75	173	-	5.90
0	565	3.12	181	-	7.06

Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

PERFORMANCE CURVE

Condensing Temperature 55°C

Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
-30	127	1.14	111	-	1.71
-25	168	1.31	128	-	2.26
-20	215	1.49	145	-	2.92
-15	270	1.67	161	-	3.69
-10	332	1.87	178	-	4.57
-5	402	2.09	193	-	5.57
0	480	2.32	206	-	6.70

Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

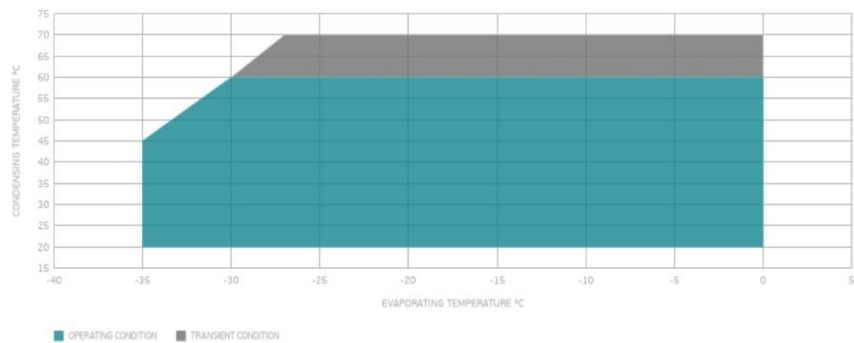
PERFORMANCE CURVE

Condensing Temperature 65°C

Evaporating Temperature °C	Cooling Capacity W	Efficiency W/W	Power Consumption W	Current A	Gas Flow Rate kg/h
-25	128	1.01	127	-	1.96
-20	168	1.15	146	-	2.60
-15	215	1.29	167	-	3.35
-10	268	1.43	187	-	4.20
-5	327	1.58	206	-	5.18
0	393	1.75	225	-	6.28


Test Condition: Subcooling 0 K, Return Gas 20 °C. Data are an indication of performance based simulation.

ENVELOPE




EK-3 Kondenser R404A Teknik Dökümanlar

Unilab Coils 8.0 ev - build 220509|P

		Buzcelik Termik Cihazlar	
		Büyükkayacık Mahallesi 4.OSB 416 Sokak No:10/A Selçuklu/Konya/Turkey Tel: +90 332 3451415 www.buzcelik.com.tr Fax: +90 332 3453399 buzcelik@buzcelik.com.tr.	
Müsteri	Tarih	1.12.2022	
Uyarı	Teklifimiz	-	
Yetkili Kisi	Taným	MKK 1/2 25113	
Kondenser - BC3228_C_S_3/8"(0,12 LAMEL) 8T 3NR 315A 3,5P 1NC			
BC3228_C_S_3/8"(0,12 LAMEL)	Batarya Uzunlugu	315,0	mm
Boru Sayisi	Lamel aralıkları	3,50	mm
Sira Sayisi	Devre Sayisi	1	Tube Shape
			Circular
Capacity		903	W
Isi Transfer Alanı		3,75	m ²
Isi Tr. Katsayisi		31	W/(m ² K)
Teorik Dtml		7,8	°C
Lamel Malzemesi / Boru Malzemesi		Aluminium / Copper	
Lamel Kalınlığı		0,1200	mm
Batarya İç Hacmi		0,5	l
Boru Dis Çapı		9,53	mm
Boru İç Çapı		8,83	mm
Bos Birakılan Boru Sayisi		0	
Hava Tarafı			
Atmosfer Basıncı / Rakım		1,01 / 0,00	bar A / m
Hava Debisi (Vol)		710,0	m ³ /h
Hava Debisi (Mass)		802	kg/h
Hava Hizi		2,45	m/s
Giris Havasi Yönlüglüğü		1,13	kg/m ³
Kuru Termometre Giris Sicakligi		35,0	°C
Giris Bagil Nemi		50,00	%
Giris Özgül Nemi		17,80	g/kg DA
Giris Entalpisi		80,89	kJ / kg
Outlet Air Temperature		38,9	°C
Outlet Air Relative Humidity		40,40	%
Çikis Özgül Nemi		17,80	g/kg DA
Çikis Entalpisi		84,94	kJ / kg
Basıncı Kaybı		31	Pa
Kismi Transfer Katsayisi		61	W/(m ² K)
Kirillik faktörü		0,00000	(m ² h °C)/kcal
Sogutucu Akiskan Tarafi			
Akıpkan			R404A
Akiskan Debisi (Vol)		29	kg/h
Akiskan Hizi (Gaz Fazı)		1,11	m/s
Akiskan Hizi (Sivi Faz)		0,14	m/s
Mass velocity		131	kg/(m ² s)
Akıpıcı soğutma		0,0	K
Desuperheating		0,0	K
Kondenzasyon Sicakligi - Middle		45,0	°C
Akiskan Tarafi Basıncı Düsümü		3,838706	kPa
Kollektör Basıncı Düsümü		0	kPa
Akiskan Tarafi Toplam Basıncı Düsümü		3,838706	kPa
Kismi Transfer Katsayisi		1440	W/(m ² K)
Kirillik faktörü		0,00000	(m ² h °C)/kcal


