



HCFC-22 YERİNE KULLANILAN BAZI HFC'LERİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Atilla G. DEVECİOĞLU¹ ve Vedat ORUÇ²

Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Diyarbakır

(¹atillad@dicle.edu.tr, ²voruc@dicle.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 20.05.2014, Kabul Tarihi: 13.01.2016)

Özet : Bu çalışmada, HCFC-22 gazı yerine ozon tabakasına zarar vermeyen R417A ve R424A soğutucu akışkanlarının TEWI değerleri hesaplanıp, mukayese edilmiştir. Bir split klima cihazı için, ortalama 38°C çevre sıcaklığında, üç farklı soğutucunun tükettiği enerji miktarları deneysel olarak tespit edilmiştir. Soğutma ihtiyacı olan Mayıs-Eylül döneminde belli çalışma saatleri için yıllık enerji tüketimi hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda, GWP değeri yüksek olan R424A'nın doğrudan etkisi de yüksek olmuştur. R424A ve R417A'nın enerji tüketimleri R22'den %10 düşük olmasına rağmen, GWP değerlerinin yüksek olması sebebiyle, TEWI değerlerinin %2 -%4 oranında yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: TEWI, R424A, R417A, Küresel ısınma

THE EXPERIMENTAL COMPARISON OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF SOME HFC'S USED INSTEAD OF HCFC-22

Abstract: In this study, the TEWI values for R417A and R424A refrigerants instead of HCFC-22 gas which don't deplete ozone layer were calculated and then compared. For a split type air conditioning equipment, the energy consumption amounts were experimentally determined for the three different refrigerants at an average ambient temperature of 38°C. The annual energy consumption that is the cooling requirement was evaluated for the specific operating hours in May-September period. As a result of calculations, direct impact of R424A with the higher GWP value was also higher. It was found that although energy consumptions for both R424A and R417A were less than that for R22 by 10%, their TEWI values were to be higher with 2 to 4% because of their greater GWP magnitudes.

Key words: TEWI, R424A, R417A, Global warming

SEMBOLLER

β	emiyon üretimi (kgCO ₂ /kWh)
COP	performans katsayısı (-)
E_{yillik}	yıllık enerji tüketimi (kWh)
GWP	küresel ısınma etkisi (kg CO ₂)
L	kaçak miktarı (%/yıl)
m	soğutucu akışkan miktarı (kg)
\dot{m}	soğutucu akışkan kütleli debisi (kg/s)
N	çalışma ömrü (yıl)
ODP	ozon tüketme potansiyeli (-)
P_h	kompresör çıkış basıncı (kPa)
P_l	kompresör giriş basıncı (kPa)
Q_E	soğutma kapasitesi (kW)
T_d	kompresör basma sıcaklığı (°C)
T_e	evaporatör sıcaklığı (°C)
W_{el}	elektrik tüketimi (kW)

Giriş

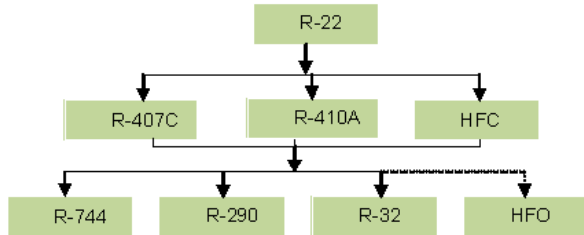
Dünyada Montreal Protokolü ile başlayan soğutucu akışkanların ozon tabakasına verdiği zararı ortadan kaldırma sürecini en sıkı uygulayan AB ülkeleri olmuştur. Bu konudaki ilk düzenlemelerinden, CE-1005/2009 ile 1 Ocak 2010'dan itibaren HCFC-22

kullanımını yasaklanmıştır. Aynı düzenleme ile var olan cihazların 1 Ocak 2015 yılına kadar kullanılması, bu tarihten sonra ozona zarar vermeyen soğutucu akışkan kullanan cihazlarla değiştirilmesi zorunludur (Llopis vd, 2012).

1990'lı yıllardan itibaren HCFC'li soğutucu akışkanların yerine kullanılabilecek ve ozona zarar vermeyen HFC'li soğutucu akışkanların kullanımı ve geliştirilmesi başlamıştır. İlk örnekleri ev tipi soğutucularda R12 yerine R134a'nın kullanılmasıdır. Daha sonra Şekil 1'deki gibi, iklimlendirme cihazları için sistemde bazı değişikliklerle R22 yerine R407C ve R410A'nın kullanılmasıdır. Bazı HFC akışkanlar için ise sistemde herhangi bir değişiklik yapmaya gerek yoktur. Son zamanlarda ise bu akışkanların yerine küresel ısınma potansiyeli (GWP: Global Warming Potential) daha düşük olan HFO'lu akışkanlar gündeme gelmiştir (Şekil 1).

