SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN OZON TABAKASI VE KÜRESEL ISINMAYA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa ERTÜRK
Ayhan ONAT
Zuhal OKTAY
Bedri YÜKSEL

ÖZET

Bu çalışmada güneş radyasyonu, ozon tabakası, ozon tabakasının özellikleri ve ozon tabakasının delinmesine neden olan faktörler açıklanmıştır. Fosil türü yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla artan sera gazlarının küresel ısınmaya etkileri tarihsel olarak araştırılarak, gelecek 30 ve 100 yıl içerisinde iklim değişikliği üzerindeki senaryolar analiz edilerek yorumlanmıştır. Ayrıca soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan olarak kullanılan CFC, HCFC, HFC ve karışım halindeki soğutucu akışkanların termodinamik özellikleri, ozon tabakası ve küresel ısınma üzerindeki etkileri araştırılarak bu tür soğutucu akışkanların üretimi ve kullanımıyla ilgili uluslar arası protokoller ve alternatif soğutucu akışkanlar ifade edilmiştir.

1. GİRİŞ

İnsanlar gıda maddelerini uzun süre muhafaza edebilmek için tabiatın bahşettiği kar ve buzu muhafaza edip soğutma amacıyla kullanmaları MÖ ki yıllarda başlamıştır.1834 yılında eter ile çalışan bir soğutma makinesinin patentinin alınmasıyla buz fabrikaları kurulmuştur. İnsanlar kalıplar halinde fabrikalardan alınan buz kalıplarını özel olarak yapılmış ahşap dolaplara koyarak içecek soğutmada kullanmışlardır. 1918 yılında ilk otomatik buzdolabının piyasaya sürülmesiyle ev tipi soğutucular varlıklı insanlar tarafından rağbet görmüşse de teknolojik gelişmeler her ev için bu soğutucuları ihtiyaç haline getirmiştir. Ev tipi soğutucular, mekanik buhar sıkıştırmalı ters Carnot çevrimi prensibine göre çalışmaktadır. Carnot soğutma çevrimlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar ve bu sistemlerde kullanılan elektrik enerjisi ihtiyacının genellikle fosil türü yakıtlardan karşılanması çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Soğutucu akışkanlarla ilgili hazırlanan bildiri ve makalelerde ozon tabakası ve küresel ısınmayla ilgili çok genel bilgiler bulunmaktadır. Bu çalışmada güneş radyasyonu, atmosfer, ozon tabakası özellikleri ve yıpranması, küresel ısınmaya neden olan faktörler açıklanmaya çalışılmıştır.

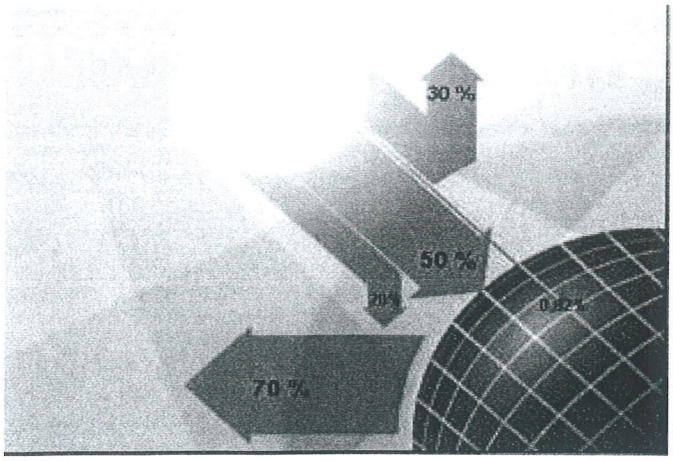
2. GÜNEŞ RADYASYONU, OZON TABAKASI VE KÜRESEL ISINMA İFADELERİ

2.1 Güneş Radyasyonu

Elektrik enerjisi üretiminde, konutların ısıtılmasında ve endüstriyel tesislerde yaygın olarak fosil türü yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil türü yakıtların yanma sonun da hava kirliliğine neden olan çeşitli gazlar ve sera gazları çıkarması insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biriside güneş enerjisidir.

Güneş enerjisi güneşin çekirdeğinde yer alan hidrojen gazının füzyon süreci ile helyuma dönüşerek açığa çıkan ışıma enerjisidir [1]. Güneşin merkezinde bir saniyede 564 milyon ton hidrojen 560 milyon ton helyuma dönüşmektedir. Aradaki 4 milyon ton fark ısı ve ışık enerjisi halinde uzaya yayılmaktadır [2].

Dünya ile güneş arasındaki mesafe 150000000 km'dir. Güneş radyasyonunun tamamı yeryüzüne ulaşmaz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır. Güneş radyasyonunun % 50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile dünyanın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgar hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur. Güneşten gelen radyasyonun % 20'si atmosfer bulutlarda tutulur. Yeryüzüne gelen güneş radyasyonunun % 1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Dünyaya gelen bütün güneş ışınımı,sonunda ısıya dönüşür ve gece uzaya geri verilir. Şekil 1'de güneşten gelen ışınımın dağılımı gösterilmektedir.

