

# Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri

Tansel KOYUN\*  
Arif KOYUN\*\*  
Mustafa ACAR\*\*\*

## Özet

*Bu çalışmada, soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar, bu akışkanların ozon tabakasına olan etkileri ve alternatif soğutucu akışkanlar incelenmiştir. Bir soğutma çevriminde ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortama nakledilmesinde ara madde olarak yararlanılan soğutucu akışkanlar, ısı alışve - rişini genellikle sıvı halden buhar haline (Soğutucu - evaporatör devresinde) ve buhar halinden sıvı haline (Yoğuşurucu-Kondenser devresi) dönüşerek sağlarlar. Bu durum bilhassa buhar sıkıştırma çevrimlerin - de geçerlidir.*

*Soğutucu akışkanların soğutma görevini yerine getirebilmesi için bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. Soğutucu akışkanda aranan özellikler, uygulama ve çalışma şartlarının durumuna göre değişir. Soğutucu akışkanın çalışma durumuna ve şartlara göre bazı özellikleri daha önemli olur ve bu durumda diğer özellikler gözardı edilebilir. Bir soğutucu akışkanda olması gereken özelliklerin hepsinin birden yerine getirebilen bir soğutucu akışkan yoktur.*

*Araştırmalar sonucunda, kullanım alanlarına göre en uygun olan soğutucu akışkanlar belirlenmiş ve bu akışkanların ozon tabakası üzerine olan etkileri incelenmiştir.*

## 1. GİRİŞ

19. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan soğutma sanayiinde ilk zamanlar karbondioksit, hava, su, amonyak gibi maddeler soğutucu olarak kullanılmıştır. Zamanla yapay olarak elde edilen kloroflorokarbon (CFC) ve hidrokloroflorokarbon (HCFC) lar bu maddelerin bir kısmının yerini almış ve yoğun şekilde kullanılmaya başlamıştır. Soğutucu akışkanlar, soğutma, havalandırma ve ısı pompası sistemlerinde istenilen bölgeden ısıyı absorbe ederek ya dış ortama veya diğer bir ortama taşınım ve iletim yoluyla geçirirler. Soğutucu akışkanların genel

olarak aşağıdaki niteliklere sahip olması istenir [\[http://www.sogutmaci.com/karmen/Kopya\\_so4.htm\]](http://www.sogutmaci.com/karmen/Kopya_so4.htm):

1. Pozitif buharlaşma basıncı olmalıdır. Hava sızmasını dolayısıyla havanın getirdiği su buharının soğuk kısımlarda katılarak işleme aksaklıklarına meyden vermesini önlemek için buharlaşma basıncının çevresine göre bir miktar üzerinde olması gerekir.
2. Düşük yoğuşma basıncı olmalıdır. Yüksek basınca dayanıklı kompresör, kondenser, boru hattı gibi tesisat olmalıdır.

\* Yrd. Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Makine Müh. Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı.

\*\* Mak. Y. Müh., Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.

3. Donma ısıya gizli ısıları yüksek olmalıdır. Bu harlaşma gizli ısı ne kadar yüksek olursa sistemde o oranda gaz akışkan kullanılacaktır.
4. Kimyasal olarak aktif olmamalıdır, tesisat malzemesini etkilememesi, korozif olmaması, yağlama yağının özelliğini değiştirmesi gerekir.
5. Yanıcı patlayıcı ve zehirli olmamalıdır.
6. Kaçakların kolay tespitine imkan veren özellikte olmalıdır.(Koku, renk)
7. Ucuz olmalıdır.
8. Isı geçirgenliği yüksek olmalıdır.
9. Dielektrik olmalıdır.
10. Düşük donma derecesi sıcaklığı olmalıdır.
- 11.Yüksek kritik sıcaklığı olmalıdır.
- 12.Özgül hacmi küçük olmalıdır.
13. Viskozitesi düşük olmalıdır.

