

Soğutucu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Alternatif Soğutucu Akışkanlar

Ayhan ONAT¹, Muharrem İMAL², A.Talat İNAN³

¹KSÜ. Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme-Soğutma Programı, Kahramanmaraş

²KSÜ. Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu, Makine Programı, Kahramanmaraş

³MÜ. Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Enerji Öğretmenliği, İstanbul

ÖZET : Bu çalışmada iklimlendirme ve soğutma uygulamalarında kullanılan soğutucu akışkanların ozon tabakası üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ozon tabakasının oluşumu, delinmesi ve bunun sonucunda dünyanın fiziki şartlarında ve canlılar üzerinde meydana getirebileceği olası değişiklikler ortaya konmuştur. Ozonu tahrip etme oranları, küresel ısınma etkileri ve diğer fiziksel özellikleri göz önüne alındığında soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde en çok kullanılan soğutucu akışkanlardan R-12'nin yerine alternatifleri olarak gösterilen R-134a, R-401A, R-401B, R-409A akışkanları içerisinde R-134a ve R-401A'nın; R-502'nin yerine alternatifleri olarak gösterilen 402A, R-402B, R-408A, R-404A, R-507 akışkanları içerisinde R-404A'nın; R-22'nin yerine alternatifleri olarak gösterilen R-407C, 410A, R-404 A, R-507 akışkanları içerisinde R-407C ve R-410A'nın; R-11 akışkanının yerine R-123 akışkanının; R-13 akışkanının yerine de R-508B akışkanının kullanılmasının daha uygun olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küresel Isınma, Ozon, Soğutucu Akışkanlar.

Investigation the Effects of Refrigerants on Ozone Layer and Alternative Refrigerants

ABSTRACT : In this study, the effects of refrigerants used in air-conditioning and refrigeration systems on ozone layer were investigated. Subjects such as formation of ozone layer, its deformation and possible changes in physical conditions of the earth and living organisms were covered. Considering the rates of ozone destruction, the effects of global warming, and the other physical characteristics, the following conclusions were driven for refrigerants used in air conditioning and refrigeration systems: Instead of R-12, R-134a and R-401A were more appropriate among the alternative refrigerants group of R-134a, R-401A, R-401B, and R-409A; instead of R-502, R-404a was more appropriate among the alternative refrigerant group of 402A, R-402B, R-408A, R-404A, and R-507; instead of R-22, R-407C and R-410A were more appropriate among the alternative refrigerant group of R-407C, 410A, R-404A, R-507; R-123 should substitute R11; and R-508B should substitute R-13.

Key Words: Global Warm, Ozone Layer, Refrigerants.

GİRİŞ

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 neden olduğu tespit edilmiştir. 1974 yılında Malina Rowland teorisi ortaya atıldıktan sonra ozon tabakasının delinmesi kamuoyunda tartışılmaya başlanmıştır. Maliba Rowland teorisinin ispatlanması kamuoyunu ozon tabakasının delinmesi konusunda daha hassas hale getirmiştir (Rowland, 1992).

1985'de araştırma yapan bir NASA uydusunun gönderdiği veriler, bilim adamlarının tahminlerini doğrulamıştır. Antarktika üzerindeki ozon tabakasında oluşan deliğin varlığını kesin olarak ispatlamak için çeşitli ülkelerden araştırma ekipleri buzullardan ve güneşin zarar verici ultraviyole ışınlarından ölçümler almak üzere Antarktika'ya giderek ozon tabakasındaki deliğin varlığını belirlemişlerdir. Diğer bir ifade ile dünyamızı güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarından koruyan ozon tabakasının CFC'ler

tarafından yok edildiği anlaşılmıştır. Ayrıca soğutucu akışkanlar atmosfer tabakasında küresel ısınma etkisi göstererek dünyanın sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Gelecekte, dünyanın sıcaklığının artması nedeniyle kutuplarda buzulların eriyeceği ve bazı kara parçalarının sular altında kalacağı belirtilmektedir (Bockis ve ark., 2002).

Amerika Birleşik Devletlerinde 1978'de CFC içeren ve acil ihtiyaç olmayan airesollerin kullanılması konusunda yeni yasal düzenlemeler getirilmiştir. Eylül 1987 yılında Kanada'nın Montreal kentinde ozonu tahrip eden maddelerin kullanımının kontrol altına alınması için 24 ülke ile Avrupa Ekonomik Topluluğu arasında protokol yapılmıştır. Protokolü imzalayan ülkeler dışında diğer ülkeler de ihracat, ithalat ve üretim konusunda yeni yasal düzenlemeler yapmışlardır. Ayrıca CFC'lerin belirli zaman içerisinde kullanımının azaltılması ve hatta tamamen yasaklanması karara bağlanmıştır Ozon tabakasında meydana gelen tahribatın değerlendirilmesi ve araştırılması için 1987 yılında Montreal Protokolü'nü değerlendirme amacıyla Haziran 1990 yılında Londra'da 54 ülkenin katılımıyla yeni kararlar alınmıştır. Bu kararlarda Montreal'de alınan kararlar desteklenmiştir. Ozonu tahrip eden maddeler sınıflandırılarak yeni gruplar meydana getirilmiştir.