Kyoto Protokolü, florin içeren soğutucu akışkanların sera gazı etkisini arttırmaları nedeniyle, çevreye duyarlı yeni soğutucu akışkanların bulunup, yeni cihazların bu akışkanlara göre tasarlanmasını belirtmektedir. Daha az

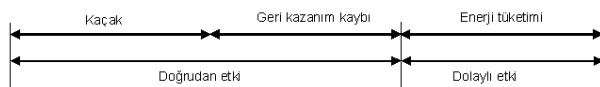
enerji harcayarak CO₂ emisyonu azaltılmalıdır (Davies ve Caretta, 2004).



Şekil 1. R-22 yerine kullanılabilir soğutucu akışkanlar

R22 bugün dünyada küçük veya büyük tüm sistemlerde kullanılan en yaygın soğutucu akışkandır (Aprea ve Maiorino, 2011). Türkiye’de kullanılan bireysel iklimlendirme cihazlarının büyük kısmı R-22 soğutucu akışkanını kullanmaktadır. AB uyum süreciyle birlikte R22’li cihazların satışı azalmış, 2007-2009 yılları arasında satılan cihazların %24’ü R22 soğutucu akışkanlı olmuştur (Söğüt ve Karakoç, 2013). Mevcut R22 soğutucu akışkanını kullanan cihazlar, arıza veya yer değiştirme nedeniyle akışkanlarını kaybetmektedir. Bu nedenle, bu cihazların bakımı sırasında yeni gaz şarjının R22 yerine ozona zarar vermeyen yani ODP değeri sıfır olan soğutucu akışkanlar kullanılmalıdır. Yapılan birçok çalışmada mevcut sistemde hiçbir değişiklik yapılmadan R22 soğutucu akışkanı yerine HFC içerikli gazlar kullanılabilirliğini göstermiştir (Aprea vd, 2011; Aprea vd, 2004; Aprea ve Renno, 2004; Cobello vd, 2013; Llopis vd, 2011; Llopis vd, 2012; Park vd, 2009).

Soğutucu akışkanlar, ozon tabakasına zarar vermemeleri gerekmesinin yanı sıra, akışkanın çalıştığı sistemle birlikte Toplam Eşdeğer Isınma Etkisi (TEWI: Total Equivalent Warming Impact) kavramıyla değerlendirilmelidir. TEWI değeri, değişik sistemlerin bağlı etkilerini karşılaştırabilmek için kullanılabilen bir parametredir (Söğüt ve Karakoç, 2013). Sistemlerin enerji tüketimleri ile küresel ısınma etkilerini kapsamaktadır (Şekil 2). Yüksek TEWI değeri sistemin yüksek CO₂ emisyonu saldıgını belirtir. TEWI, soğutucu akışkan emisyonunun küresel ısınma etkisi ve sistemin çalışma ömrü boyunca harcadığı enerjinin üretilmesinde oluşan CO₂ emisyonunun toplamından meydana gelir (Aprea ve Maiorino, 2011; Söğüt, 2012). Burada, sistemde oluşan kaçak vasıtasıyla soğutucu akışkanın doğrudan atmosfere sızması ve cihazın kullanım ömrü sonundaki soğutucu akışkanın geri kazanımı; doğrudan etki olarak tanımlanır. Cihazın ömrü çalışma boyunca tükettiği enerji nedeniyle çevreye salınan CO₂ emisyonunun küresel ısınmaya etkisi ise dolaylı etki olarak tanımlanmaktadır (Maykot vd, 2004).



Şekil 2. TEWI değerini etkileyen parametreler

Küresel ısınmaya neden olan gazların yaklaşık %95’i CO₂ ve metandır, geri kalan kısım içerisinde HFC ve

diğer gazların etkisi vardır. Bu etki düşük olsa da, doğrudan küresel ısınmaya ve ozon tabakasını yok etmeye eğilimi az olan soğutucu akışkanlar tercih edilmelidir. R22 yerine HFC’den başka bir alternatif de HC türü soğutucu akışkanlardır. Her ne kadar R22 yerine en çevreci alternatifin HC türevi soğutucu akışkanlar olduğu görülse de alevlenme ve toksik etkilerinden dolayı kullanımları kısıtlı olabilir. Bu yüzden R22’nin en iyi alternatifi halen HFC türevi soğutucu akışkanlardır (Chen 2008).

R22 yerine R407C gazı kullanılarak yapılan deneysel çalışmada, TEWI ile kondenser sıcaklık değişimi incelenmiştir. R22 yerine R407C kullanmanın sera gazları açısından uygun olduğu söylenmiştir (Aprea ve Greco, 1998).

R22 yerine R422A, R422D ve R417A’nın kullanıldığı deneysel çalışma sonuçlarına göre, en yüksek TEWI değerleri sırasıyla R422A, R422D, R417A ve R22 soğutucuları için elde edilmiştir. Bu sonuç, ODP büyüklüğü R22’ye göre düşük olan gazların, çevresel açıdan bakıldığında daha zararlı olabileceğini göstermektedir (La Rocca ve Panno, 2011).