Soğutucu akışkanın suda ve yağda erime durumunun da gözden uzak tutulmaması gerekir. Suda erime kolay oluyorsa makina içerisinde donma tehlikesi azalır, zira suda erime sonunda karışımın donma noktası daha alçak olur. Aksi halde çevre basıncının altında olan kısımlara dışarıdan giren hava içerisindeki su buharı kolaylıkla yoğunlaşır, genişleme valfindeki kısılma sonunda sıcaklık düşmesi ile katılaşır ve tıkanmalara,işletme sırasında aksaklıklarına yol açar. Yağda erimeye gelince,yağlama yağı segman aralıklarından sızarak soğutucu akışkana karışabilir.Eğer akışkan buharı yağda erimiyorsa,akışkanla sürüklenen yağ yoğunlaştırıcı ve hatta buharlaştırıcı yüzeylerinde birikir ve burada bir yağ filmi teşekkül eder.Bu durum ısı transferini kötüleştirir ve ayrıca kompresörde yağın eksilmesine sebep olur. Bu tür akışkanlar için kompresör çıkışında bir yağ ayırıcı kullanılır [[http://www.gençbilim.com/odev/gençbilim\\_kimya\\_0000350.html](http://www.gençbilim.com/odev/gençbilim_kimya_0000350.html)].

Ayrıca iklimlendirme ve soğutma uygulamalarında kullanılan soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerine etkileri de göz ardı edilmemelidir. Ozon tabakasının oluşumu, delinmesi ve

bazılarının çevre zararı da dünyamızı nasıl etkilediği ve canlılar üzerinde meydana getirebileceği olası değişiklikler ortaya konmalıdır [Onat, 2004]. Aşağıda, bu güne kadar kullanılmış, hala kullanılmakta olan ve gelecekte alternatif olarak kullanılacak tüm soğutucu maddeler, saf maddeler ve karışımlar olarak başlıca iki grup halinde listelenmiştir. Tablo 1'de saf olarak kullanılan başlıca soğutucu maddelerin kimyasal tanımları ve kimyasal formülleri verilmiştir. Bu tabloda geleneksel soğutucu maddeler ve yerlerine kullanılması önerilen alternatifler bir arada gösterilmiştir.

## 2. SOĞUTUCU AKIŞKAN ÇEŞİTLERİ

Bu bölümde soğutucu akışkan çeşitleri ayrı ayrı ele alınmıştır [[http://www.sogutmaci.com/karimen/Kopya\\_so4.htm](http://www.sogutmaci.com/karimen/Kopya_so4.htm)].

**R11** : R11 (CCl3F), düşük basınçlı (0 °C'de 0.40 bar) bir soğutucudur. Ağırlıklı olarak 350 kW - 10.000 kW soğutma kapasitesi aralığında olan santrifüj su soğutucu ünitelerde (chiller) kullanılmaktadır. Bütün dünyada 60.000 adet su soğutucu ünite R11 kullanıldığı tahmin edilmektedir. Ozon tahribatı nedeniyle üretimi durdurulmuştur. Yanmaz ve kokusuzdur.

**R12 (CCl2F2)** : Bugün, soğutma maksadı ile en çok kullanılan soğutucu akışkandır. Zehirli, patlayıcı ve yanıcı olmaması sebebiyle tamamen emniyetli bir maddedir. Bunlara ilaveten, en ekstrem çalışma şartlarında dahi stabil ve bozulmayan, özelliklerini kaybetmeyen bir maddedir. Ancak, açık bir aleve veya aşırı sıcaklığa haiz bir ısıtıcı ile temas ettirilirse çözülür ve zehirli bileşkelere ayrışır. Kondenserde, ısı transferi ve yoğunlaşma sıcaklıkları bakımından oldukça iyi bir durum gösterir. Yağlama yağı ile tüm çalışma şartlarında karışabilir ve yağın kompresöre dönüşü basit önlemlerle sağlanabilir. Yağı çözücü (Solvent) özelliği, kondenser ve evaporatör ısı geçiş yüzeylerinde yağın toplanıp ısı geçişini azaltmasını önler.