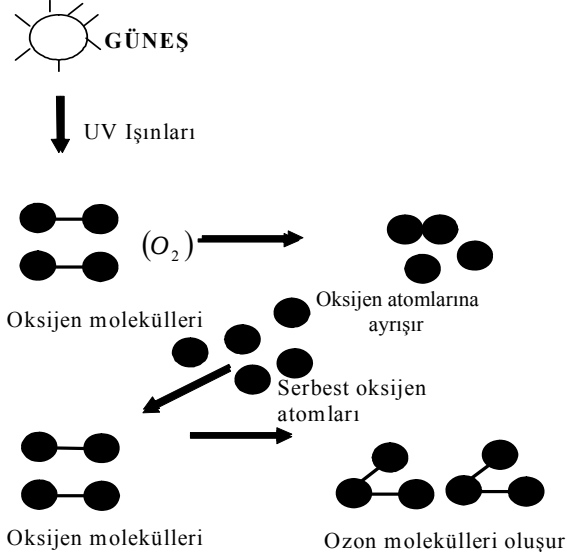
CFC'lerin belli bir zaman içerisinde kullanımının tamamen kaldırılması karara bağlanmıştır. Ozondaki delinmenin artması nedeniyle bazı hastalıklarda artış meydana geldiği tıp otoriteleri tarafından belirtilmektedir (Nott ve ark., 1992).

Sera etkisi olarak da tanımlanan küresel ısınma olayında, atmosferde bulunan karbondioksit, metan, karbonmonoksit, hidrokarbon ve kloroflorokarbon gibi gazlar güneş ışınlarını içinde tutmaya çalışan güneş kollektörü camları gibi işlev yaparak güneşten gelen yüksek sıcaklıktaki güneş ışığının atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşmasına imkan verirler. Fakat atmosferde biriken bu gazlar yeryüzünden yansıyan düşük sıcaklıktaki ışınları yutarak uzaya tekrar geçmesini önlerler. Yansıyan ışınların atmosferdeki bu gazlar tarafından yutulması atmosfer sıcaklığının artmasına neden olur (Bockis ve ark., 2002). Çevre ve insanlık açısından çok önemli olan böyle bir konuda yapılan çalışmalara katkıda bulunmak için bu araştırma yapılmıştır. Özellikle soğutma sistemlerinde en çok kullanılan CFC grubu soğutucu akışkanların ozonu tahrip etme potansiyelleri oldukça fazladır. CFC'lerin yerine aynı özellikleri gösteren fakat ozon üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmayan HFC'lerin ve karışımlardan oluşan diğer soğutucu akışkanların kullanılması önerilmektedir

MATERYAL ve METOT

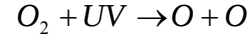
Ozon Tabakasının Oluşumu

Oluşan bu ozon tabakası güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarının yaklaşık %90'nına karşı dünya üzerinde örtü görevi yapmaktadır. Ozon tabakası güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarını emerek yutar ve sonuçta zararlı ışınların Dünya'ya ulaşmasını engeller. Yukarı stratosfer Dünya'dan yaklaşık 58 km yukarıdan başlar 80 km'ye kadar devam eder (Yusuf, 1990). Şekil 1'de ozon tabakasının oluşumu gösterilmektedir.

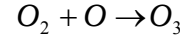


Şekil 1. Ozon tabakasının oluşumu.

Yukarı stratosferde (mezosfer) bulunan oksijen molekülleri güneşten gelen ultraviyole ışınlarını absorbe ederek oksijen atomlarına ayırır.

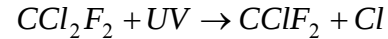


Daha sonra ortaya çıkan bu oksijen atomları (O), oksijen molekülleri (O₂) ile birleşerek ozonu oluştururlar.