R134a ile doğal soğutucu akışkan CO₂ (R744), üç farklı sistem için mukayese edilmiştir. Dış sıcaklık 25-30°C civarında iken R134a’nın TEWI değeri yüksek olmuştur. Dış sıcaklık 35-40°C arasında iken TEWI değerinin daha düşük olduğu belirtilmiştir (Aprea vd, 2012).

Doğal soğutucu akışkanların, klima sistemlerinin çevresel etkileri açısından uzun dönemde daha uygun olabilecekleri belirtilmektedir (Boloji ve Huan, 2013). R22 yerine geçebilecek, 20 saf ile 17 karışım soğutucu akışkan incelenmiş ve aday gazlar için seçim stratejileri önerilmiş olup, soğutucunun küresel ısınmaya katkısının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir (Yang ve Wu 2013). R134a yerine daha düşük TEWI değerine sahip olabilecek bir alternatif olarak R430A gösterilmiştir. Daha düşük enerji tüketimi ve 13 kat daha düşük GWP değeriyle, R430A soğutucu akışkanının R134a’nın yerine kullanılabilir daha iyi bir alternatif olduğu bildirilmiştir (Mohanraj, 2013).

Bu çalışmada, iklimlendirme cihazlarında yaygın olarak kullanılan R22 soğutucu akışkan ile sistemde hiçbir değişiklik yapmadan kullanılabilen 2 farklı HFC türü soğutucu akışkan mukayese edilmiştir. Enerji tüketimleri tespit edilerek, TEWI değerleri karşılaştırılmıştır. R22 ile diğer soğutucu akışkanların termodinamik özelliklerinin benzerlik gösterdikleri, Tablo 1’den (DuPont, 2014a; DuPont, 2014b; Refrigerant Solutions Limited, 2014) anlaşılmaktadır. Ayrıca R417A ve R424A soğutucu akışkanlarının ODP değerleri sıfırdır. Küresel ısınma potansiyeli (GWP), kullanılan gazın sera gazı etkisini ölçmede kullanılır. CO₂’nin GWP değeri, 1 kabul edilerek referans alınır. Yüksek GWP, yüksek çevresel etki anlamına gelmektedir (Wu vd, 2013). Kullanılan soğutucu

akışkanların GWP değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Kullanılan soğutucu akışkanların fiziksel özellikleri ve çevresel etki değerleri

	R22	R417A	R424A
Karışım oranları (ağırlıkça %)	R125	46.60%	R125 50.50%
	R134a	60.00%	R134a 47.00%
	R600	3.40%	R600 1.00%
			R600a 0.90%
			R601a 0.60%
Kaynama noktası (1 atm) (°C)	-40.8	-39.1	-38.7
Kritik sıcaklık (°C)	96.1	87.0	88.8
Kritik basınç (kPa)	4990	4036	4040
ODP	0.055	0.00	0.00
GWP _{100 yıl}	1600	1950	2440
Yağ	MO	MO/AB/POE	MO/AB/POE

MO: Mineral yağ AB: Alkil Benzen yağ POE: Polyol Ester yağ

Bu çalışmada, birçok mevcut klima cihazında soğutucu akışkan olarak kullanılan R22'nin yerine kullanılabilecek HFC türevi soğutucu akışkanların gerçek çalışma şartları altındaki çevresel etki değerleri incelenmiştir. Bu sayede R22'ye alternatif soğutucu akışkan seçimi yaparken sadece enerji parametreleri değil, çevresel etkileri de dikkate alınmalıdır.

Deneyel Çalışma

Deney sistemi, split klima cihazının gerçek çalışma koşullarında tükettiği enerjiyi tespit edebilmek için tasarlanmıştır. Sistemden ölçülen güç verileriyle, cihazın elektrik enerjisi tüketimi hesaplanmış ve TEWI mukayesesinde kullanılmıştır.

Deney sistemi için 2.05 kW soğutma kapasiteli, R22 gazı ile çalışan split tip bir klima kullanılmıştır. Cihazda rotary (dönel) kompresör ve kılcal boru tipi genişleme vanası mevcuttur. Cihaz, iç ile dış ünite olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Şekil 3'te görüldüğü gibi iç ünite, sıcaklık ve ısı yüklerinin ayarlanabildiği soğuk muhafaza odası (kontrol hacmi) içine takılmıştır. Kontrol hacmi; 8 cm kalınlığında poliüretan köpük dolgu malzemeden yapılmıştır. Isı yükü oluşturmak için hacme elektrikli rezistanslar yerleştirilmiştir.