EK-4 Kondenser R290 Teknik Dokümanlar

Unilab Coils 8.0 ev - build 220509|P

		Buzcelik Termik Cihazlar	
		Büyükkayacık Mahallesi 4.OSB 416 Sokak No:10/A Selçuklu/Konya/Turkey Tel: +90 332 3451415 www.buzcelik.com.tr Fax: +90 332 3453399 buzcelik@buzcelik.com.tr	
Müşteri	Tarih	1.12.2022	
Uyarı	Teklifimiz	-	
Yetkili Kişi	Taným	MKK 1/2 25113	
Kondenser - BC3228_C_S_3/8"(0,12 LAMEL) 8T 3NR 315A 3,5P 1NC			
BC3228_C_S_3/8"(0,12 LAMEL)	Batarya Uzunlugu	315,0	mm
Boru Sayisi	Lamel aralıkları	3,50	mm
Sıra Sayisi	Devre Sayisi	1	Tube Shape Circular
Capacity		878	W
Isi Transfer Alanı		3,75	m ²
Isi Tr. Katsayisi		30	W/(m ² K)
Teorik Dtml		7,9	°C
Lamel Malzemesi / Boru Malzemesi		Aluminium / Copper	
Lamel Kalınlığı		0,1200	mm
Batarya İç Hacmi		0,5	l
Boru Dis Çapı		9,53	mm
Boru İç Çapı		8,83	mm
Bos Birakılan Boru Sayisi		0	
Hava Tarafı			
Atmosfer Basıncı / Rakım		1,01 / 0,00	bar A / m
Hava Debisi (Vol)		710,0	m ³ /h
Hava Debisi (Mass)		802	kg/h
Hava Hizi		2,45	m/s
Giris Havasi Yönlüğü		1,13	kg/m ³
Kuru Termometre Giris Sıcaklığı		35,0	°C
Giris Bağıl Nemi		50,00	%
Giris Özgül Nemi		17,80	g/kg DA
Giris Entalpisi		80,89	kJ / kg
Outlet Air Temperature		38,8	°C
Outlet Air Relative Humidity		40,64	%
Çıkis Özgül Nemi		17,80	g/kg DA
Çıkis Entalpisi		84,83	kJ / kg
Basıncı Kaybı		31	Pa
Kismi Transfer Katsayisi		61	W/(m ² K)
Kirlilik faktörü		0,00000	(m ² h °C)/kcal
Sogutucu Akiskan Tarafi			
Akıpkan		PROPANE	
Akiskan Debisi (Vol)		11	kg/h
Akiskan Hizi (Gaz Fazı)		1,42	m/s
Akiskan Hizi (Sivi Faz)		0,11	m/s
Mass velocity		48	kg/(m ² s)
Aşırı soğutma		0,0	K
Desuperheating		0,0	K
Kondenzasyon Sıcaklığı		45,0	°C
Akiskan Tarafi Basıncı Düşümü		1,688406	kPa
Kollektör Basıncı Düşümü		0	kPa
Akiskan Tarafi Toplam Basıncı Düşümü		1,688406	kPa
Kismi Transfer Katsayisi		1291	W/(m ² K)
Kirlilik faktörü		0,00000	(m ² h °C)/kcal