Tablo 1. Başlıca Saf Soğutucu Maddeler [Beşer, 1997]			
R 11 (CFC11)	Triklorflormetan	CFCL3	*
R 12 (CFC12)	Diklorflormetan	CF2CL2	*
R 13 (CFC13)	Klortriflormetan	CF2CL2	*

R 13B1 (BFC13)	Bromtriflormetan	CBR <sub>F</sub> 3	
*			
R 22 (HCFC22)	Klordiflormetan	CHF <sub>2</sub> CL	**
R 23 (HCF23)	Triflormetan	CHF <sub>3</sub>	***
R 32 (HCF32)	Diflormetan	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	***
R113 (CFC113)	Triklortrifloreten	C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> CL <sub>3</sub>	*
R114 (CFC114)	Diklortetraforeten	C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> CL <sub>2</sub>	*
R115 (CFC115)	Klorpentaforeten	C <sub>2</sub> F <sub>5</sub> CL	*
R123 (HCFC123)	Diklortrifloreten	C <sub>2</sub> HF <sub>3</sub> CL <sub>2</sub>	***
R125 (HFC125)	Pentaforeten	CF <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	***
R134a (HCF134a)	Tetraforeten	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	***
R141b (HCFC141b)	Flordikloreten	C <sub>2</sub> CL <sub>2</sub> FH <sub>3</sub>	***
R143a (HFC143a)	Trifloreten	CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	***
R152a (HCF152a)	Difloreten	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	***
R290 (HC290)	Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	***
R600 (HC600)	Bütan	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	***
R600a (HC600a)	İzobütan	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	***
R717	Amonyak	NH <sub>3</sub>	***
R718	Su	H <sub>2</sub> O	***
R744	Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	***
R764	Sülfürdioksit	SO <sub>2</sub>	***

\* Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddeler.  
\*\* Montreal Protokolü kapsamında henüz üretimi ve kullanımı yasaklanmayan, kısıtlamaya tabi tutulan mad-

Buharlaştırma ısısının düşük olması sebebiyle sistemde dolaşması gereken akışkan debisi fazladır. Fakat bu önemli bir mahzur olmadığı gibi küçük sistemlerde, akış kontrolünün daha iyi yapılması yönünden tercih edilir. Büyük sistemlerde ise buhar yoğunluğunun fazlalığı ile, birim soğutma için gerekli silindir hacmi R - 22, R - 500 ve R - 717 (Amonyak) dan çok farklı değildir. Birim soğutma için harcanan beygir gücü de takriben aynı seviyededir.

**R13** : R13 (CCIF<sub>3</sub>), -70 °C ile -45 °C arasında kullanılan düşük sıcaklık soğutucusudur. Az sayıda endüstriyel soğutma tesisinde kullanılmaktadır.

**R13B1** : R13B1 (CBrF<sub>3</sub>), -70°C /-45°C aralığında endüstriyel soğutucularda kullanılmaktadır. Yüksek ozon tüketme kapasitesi nedeniyle Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve tüketimi tamamen durdurulmuştur.

**R22 (CHCIF<sub>2</sub>)** : Diğer fluo – karbon soğutucu akışkanlarda olduğu gibi R22’de emniyetle kullanılabilir zehirsiz, yanmayan, patlamayan bir akışkandır. R22, derin soğutma uygulamalarına cevap vermek üzere geliştirilmiş bir soğutucu akışkandır, fakat paket tipi klima cihazlarında, ev tipi ve ticari tip soğutucularda da, bilhassa daha kompakt kompresör gerektirmesi (R12’ye nazaran takriben 0.60 katı) ve dolayısıyla yer kazancı sağlaması yönünden tercih edilir. Çalışma basınçları ve sıcaklıkları

R12’den daha yüksek seviyede ve fakat birim soğutma kapasitesi için gerekli tahrik gücü takriben aynıdır. Çıkış sıcaklıklarının oldukça yüksek olması sebebiyle, bunun aşırı seviyelere ulaşmasına engel olmak için emişteki kızgınlık derecesini mümkün mertebe düşük tutmalıdır. Derin soğutma uygulamalarında, aşırı çıkış sıcaklıkları ile karşılaşılabilir.