Kondenserin sabit dış ortam şartında çalışmasıyla benzetim kurmak için, kondenser izoleli bir kanalın içine yerleştirilmiştir (Şekil 4). Kanalın hava girişi tarafına konulan rezistanslarla, kondenserin üzerinden geçen havanın sıcaklığı sabit tutulmuştur. Kanal girişinde her biri 1000 W olan 4 adet elektrikli rezistans

mevcuttur. Deney sırasında bunlar kademeli olarak açılıp, kapasite artırılmıştır. Böylece rezistansların vereceği ısı enerjisi, dolayısıyla sıcaklık değiştirilip dış ortam sıcaklığı sabit tutulabilmiştir. Klima iç ünitesi belirlenmiş bir programa göre çalıştırılmaktadır.



Şekil 3. Soğuk muhafaza odası

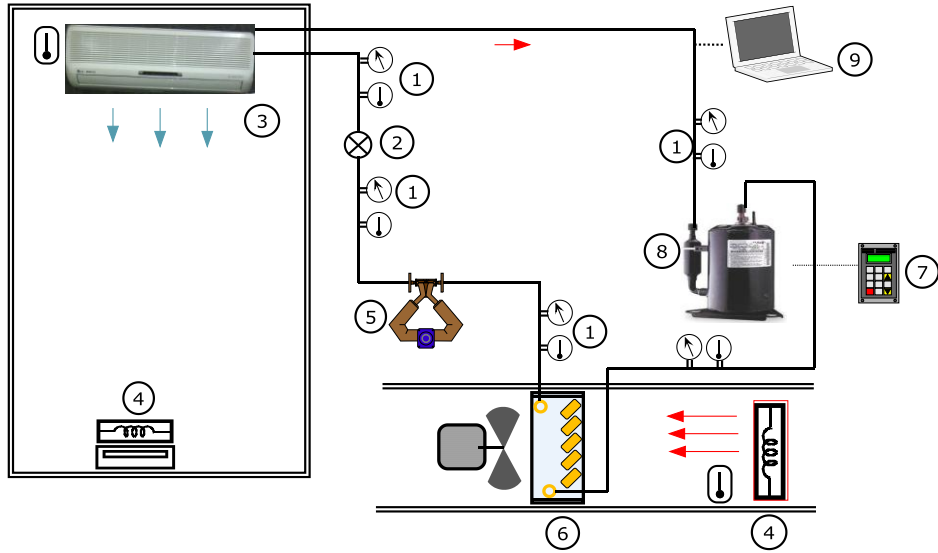


Şekil 4. Yalıtımlı kanal, kondenser ve ölçüm cihazları

Kapasite tayini için, sistemde dolaşan soğutucu akışkanın kütleli debisi, sıcaklık, basınç ve kompresörün elektrik tüketimi ölçülmüştür. Kütleli debi ölçüm cihazı, genişleme vanası öncesine monte edilmiştir (Şekil 4). Sıcaklık ve basınç sensörleri; kondenserin giriş ve çıkışına, kompresör girişine, genişleme vanası girişine ve evaporatör girişine yerleştirilmiştir (Tablo 2). Kompresörde tüketilen elektrik enerjisi; gerilim, akım ve güç faktörünün aynı anda okunabildiği bir güç analiz cihazı ile tespit edilerek, sistemin performans kat sayısı (COP),

$$COP = \frac{Q_E}{W_{el}} \quad (1)$$

denklemleriyle hesaplanmış olup burada W_{el} , kW cinsinden kompresörde harcanan birim zamandaki enerji değeridir. Her gaz için önce sistem vakum edilerek hava tahliye edilmiş, sonra sisteme elektronik terazi aracılığıyla 800 g gaz şarjı yapılmıştır. Anlık olarak okunan veriler, veri toplama kartıyla bilgisayara aktarılmıştır. Sensörlerden alınan veriler, veri toplama ünitesi ve bir yazılım ile bilgisayara kayıt edilmiştir (Şekil 5).



1) Sıcaklık ve basınç sensörleri, 2) Genleşme vanası, 3) İç ünite (evaporatör), 4) Elektrikli rezistans, 5) Debi ölçer, 6) Kondenser, 7) Güç ölçer, 8) Kompresör, 9) Veri toplama ünitesi.

Şekil 5. Deney sisteminin şematik bir gösterimi

Kondenslerden geçen havanın sıcaklığı 38°C değerine ulaştığında, sistemin sürekli rejime geçmesi beklenmiştir. Kullanılan gazın evaporatör çıkışındaki basınç ve sıcaklık değerlerini ölçüp, yazılımı sayesinde aşırı kızdırma sıcaklığını hesaplayan, dijital manifold yardımıyla sürekli rejim durumu tespit edilmiştir. Hesaplamalarda, aşırı kızdırma sıcaklığının 4-8°C aralığında olduğu anlardaki veriler kullanılmıştır. Deneysel ölçüm değerleriyle ilgili yapılan hata analizi sonucunda hata payının yaklaşık %2.2 ile %4.0 arasında olduğu tespit edilmiştir (Oruç ve Devocioğlu, 2015). Buna göre ölçüm sonuçlarının makul bir doğrulukta olduğu söylenebilir.