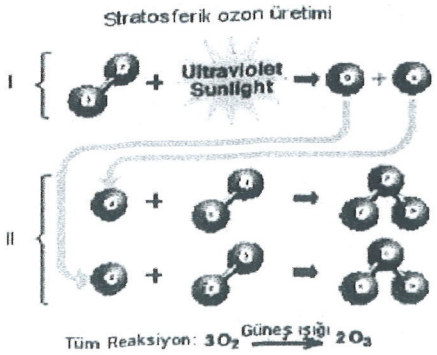


Şekil.1 Güneşten gelen ışınımın dağılımı[1].

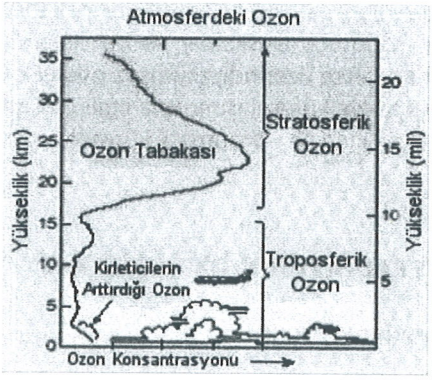
Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından bir çok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin ortalama yıllık güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama ışınım şiddeti 1311 kWh/m^2 (günlük toplam 3,6 kWh/m^2) olduğu tespit edilmiştir [1]. Ozon tabakasındaki incelme güneş radyasyonun canlılar üzerindeki olumsuz etkilerini artırmıştır.

2.2 Ozon Tabakası

Atmosferin oldukça ince bir tabakasını oluşturan ozon tabakası, yeryüzünde yaşamın devam etmesi için hayati önem taşır. Ozon atmosferde en yoğun olarak troposfer ve stratosfer tabakaları olmak üzere iki ayrı şekilde bulunmaktadır. Bunlardan ilki, stratosfer tabakası içerisinde, yerden yaklaşık 10-50 km arasında doğal olarak bulunan ve atmosferdeki toplam ozonun %90'ını oluşturan stratosferik ozondur. Şekil 2'de atmosferdeki ozonun dağılımı görülmektedir. Stratosfer tabakasının kalınlığı 10 ppm yoğunlukta, atmosfer basıncı ve sıcaklığında 3 mm'dir. Bu tabaka güneş'ten gelen zararlı ültraviyole radyasyonuna karşı, koruyucu bir kalkan görevi yapar [3]. Yeryüzüne güneşten gelen ültraviyole ışınların %2'yi geçmesi ozon tabakasının inceldiğinin göstergesidir. Yeryüzüne bu orandan fazla ulaşan morötesi ışınlar canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. İnsanlarda cilt kanseri, katarakt hastalıkları ve bunlara bağlı ölüm oranları artmakta, bağışıklık sistemini tahrip etmektedir. Tarlalarda tarımsal ürünlere zarar vermekte, denizlerdeki algler ve planktonlar zarar görmektedirler. Böylece bitkisel planktonların oksijen üretimi, karbondioksit tüketimi işlevleri bozulmaktadır [4].



Şekil 2. Atmosferde ozonun dağılımı [3].



Şekil 3. Ozon tabakasının oluşumu [5].

Ozon atmosfer tabakasının üzerinde, atmosfer tabakasını çevreleyen ve üç oksijen atomunun bir arada bir bağ teşkil etmesinden oluşan başka bir tabakadır. Teneffüs ettiğimiz havada sadece iki oksijen bir bağ oluşturmaktadır. Ozon stratosferde doğal olarak iki aşamada üretilir. İlk aşamada ültraviyole güneş ışığı oksijen molekülünü parçalayarak bağımsız iki oksijen atomu ortaya çıkar. İkinci aşamada bu atomlar iki ozon molekülünü oluşturmak için diğer oksijen molekülleriyle çarpışmaya maruz kalırlar. Tüm işlemde üç oksijen molekülü iki adet ozon molekülü oluşturmak için tepki verir [5]. Şekil 3'de ozon tabakasının oluşumu verilmektedir. İkinci aşama ise, yer yüzeyi ile 10-15 km'ler arasında bulunan atmosferdeki toplam ozonun %10'nu oluşturan ve insanların yeryüzündeki aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan troposferik ozondur. Akciğer dokusu ve bitkilerde hasara sebep olduğu için bu ozon kötü ozon olarak isimlendirilmektedir [5].

