



## Ticari Soğutma Sistemlerinde R22 Akışkanının Alternatifi Olarak R438a ve R417a Akışkanlarının Performansının İncelenmesi

Alper ERGÜN<sup>1\*</sup>, Ali Etem GÜREL<sup>2</sup>, İlhan CEYLAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 78050, Türkiye 100. Yıl/KARABÜK

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü, 81620, Türkiye Konuralp/DÜZCE

### Öz

Bu çalışmada, özellikle soğuk depoculukta ve iklimlendirme sistemlerinde oldukça yaygın olarak kullanılan R-22 soğutucu akışkanına alternatif olarak piyasaya sürülen ve ozon tabakasına dost olan, iki soğutucu akışkan R-417A ve R-438A termodinamik açıdan incelenmiştir. Yapılan çalışmada, R-22, R-417A ve R-438A soğutucu akışkanlarının performansları karşılaştırılmıştır. Her 3 soğutucu akışkan da değişken yük koşulları altında (-8°C, 0°C, -25°C ve -31°C) bilgisayar ortamında bir simülasyon ile gerçekleştirilmiştir. Farklı evaporasyon sıcaklıkları için, soğutucu akışkanların performansları termodinamiğin birinci ve ikinci kanunu kullanılarak değerlendirilmiş ve sistemlere ait performans katsayıları (COP<sub>h</sub> ve COP<sub>c</sub>) hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda, R22 soğutucu akışkanına alternatif olarak geliştirilen R417A ve R438A akışkanlarından, R438A akışkanının daha yüksek COP<sub>h</sub> ve COP<sub>c</sub> değerlerine sahip olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca kondenser ve kompresör yükleri incelendiğinde yine R438A akışkanının, R417A akışkanına göre daha olumlu değerlerde olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak incelenen 3 akışkan için R22 akışkanına en iyi alternatifin R438A olduğu tespit edilmiştir.

### Makale Bilgisi

Başvuru: 16/04/2018

Düzeltilme: 22/5/2018

Kabul: 4/7/2018

### Anahtar Kelimeler

Soğutma sistemleri

COP

Enerji

Alternatif Akışkanlar

Ticari Soğutma

### Keywords

Cooling Systems

COP

Energy

Alternative Refrigerants

Commercial Cooling

### Performance Analysis of R438a and R417a Refrigerants as an Alternative to R22 in Commercial Cooling Systems

### Abstract

In this study, two refrigerants called R-417A and R-438A are thermodynamically examined, which are alternatives to and more environmental friendly than the R22, which is used widely especially in cool warehouses and cooling systems. The performances of R-22, R-417A and R-438A are compared. All three refrigerants are tested under variable loads (-8°C, 0°C, -25°C and -31°C) with a computer simulation. Performances of fluids are evaluated using thermodynamics' first and second law for different evaporation temperatures and respective system performance coefficients are calculated. As a result, R438A was found out to have better COP<sub>c</sub> and COP<sub>h</sub> values. Better values were also observed with R438A fluid in comparison to R417A regarding condenser and compressor loads. Consequently, it was ascertained that R438A fluid is the best alternative to the R22 among the fluids examined

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya genelindeki hızlı nüfus artışı ve yaşam standartlarındaki artış iklimlendirme ve soğutma sistemlerine olan ihtiyacı her geçen gün artırmaktadır. Bu nedenle, bu cihazların enerji performanslarının artırılmasına yönelik çalışmalar özellikle son yıllarda büyük bir hız kazanmıştır. İklimlendirme cihazlarının enerji tüketimlerinin azaltılmasının yanında, sistemlerde kullanılan soğutucu akışkanların da çevre dostu olması son derece önemlidir. Çünkü bu soğutucu akışkanlar, özellikle yüksek ozon tüketme kapasiteleri nedeniyle, ozon tabakası üzerinde ciddi etkiler oluşturabilmektedir. Günümüzde, soğutucu akışkanların çevresel etkilerinin fark edilmesiyle birlikte kullanımlarının kısıtlanması veya tamamen yasaklanmasına yönelik çok sayıda protokol imzalanmıştır [1]. Ayrıca alternatif soğutucu akışkanların üretimine ve performanslarının değerlendirilmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde; Özkaya vd. yaptıkları çalışmada [2], ev tipi soğutucularda sistemde hiçbir değişiklik yapılmadan R404a ve R407c