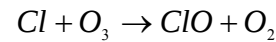


Ozon Tabakasının Delinmesi

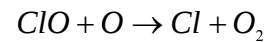
Güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarının yaklaşık %90'nın Dünya'ya ulaşması koruyucu ozon tabakası tarafından önlenmektedir. Soğutma ve klima uygulamalarında kullanılan CFC (kloroflorokarbon) ve HCFC'ler (Hidrokloroflorokarbon) atmosfere verildikten sonra difüzyon ve atmosferdeki rüzgarların etkisiyle yukarı doğru yükselir. Özellikle CFC'lerin kimyasal kararlılıkları çok fazla olduğu için yapıları bozulmadan atmosferde 100 yıldan fazla kalabilirler. CFC'ler kimyasal kararlılıkları sayesinde ozon tabakasının bulunduğu yukarı stratosfere (mezosfer) kadar yükselir. HCFC'lerin yapısında hidrojen atomu bulunmasından dolayı kimyasal kararlılıkları azdır. Yapıları bozulmadan atmosferde yaklaşık 15 yıl kalabilirler. Bu zaman çok kısa bir süre olduğu için çok az bir kısmı yukarı stratosfere ulaşarak ozon tabakasının delinmesine neden olur. Yukarı stratosfere ulaşan R-12 gazı güneşten gelen dalga boyları 380-60nm arasında olan ultraviyole ışınları tarafından parçalanarak klor atomunun ortaya çıkmasına neden olur.



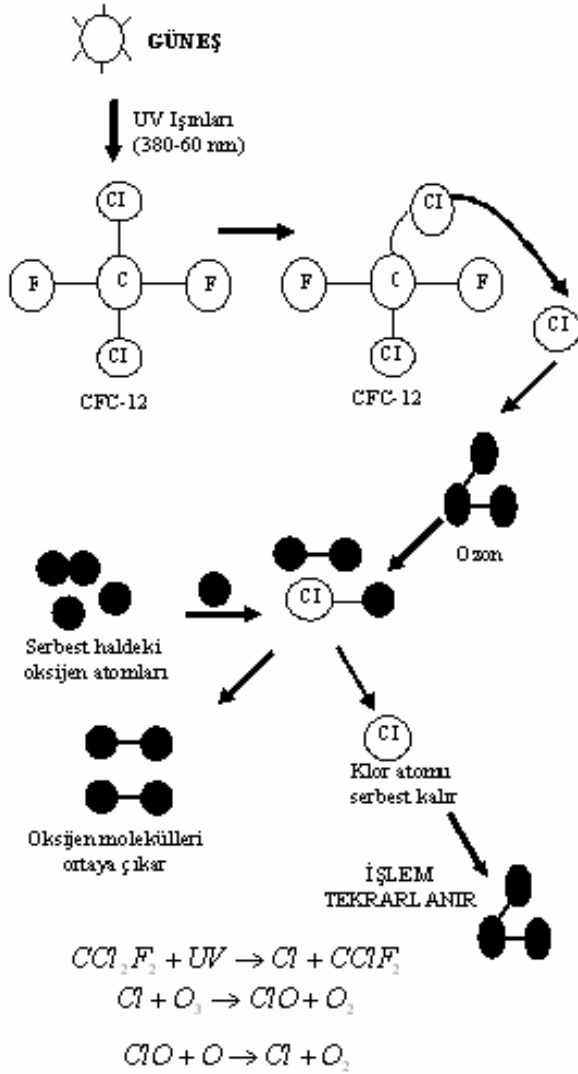
Daha sonra ultraviyole ışınları ile reaksiyona giren CFC R-12 akışkanından ayrılan (Cl) atomu, ortamda bulunan ozon molekülü ile reaksiyona girer. Bu reaksiyon sonucunda ortaya klormonoksit (ClO) ve oksijen molekülü (O₂) çıkar ve sonuçta ozon parçalanmış olur.



Klormonoksit (ClO) serbest halde bulunan oksijen atomu (O) ile reaksiyona girerek klor (Cl) atomun tekrar serbest hale geçmesine neden olur ve bu işlem sürekli tekrarlanır (Nott ve ark., 1992).



Yukarı stratosfere ulaşan CFC'lerden R-12 soğutucu akışkanın ozonu nasıl tahrip edildiği Şekil 2'de gösterilmektedir (Nott ve ark., 1992). Bu olayların en önemli yönü ise ozon tabakasının sürekli olarak kendisini yenilemesidir.



Şekil 2. R-12 soğutucu akışkanın ozon tabakasını delmesi.

Ozon Tabakasının Delinmesinin Çevre Üzerindeki Etkileri

Ozon Tabakasının delinmesi sonucu dünyaya ulaşan ultraviyole ışınları, bütün canlı organizmalar üzerinde ciddi problemlere neden olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, ozon tabakasındaki açığın %1 artması, Dünya'ya gelen zararlı ultraviyole ışınların %2 oranında artmasına neden olmaktadır. Ozon tabakasının delinmesi sonucu kara ve denizlerde yaşayan bütün canlılar aşırı derecede etkilenmektedir. Yapılan testler sonucu ozon tabakasındaki tahribatın %25 arttığı durumlarda soya fasulyesinde %20'lik bir ürün kaybı meydana gelmektedir. En önemlisi okyanusların hassas ekolojik sistemi aşırı derecede etkilenmektedir. Okyanus yüzeyinde (birkaç metre aşağıda) fitoplanktonik organizmalar ve zooplanktonik organizmaların larvalarının artan ultraviyole ışınlar karşı duyarlı oldukları tespit edilmiştir. Artan ultraviyole ışınları bu canlıları olumsuz yönde etkilemektedir.