2.2.1 Ozon Tabakasının Tahrip Nedenleri

Ozon tabakasına kadar yükselen freon gazları, halonlar ve metil bromit gibi maddeler üç oksijen atomundan oluşan ozon moleküllerini azaltır. Sayılan bu ayrıştırıcı gazlardan özellikle kloroflorokarbon molekülleri çok zararlıdır. Çünkü ayrıştırma ve yeniden birleşme gibi kimyasal süreçlerle bunların bir molekülü, binlerce ozon molekülünü tahrip edebilir[6]. R-12 atmosfere tahliye edildiğinde ültraviyole ışınları R-12 akışkanını parçalayarak klor atomunun serbest hale gelmesine neden olur.

$$CCl2F2 + UV - CClF2 + Cl \quad (1)$$

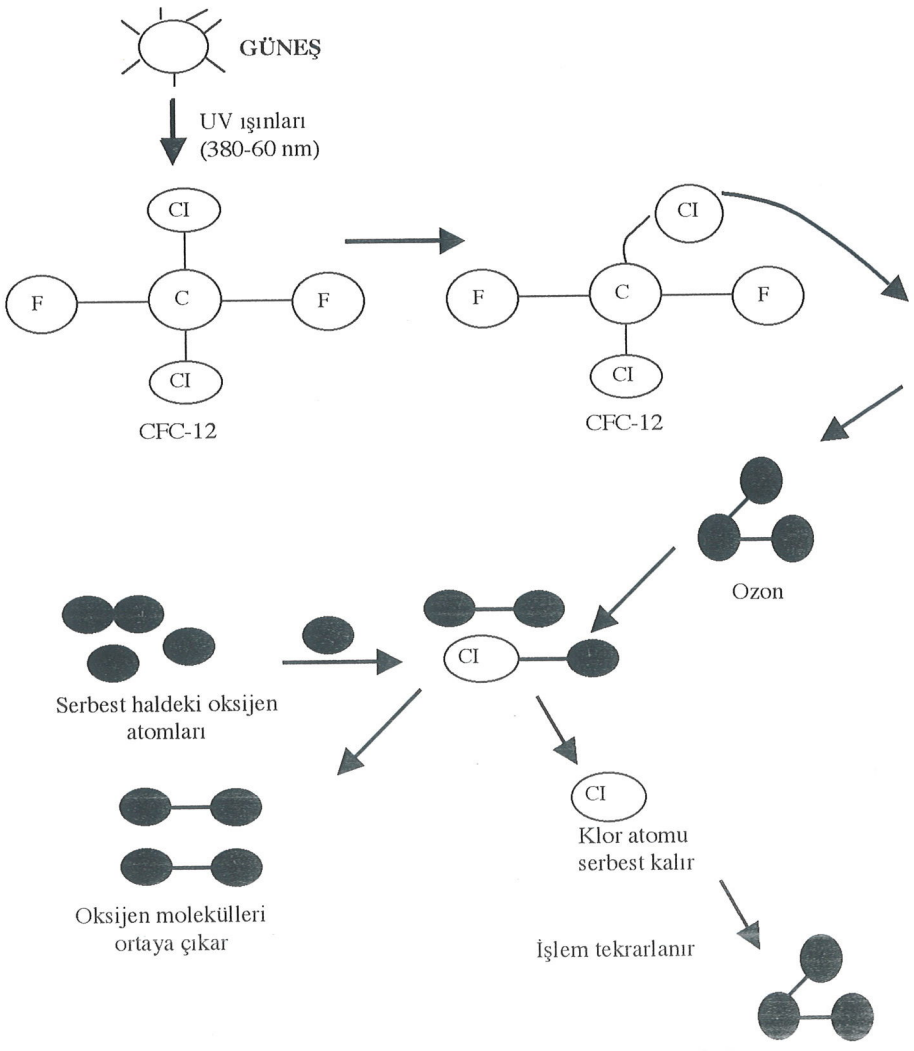
Daha sonra ultraviyole ışınları ile ayrışan Cl atomu, ortamda bulunan ozon molekülü ile reaksiyona girer. Bu reaksiyon sonucunda ortaya klormonoksit (ClO) ve oksijen (O_2) molekülü çıkar ve sonuçta ozon parçalanmış olur.

$$Cl + O_3 - ClO + O_2 \quad (2)$$

Klormonoksit (*ClO*) serbest halde bulunan oksijen atomu (*O*) ile reaksiyona girerek klor (*Cl*) atomunun tekrar serbest hale geçmesine neden olur ve bu işlem sürekli tekrarlanır [7].

$$ClO + O - Cl + O_2 \quad (3)$$

Yukarı stratosfere ulaşan CFC'lerden R-12 soğutucu akışkanın ozonu nasıl tahrip edildiği Şekil 4'de gösterilmektedir [7]. Bu olayların en önemli yönü ise ozon tabakasının sürekli olarak kendisini yenilemesidir.
Ozon tabakası ile ilgili çalışmalarda genelde ozon tabakasının delinmesinden bahsedilmektedir. Bu duruma Mitscherlich bir açıklama getirmektedir. Eğer ozon tabakasındaki ozon molekülü kaybı % 50 den çoksa delinme ifadesi, % 50den az ise ozon tabakasının incelmesi ifadesi kullanılır [