\*İletişim yazarı, e-mail: alperergun@karabuk.edu.tr

akışkanlarını test ederek, performans katsayılarını hesaplamışlardır. Çalışmanın sonucunda, bu akışkanların yüksek basınçlı sistemlerde daha verimli çalışacağını belirtmişlerdir. Özcan ve Arcaklıoğlu [3], halojenli soğutucu akışkanlara alternatif olarak çevre dostu saf HC soğutucu akışkanlar, HC karışımları ve HFC/HC karışımları içeren çalışmaları inceleyerek, kısa ve uzun vadede oluşabilecek güvenlik faktörleri ve uyumluluk sorunları için bir tartışma yapmışlardır. Ayrıca çalışmanın sonunda HFC'ler yerine gelecekte bu akışkanlara en iyi alternatiflerin hidrokarbonlar olacağını belirtmişlerdir. Onat vd. [4] iklimlendirme ve soğutma sistemlerinde kullanılan akışkanların ozon tabakasına etkilerini araştırdıkları çalışmada, soğutma sistemlerinde çok fazla kullanılan R12, R502, R22, R11 ve R13 akışkanlarına alternatifler önermişlerdir. Çalışma sonucunda, R12 akışkanı için R134a ve R401a, R502 akışkanı için R404A, R22 yerine R407C ve R410A, R11 akışkanı için R123 ve R13 akışkanı yerine ise R508B akışkanlarının kullanılmasını uygun olarak görmüşlerdir. Joudu ve Al-Amir [5] yaptığı çalışmada, yüksek ortam sıcaklıklarında R22 ve R290, R407C, R410A akışkanlarını kullanan iklimlendirme sistemlerinin performansını deneysel olarak araştırarak, optimum akışkan şarjı, performans katsayısı, soğutma kapasitesi, güç tüketimi, basınç oranı, çevre faktörü gibi sistem performans parametreleri belirlenmiştir. Çalışma, yüksek sıcaklıklı ortamlarında R290'ın R22 akışkanı yerine daha iyi bir adayı olduğunu ve daha düşük küresel ısınma potansiyeline sahip olup daha verimli bir akışkan olduğu tespit edilmiştir. R290 akışkanından sonra, R22 ye en yakın performansı R410a akışkanı sergilemiştir. Dalkilic ve Wongwises, [6] farklı oranlarda HFC134a, HFC152a, HFC32, HC290, HC1270, HC600 ve HC600a esaslı soğutucu akışkan karışımları olan geleneksel bir buhar sıkıştırımlı soğutma sistemi üzerinde teorik bir performans çalışması yaparak sonuçları CFC12, CFC22 ve HFC134a ile akışkanları ile karşılaştırmışlardır. Yapılan analiz sonucunda, araştırılan alternatif soğutucu akışkanların hepsinin 50 °C yoğunlaşma sıcaklığı ve 30 °C ila 10 °C arasında değişen buharlaşma sıcaklıkları için CFC12, CFC22 ve HFC134a'ya göre biraz daha düşük bir performans katsayısına (COP) sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Shaik ve Babu [7], yaptıkları çalışmada propilen (R1270) ve propan (R290) içeren ikili soğutucu akışkan karışımlarını, pencere tipi bir klima cihazında teorik termodinamik performansını araştırarak R22 akışkanı ile karşılaştırma yapmışlardır. Çalışmanın sonunda kütleli olarak % 75 R1270 ve %25 R290 karışımının R22'ye en yakın performans sağladığını tespit ederek, konut klima uygulamalarında kullanılan R22 akışkanı yerine uygun bir alternatif soğutucu akışkan olduğunu tespit etmişlerdir. Boran vd. [8] bir ısı pompası sisteminde, kütleli olarak farklı miktarlarda R134a/R152a soğutucu akışkan karışımlarının performanslarını deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, karışımda R152a akışkanının oranının artmasıyla ısıtma tesir katsayısının %5-23 arasında, soğutma tesir katsayısının ise % 6-28 arasında arttığını gözlemlemişlerdir. Saik ve Babu [9], R22 soğutucu akışkanına alternatifleri araştırdıkları çalışmada, R407C ve R1270, R290, RE170, R134a ve R32'den oluşan ve farklı bileşimlerde bulunan dört yeni alternatif soğutucu akışkanı incelemişlerdir. Oruç ve Devocioğlu [10], R22 akışkanına alternatif olarak kullanılabilen R417A ve R424A akışkanlarını split tip bir klima için deneysel olarak inceleyerek enerji ve ekserji analizlerini yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda belirli parametrelere göre R424A akışkanın daha iyi bir performans gösterdiğini tespit etmişlerdir. Rocca ve Panno [11] tarafından yapılan çalışmada, R22 akışkanına alternatif, R417A, R422A ve R422D HFC akışkanlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ODP avantajının olmasına rağmen termodinamik açıdan hiçbir akışkanın R22 kadar iyi performans göstermediğini belirtmişlerdir.