Tablo 2. Deney düzeneğinde kullanılan ölçüm cihazlarının teknik özellikleri

	Ölçüm aralığı	Hassasiyet
Basınç ölçer	0-40 bar	±1% FSO
Isıl çift K tipi	-50/150 °C	±0.1 °C
PT100	-100/500 °C	±0.1 °C
Coriolis tip kütleli debi ölçer	0-250 kg/h 0.1-2.9 g/cm ³	±0.1% 0.0005%
	-50/180 °C	±0.01°C
	0-6000 W	±1.5%
	1-10 A (AC)	±1%
Güç ölçer	30-600 V (AC)	±1%
	0.01-1 CosΦ	±1.5%
	10-100 Hz	±1%

TEWI Değerinin Hesaplanması

TEWI, sistemde kullanılan soğutucu akışkanın doğrudan sera gazına katkısı ve çalışma süresi boyunca harcadığı enerji için açığa çıkan CO₂

emisyununun dolaylı etkisinden meydana gelir (Devotta vd, 2001; Aprea ve Maiorino, 2011; La Rocca ve Panno, 2011). TEWI, kg CO₂ emisyon olarak ifade edilir. Soğutma ve iklimlendirme cihazlarının küresel ısınmaya etkisini gösteren bir parametredir.

TEWI ifadesi literatürde birçok kişi tarafından, farklı indislerle gösterilmiştir. Wu vd. (2013), kg CO₂ eş değeri olarak, TEWI değerini şu şekilde ifade etmiştir:

$$TEWI = \text{doğrudan etki} + \text{dolaylı etki} \quad (2)$$

$$\text{Doğrudan etki} = m \times L \times N \times GWP_{100} \quad (3)$$

$$\text{Dolaylı etki} = E_{\text{yillik}} \times N \times \beta \quad (4)$$

Çalışmada, kullanılan soğutucu akışkanlara ait GWP değerleri Tablo 1' de verilmiştir. Cihaza konulan gaz miktarı (m), kg cinsinden tanımlanıp, sistemdeki yoğunlaştırıcı, buharlaştırıcı, kompresör ve bağlantı borularının ebatlarına göre tespit edilir.

Cihazlar, gaz şarjlarının ağırlıkça %2'sini kurulma aşamasında ve %0.1'ini yıllık onarım sırasında kaybederler (Wu vd, 2013). Soğutucu akışkanın, sistemden kaçak vasıtasıyla atmosfere yayılması doğrudan sera gazı oluşumuna etki eder. L , yıllık kaçak miktarı, toplam gaz miktarının yüzdesi olarak tanımlanır. Bu çalışmada L değeri %7 olarak kabul edilmiştir. N , cihazın çalışma ömrünü yıl olarak tanımlamaktadır. Türkiye şartlarında klima cihazlarının servis ömrü 10 yıl olarak kabul edilebilir. Dolaylı etki için, cihazın çalışma süresince harcadığı elektrik enerjisi (E_{yillik}) kWh/yıl hesap edilir (Chen 2008). Bu parametrenin tespitinde, cihazın farklı aylarda farklı sürelerde çalıştığı kabulü yapılmıştır. β (kgCO₂/kWh), 1 kWh enerji üretmek için atmosfere salınan CO₂ emisyonu miktarı olup, elektrik enerjisinin ne şekilde üretildiğine bağlı olarak değişir.

Türkiye için β değeri 0.48 kgCO₂/kWh alınmıştır (Kumbaroğlu ve Arıkan, 2009).

Verilerin hazırlanması

Denklem 2'deki bazı parametreler yapılan kabullerle sağlanırken, diğer parametreler deney sonuçlarından elde edilen verilerle hesaplanarak bulunmuştur. Klima cihazına eklenen soğutucu akışkan miktarı ve enerji tüketimi, deneysel çalışmalardan elde edilen veriler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. TEWI hesabındaki ortak parametrelerin değerleri

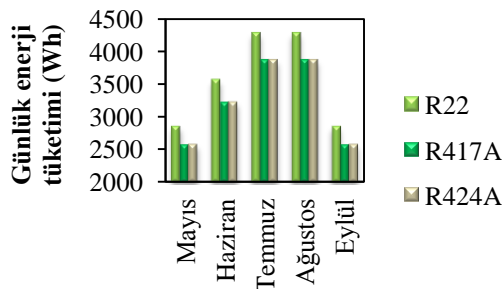
Parametre	Değer
L	% 7
β	0.48
N	10
m_{R22}	800
m_{R417A}	800
m_{R424A}	800

Klima cihazlarıyla mevsime göre hem ısıtma hem de soğutma işlemi yapılabilmektedir. Deneysel çalışmayla sadece yaz mevsiminin şartları denenmiştir. Türkiye'nin batı ve güney bölgelerinin çoğu soğutmaya Mayıs-Eylül ayları arası ihtiyaç duymaktadır. Aylara göre ortalama çalışma saati kabulleri ve aylık çalışma günleri Tablo 4'de verilmektedir. Çalışma saati seçiminde, klimanın on-off sistemine göre çalışması ve günlük 8-12 saatlik iş periyodunda bu zamanın ancak yarısında tam tüketim sağladığı kabul edilmiştir.