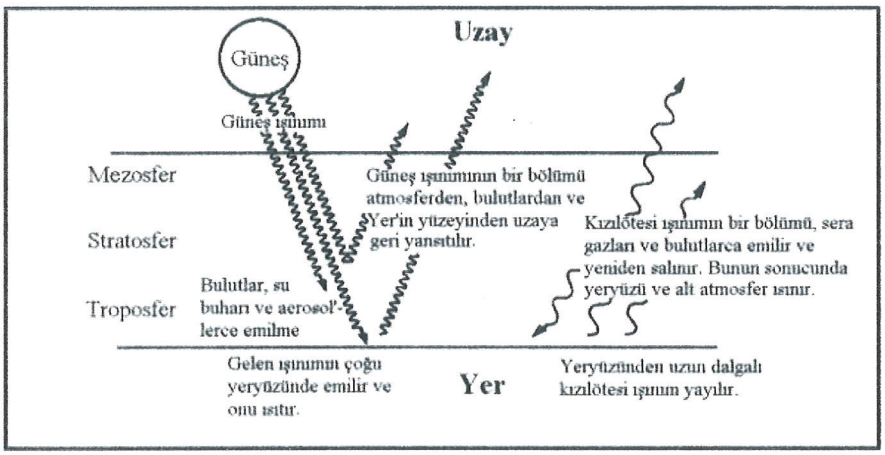


Şekil 4. R-12 soğutucu akışkanın ozon tabakasını inceltmesi [9].

2.3 Küresel Isınma

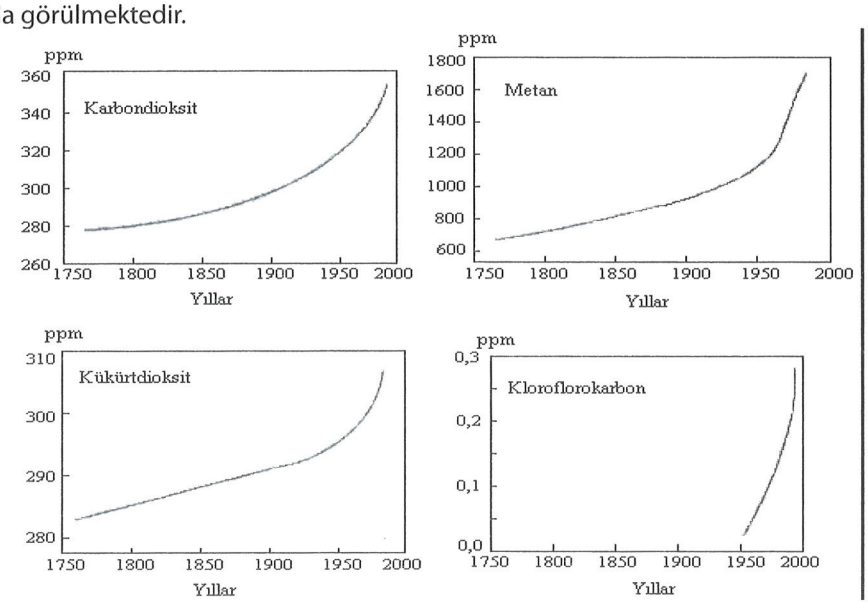
Atmosferdeki gazların gelen güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle, yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen doğal süreç sera etkisi olarak adlandırılır [10].

Atmosferin soğurduğu ışınların % 90'ı bizim göremediğimiz kızılötesi ve morötesi ışınlar, % 10'u da görünen ışındır. Şekil 5'de sera etkisinin şematik gösterimi verilmektedir. Gelen ışınlarla ısınan Dünya tıpkı dev bir radyatör gibi davranmaya başlar. Ancak bu ısıyı güneş gibi tüm dalga boylarında yayamaz; yalnızca kızılötesi ışınlar biçiminde yayabilir. Yüzeyden yayılan bu ışınların yalnızca küçük bir bölümü uzaya gidebilir. Çünkü atmosferde su buharı, karbondioksit ve metan molekülleri bu ışınları soğurur sonra da yüzeye doğru yansıtır. Böylece dünyanın yüzeyi ve troposfer olması gerekenden daha sıcak olur. Bu olay, güneş ışınlarıyla ısınan içindeki ısıyı bırakmayan seraları andırır ve bu nedenle doğal sera etkisi olarak bilinir [11].



Şekil 5. Sera etkisinin şematik gösterimi [12].

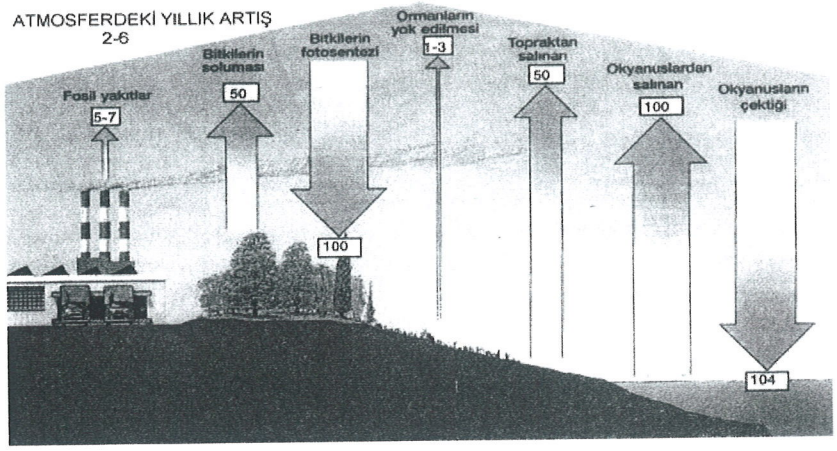
Sanayi devrimleriyle birlikte başlayan sera gazları birikimleri devam etmektedir. Sera gazları dünyamızın küresel olarak ısınmasına neden olmaktadır. İnsan kökenli sera etkisinin oluşumunda karbondioksit payı %55'ten fazla, metanın %20, Kloroflorokarbonların %18, Nitrosoksitin %5 ve ozonun ise %2'dir [10]. Sanayi devrimiyle birlikte atmosferdeki sera gazlarının artış miktarları şekil 6'da görülmektedir.