Günümüzde çeşitli protokoller ile halojenik CFC ve HCFC soğutucu akışkanlarının ilerleyen zamanlarda kullanılmayacağı ve bu akışkanlara çeşitli alternatiflerin oluşturulması gerektiği gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda yapılan çalışmada, R22 akışkanına alternatif olan ve ozon tabakasına dost R-417A ve R-438A akışkanlarının ticari soğutma sistemlerine yönelik detaylı performans analizi yapılmıştır.

## 2. MATERYAL METOD (MATERIAL AND METHOD)

Yapılan bu çalışmada, R22'ye alternatif olacak R438A ve R417A akışkanları incelenmek istenmektedir. CFC gazların tüketiminin yasaklanması ile birlikte gelen süreçte ozon tabakasına zarar veren diğer bir gaz grubu olan HCFC (hidrokloroflorokarbon) gazların da kullanımı önce sınırlandırılmış ardından tamamen yasaklanmıştır. Bu gazlardan en çok kullanılanı R-22 gazıdır. Bu gaz, klimalardan soğuk hava depolarına kadar birçok sistemde kullanılmaktadır. HCFC grubu gazların ithalatı 2007 yılı ithalat miktarları baz alınarak 1/1/2009'dan itibaren kotaya tabi edilmiştir. Bu maddeler bir takvim çerçevesinde azaltılarak

1/1/2015 tarihinde servis amaçlı kullanımları hariç ithalatına son verilmiştir. Bu gelişmelerin ardından R-22 gazının alternatifi olarak çeşitli gazlar kullanılmıştır. Bunlardan en sık kullanılanları R-404A, R-407c ve R-410A gazlarıdır. Ancak bu gazların mevcut sistemlere entegre edilmesinde önemli bir problem ortaya çıkmaktadır. R-22 yerine bu gazlardan herhangi birinin sisteme alınabilmesi için sistem boru hatlarında ve ekipmanlarında değişiklikler yapmak gerekmektedir. Bu durum, uygulamada önemli güçlükler çıkarır. Bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla iki yeni alternatif HFC grubu gaz piyasaya sürülmüştür. Bunlar; R-417A ve R-438A gazlarıdır. Bu gazların ön önemli avantajı; sistem boyutlandırmasında herhangi bir değişikliğe gerek kalmaması ve sadece kurutucu-filtre değişimi ile sisteme uyum sağlayabilmesidir. R417A ve R438A akışkanları HFC karışımlarıdır. Bünyesindeki akışkanların kütleli miktarları ve ODP-GWP değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** R417A ve R438A akışkanlarının özellikleri (Properties of R417A ve R438A)

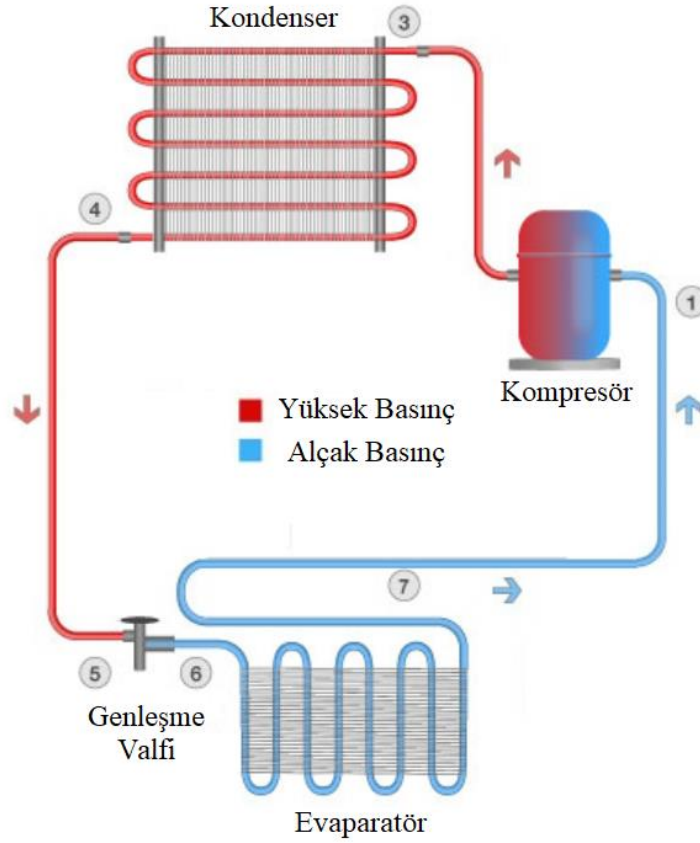
<b>R417A (ISCEON® MO59)</b>	<b>R438A (ISCEON® MO99)</b>
%50-R34A	%45-R125
%46.6-R125	%44.2-R134A
%3.4-BÜTAN	%8.5-R32
----	%1.7-BÜTAN
----	%0.6-IPENTANE
ODP-0	ODP-0
GWP-2346	GWP-2265