Sonuç olarak Dünya'da ultraviyole ışınlarının artması, denizlerden elde edilen deniz ürünlerinin ve karada yetiştirilen bitkilerin verimliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Stratosferde bulunan ozon tabakası ultraviyole ışınlarını absorbe ettiği zaman stratosferde ısı ortaya çıkar. Stratosferde oluşan bu ısı, hava şartlarını meydana getiren stratosferik rüzgarların oluşmasına neden olur. Ozonun delinmesi stratosferdeki sıcaklık dengesinin bozulmasına neden olacağından evrensel olarak doğru hava şartlarında değişimler meydana gelecektir. Artan ultraviyole ışınlarının ve küresel ısınmanın çevre üzerindeki olumsuz etkilerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Ürünlerin azalması,
- Yazların daha sıcak olması,
- Kışın nem oranının artması,
- Denizlerin ekolojik dengesinin bozulması,
- Okyanusların su seviyesinin yükselmesi ve tahrip edici kasırgaların oluşması,
- Kuraklıklar ve su taşkınlarının yaygınlaşması.

Ozon Tabakasının Delinmesinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Ozon tabakasının delinmesi neticesinde artan ultraviyole ışınları deride kanser, gözlerde katarakt ve bağışıklık sisteminde zayıflamaya neden olmaktadır. Son günlerde ekvatora yakın, yani çok güneş alan bölgelerde yaşayan insanlar üzerinde yapılan bir araştırmaya göre yukarıda vurgulanan sağlık problemlerinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Deri Kanseri : Ozon tabakasının delinmesi üç çeşit deri kanserinde artış meydana getirmektedir. Bunlardan basal ve squamous en yaygın olan deri kanserleridir. Habis olmayan bu iki deri kanseri Amerika'da her yıl 500.000 kişide görülmektedir. Erken teşhis bu iki çeşit deri kanserinde kesin tedavi imkanı verse bile hamile kadınlarda prematüre doğumlara neden olmaktadır. Birleşmiş milletler çevre programı raporuna göre ozon tabakasındaki delinme oranının %10 artması basal ve squamous deri kanseri vakalarını %26 artırmaktadır. Üçüncü çeşit kötü huylu kanser olaylarına çok az rastlanmaktadır. Bu tür kanser olayları insanların daha çok zarar görmesine ve hatta ölmesine neden olmaktadır.

Katarakt : Katarakt, gözün merceği üzerinde meydana gelen ve görmeyi sınırlandıran bulutlanmadır. Bu göz kusuru bir çok nedenle meydana gelmesine rağmen yapılan deneyler sonucu artan ultraviyole ışınlarının gözlerde katarakt oluşmasına neden olduğunu göstermiştir. Montreal protokolünde belirtildiği üzere, CFC'ler üzerinde kontrol oluşturulmazsa, ilave olarak 18.000.000 katarakt olayının meydana gelebileceği ifade edilmiştir. (Günümüzde yaşayan ve 2075 yılından önce doğacak olan nüfus için) Dünya çapında yapılacak düzenlemelerle 18.000.000 katarakt olayının %90 dolayında azalabileceği ifade edilmiştir.

Bağışıklık Sistemi : Günümüzde yapılan araştırmalara göre, artan ultraviyole radyasyonuna maruz kalan vücudun bağışıklık sisteminin, hastalıklara karşı direnci zayıflamaktadır. Aşırı ultraviyole ışınlarına maruz kalan ekvator bölgelerindeki insanlarda herpes, simplere ve leishmaiasis gibi hastalıklarda artma gözlenmektedir.

Soğutucu Akışkanlar

Kloroflorokarbon (CFC)

Karbon yörüngesindeki hidrojen atomları tamamen klor ve flor atomları ile değişen soğutucu akışkanlara tam halojenli soğutucu akışkanlar denir. CFC'ler etan veya metan serisinden olabilirler. CFC'ler ozon tabakası üzerinde en fazla tahribat yapan soğutucu akışkanlardır. Ayrıca küresel ısınma potansiyelleri oldukça fazladır. Bunlardan dolayı CFC'lerin kullanımı için bazı yasaklar ve önlemler dünya çapında alınmaktadır. CFC'lerin kimyasal kararlılıkları çok fazla olduğu için uzun zaman yapıları bozulmadan atmosferde kalabilirler. Sonuçta, stratosfere ulaşarak ozon tabakasının delinmesine neden olurlar. CFC'ler için önemli bulgular şunlardır.