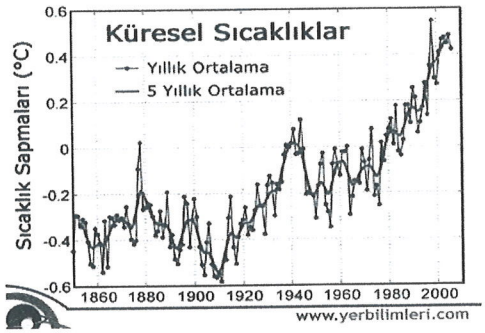
Şekil 6. Sanayi devrimiyle atmosferde artan sera gazları [13].

Şu anda atmosferde 750 milyar ton dolayında karbondioksit bulunuyor. Bitkilerin, hayvanların ve toprağın soluması, fosil yakıtların kullanılması, ormansızlaştırma ve okyanus atmosfer etkileşimi yüzünden her yıl yaklaşık 207 milyar ton karbondioksit atmosfere salınmaktadır. Bu miktar her yıl artarak devam etmektedir. Öte yandan, kara bitkilerinin fotosentezi ve yine okyanus, atmosfer etkileşimi nedeniyle de yaklaşık 204 milyar ton karbondioksit her yıl atmosferden çekilmektedir. Bu durumda yılda 3 milyar ton dolayında karbondioksit atmosfere eklenmektedir. Bu da aslında insanların fosil yakıt kullanımı sonucunda atmosfere salınan karbon dioksit miktarına eşit olmaktadır. Ne var ki dünyadaki fosil yakıt rezervleri, atmosferdeki

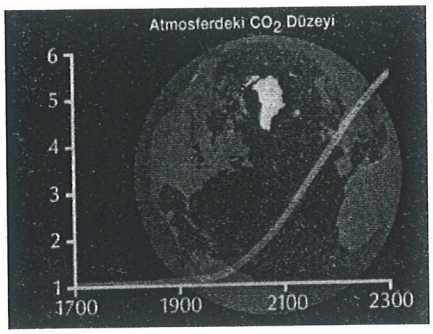
karbondioksit düzeyini 5-10 katına çıkmasına neden olmuş ve denge bozulmuştur. Şekil 7'de atmosfer ile yeryüzü arasındaki karbondioksit alışverişi gösterilmektedir. Bilim adamlarının tahminlerine göre insanlar, yer altındaki bu karbon stoklarını yavaş yavaş atmosfere aktarması sonucu, 2050 yılında atmosferdeki karbon dioksit oranının 1850'deki düzeyin iki katına, 2100'de de üç katına çıkması beklenmektedir. Şekil 8'de atmosferdeki CO_2 artışı ve Şekil 9'da ise Dünyadaki sıcaklık değişimi verilmektedir.



Şekil 7. Atmosfer ile yeryüzü arasındaki karbondioksit alışverişi[14].



Şekil 8. Atmosferdeki CO_2 artışı [15].



Şekil 9. Dünyadaki sıcaklık değişimi [16].