Tablo 1’de görüldüğü üzere, R417A ve R438A akışkanlarının ozon tüketim değerleri olmamasına rağmen, küresel ısınma potansiyelleri bulunmaktadır. GWP değeri 150 ve üzeri olan akışkanların evsel kullanımda 2015 yılı itibari ile kademeli olarak yasaklandığı, ticari uygulamalarda ise 2500 üzeri olan akışkanların 2020 de yasaklanacağı göz önüne alındığında [12] analizi yapılan R417A ve R438A akışkanları ticari kullanımlar için uygun olmaktadır. Bu nedenle, bu akışkanlar için sadece ticari sistemler düşünülerek analiz edilmiştir.

Bu çalışmada incelenen ticari soğutma sistemi Tablo 2’deki tasarım parametreleri kullanılarak GENETRON PROPERTIES programı ile simüle edilmiştir. Program bünyesinde bulunan basit soğutma çevrimi seçilerek yapılan analizlerdeki sistem şeması Şekil 1’de görülmektedir

**Tablo 2.** Sistemin simülasyon parametreleri (Simulation parameters of system)

Soğutma Yüğü	2000W
Yoğuşma sıcaklığı	50 °C
Buharlaşma sıcaklığı	-31, -25, -8, 0 °C
Aşırı kızdırma/soğutma	5 °C
Kompresör mekanik verimi	%88
Kompresör elektrik verimi	%98



**Şekil 1.** Soğutma sisteminin şeması (The schematic diagram of the cooling system)

Program aracılığıyla girilen parametrelere bakıldığında, soğutma sistemi 2 kW gücünde seçilmiştir. Sistemde bulunan kompresörün elektrik ve mekanik verimleri ise sırasıyla %98 ve %88 olarak belirlenmiştir. Sistemdeki yoğuşma sıcaklığı sabit 50 °C’de tutularak, buharlaşma (evaporasyon) sıcaklıkları, EUROVENT standartlarına göre, -31, -25, -8, 0 °C değerlerinde değiştirilip her bir akışkan için ayrı ayrı analiz edilmiştir [13].

### 3. TERMODİNAMİK ANALİZ (THERMODYNAMIC ANALYSIS)

Sistemin performans analizi termodinamiğin birinci ve ikinci kanununa dayalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Soğutma sistemine ait birinci kanun analizinde, kondenser, evaporatör ve kompresör kapasiteleri, Şekil 1 üzerindeki çevrim noktaları göz önüne alınarak, sırasıyla aşağıdaki eşitlikler aracılığıyla hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{kond} = \dot{m}_{sa} \cdot (h_3 - h_4) \quad 3.1$$

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m}_{sa} \cdot (h_7 - h_6) \quad 3.2$$

$$\dot{W}_{komp} = \dot{m}_{sa} \cdot (h_1 - h_2) \quad 3.3$$

Kompresöre uygulanan elektrik gücü ise kompresör gücünün, elektrik ve mekanik verimlere bölünmesi ile bulunmaktadır.

$$\dot{W}_{komp,el} = \frac{\dot{W}_{komp}}{\eta_{el} \times \eta_{mek}} \quad 3.4$$

Sistemin Soğutma ve Isıtma performans katsayıları ise sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$COP_C = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{W}_{komp,el}} \quad 3.5$$

$$COP_H = \frac{\dot{Q}_{kond}}{\dot{W}_{komp,el}} \quad 3.6$$

Termodinamiğin birinci kanunu enerjinin korunumu ile ilgilidir ve sistem performansını belirlemekte yetersiz kalmaktadır. İkinci kanun analizi ise enerjinin kullanılabilirliği ile ilgilidir ve gerçek sistem performansını belirlemek için oldukça önemlidir.