EK-5 Evaporatör R404A Teknik Dokümanlar


Unilab Coils 8.0 ev - build 220509JP

		Buzcelik Termik Cihazlar	
		Büyükkayacık Mahallesi 4.OSB 416 Sokak No:10/A Selçuklu/Konya/Turkey Tel: +90 332 3451415 www.buzcelik.com.tr Fax: +90 332 3453399 buzcelik@buzcelik.comtr.	
Müsteri	Tarih	1.12.2022	
Uyarı	Teklifimiz	-	
Yetkili Kisi	Taným	LYM 32X28 6X3 18 BORU 815	
Direkt Genleşmeli Evaporatör - BC3228_C_S - 3/8 (0,20 lamel) 6T 3NR 775A 6P 1NC			
Batarya C_S - 3/8 (0,20 lamel)	Batarya Uzunluğu	775,0	mm
Boru Sayısı	Lamel aralıkları	6,00	mm
Sıra Sayısı	Devre Sayısı	1	Tube Shape Circular
Capacity		405	W
Duyulur Isi Kapasitesi		355	W
Gizli Isi Kapasitesi		50	W
Duyulur Isi /Toplam Isi Kapasite Orani		0,8761	
Su Miktarı		0,20	kg/h
Isi Transfer Alanı		4,25	m ²
Isi Tr. Katsayısı		10	W kg/(m ² kJ)
DHML		9,21	kJ / kg
Lamel Malzemesi / Boru Malzemesi	Aluminium / Copper		
Lamel Kalınlığı		0,2000	mm
Batarya İç Hacmi		0,9	l
Boru Dis Çapı		9,53	mm
Boru İç Çapı		8,83	mm
Bos Birakılan Boru Sayısı		0	
Hava Tarafı			
Atmosfer Basıncı / Rakım		1,01 / 0,00	bar A / m
Hava Debisi (Vol)		155,0	m ³ /h
Hava Debisi (Mass)		199	kg/h
Hava Hızı		0,29	m/s
Giris Havası Yoğunluğu		1,29	kg/m ³
Kuru Termometre Giris Sıcaklığı		0,0	°C
Giris Bagil Nemi		85,00	%
Giris Özgül Nemi		3,20	g/kg DA
Giris Entalpisi		8,04	kJ / kg
Outlet Air Temperature		-6,3	°C
Outlet Air Relative Humidity		100,00	%
Çikis Özgül Nemi		2,20	g/kg DA
Çikis Entalpisi		-0,84	kJ / kg
Basıncı Kaybı		1	Pa
Kismi Transfer Katsayısı		16	W/(m ² K)
Kirlilik faktörü		0,000000	(m ² K)/W
Sogutucu Akiskan Tarafi	Manifoldlar	Vertical	In: 12x1 Out: 12x1 [1/2"]
Akybkan			R404A
Akiskan Debisi (Vol) / Mass velocity		16 / 72	kg/h / kg/(m ² s)
Fluid Velocity (Gaseous Phase / Liquid Phase)		2,87 / 0,05	m/s
Asiri Sogutma Derecesi		0,0	K
Asiri Isitma Derecesi		0,0	K
Evaporasyon Sıcaklığı - Dew		-10,0	°C
Kondenzasyon Sıcaklığı - Bubble		45,0	°C
Akiskan Tarafi Basıncı Düşümü		4,776903	kPa
Kollektör Basıncı Düşümü		0,18915	kPa
Akiskan Tarafi Toplam Basıncı Düşümü		4,966053	kPa
Kismi Transfer Katsayısı		846	W/(m ² K)
Kirlilik faktörü		0,000000	(m ² K)/W

* The global exchange coefficient is calculated using the DHML, i.e. the logarithmic mean enthalpy difference.