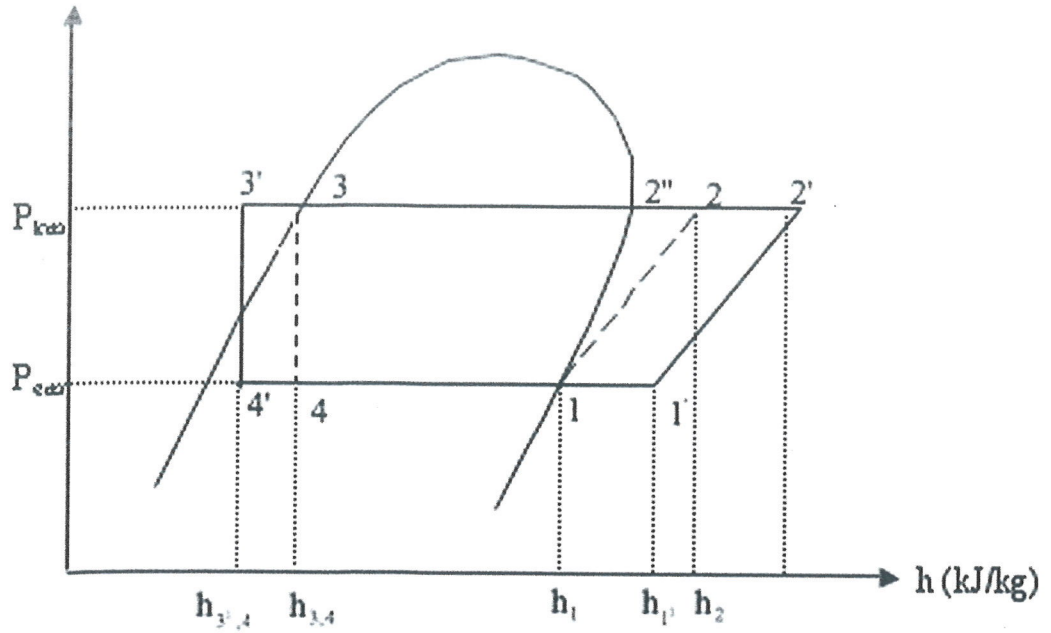
Dünyadaki sıcaklık değişimi yıllara bağlı olarak Şekil 8'de görülmektedir. Küresel ısınma ve küresel iklim değişimi süreci, şimdiye kadar gerçekleşmiş ve gerçekleşmekte olan afetlerin en tehlikelisi olarak kabul edilmektedir. Küresel ısınmaya neden olan sera gazları salınımı hemen durdurulsa bile gezegenimiz on yıllarca ısınmaya devam edecek ve bu ısınmanın etkileri 50-100 yıl devam etmesi beklenmektedir.

Küresel ısınmanın oluşturacağı çok daha önemli bir başka etkinin de taşıyıcı bant üzerinde olmasından korkuluyor. Küresel ısınma yalnızca hava sıcaklıklarım değil, deniz suyu sıcaklıklarını da arttıracak kuşkusuz. Eğer bu ısınma, taşıyıcı bandın alttan ve üstten giden akıntıları arasındaki sıcaklık farkını azaltırsa ve bu sırada okyanusların daha fazla yağış almasına yol açarak tuzluluk oranını düşürürse, bu dev akıntı sistemi durabilir. Okyanus tortulları üzerinde yapılan araştırmalar, geçmiş dönemlerde taşıyıcı bandın birkaç kez durmuş olduğunu ortaya koyuyor. Eğer böyle bir durum olursa Belfast'ın iklimi, yüzlerce kilometre kuzeydeki Spitsbergen'inki gibi olur. Bir başka deyişle küresel sıcaklık artışının, Kuzey Avrupa'daki sonuçlarından biri, şiddetli bir soğuma olabilir [17].

3. CARNOT SOĞUTMA SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK OLARAK İNCELENMESİ

Tersinir Carnot soğutma çevrimi ikisi sabit sıcaklıkta ikisi de iş görme esasına dayanan dört termodinamik işlemden oluşmaktadır [18]. Şekil 10'da Isı eşanjörlü ve eşanjörsüz tek kademeli sisteminin P-h diyagramında gösterilmesilmesi verilmektedir. Bu işlemler;

1-2 Kompresörde adyabatik izentropik sıkıştırma,
2-3 Kondenserde sabit basınç ve sıcaklıkta ısıtma,
3-4 Genişleme makinesi veya genleşme valfinde izentropik genleşme ,
4-1 Evaporatörde sabit basınç ve sıcaklıkta soğutma



Şekil 10. *Isı eşanjörlü ve eşanjörsüz tek kademeli sisteminin P-h diyagramı [18].*

1-2 ve 3-4 termodinamik işlemleri iş görme esasına dayanmaktadır. 1-2 termodinamik işlemi sistemin sınırları dışındaki W_{el} işiyle kompresörde aracı akışkan üzerinde yapılan işi, 3-4 termodinamik işlemi de tersinir ve tersinmez sistemlerde sistem sınırları dışına transfer edilebilen bir işi ifade etmektedir.

Uygulamada emme hattından kompresöre sıvı yürümesini engellemek için sistem ısı eşanjörlü hale getirilmektedir. Isı eşanjörü kompresör girişindeki soğutucu akışkanı aşırı ısıtarak kızgın buhar fazına, kondenser çıkışındaki soğutucu akışkanı da aşırı soğutulmuş sıvı fazına dönüştürmektedir. Şekil 6'da 1-2-3-4 termodinamik işlemleri tersinir Carnot çevrimini, 1'-2'-3'-4' termodinamik işlemleri ise tersinmez Carnot çevrimini ifade etmektedir.

Tersinir Carnot çevriminde sabit basınçta evaporatör çıkışındaki soğutucu akışkanın doymuş buhar fazında kompresöre girmesi 1 noktası, kompresör tarafından adyabatik sabit entropide sıkıştırılarak kondensere gönderilmesi 2 noktası, kondenserde sabit basınçta kızgın buhar fazından doymuş buhar fazına geçmesi 2" noktası ve doymuş sıvı fazında genleşme valfine gelmesi 3 noktası, genleşme valfinde adyabatik sabit entropide genleşerek evaporatöre gelmesi 4 noktası, evaporatörde sabit basınçta ısı çekerek doymuş buhar fazına geçerek kompresöre gelmesi 1 noktası olarak kabul edilmektedir. Sistemde dolaştırılan soğutucu akışkanın kütlesel debisi m_r=kg/s, entalpiler de kJ/kg olarak birimler seçilirse kapasite hesapları aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir [18].