çular için en uygun olan alternatiftir. Ticari olarak da temini olanaklıdır. Yüksek ve orta buharlaştırma sıcaklıklarında ve / veya düşük basınç farklarında kompresör verimi ve sistemin COP (coefficient of performance) değeri R12 ile yaklaşık aynı olmaktadır. Düşük sıcaklık için çift kademeli sıkıştırma gerekmektedir. R134a, mineral yağlarla uyumlu olmadığından polimer yağlarla uyumlu olması nedeniyle tercih edilir.

ginden (yüksek sıkıştırma oranı sebebiyle) sı -  
lindirlerin su gömleli olması tavsiye edilir. Yağ  
dönüşünü sağlamak için R12'ye nazaran daha  
dikkatli ve iyi işlenmiş dönüş boruları döşen -  
meli, derin soğutma uygulamalarında muhak -  
kak yağ ayırıcı konulmalıdır. R12 yağ ile daha  
çabuk ve iyi karışmaktadır. Su ile ise R22 da -  
ha çabuk ve yüksek oranda karışır.

**R23** : R23 (CHF3) , düşük sıcaklık soğutucu -  
sudur. R13 için alternatif olarak kabul edilmiş -  
tir. R23 oldukça yüksek sera etkisine sahiptir.  
Bu etki R12'ye göre 3 kat fazladır [Beşer, -  
1997].

**R114** : R114 (CCIF2), yanmayan ve zehirli  
özelliği olmayan bir soğutucu maddedir. 80 □C  
- 120 □C arasında endüstriyel ısı pompaların -  
da kullanılmaktadır.

**R123** : R123 (CHCl2CF3), santrifüj soğutucu  
ünitelerde kullanılan ve R11'e en uygun olan al -  
ternatif soğutucu maddedir. R11'li evaporatöre  
göre metalik olmayan malzemeleri etkileme gü -  
cü daha fazladır. Dolayısıyla R123'lü evapora -  
töre geçişte tüm kauçuk esaslı malzeme de -  
ğiştirilmelidir. R11'li evaporatör göre daha dü -  
şük enerji verimine sahiptir. Zehirleyici özelliği  
nedeniyle kullanıldığı ortamda ek tedbirler ge -  
rektirmektedir. 8 saat boyunca maruz kalınacak  
maksimum doz 10 ppm'dir.

**R134a** : R134a (CF2CH2F), termodinamik ve  
fiziksel özellikleri ile R12'ye en yakın soğutucu -  
dur. Halen ozon tüketme katsayısı 0 olan ve di -  
ğer özellikleri açısından en uygun soğutucu  
maddedir. Araç soğutucuları ve ev tipi soğutu -

oister veya polioleik asit bazlı yağlarla  
kullanılmalıdır.

**R143a** : R143a (CF3CH3), R502 ve R22 için  
uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir.  
Amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük  
sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Ya -  
nıcı özelliğe sahip olduğundan dönüşüm ve  
yeni kullanımlarda güvenlik önlemleri göz  
önünde tutulmalıdır. Sera etkisi R134a'ya göre  
iki kat daha fazladır. R125 R134a ile birlikte de -  
ğişik oranlarda kullanılarak R502 alternatifi ka -  
rışımlar (R404A gibi) elde etmek için kullanılı -  
maktadır.

**R125** : R125 (CF3CHF2), R502 ve R22 için  
uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir.  
R143 gibi amonyak kullanımının uygun olma -  
dığı düşük sıcaklıklar için düşünülmüştür.  
Yanma özelliği yoktur. Ancak sera etkisi R13 -  
4a'dan iki kat daha fazladır. R134a, R143a R32  
ile (örneğin R404A veya R407A gibi) değişik  
oranlarda kullanılarak R502 alternatifi karışım -  
lar elde edilmektedir.