EK-6 Evaporatör R290 Teknik Dokümanlar

Unilab Coils 8.0 ev - build 220509|P

		Buzcelik Termik Cihazlar	
		Büyükkayacık Mahallesi 4.OSB 416 Sokak No:10/A Selçuklu/Konya/Turkey Tel: +90 332 3451415 www.buzcelik.com.tr Fax: +90 332 3453399 buzcelik@buzcelik.com.tr.	
Müşteri		Tarih	1.12.2022
Uyarı		Teklifimiz	-
Yetkili Kisi		Tanım	LYM 32X28 6X3 18 BORU 815
Direkt Genleşmeli Evaporatör - BC3228_C_S - 3/8 (0,20 lamel) 6T 3NR 775A 6P 1NC			
60228_C_S - 3/8 (0,20 lamel)	Batarya Uzunluğu	775,0	mm
Boru Sayısı	Lamel aralıkları	6,00	mm
Sıra Sayısı	Devre Sayısı	1	Tube Shape Circular
Capacity		391	W
Duyulur Isi Kapasitesi		342	W
Gizli Isi Kapasitesi		48	W
Duyulur Isi /Toplam Isi Kapasite Orani		0,8761	
Su Miktarı		0,19	kg/h
Isi Transfer Alanı		4,25	m ²
Isi Tr. Katsayısı		10	W kg/(m ² kJ)
DHML		9,17	kJ / kg
Lamel Malzemesi / Boru Malzemesi	Aluminium / Copper		
Lamel Kalınlığı		0,2000	mm
Batarya İç Hacmi		0,9	l
Boru Dis Çapı		9,53	mm
Boru İç Çapı		8,83	mm
Bos Birakılan Boru Sayısı		0	
Hava Tarafı			
Atmosfer Basıncı / Rakım		1,01 / 0,00	bar A / m
Hava Debisi (Vol)		155,0	m ³ /h
Hava Debisi (Mass)		199	kg/h
Hava Hızı		0,29	m/s
Giris Havası Yoğunluğu		1,29	kg/m ³
Kuru Termometre Giris Sıcaklığı		0,0	°C
Giris Bağıl Nemi		85,00	%
Giris Özgül Nemi		3,20	g/kg DA
Giris Entalpisi		8,04	kJ / kg
Outlet Air Temperature		-6,1	°C
Outlet Air Relative Humidity		100,00	%
Çıkis Özgül Nemi		2,30	g/kg DA
Çıkis Entalpisi		-0,52	kJ / kg
Basıncı Kaybı		1	Pa
Kismi Transfer Katsayısı		16	W/(m ² K)
Kirillik faktörü		0,000000	(m ² K)/W
Sogutucu Akiskan Tarafi	Manifoldlar	Vertical	In: 12x1 Out: 12x1 [1/2"]
Akıpkan			PROPANE
Akiskan Debisi (Vol) / Mass velocity		6 / 26	kg/h / kg/(m ² s)
Fluid Velocity (Gaseous Phase / Liquid Phase)		3,01 / 0,04	m/s
Asiri Sogutma Derecesi		0,0	K
Asiri Isitma Derecesi		0,0	K
Evaporasyon Sıcaklığı		-10,0	°C
Kondenzasyon Sıcaklığı		45,0	°C
Akiskan Tarafi Basıncı Düşümü		2,269312	kPa
Kollektör Basıncı Düşümü		0,07912344	kPa
Akiskan Tarafi Toplam Basıncı Düşümü		2,348436	kPa
Kismi Transfer Katsayısı		683	W/(m ² K)
Kirillik faktörü		0,000000	(m ² K)/W

* The global exchange coefficient is calculated using the DHML, i.e. the logarithmic mean enthalpy difference.