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_r (h_2 - h_1) \qquad \text{Kompresör sıkıştırma ısısı (kW)} \qquad (4)$$

$$\dot{Q}_k = \dot{m}_r (h_2 - h_{3,4}) \qquad \text{Kondenser yoğuşturma kapasitesi (kW)} \qquad (5)$$

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_r (h_1 - h_4) \qquad \text{Evaparatördeki soğutma kapasitesi (kW)}$$

Isı pompaları uygulamalarında etkinlik katsayısının 1'den büyük çıkması durumunda verim kavramıyla karıştırılmaktadır.Bu durum ısı pompalarının genel çalışma prensibinde açıklanmıştır. [19]

Etki katsayısı: Elde edilmesi gereken enerji / Harcanması gereken enerji (7)

Soğutma Etki Katsayısı (SEK); Düşük değerli enerji deposundan bedelsiz çekilen ısı miktarının kompresör tarafından harcanan enerji miktarına oranı soğutma etki katsayısı olarak tanımlanır [19].

$$\text{SEK} = \text{Soğutma Etkisi / İş Girişi} = Q_L / W_{net\,g} \qquad (8)$$

Isıtma Etki Katsayısı (IEK); Kondenserde yüksek değerli enerji haline getirilen ısı miktarının kompresör tarafından harcanan

enerji miktarına oranıdır[19].

$$IEK = \text{Isıtma Etkisi} / \text{İş Girişi} = Q_H / W_{net\,g} \quad (9)$$

$$IEK = SEK + 1 \quad (10)$$

Enerji Verimlilik Oranı (EVO); Düşük değerli enerji deposundan çekilen net ısının sistem tarafından tüketilen (kompresör, iç ünite ve dış ünite fanları gibi yardımcı üniteler) toplam elektrik enerjisine oranıdır. [19].

$$EVO = Q_{net\,ısı} / W_{te} \quad (11)$$

3.2 Carnot Soğutma Çevriminde Aracı Akışkan Olarak Kullanılan Soğutkanlar

19. Yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan soğutma sanayinde ilk zamanlar karbondioksit, hava, su ve amonyak gibi doğal maddeler soğutucu akışkan olarak kullanılmıştır. Zamanla yapay olarak elde edilen kloroflorokarbon ve hidrokloroflorokarbonlar bu maddelerin yerini almış ve yoğun şekilde kullanılmıştır [20].
Yapay soğutucu akışkanların zehirli olmaması, patlayıcı ve yanıcı olmaması gibi özellikleri ev tipi, ticari tip ve endüstriyel soğutma uygulamalarında tercih edilir soğutkan durumuna getirmiştir. Yapay soğutucu akışkanların soğutma sistemlerine şarj, deşarj ve servis işlemlerinde atmosfer havasına sızmaması için gerekli tedbirlerin alınmaması zamanla atmosfer havası üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuştur. Yapay soğutucu akışkanların atmosfere sızdırılmasıyla oluşan sera gazları küresel ısınmaya, klor ve brom atomları ise ozon tabakasının incelmesine neden olmaktadır.

3.2.1 Doğal soğutucu akışkanlar

Değişik fiziksel özelliklerde bir çok doğal madde soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak; su, hava, helyum, nitrojen, hidrokarbonlar, amonyak ve karbondioksit sayılabilir. Düşük kaynama sıcaklığına sahip helyum, hava, nitrojen ve metan yaygın olarak düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Klasik soğutma sistemlerinde – 40 °C ile + 40°C arasındaki buharlaşma sıcaklıklarında kullanılabilen üç soğutucu madde mevcuttur. Bunlar amonyak, hidrokarbonlar ve karbondioksittir [20].

3.2.2 Amonyak

Çevresel olarak ozon yıpratma, sera etkisi olmayan ve termodinamik özelikleriyle CFC hatta HCFC içeren soğutucu akışkanlara alternatiftir. Fakat patlayıcı ve zehirli olması endüstriyel tesislerde kullanılma sınırını getirmektedir. Hermetik kompresörlerde kullanımı için ise çalışmalar devam etmektedir.

3.2.3 Karbondioksit

1930'lara kadar soğutucu akışkan olarak yaygın biçimde kullanılan karbondioksit, daha çok gemilerde tercih edilen bir madde olmuştur. Özellikle R12'nin ortaya çıkmasıyla cazibesini yitirmiş ve son kırk yıldır neredeyse unutulmuştur. CO_2'in önemli özellikleri olarak; kolay temin edilir olması, ucuzluğu, sıkıştırma oranının düşük olması sayılabilir.