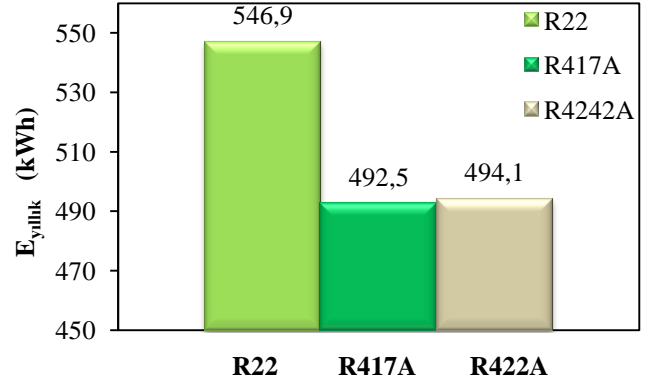
Tablo 4. Sistemin çalışma gün ve saatleri

Aylar	Gün sayısı	Çalışma saati
Mayıs	31	4
Haziran	30	5
Temmuz	31	6
Ağustos	31	6
Eylül	30	4

Klima sistemindeki tüketim; kompresör, iç ünite fanı, dış ünite fanı ve cihazın elektronik kartın elektrik tüketimini kapsamaktadır. Deneysel sonuçlardan elde edilen verilerin aylara göre günlük enerji tüketimleri Şekil 6'da, soğutucu akışkanların yıllık enerji tüketimleri Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 6. Aylara göre günlük enerji tüketimleri



Şekil 7. Soğutucu akışkanların yıllık enerji tüketimleri

Sonuçlar ve Öneriler

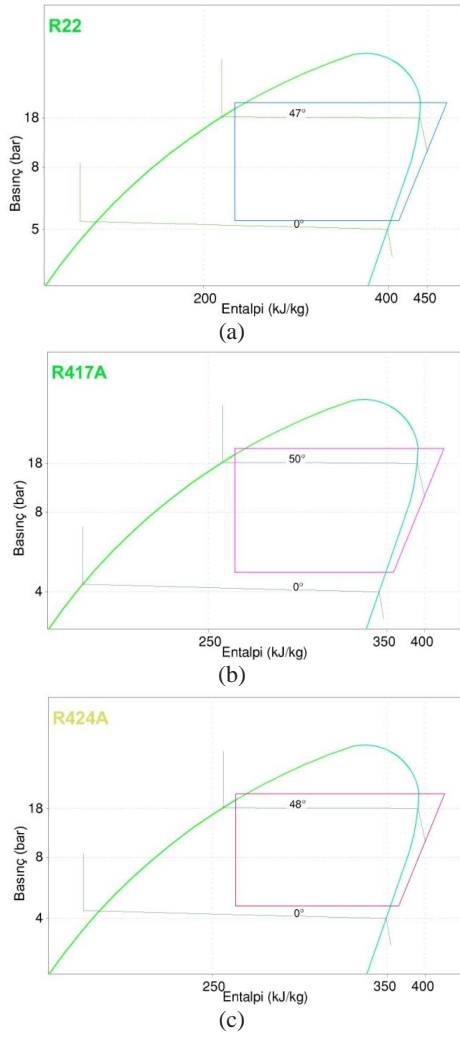
Tüm aylar için ortalama dış ortam sıcaklığı 38°C olduğunda, deneysel sonuçlar Tablo 5'te verilmektedir. Buna göre, en yüksek COP değeri R22 durumunda elde edilmiştir. R22 yerine kullanılacak soğutucu akışkanlar arasında, R424A'nın COP değerinin, R417A'nıkinden daha büyük olduğu görülmektedir.

Tablo 5. Deneysel sonuçlar

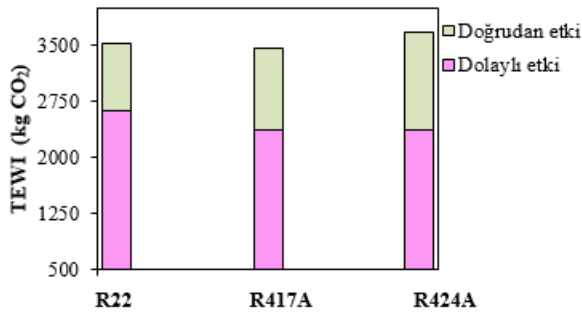
	COP	\dot{m} (g/s)	P_i/P_t	T_e (°C)	T_d (°C)
R22	2.78	11.8	3.63	1.3	82
R417A	2.33	11.8	4.08	3.5	69
R424A	2.51	13.3	3.98	4.7	65