Akış halindeki bir sistemde, kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edilmesi durumunda birim kütle için ekserji aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$\psi = h - h_0 - T_0(s - s_0) \quad 3.7$$

Her bir nokta soğutucu akışkan kütleli debi miktarı ile çarpıldığında eşitlik aşağıdaki hali almaktadır.

$$Ex = \dot{m}[(h - h_0) - T_0(s - s_0)] \quad 3.8$$

Bu eşitlikte ölü hal şartları olarak referans sıcaklık  $T_0$ , 25 °C ve  $P_0$ , 1 atm olarak alınmıştır.

İncelenen sisteme ait ikinci kanun analizi için kondenser, evaporatör, kompresör ve genişleme valfindeki ekserji yıkımları sırasıyla aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanabilir.

$$\dot{E}x_{Y1k.,kond.} = \dot{E}x_3 - \dot{E}x_4 - \dot{Q}_{kond} \left(1 - \frac{T_0}{T_{kond}}\right) \quad 3.9$$

$$\dot{E}x_{Y1k.,evap.} = \dot{E}x_7 - \dot{E}x_6 + \dot{Q}_{evap} \left(1 - \frac{T_0}{T_{evap}}\right) \quad 3.10$$

$$\dot{E}x_{Y1k.,komp.} = \dot{E}x_2 - \dot{E}x_1 + \dot{W}_{komp,el} \quad 3.11$$

$$\dot{E}x_{Y1k.,GV.} = \dot{E}x_5 - \dot{E}x_6 \quad 3.12$$

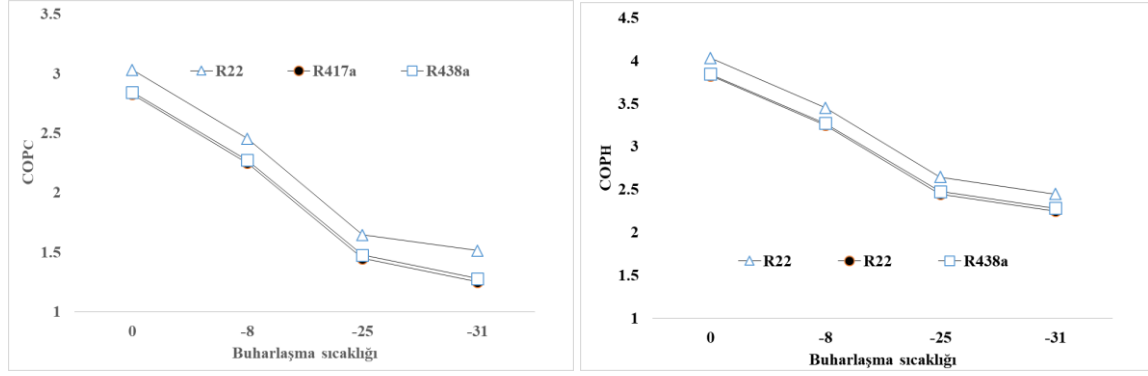
Sistemin ekserji verimi ise aşağıdaki eşitlik ile bulunmuştur.

$$\eta_{Ex} = \frac{\dot{E}x_7 - \dot{E}x_6}{\dot{W}_{komp,el}} \quad 3.13$$

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSIONS)

Yapılan çalışmada ticari soğutma sistemlerinde, R22 akışkanına alternatif olarak piyasaya sürülen R417A ve R438A akışkanlarının performans analizi termodinamiğin birinci ve ikinci kanununa göre analiz edilmiştir. Analizler sonucu elde edilen değerler grafikler halinde sunulmuştur.

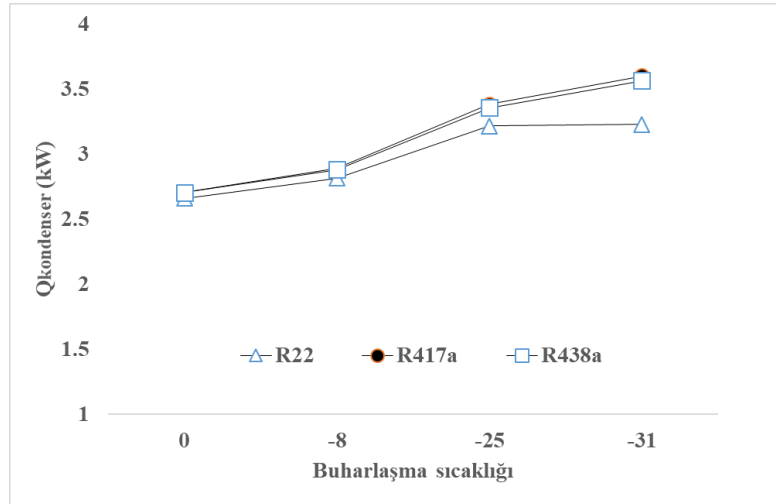
Şekil 2’de 3 akışkan için buharlaşma sıcaklığına göre elde edilen ısıtma ve soğutma tesir katsayıları ( $COP_h$ ,  $COP_c$ ) görülmektedir. COP değerlerine bakıldığı zaman R22 akışkanının yüksek bir değere sahip olduğu onu takiben R438A ve R417A akışkanlarının geldiği görülmektedir.