EK-7 Entes MRP-26S-21 Teknik Dokümanlar

ENTES



MPR-2 Serisi Yeni Nesil Şebeke Analizörleri

MPR-2 Serisi **DIN tipi** şebeke analizörleri elektriksel parametrelerin detaylı ölçülmesi ve analiz edilmesi için tasarlanmıştır. **LCD ekran** ile cihaz üzerinden anlık izleme desteklenmektedir.

Cihazlardaki **haberleşme** özelliği sayesinde enerji ölçümleri tek bir izleme merkezinden takip edilebilmektedir.

MPR-2 Serisi dijital giriş ile sahadaki cihazların durumunu algılayabilmekte ve dijital ve röle çıkışı ile cihazların kontrol edilmesini (kesiciler, anahtar, kontaklar vb.) sağlamaktadır.

- DIN ray montaj
- 2.1" segment LCD ekran
- 256 olay kaydı
- 4 MB hafıza ve LOG kaydı
- 51. harmoniğe kadar ayrıntılı ölçüm
- Akım&gerilim dengesizliği ölçümü
- Bağlantı hatalarını algılama
- **plug & meter** akım trafolarıyla uyumlu



ÖZELLİKLER

	MPR-24	MPR-255-22	MPR-265-21	MPR-275-23	MPR-265-21-PM	MPR-245-PM	MPR-24-PM
KUTU							
Boyutlar	DIN4 Ray Montaj						
Koruma Sınıfı	Terminah: IP20, Kutu Koruma Sınıfı : IP40						
Gösterge	2,1" Segment LCD ekran						
ÖLÇÜM							
Gerilim							
Ölçüm Aralığı	10-300 VAC (L-N), 10-480 VAC (L-L)						
Trafo Ölçüm Aralığı	10 V - 999,9 kV						
Doğruluk	%0.5 ± 1 Dijit						
Giriş Empedansı	> 1 MΩ						
Burden	< 0,5 VA						
Akım							
Nominal Akım	In: 5A / 1A						
En Düşük Akım	5 mA						
Ölçüm Aralığı	50 mA - 5,5 A						
Trafo Ölçüm Aralığı	50 mA - 10.000 A						
Doğruluk	%0.5 ± 1 Dijit						
Burden	< 1 VA						
Aşırı Yük Akımı (sürekli)	1,2 x In						
Aşırı Yük Akımı (1 sn)	10 x In						
Güç/Enerji							
Aktif Güç	0 - 1 GW ; %1 ± 1 Dijit						
Reaktif Güç	0 - 1 GVar ; %2 ± 1 Dijit						
Görünür Güç	0 - 1 GVA ; %1 ± 1 Dijit						
Güç Faktörü	± 1.00 - Doğruluk ± 0.02						
Aktif Enerji	0 - 99 999 999 kWh veya MWh; Doğruluk %1 (Sınıf 1)						
Reaktif Enerji	0 - 99 999 999 kWh veya MVarh; Doğruluk %2 (Sınıf 2)						
Görünür Enerji	0 - 99 999 999 kWh veya MVAh; Doğruluk %1						
Tanfe	8						
Toplam Harmonik Bozulma	-	L - L Gerilim (%THD-U); L - N Gerilim (%THD-V); Akım (%THD-I)				-	-
Ayrı Ayrı Harmonikler	-	2-51 Gerilim (V) ve Akım (I)				-	-
Gerilim ve Akım Dengesizlikleri	-	•				-	-
Demand Süresi	1,5,10,15,20,30,60 dak						
Frekans	45-65 Hz						
Periyot Başına Örnekleme	128						
BESLEME							
İşletme Gerilimi	95-270 VAC/DC (12-50 VDC MPR-2X-D serisi için)						
İşletme Frekansı	50/60 Hz						
Güç Tüketimi	< 6 VA						
HABERLEŞME							
Haberleşme Arayüzü / Protokol	-	RS 485 / Modbus RTU				-	-
Transfer Hızı	-	2400 - 115200 bps				-	-
HAFIZA							
Dahili Hafıza Boyutu	-	4 MB				-	-
GİRİŞ ve ÇIKIŞLAR							
Dijital Giriş							
Puls Genişliği	-	20 - 500 ms				-	-
İşletme Gerilimi	-	5...30 VAC/DC				-	-
Anahtarlama Akımı	-	max 50 mA				-	-
Dijital Çıkış							
Besleme Gerilimi	-	5-30 VDC (Açık Kollektör)	-	5-30 VDC (Açık Kollektör)	-	-	
Puls Genişliği	-	20 - 1000 ms	-	20 - 1000 ms	-	-	
Puls Boşluğu	-	20 - 1000 ms	-	20 - 1000 ms	-	-	
Röle Çıkışı							
Röle Çıkışı	-	1 NO, 250 VAC / 5 A		-	1 NO, 250 VAC / 5 A		-
Analog Çıkışı							
Akım Çıkışı	-			0 - 20 mA, 4 - 20 mA, 0 - 24 mA	-	-	
Gerilim Çıkışı	-			0 - 5 V, 0 - 10V, ± 5V, ± 10V	-	-	
BAĞLANTILAR							
Montaj	Ray Montaj						
Bağlantı Terminalleri	Soketli Tip Vidalı Terminal						
Bağlantı Tipleri	3F4T, 3F3T, 3 Faz Aron, 3F4T Dengeli, 3F3T Dengeli						
ÇALIŞMA ORTAMI							
Çalışma Sıcaklığı	-10 / + 70°C						
Saklama Sıcaklığı	-20 / + 80°C						
Aşırı Gerilim Kategorisi	III						
Kirlilik Derecesi	II						
Maksimum Ortam Nemi	%90						
STANDARTLAR							
Standartlar	EN 61557-12, EN 61326-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 62053, EN 60068, EN 61010						