Atmosferde 75 ile 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

Hidrokloroflorokarbon (HCFC)

Metan ve etan moleküllerinin yapısındaki hidrojen atomlarının bir kısmının klor veya flor atomları ile yer değiştirmesi sonucu oluşan moleküle kısmi holejenlenmiş adı verilir. Yani karbon yörüngelerinde hala bazı hidrojen atomları bulunmaktadır. Bütün hidrojen atomları klor ve flor atomları ile yer değiştirmemektedir. Bu oluşan moleküle HCFC adı verilir. HCFC'lerde klor atomu içerdiği ozon tabakası ile reaksiyona girer. Buna rağmen HCFC'lerin yapılarında hidrojen atomu olduğu için kimyasal kararlılıkları çok zayıftır. Atmosferde uzun süre yapıları bozulmadan kalamazlar. HCFC'ler atmosfere doğru yükselirken yapılarındaki hidrojen havadaki su molekülleri ile reaksiyona girerek yapıları bozulur. Bu yüzden HCFC'lerin çoğu atmosferin stratosfer tabakasına ulaşmaz ve çoğu atmosferin alt tabakalarında çözünür. HCFC'lerin ozonu delme potansiyelleri azdır. HCFC'lerin önemli özellikleri şunlardır.

Atmosferde kimyasal yapıları bozulmadan uzun süre kalamazlar. (15-20 yıl) Ozonu delme potansiyelleri düşüktür. Uygulamada en çok kullanılan HCFC'ler şunlardır: R-22, R-124, R-123

Hidrokloroflorokarbon (HFC)

HFC'lerin temel molekülü yalnızca flor atomu ile halojenlenmiştir. Molekülün yapısında klor atomu yoktur. HFC'lerin yapısında flor, hidrojen ve karbon atomları bulunmaktadır. Yapılarında klor atomu bulunmadığı için HFC'lerin ozonu delme potansiyelleri sıfırdır. Yani ozon tabakası üzerinde hiçbir olumsuz etki

yapmazlar. Buna rağmen küresel ısınmaya biraz olumsuz etki yaparlar.

Karışım ve İnorganik Soğutucu Akışkanlar

İki daha fazla soğutucu akışkanın belirli oranlarda karıştırılarak elde edilen yeni soğutucu akışkana karışım adı verilir. En popüler karışımlar R-500, R-502, 404A ve 407C'dir. Günümüzde yapılan yoğun çalışmalar sonucu ozonu çok az veya hiç tahrip etmeyen karışımlar geliştirilmektedir. İnorganik soğutucu akışkanlar 1900'lü yıllarda çok kullanılmasına rağmen günümüzde yalnızca zehirleyici özelliği olmasına rağmen termodinamik özellikleri mükemmel olan amonyak (NH₃) kullanılmaktadır.

Günümüze kadar en çok kullanılan ve ozonu en çok tahrip eden R-11, R-12, R-13, R-22 ve R-502'nin yerine kullanılan veya kullanılacak olan akışkanların ozonu delme potansiyelleri, küresel ısınma etkileri ve fiziksel özellikleri karşılaştırılmalı olarak Tablo 1'den Tablo 4'e kadar verilmiştir. Alternatif akışkanlardan bir tanesi kullanım alanı, buharlaşma sıcaklığı, buharlaşma gizli ısı, temin kolaylığı, ekonomik olması ve zehirleyici özelliği göz önüne alınarak seçilir. Karışım ve inorganik soğutucu akışkanların dışındaki CFC, HCFC ve HCF gruplarındaki soğutucu akışkanlar aşağıda belirtilen sisteme göre numaralandırılırlar Eğer atom sayıları eşit ve aynı ise karbon yörüngesindeki dizilişlerine ve bulunuş sırasına göre sonlarına a,b,c veya A,B,C gibi harf verilir (Örneğin R-134, R-134a, R-134b) (Dağsöz, 1990).

I. sayı = Karbon-1 (eğer 0 ise yazılmaz)

II. sayı = Hidrojen+1

III. sayı = Flor

CFC'li Sistemlerin HCF'li Sisteme Dönüştürülmesi

Ozonu tabakasını en çok tahrip eden soğutucu akışkan içeren soğutma ve klima sistemlerinin, ozon tabakasını tahrip etmeyen veya çok az tahrip eden sistemlere dönüştürülmesi gereklidir. Örnek olarak R-12'nin R-134a'ya dönüştürülmesi izah edilecektir. R-12 ve R-134a'nın farklı bileşim oldukları göz önüne alınarak R-134a ile uyum sağlayacak yağın, filtrenin ve varsa TXV'nin değiştirilmesi gereklidir.