**Şekil 2.** Akışkanlara ait COP değerleri (COP values of refrigerants)

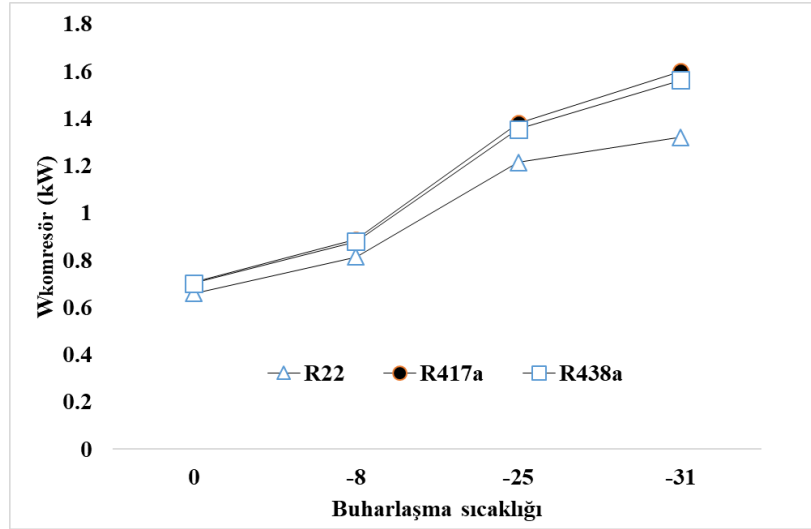
R22 akışkanında COPc değerleri 1.5-3, COPh değerleri ise 2.5-4 arasında değişirken, R417A'da COPc, 1.25-2.82 COPh 2.25-3.82, R438A'da ise COPc, 1.28-2.85 COPh 2.28-3.85 arasında değişmektedir.

Şekil 3'teki grafiğe bakıldığında sistemin kondenser yükleri her 3 akışkan için buharlaşma sıcaklıklarına göre verilmiştir.



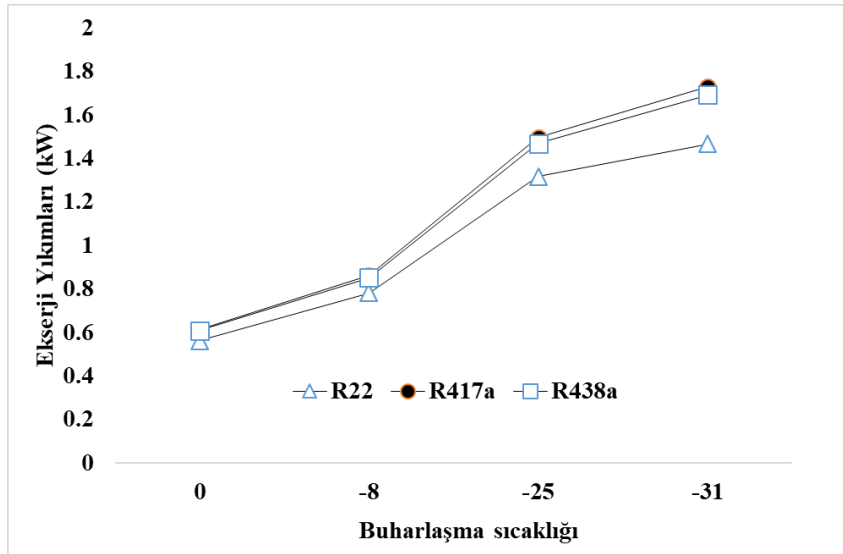
**Şekil 3.** Sistemin farklı akışkanlara göre kondenser yükleri (Condenser load of system by different refrigerants)

Şekil 4'e bakıldığında ise sistemlerin kompresör gücü görülmektedir. Şekil 3 ve 4 beraber değerlendirildiğinde, R22 akışkanı için daha az kompresör gücü gerektiği ve kondenser yükünün az olduğu görülmektedir. Bu akışkanı baz alarak, en yakın performansı R438A'nın gösterdiği görülmektedir.