R22 yerine, sistemde herhangi bir değişiklik yapılmadan bu çalışmada kullanılan HFC türü gazların artan kritik sıcaklıklarıyla, kompresör basma sıcaklıkları artmaktadır. Şekil 8'deki grafikler, gerçek çevrimlerden elde edilen sonuçların, Refprop (Lemmon vd, 2013) programı vasıtasıyla çizilmesiyle elde edilmiştir. Grafiklerden kullanılan soğutucu akışkanların, yüksek ve düşük basınç değerlerinin birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

Şekil 9'da tüm soğutucu akışkanlar için dolaylı etkinin doğrudan etkiye göre daha yüksek oranda katkı yaptığı açıkça görülmektedir. Soğutucu akışkanın seçimi, sistemin verimini etkilediğinden doğru seçim yapmak büyük önem taşımaktadır. Şekil 10'da COP değerleriyle dolaylı etkinin değişimi görülmektedir. Burada göze çarpan nokta R22'nin yüksek COP değerine karşılık, yüksek dolaylı etki değerine sahip olmasıdır. Bu durum şöyle açıklanır; COP değeri yükselirken soğutma etkisi ve elektrik tüketimi de artmıştır. Böylece yüksek soğutma tesiri ve yüksek elektrik tüketimine sahip olan sistemin, yüksek COP değeri olabilir.



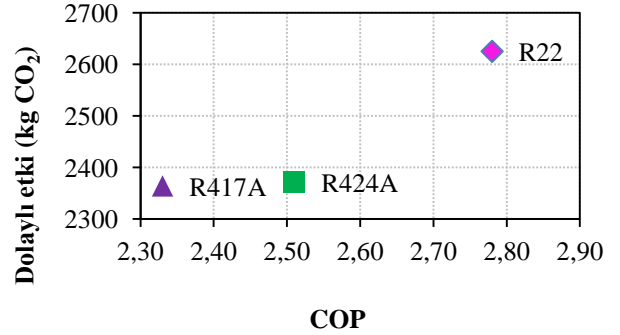
Şekil 8. Basınç-entalpi diyagramları a) R22 b) R417A c) R424A



Şekil 9. Soğutucu akışkanların TEWI değerleri

Şekil 9'da, R22'nin doğrudan etkisinin, alternatif akışkanlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuç, aynı miktar soğutucu akışkan kullanılan sistemlerde, R22'nin GWP değerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. R424A'nın yüksek GWP değeri, doğrudan etkisinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. R424A soğutucu akışkanının şarj miktarı %5 azaltıldığında, doğrudan etki de %5 azalmaktadır. Bu azalış, TEWI değerinin yaklaşık %2 azalmasına sebep olmaktadır. Bu sonuca göre, doğru miktarda gaz şarjı yapılmasıyla, hem küresel ısınmaya

doğrudan etki azalacak, hem de soğutma performansı ile ilgili dolaylı etki azalışı olacaktır. Aynı özellikler R417A soğutucu akışkanı için de geçerlidir.



Şekil 10. Dolaylı etkinin COP değeriyle değişimi

Kullanılan soğutucu akışkanlar içerisinde, doğrudan etki bakımından en düşük değere, R22 soğutucu akışkanı sahip olsa da, diğer akışkanlara göre ozona zarar verme potansiyelinin yüksek olması (Tablo 1) sebebiyle kullanılamaz. Denklem 2'ye göre sistemdeki yıllık oluşacak kaçak miktarı da, doğrudan etkiyi arttıran bir diğer faktördür. Yapılan çalışmalar, kaçak miktarının artmasıyla TEWI miktarının arttığını (Aprea ve Maiorino, 2011) göstermiştir.

R22 yerine R417A veya R424A kullanılmasıyla yıllık enerji tüketiminde %10 civarında bir azalma olmaktadır. R22'nin TEWI değeri R417A'ninkinden yaklaşık %2 büyük iken, R424A'ninkinden %4 küçüktür. R22'nin alternatifi soğutucu akışkanlar içerisinde, TEWI değeri küçük olan akışkan tercih edilmelidir. TEWI parametresine bir bütün olarak bakılmakla birlikte, dolaylı etkinin toplam etki içindeki değeri %65-70 civarında olduğundan bu değeri etkileyen faktörlerin azaltılması gerekmektedir. Bu amaçla β değerini küçültmek, yani yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi kullanmak, daha verimli ve daha az enerji tüketen cihazlar tasarlamak gerekecektir. GWP değeri düşük olan soğutucu akışkanların kullanılması ve geliştirilmesi de incelenecek konular arasında düşünülebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 113M059 numaralı projeye desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Aprea C., Greco A., 1998, An experimental evaluation of the greenhouse effect in R22 substitution, Energy Conversion and Management 39, 877-887.