**R152a** : Ozon tahribatına neden olmayan ve  
sera etkisi çok düşük olan (R12'nin %2'si ka -  
dar) R152a (C2H4F2), ısı pompalarında R12  
ve R500 için alternatif olarak kabul edilmiştir.  
R12 ve R134a'dan daha iyi COP'a sahip olan  
R152a mineral yağlarla da iyi uyum sağlamak -  
tadır. Yanıcı ve kokusuz olan R152a zehirleyici  
özellik göstermez. Termodinamik ve fiziksel  
özellikleri R12 ve R134a'ya çok yakındır. Bu  
yüzden dönüşümlerde kompresörde herhangi  
bir modifikasyona gerek kalmaz. Hacimsel so -  
ğutma kapasitesi R12'den %5 daha düşüktür.

**R401A** : R22, R124 ve R152a'dan oluşan  
(ağırlıkça sırasıyla %52 / 33 / 15 oranında) ve  
R12 için alternatif kabul edilen zeotropik bir ka -  
rışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif  
olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu  
DUPONT tarafından SUVA MP39  
adıyla piyasaya sunulmuştur.

**R402A** : R22, R125 ve R290'dan oluşan (ağır -  
lıkça sırasıyla %38 / 60 / 2 oranında) ve R502  
için alternatif kabul edilen zeotropik bir karı -

münde sistemin yeniden dizayn edilmesi ge -  
rekmektedir. Bu değişim yapıldığı taktirde sis -  
tem verimi R22'ye göre %5 daha iyi olmaktadır.  
Sera etkisinin yüksek olması en büyük deza -  
vantajdır. Bu soğutucu ALLIED SIGNAL tara -  
fından GENETRON AZ20 adıyla piyasaya su -  
nulmuştur.

**R500** : R500, R12 ve R152a'dan oluşan bir  
azeotropik bir karışımdır. Karışım oranı ağır -  
lıkça % 73.9 R12, % 26.2 R152a'dır. Düşük  
oranda R12'ye alternatif olarak kullanılmakta -

şımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA HP80 adıyla piyasaya sunulmuştur.

**R404A** : R125, R134a ve R143a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla %44 / 4 / 52 oranında) ve R502 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA HP62 ve ELF - ATOCHEM tarafından FORANE FX70 adıyla piyasaya sunulmuştur.

**R407A / R407B / R407C** : R407A / R407B / R407C, R32, R125 ve R134a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla %20 / 40 / 40, %10 / 70 / 20 ve % 23 / 25 / 52 oranlarında) ve R502 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımlardır. Bu soğutucular ICI tarafından KLEA60, KLEA61, KLEA66 ve DUPONT tarafından SUVA AC9000 (R407C) adlarıyla piyasaya sunulmuştur.

**R410A** : R32 ve R125'den oluşan (ağırlıkça %50 / 50 oranında) ve R22 için alternatif kabul edilen yakın azeotropik bir karışımdır. 410A ozon tabakasına zarar vermeyen iki HFC' nin karışımı olup, R-22' ye nazaran daha yüksek çalışma basınçları ve soğutma kapasitesine sahiptir[İsa, 2003]. Teorik termodinamik özellikleri R22 kadar iyi değildir. Ancak ısı transfer özelliği oldukça iyidir. R22 - R410A dönüşü

dur. R12'ye göre daha iyi COP değerine ve % 10 - 15 daha yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir.

**R502** : R502, R22 ve R115'den oluşan bir azeotropik bir karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça % 48.8 R22, % 51.2 R115'tir. En çok kullanıldığı alan soğuk taşımacılık ve ticari soğutuculardır. CFC içerdiğinden üretimi durmuştur. Düşük sıcaklıklarda yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir. -20, -40 °C aralığında R22'den % 1 ile % 7 arasında daha yüksek olmaktadır. COP değeri çalışma koşullarına bağlı olarak R22'den %5 - 15 daha düşüktür.

**R507** : R507, R125 ve R134a'dan oluşan (ağırlıkça %50 / 50 oranında) R502 için kabul edilen bir alternatiftir. Bu soğutucu ALLIED SIGNAL tarafından GENETRON AZ50 adıyla piyasaya sunulmuştur.