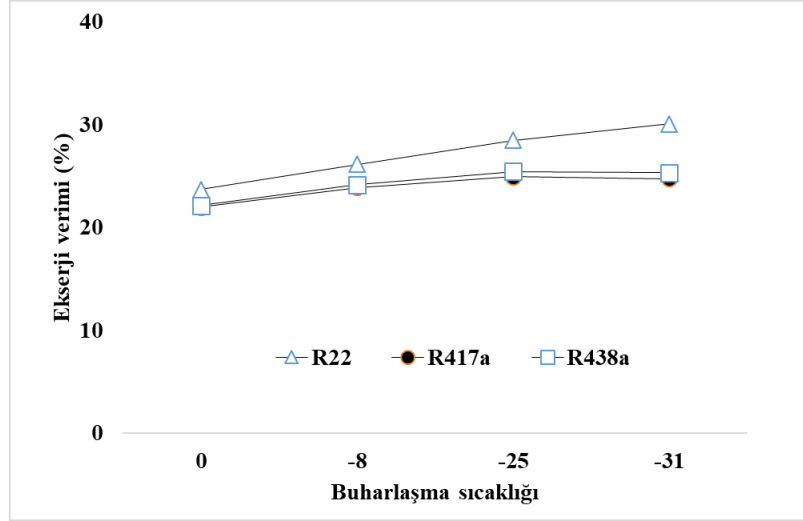
Şekil 4. Sistemlere ait kompresör gücü (Compressor work of systems)

Sistemin kullanılabilirliğinin ölçüsü olan ekserji analizi sonuçları ise Şekil 5 ve 6'da grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 5. Sistemlerin ekserji yıkımları (Exergy destructions of systems)

Şekil 5'te görüldüğü üzere en düşük yıkım değeri R22 akışkanında tespit edilmiştir. Ardından R438A ve R417A akışkanları gelmektedir. R22 akışkanında en yüksek ekserji yıkımı 1.46 kW, R417A'da 1.72 kW ve R438A akışkanında ise 1.7 kW olarak hesaplanırken, buharlaştırma sıcaklıklarının düşmesiyle birlikte her bir sistem için ekserji yıkımları da artmaktadır.



Şekil 6. Sistemlerin ekserji verimi (Exergy efficiencies of systems)

Sistemin gerçek performansını belirleyen ekserji verimleri ise Şekil 6’da görülmektedir. R22 akışkanı için ekserji verimi %23-30 arasında değişirken, R417A için %21-24 arasında R438A için ise %22-25 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

## 5. ÖNERİLER (SUGGESTIONS)

Yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen birinci ve ikinci kanun analizlerine göre birtakım öneriler tespit edilip maddeler halinde verilmiştir.

- R417A, R22 ile benzer fiziksel özelliklere sahiptir, yapısı geleneksel madeni yağlar ve alkali benzen yağlar ile kullanıma uygundur. Bu özellik R417A’yı yeni ve pahalı neme duyarlı (higroskopik) poliol ester yağlar ile değişim olmadan mevcut ekipman ile kullanımda ideal bir soğutucu akışkan yapmaktadır.
- R438A ise, düşük, orta ve yüksek sıcaklıkta soğutma, ticari ve endüstriyel klima gibi geniş bir uygulama yelpazesinde R22’ye alternatif olarak üretilen, yeniden dizayn edilen bir HFC karışımıdır. R22’ye alternatif olarak R438A, geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabilir ve diğer R22’ye alternatif olan akışkanlara göre avantajlara sahiptir.
- R438A, kesintisiz olarak R22’nin basıncı, sıcaklığı, entalpi ve kütle akışı özelliklerini yakından eşleyecek şekilde tasarlanmıştır. R438A, genellikle santrifüjlü kompresörler veya sızdırmaz buharlaştırıcılara sahip sistemler için uygun değildir.
- Performans açısından R417A gazının iyi bir alternatif olamamasının en büyük nedenlerinden biri de düşük sıcaklıklarda harcadığı fazla güçtür.
- Yeni dizayn edilen sistemlerde R438A, R417A dan daha iyi performans verir fakat geleneksel madeni yağlar ile çalışan sistemlerde R417A daha iyi bir tercih olabilir.
- Ayrıca R438A genellikle santrifüjlü kompresörler veya sızdırmaz buharlaştırıcılara sahip sistemler için uygun değilken R417A bu sistemlerde kullanılabilir.
- Bu analizlerin sonucunda performans olarak akışkanları karşılaştırdığımızda R438A ve R417A akışkanları arasında R22 gazına alternatif olabilecek en iyi akışkanın R438A olduğu tespit edilmiştir.