Aprea, C., Mastrullo, R., Renno, C. 2004, An analysis of the performances of a vapour compression plant working both as a water chiller and a heat pump using R22 and R417A, Applied Thermal Engineering, 24, 487-499.

- Apréa, C., Renno, C. 2004, Experimental comparison of R22 with R417A performance in a vapour compression refrigeration plant subjected to a cold store, *Energy Conversion and Management*, 45, 1807-1819.
- Apréa, C., Maiorino, A., Mastrullo, R. 2011, Change in energy performance as a result of a R422D retrofit: An experimental analysis for a vapor compression refrigeration plant for a walk-in cooler, *Applied Energy*, 88, 4742-4748.
- Apréa, C., Maiorino, A. 2011, An experimental investigation of the global environmental impact of the R22 retrofit with R422D, *Energy*, 36, 1161-1170.
- Apréa C., Greco A., Maiorino A., 2012, An experimental evaluation of the greenhouse effect in the substitution of R134a with CO₂, *Energy* 45, 753-761.
- Bolaji B.O., 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.
- Cabello, R., Torrella, E., Llopis, R., Sánchez, D., Larumbe, J.A. 2013, Energy influence of the IHX with R22 drop-in and long-term substitutes in refrigeration plants, *Applied Thermal Engineering*, 50, 260-267.
- Chen W., 2008, A comparative study on the performance and environmental characteristics of R410A and R22 residential air conditioners, *Applied Thermal Engineering*, 28, 1–7.
- Davies T.W., Caretta O., 2004, A low carbon, low TEWI refrigeration system design, *Applied Thermal Engineering*, 24, 1119–1128.
- Devotta S., Waghmare A.V., Sawant N.N., Domkundwar B.M., 2001, Alternatives to HCFC-22 for air conditioners, *Applied Thermal Engineering*, 21, 703-715.
- DuPont, Thermodynamic properties of DuPont Freon 22 (R22) Refrigerant. “Technical Information”. http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/k05736_Freon22_thermo_prop.pdf.
- DuPont, Thermodynamic properties of DuPont Isceon MO59 (R417A). “Technical Information”. http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/k15291_ISCEON_MO59_thermo_prop_si.pdf.
- Kumbaroğlu G., Arıkan Y., 2009, Farkındalık ve fark yaratmak: Türkiye'nin CO2 salımları (Birinci Baskı), Açık Toplum Vakfı, İstanbul.
- La Rocca V., Panno G., 2011, Experimental performance evaluation of a vapour compression refrigerating plant when replacing R22 with alternative refrigerants, *Applied Energy*, 88, 2809–2815.
- Lemmon, E.W., Huber, M.L., McLinden, M.O., 2013. NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 9.1, National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Data Program, Gaithersburg.
- Llopis, R., Cabello, R., Sánchez, D., Torrella, E., Patiño, J., Sánchez, J.G. 2011, Experimental evaluation of HCFC-22 replacement by the drop-in fluids HFC-422A and HFC-417B for low temperature refrigeration applications, *Applied Thermal Engineering*, 31, 1323-1331.
- Llopis R., Torrella E., Cabello R., Sanchez D. 2012, HCFC-22 replacement with drop-in and retrofit HFC refrigerants in a two-stage refrigeration plant for low temperature, *International Journal of Refrigeration*, 35, 810-816.
- Maykot R., Weber G. C., Maciel R.A., 2004, Using the TEWI Methodology to Evaluate Alternative Refrigeration, *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, Purdue, <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1708&context=iracc>.
- Mohanraj M., 2013, Energy performance assessment of R430A as a possible alternative refrigerant to R134a in domestic refrigerators, *Energy for Sustainable Development*, 17, 471–476.
- Oruç, V., Devocioğlu, A.D., 2015, Thermodynamic performance of air conditioners working with R417A and R424A as alternatives to R22, *International Journal of Refrigeration*, 55, 120-128.
- Park, K.-J., Shim, Y.-B., Jung, D. 2009, A 'drop-in' refrigerant R431A for replacing HCFC22 in residential air-conditioners and heat pumps, *Energy Conversion and Management*, 50, 1671-1675.
- Refrigerant Solutions Limited. “RS-44 (R424A)”. http://www.refsols.com/files/RS-44/RS-44_Physical_data_&_retrofit.pdf.
- Söğüt M.Z., 2012, Exergetic and environmental assessment of room air conditioners in Turkish market, *Energy*, 46, 32-41.
- Söğüt M.Z., Karakoç H., 2013, Klimalarda enerji verimliliği sınıflandırılmasında farklı bir yaklaşım: ekserjetik verimlilik oranı ve çevresel etki oranı, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 859-871.
- Wu X., Hu S., Mo S., 2013, Carbon footprint model for evaluating the global warming impact of food transport refrigeration systems, *Journal of Cleaner Production*, 54, 115-124.
- Yang Z., Wu X., 2013, Retrofits and options for the alternatives to HCFC-22, *Energy*, 59, 1-2