1. Sisteme monifold bağlanarak R-12 gazı soğutma sisteminden alınarak depolanır.

2. Kompresör, filtreliye TXV borular kesilip çıkarılır. Kompresör karterindeki yağ değiştirilip R-134a ile uyum sağlayacak ester bazlı yağ kompresöre konur.

3. Çalışma esnasında boru iç yüzeylerinde kalan R-12 akışkanı, R-11 veya diğer sökücü gazlarla temizlenir. Kompresör sistemdeki borulara kaynak edilerek sisteme monte edilir.

4. R-134a ile uyum sağlayacak filtre ve TXV takılarak herhangi bir kacak olup olmadığı kontrol edilir.

5. Sistem vakumlanarak nem, asit ve eğer sistemde R-12 kaldıysa bu maddelerden arındırılır.

6. Basınç değerleri kontrol edilerek gerekli miktarda R-134a sisteme doldurulur (Onat, 1998).

Tablo 1. R-12 İçin Alternatif Soğutucu Akışkanların Fiziksel Özellikleri (Dossat, 1981; Özkol, 1999; Anonim, 2002; Anonim, 2003)

TİCARİ ADI	Freon®12	R-12 İÇİN ALTERNATİF SOĞUTUCU AKIŞKANLAR			
		Suva® 134a	Suva® MP39	Suva® MP66	Suva® 409A
Numarası	R-12	R-134a	R-401A	R-401B	R409A
Numarası/Karışım oranı	R-12%100	R134a%100	R-22 %53 R-152a %13 R-124 %34	R-22 %61 R-152a %11 R-124 %28	R-22 %60 R142b%15 R-124 %25
Kimyasal Formülü	CCl ₂ F ₂	CF ₃ CH ₂ F	CHClF ₂ CH ₃ CHF ₂ CHClFCF ₃	CHClF ₂ CH ₃ CHF ₂ CHClFCF ₃	CHClF ₂ CH ₃ CClF ₂ CHClFCF ₃
Molekül Ağırlığı	120,93	102,03	94,4	92,8	97,45
Buharlaşma sıcaklığı 1atm. (°C)	-29,79	-26,5	-33	-34,7	-34,2
Buharlaşma gizli ısısı atm. (kJ/kg)	151,3(0°C)	217,2	227,3	229,4	220,6
Sıvı yoğunluğu 25°C (kg/m ³)	1311	1210	1194	1193	1217
Isı iletim katsayısı, 25°C sıvı (W/mK)	0,0743	0,0824	0,09	0,09	0,0697
Kritik sıcaklık (°C)	112	101,1	108	106	107
Kritik basınç (kPa)	4116	4060	4604	4682	4600
Ozon delme potansiyeli (ODP), CFC- 12=1	1	0	0,03	0,035	0,05
Küresel ısınma etkisi (GWP), CO ₂ =1	8500	1300	973	1062	1288

Tablo 2. R-22 İçin Alternatif Soğutucu Akışkanların Fiziksel Özellikleri (Dossat, 1981; Özkol, 1999; Anonim, 2002; Anonim, 2003)

TİCARİ ADI	Freon®22	R-22 İÇİN ALTERNATİF SOĞUTUCU AKIŞKANLAR			
		Suva® 407C	Suva® 410A	Suva® HP62	Suva® 507
Numarası	R-22	R-407C	R-410A	R404A	R-507
Numarası/Karışım oranı	R22 %100	R-32 %23 R125 %25 R134a%52	R-32 %50 R125 %50	R125 %44 143a %52 R-134a%4	R-125%50 R143a%50
Kimyasal Formülü	CHClF ₂	CH ₂ F ₂ CHF ₂ CF ₃ CF ₃ CH ₂ F	CH ₂ F ₂ CHF ₂ CF ₃	CHF ₂ CF ₃ CH ₃ CF ₃ CF ₃ CH ₂ F	CHF ₂ CF ₃ CH ₃ CF ₃
Molekül Ağırlığı	86,47	86,2	72,58	97,6	98,9
Buharlaşma sıcaklığı 1atm. (°C)	-40,8	-43,56	-51,53	-46,5	-46,7
Buharlaş. gizli ısısı 1atm (kJ/kg)	233,5	245,1	276,2	201,5	200,5
Sıvı yoğunluğu 25°C (kg/m ³)	1195	1134	1062	1048	1047
Isı iletim katsayısı, 25°C sıvı (W/mK)	0,0849	0,0819	0,0886	0,0394	-
Kritik sıcaklık (°C)	96,24	86,74	72,13	72,1	70,9
Kritik basınç (kPa)	4981	4619	4926,1	3732	3794
Ozon delme potansiyeli (ODP), CFC- 12=1	0,05	0	0	0	0
Küresel ısınma etkisi (GWP), CO ₂ =1	1500	1526	1725	3260	3300