x/333 mV ve
ENTES *ölçüm ölçer
akım trafolarıyla uyumludur.

Adres: Dudullu OSB; 1. Cadde; No: 23 34776 Ümraniye - İSTANBUL / TÜRKİYE Tel: +90 216 313 01 10 Faks: +90 216 314 16 15 Satış Faks: +90 216 365 71 71
E-mail: iletisim@entes.com.tr Web: www.entes.com.tr Koordinatlar: 40,995852 N, 29,178398 E

YURTİÇİ BÖLGELERİMİZ

İSTANBUL: iletisim@entes.com.tr / Tel: 0216 313 01 10 / Faks: 0216 314 16 15

ANKARA: ankara@entes.com.tr / Tel: 0 312 311 06 87 / Faks: 0 312 311 06 88

İZMİR: izmir@entes.com.tr / Tel: 0 232 469 11 99 / Faks: 0 232 469 91 92

BURSA: bursa@entes.com.tr / Tel: 0 224 443 55 81 / Faks: 0 224 443 55 91

GAZİANTEP: gaziantep@entes.com.tr / Tel: 0 342 324 20 07 / Faks: 0 342 324 20 01

KONYA: konya@entes.com.tr / Tel: 0 332 236 29 26 / Faks: 0 332 236 29 96

SAMSUN: samsun@entes.com.tr / Tel: 0 549 745 94 11

ADANA: adana@entes.com.tr / Tel: 0 538 394 59 24

DENİZLİ: denizli@entes.com.tr / Tel: 0 533 894 32 53

© ENTES Elektronik Cihazlar İmalat ve Ticaret A.Ş.