**R717 (Amonyak)** : Bugün, fluo – karbon ailesinin dışında geniş ölçüde kullanılmaya devam edilen tek soğutucu akışkan Amonyak'dır. Zehirleyici ve bir ölçüde yanıcı – patlayıcı olmasına rağmen mükemmel ısı özelliklerine sahip olması sebebiyle, iyi eğitilmiş işletme personeli ile ve zehirleyici etkisinin fazla önem taşımadığı hallerde, büyük soğuk depoculukta, buz üretiminde, buz pateni sahalarında ve donmuş paketlenme uygulamalarında başarıyla kullanılmaktadır. Buharlaşma ısısının yüksek oluşu ve buhar özgül hacminin de oldukça düşük olması sistemde dolaştırılması gereken akış

kan miktarının düşük seviyede olmasını sağlar. R22'de olduğu gibi çıkış sıcaklıkları yüksek seviyeli olup kompresör kafa ve silindirlerinin su soğutma gömleklili olması tercih edilir.

### 3. SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN OZON TABAKASINA ETKİSİ

İnsanlar ihtiyaçlarını karşılamak için her zaman yeni teknolojiler geliştirerek başta yiyecek ve içeceklerini korumak, konforlu yaşamak ve ürünlerini daha sağlıklı muhafaza etmek için soğutma ve iklimlendirme alanında büyük atılımlar yapmışlardır. Bu teknolojik gelişmeler sonucu ortaya çıkan soğutucu akışkanların atmosferin yukarı stratosfer katmanında oluşan ozon tabakasını deldiği ve küresel ısınmaya

doğru yükselir. Özellikle CFC ler kimyasal kararlılıkları çok fazla olduğu için yapıları bozulmadan atmosferde 100 yıldan fazla kalabilirler. HCFC lerin ise kimyasal kararlılıkları azdır. Yapıları bozulmadan atmosferde yaklaşık 15 yıl kalabilirler [Onat, 2004].

Soğutucu akışkanları kloroflorokarbon (CFC), hidrokloroflorokarbon (HCFC), hidroflorekarbon (HFC) şeklinde üç kategoride inceleyebiliriz [Onat, 2004].

#### 3.1. Kloroflorokarbon (CFC):

CFC'ler ozon tabakası üzerinde en fazla tahribat yapan soğutucu akışkanlardır. Ayrıca küresel ısınma potansiyelleri oldukça yüksektir.

neden olduğu tespit edilmiştir. Bu küresel ısınma sonucu dünya sıcaklığında artma görülmektedir. Gelecekte, dünyanın sıcaklığının artması nedeniyle kutuplarda buzulların eriyeceği bazı kara parçalarının sular altında kalacağı belirtilmektedir. Ayrıca artan ultraviyole ışınlarının ve küresel ısınmanın çevre üzerindeki olumsuz etkileri ürünlerin azalması, yazların daha sıcak olması, kışın nem oranının artması, denizlerin ekolojik dengesinin bozulması ve kuraklık şeklinde de sıralanabilir. Ozon tabakasının delinmesinin insan sağlığı üzerindeki etkileri de ihmal edilmeyecek düzeydedir. Ozon tabakasının delinmesi neticesinde artan ultraviyole ışınları deride kanser, gözlerde katarakt ve bağışıklık sisteminde zayıflamaya neden olmaktadır. Son günlerde çok güneş alan bölgelerde yaşayan insanlar üzerinde yapılan bir araştırmaya göre yukarıda vurgulanan hastalıklarda artış olduğu tespit edilmiştir [Onat, 2004].

Güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarının yaklaşık %90'nun Dünyaya ulaşması koruyucu ozon tabakası tarafından önlenmektedir. Soğutma ve klima uygulamalarında kullanılan CFC (kloroflorokarbon) ve HCFC (hidrokloroflorokarbon) atmosfere verildikten sonra difüzyon ve atmosferdeki rüzgarların etkisiyle yukarı

Bunlardan dolayı CFC'lerin kullanımı için bazı yasaklar ve önlemler dünya çapında alınmaktadır. CFC'ler için önemli bulgular şunlardır. Atmosferde 75-120 yıl arasında kimyasal yapıları bozulmadan kalabilirler. Ozonu delme potansiyelleri yüksektir. Uygulamada en çok kullanılanları şunlardır:

R-11, R-12, R-13, R-114 ve R-115

### 3.2. Hidrokloroflorokarbon (HCFC):

HCFC'ler de klor atomu içerdiği için ozon tabakası ile reaksiyona girerler. Buna rağmen HCFC lerin yapısında hidrojen bulunduğu için kimyasal kararlılıkları çok zayıftır. Atmosferde yapıları bozulmadan uzun süre kalmazlar. HCFC'ler atmosfere doğru yükselirken yapılarındaki hidrojen havadaki su molekülleri ile reaksiyona girerek yapıları bozulur. HCFC'lerin ozonu delme potansiyelleri azdır. HCFC'lerin önemli özellikleri şunlardır:

Atmosferde kimyasal yapıları bozulmadan uzun süre kalmazlar (15-20 yıl).

Ozonu delme potansiyelleri düşüktür.

Uygulamada en çok kullanılan HCFC'ler şunlardır: R-22, R-124, R-123

Soğutucu Madde	Bileşimi (Ağırlıkça)	Notlar
R401A	% 52 R 22 + % 33 R 124 + % 15 R152a	**
R402A	% 38 R 22 + % 60 R 125 + % 2 R290	**
R404A	% 44 R 125 + % 4 R 134a + % 52 R143a	***
R407A	% 20 R 32 + % 40 R 125 + % 40 R 134a	***
R407B	% 10 R 32 + % 70 R 125 + % 20 R 134a	***
R407C	% 23 R 32 + % 25 R125 + % 52 R134a	***
R410A	% 50 R 32 + % 50 R 125	***
R500	% 73.8 R 12 + % 26.2 R152a	*
R502	% 51.2 R 115 + % 48.8 R 22	*
R507	% 50 R 125 + % 50 R143a	***

\* Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddeler.  
 \*\* Montreal Protokolü kapsamında henüz üretimi ve kullanımı yasaklanmayan, kısıtlamaya tabi tutulan maddeler, geçiş dönemi alternatif soğutucu maddeleri.  
 \*\*\* Montreal Protokolü kapsamında kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddelere al-

### 3.3. Hidroflorokarbon (HFC):

Aşağıda karışım ile elde edilmiş bazı soğutucu maddeler tablo halinde verilmiştir.

HFC'lerin yapısında klor atomu bulunmadığı için ozonu delme potansiyelleri sıfırdır. Yani ozon tabakası üzerine hiçbir olumsuz etkileri yoktur. Buna rağmen küresel ısınmaya biraz etki yaparlar.

#### 4. KARIŞIM VE İNORGANİK SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

1987'de imzalanan Montreal Protokolü gereği, ozon tüketim potansiyeline sahip CFC ve HCFC grubu soğutucu akışkanlar kullanılmayacaktır [Sözen]. Bu yüzden ozon tabakasına zarar vermeyecek yönde farklı soğutucu akışkanlar araştırılmıştır. İki veya daha fazla soğutucu akışkanın belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen soğutucu akışkana karışım denilmektedir. En popüler karışımlar R-500, R-502, 404A ve 407C'dir. Yapılan çalışmalar ozon tabakasına zarar vermeyecek akışkanlar yönündedir. Günümüzde inorganik soğutucu akışkan olarak zehirleyici özelliği olmasına rağmen termodinamik özellikleri mükemmel olan amonyak (NH<sub>3</sub>) kullanılmaktadır [Onat, 2004].

52  
2005

maktadır. Bazı hükümetler en sert tedbirleri alarak yüksek vergiler koymuşlar, boşluk yaratmayacak yasal düzenlemeler getirmişler, Montreal Protokolü'nün öngördüğü miktarların da altında bir temin kısıtlaması öngörmüşler ve daha güvenli alternatiflerin kullanımını teşvik etmişlerdir.