Tablo 3. R-502 İçin Alternatif Soğutucu Akışkanların Fiziksel Özellikleri (Dossat, 1981; Özkol, 1999; Anonim, 2002; Anonim, 2003)

TİCARİ ADI	Freon®502	R-502 İÇİN ALTERNATİF SOĞUTUCU AKIŞKANLAR				
		Suva® HP80	Suva® HP81	Suva® HP408A	Suva® HP62	Suva® 507
Numarası	R-502	R-402A	R-402B	R-408A	R404A	R-507
Numarası/Karışım oranı	R22 %48,8 R115%51,2	R-22%38 R115%60 R-290 %2	R-22 %60 R-125 %38 R-290 %2	R-22 %47 R-125 %7 R143a%46	R-125%44 R143a%52 R-134a %4	R-125 %50 R143a%50
Kimyasal Formülü	CHCIF ₂ CCIF ₂ CF ₃	CHCIF ₂ CCIF ₂ CF ₃ CH ₃ CH ₃ CH ₃	CHCIF ₂ CHF ₂ CF ₃ CH ₃ CH ₃ CH ₃	CHCIF ₂ CHF ₂ CF ₃ CH ₃ CF ₃	CHF ₂ CF ₃ CH ₃ CF ₃ CF ₃ CH ₂ F	CHF ₂ CF ₃ CH ₃ CF ₃
Molekül Ağırlığı	111,64	101,55	94,71	87	97,6	98,9
Buharlaşma sic. 1atm. (°C)	-45,4	-49,2	-47,4	-43,5	-46,5	-46,7
Buharlaşma gizli ısısı 1 atm.(kJ/kg)	146,3 (0°C)	-	-	-	201,5	200,5
Sıvı yoğunluğu 25°C (kg/m ³)	1217	1151	1156	1060	1048	1047
Isı iletim katsayısı, 25°C sıvı (W/mK)	0,0642	0,0691	0,075	-	0,0394	-
Kritik sıcaklık (°C)	82,2	75,5	82,6	83,5	72,1	70,9
Kritik basınç (kPa)	4075	4135	4445	4340	3732	3794
Ozon delme potansiyeli CFC- 12=1	0,307	0,02	0,03	0,026	0	0
Küresel ısınma etkisi CO ₂ =1	5494	2250	1964	2649	3260	3300

Tablo 4. R-11 ve R-13 İçin Alternatif Soğutucu Akışkanların Fiziksel Özellikleri (Anonim, 2003; Dossat, 1981)

TİCARİ ADI	Freon®11	R-11 İÇİN ALTERNATİF AKIŞKAN	Freon®13	R-13 İÇİN ALTERNATİF SOĞUTUCU AKIŞKANLAR	
				Suva® 95	Freon®23
Numarası	R-11	R-123	R-13	R-508B	R-23
Numarası/Karışım oranı	R-11 %100	R123 %100	R-13 %100	R-23 %46 R-116 %54	R-23%100
Kimyasal Formülü	CCl ₃ F	CHCl ₂ CF ₃	CCIF ₃	-	CHF ₃
Molekül ağırlığı	137,38	152,93	104,46	95,39	70,01
Buharlaşma sic. 1atm °C	23,82	27,8	-81,4	-88	-82,03
Buharlaşma gizli ısısı 1 atm. (kJ/kg)	181,4 (20°C)	180,4	125,4 (-40°C)	128,7(-40)	199,3
Sıvı yoğunluğu 25°C (kg/m ³)	1476	1463	1298@-30°C	-	669,91
Isı iletim katsayısı, 25°C sıvı (W/mK)	0,087	0,081	0,065@-30°C	0,005@ 0°C	0,0774
Kritik sıcaklık (°C)	198	183,7	28,9	14	25,83
Kritik basınç (kPa)	4409	3668	3868	3926	4836
Ozon delme potansiyeli (ODP), CFC- 12=1	1	0,02	1	0	0
Küresel ısınma etkisi CO ₂ =1	4000	93	11700	10350	11700

SONUÇ

İklimlendirme ve soğutma sistemlerinde ozonu tahrip eden ve küresel ısınmaya neden olan soğutucu akışkanlar yerine, yaklaşık aynı fiziksel özellikleri gösteren fakat ozon tabakası üzerinde olumsuz etki yapmayan ve küresel ısınmaya çok az neden olan soğutucu akışkanlar kullanılmalıdır. Yapılan bu çalışmada günümüze kadar yaygın olarak kullanılan R-12, R-22, R-502, R-11 ve R-13 soğutucu akışkanlarının alternatifleri arasından en uygun fiziksel özellikleri olan akışkanlar belirlenerek onların yerine kullanılabilecek akışkanlar önerilmiştir. Ev ve ticari tip soğutucularda yaygın olarak kullanılan R-12 soğutucu akışkanının yerine, Tablo 1'deki akışkanların fiziksel özellikleri değerlendirildiğinde ozon delme potansiyelleri 0, küresel ısınma etkisi az, buharlaşma sıcaklığı ve kritik sıcaklık değerleri yaklaşık aynı olan R-134a ve R-401A soğutucu akışkanlarının kullanılmaları daha uygun olacaktır.