- R22 soğutucu akışkanının ODP potansiyeli olması ve artık hiçbir yeni sistemde kullanılmıyor olması sebebiyle ODP potansiyeli olmayan ve R22 akışkanına direkt alternatif görünen R438a ve R417a akışkanlarının özellikle ticari ve büyük sistemlerde kullanılması uygundur.

### SEMBOLLER (NOMENCLATURE)

COP	: Performans katsayısı
$Ex$	: Ekserji akımı (kW)
$h$	: Özgül entalpi (kJ/kgK)
kg	: Kilogram
kW	: Kilo watt
$\dot{m}$	: Kütleli debi (kg/s)
P	: Basınç (bar)
s	: Özgül entropi (kJ/kgK)
T	: Sıcaklık ( $^{\circ}$ C,K)
W	: İş enerjisi (kW)
Q	: Isı enerjisi (kW)
$\eta$	: Verim (%)
HC	: Hidrokarbon
HFC	: Hidroflorakarbon
CFC	: Kloroflorakarbon
ODP	: Ozon tüketme potansiyeli
GWP	: Küresel ısınma potansiyeli
komp.	: Kompresör
kond.	: Kondenser
evap.	: Evaporatör
GV.	: Genleşme valfi
sa	: Soğutucu akışkan

### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] H. Bulgurcu, O. Kon ve N. İtlen, Soğutucu akışkanların çevresel etkileri ile ilgili yeni yasal düzenlemeler ve hedefler. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, (2007), 915-928.
- [2] M.G. Özkaya, H.İ. Variyenli ve B. Gedik, Ev tipi soğutucularda farklı soğutucu akışkanların performanslarının deneysel incelenmesi. TUBAV Bilim Dergisi, 2(1): (2009) 1-9.
- [3] H. Özcan ve E. Arcaklıoğlu, Alternatif Soğutucu Akışkanlar Olarak Çevre Dostu Hidrokarbonların Kullanılması Üzerine Bir Değerlendirme, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, 66-71, 2011.
- [4] A. Onat, M. İmal M. ve A. İnan, Soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerine etkilerinin araştırılması ve alternatif soğutucu akışkanlar. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1) (2004) 32-38.
- [5] K.A. Joudi ve Q.R. Al-Amir, Experimental Assessment of residential split type air-conditioning systems using alternative refrigerants to R-22 at high ambient temperatures, Energy Conversion and Management, 86: (2006) 496–506.
- [6] A.S. Dalkilic ve S. Wongwises, A performance comparison of vapour-compression refrigeration system using various alternative refrigerants, International Communications in Heat and Mass Transfer, 37: (2010) 1340–1349.

- [7] S.V. Shaik ve T.P.A. Babu, Thermodynamic performance analysis of eco friendly refrigerant mixtures to replace R22 used in air conditioning applications. Energy Procedia, 109: (2017) 56 – 63.
- [8] K. Boran, T. Menlik ve H. Alpsoy, R134a/R152a Soğutucu akışkan karışımlarının performanslarının ısı pompasında deneysel olarak araştırılması. Politeknik Dergisi, 18(4): (2015) 251-256.
- [9] S.V. Shaik, ve T.P.A. Babu, Theoretical Computation of Performance of Sustainable Energy Efficient R22 Alternatives for Residential Air Conditioners. Energy Procedia, 138: (2017) 710-716.
- [10] V. Oruç ve A.G. Devecioğlu, Thermodynamic performance of air conditioners working with R417A and R424A as alternatives to R22. International journal of refrigeration, 55: (2015) 120-128.
- [11] V.L. Rocca ve G. Panno, Experimental performance evaluation of a vapour compression refrigerating plant when replacing R22 with alternative refrigerants. Applied Energy, 88.8: (2011) 2809-2815.
- [12] İnternet: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0517>
- [13] İnternet: [http://www.eurovent-certification.com/en/Certification\\_Programmes/Programme\\_Descriptions.php?lg=en&rub=03&srub=01&select\\_prog=HE](http://www.eurovent-certification.com/en/Certification_Programmes/Programme_Descriptions.php?lg=en&rub=03&srub=01&select_prog=HE)