Bu konuda fikir vermesi açısından Avustralya, Danimarka ve ABD'de CFC içeren maddelere uygulanan vergilere bakmak yararlı olacaktır.

Avustralya : 0.174 \$/kg (bütün üretim ve ithalatlarda)  
Danimarka : 5.45 \$/kg (bütün CFC kullanımlarında)  
ABD : 11.77 \$/kg (üretim ve ithalatta)

Bu vergi oranları ODP değeri (ozon tüketim Soğutucu Akışkanlarının Değerlendirmesi, katsayısı) 1.0 olan maddeler için geçerlidir.

Vergi ODP oranına bağlı olarak değişmektedir.

\*

\* Rakamlar 1995 yılına aittir [Beşer, 1997].

#### 5. ÜLKELERİN CFC İÇEREN GAZLARLA İLGİLİ ANTLAŞMA VE YAPTIRIMLARA YAKLAŞIMI

Montreal Protokolü'ne imza atan ülkeler protokolün öngördüğü yaptırımlara ilave olarak kendi ulusal politikaları doğrultusunda yeni programlar geliştirmekte ve uygulamaktadırlar. Bu yüzden her ülkede CFC tüketim miktarlarındaki azalma oranı farklılıklar göstermektedir. Gelişmiş ülkeler grubunda yer alan ABD, Japonya ve AB ülkelerinin 1986-1993 yılları arasındaki CFC içeren soğutucu madde tüketim oranları bu konuya ışık tutacak niteliktedir. 1993-1996 yılları arasında tüketim miktarlarında ABD'de 132 kt'dan 65 kt'ya düşerek %50 azalma, Japonya'da 24.3 kt'dan 17 kt'a düşerek %33 azalma, görülmüştür.

Buna karşılık AB ülkelerinde ise bu maddelerin 29.9 kt'dan 35.6 kt'a yükselerek % 20 artma gözlenmiştir.

Bu farklılığın başlıca sebebi hükümet programlarındaki büyük farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 88,

cu akışkanların kullanılmamasına karar verilmiştir. Bu nedenle soğutucu akışkanlar üzerine yapılan araştırmalar artmıştır. Sonuç olarak özellikle soğutma sistemlerinde en çok kullanılan CFC grubu soğutucu akışkanların ozonu tahrip etme potansiyelleri oldukça yüksektir. CFC grubu soğutucu akışkanların yerine aynı özellikleri gösteren fakat ozon tabakası üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmayan HFC ve HCFC soğutucu akışkanlarının ve karışımlarından oluşan diğer alternatif soğutucu akışkanların kullanılması önerilmektedir.

#### 7. KAYNAKLAR

- Beşer, E., 1997, Soğutucu maddelerle ilgili Dünyada ve Türkiyedeki Gelişmeler, Kongre Teskon.
- İsa, K., İslamoğlu, Y., 2003, R22 Alternatifi Termodinamik Dergisi.
- Onat, A., İmal, M., İnan, A.T., 2004, Soğutucu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Alternatif Soğutucu Akışkanlar, K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Der

## 6. SONUÇ

Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde ozona zarar veren ve küresel ısınmaya neden olan soğutucu akışkanların yerine, hemen hemen aynı fiziksel özellikleri gösteren fakat ozon tabakası üzerinde olumsuz etki yapmayan ve küresel ısınmaya az neden olan akışkanlar kullanılmıdır. Bunun için de imzalanan Montreal protokolünden sonra ozon tabakasının tüketimine neden olan HCF ve HCFC grubu soğutucu

gisi, Kahramanmaraş.

- Sözen, A., Arcaklıoğlu, E., Özalp, M., 2003, Doğal Akışkan Çiftlerinin PVTX Özelliklerinin Yapay Sinir Ağlarıyla Belirlenmesi, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, İstanbul.

- <http://www.sogutmaci.com/karmen/Kopya>

4.htm

- [http://www.gencbilim.com/odev/genctim\\_kimya\\_0000350.html](http://www.gencbilim.com/odev/genctim_kimya_0000350.html)

lim\_kimya\_0000350.html