Tablo 2'de verilen değerlere göre yine yaygın bir şekilde klima uygulamalarında kullanılan R-22 akışkanına alternatif olarak gösterilen akışkanlar içerisinde ozon delme potansiyelleri 0 ve küresel ısınma etkisi az olan R-407C ve R-410A soğutucu akışkanları kullanılmalıdır. Tablo 3'e göre düşük sıcaklık uygulamalarında yaygın olarak kullanılan R-502 akışkanın alternatifleri içerisinde ozon delme potansiyeli 0, küresel ısınma etkisi düşük ve fiziksel özellikleri açısından en çok uyumu gösteren R-404A akışkanı kullanılmalıdır. Tablo 4'deki değerlere göre R-11 akışkanının yerine R-123 ve R-13 akışkanının yerine ise R-508B akışkanı kullanılmalıdır. Maliyeti ne olursa olsun endüstriyel alanda ozonu tahrip etmeyen ve küresel ısınmaya neden olmayan alternatif soğutucu akışkanlar kullanılmalıdır.

Ülkemizde soğutma ve klima sistemlerinin kurulma, bakım ve servis esnasında zararlı akışkanları atmosfere veren servis ve bakım elemanlarına yasal olarak para cezaları verilmelidir. Zararlı akışkanların ithal edilmesi belirli zaman aşımına göre yasaklanmalı kaçak yollardan getirenler hakkında yasal işlemler uygulanmalıdır. Yetkili servislik için en az Endüstri Meslek Lisesi veya Meslek Yüksekokulu ilgili bölüm mezunu şartı aranmalıdır. Servislerde şarj ve deşarj

makinaları kullanımı zorunlu hale getirilmeli ve üretici firmaların soğutma ve klima sistemlerinin yüksek ve alçak basınç hattına birer servis vanası koymaları zorunlu hale getirilmelidir.

Üniversitelerde ise, özellikle Makine ve Kimya Mühendisliği, Meslek Yüksek Okullarının İklimlendirme ve Soğutma Bölümü öğrencilerine ders ve seminer şeklinde konunun önemi anlatılmalıdır. Üniversitelerin ilgili bölümlerinde soğutucu akışkanlar ana bilim dalları kurulmalı ve bu konuda bilim adamları yetiştirilmeli, yüksek lisans ve doktora tezleri TÜBİTAK ve Çevre Bakanlığı tarafından desteklenmelidir.

Araştırma Enstitüleri kurularak yeni alternatif soğutucu akışkanların bulunması ve mevcut soğutucu akışkanların iyileştirilmesi için çalışmalar yapılmalıdır. Deneylerin yapılabilmesi için gerekli araç gereç sağlanmalı, yapılan bu araştırmalar özel sektör ve devlet kuruluşları tarafından desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1992. TPC Training Systems Refrigerants and Refrigerant Oils.
- Anonim, 2003. www.dupont.com.
- Bockis, O'M., Veziroğlu, T.N., Smith, D.L., 2002. Geleceğin Enerjisi: Güneş Hidrojen, Tercüme F. Noyan, Kaynak Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Dağsöz, A.K., 1990. Soğutma Tekniği Isı Pompaları Isı Boruları, II. Baskı, p.87, Teknik Kitaplar, İstanbul, Türkiye.
- Dossat R.J., 1981. Principles of Refrigeration-Second Edition-SI Version, John Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- Nott, J., Dick, D., Tomczyk J., Larry W., 1992. Refrigerant Transition and Recovery Certification Manuel, Ferris State University, MI, USA.
- Onat, A., 1998. Soğutma İlkeleri Yayınlanmamış Ders Notları, KSÜ. KMMYO, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Özkoç, N., 1999. "Uygulamalı Soğutma Tekniği", Makine Mühendisleri Odası Yayınları, p.320, (Güncellenmiş Beşinci Baskı) Yayın No:115, Özkan Matbaacılık, Ankara, Türkiye.
- Rowland, F.S., 1992 December, Ashrae Journal, p. 21.
- Yusuf, D., 1990. Umumi Klimatoloji, İstanbul, Türkiye.