Bu tür soğutucu akışkanın ozon tabakasını yıpratma özelliği sıfır olmasına rağmen sera gazı içerdiği gibi atmosferdeki ömrü de 200 yılın üzerindedir.

3.2.4 Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar ozon tabakasına zarar vermemeleri ve çok düşük sera etkileri nedeniyle, özellikle R502, R22 ve R12 için alternatiftir. Bu grupta yer alan maddeler; Propan,İzobütan ve bütandır. Propan-izobütan ve propan-bütan karışımları ev tipi soğutuculardа R12 ye alternatif olarak kullanılmaktadır. R12 ile kullanılan yağlara uyum göstermektedirler. Hidrokarbonlar içerisinde propanın ucuz ve kolay temin edilebilir olmasının yanı sıra hacimsel soğutma kapasitesinin R12 ye göre %35~50 kadar daha yüksek olması bu soğutucuyu cazip bir alternatif olarak düşündürmektedir [20]. Hidrokarbonlar endüstriyel soğutma uygulamalarında tek başına dıştan tahrikli kompresörlerde kullanıldığı gibi hermetik kompresörlerde de ikili veya üçlü karışım halinde kullanılmaktadır.

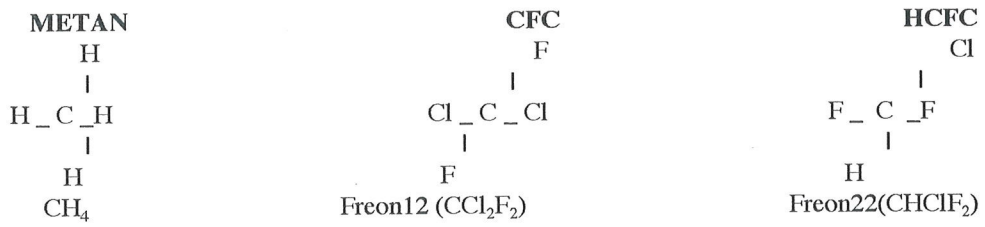
1998 yılından günümüze kadar Bosch firması izobütanı hermetik kompresörlerde patlamayı nötrleştirecek gaz karışımıyla başarıyla kullanmaktadır. Hermetik kompresörlerde bu tür soğutkanlar kullanıldığında gaz kaçaklarında ve servis işlemlerinde akışkanın tamamen deşarj edilmesi gerekmektedir. Çünkü karışım halindeki akışkan dengesi bozulduğunda patlayıcı özelliği ortaya çıkmaktadır.

3.3 Yapay Soğutucu Akışkanlar

Bu tür soğutucu akışkanları metan kökenli CFC, HCFC olarak etan kökenli HFC, iki, üç hatta dört değişik karışım halinde sınıflandırmak mümkündür.

3.3.1 Metan kökenli yapay soğutucu akışkanlar

Metan bilindiği üzere bir karbon atomuna dört hidrojen atomu bağlanarak oluşmaktadır. Bu tür yapay soğutucu akışkanlar elde edilirken karbona klor, brom ve hidrojen atomları bağlanmıştır. CFC ve HCFC türündeki soğutucu akışkanlar metan kökenli soğutucu akışkanlardır. R-11, R-12 ve R-13 saf metan kökenli CFC türü yapay soğutucu akışkanlardır.



Freon-12

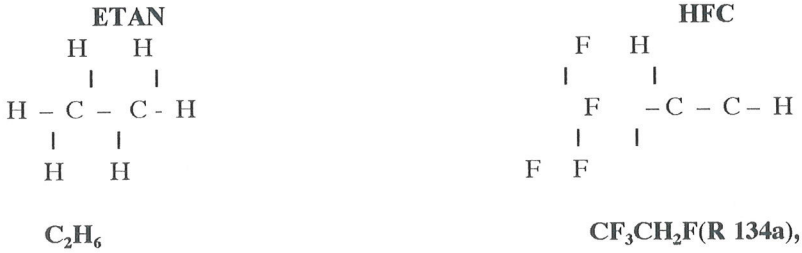
Metan kökenli en eski yapay soğutucu akışkandır. 1930'lu yıllardan bu yana yoğun bir şekilde kullanılan soğutkandır. Zehirli, patlayıcı ve yanıcı olmaması, ağır şartlarda dahi özelliğini kaybetmemesi, içerisindeki solventin evaporatör ve kondenserde yağ mumlaşmasını önlemesi, yanmaması gibi özellikleri bu soğutucu akışkanı yıllarca cazip kılmıştır. Fakat içerisindeki klor ve atmosferdeki uzun ömrü yüzünden 1987 de Montreal Protokolüyle başlayan takvimle tamamen terk edilmesi gereken soğutkanlar arasındadır.

Freon-22

Diğer fluo-karbon soğutucu akışkanlarda olduğu gibi R-22'de emniyetle kullanılabilecek zehirsiz, yanmayan, patlamayan bir akışkandır. R-22 derin soğutma uygulamalarına cevap vermek üzere geliştirilmiş bir soğutucu akışkandır. Freon 22 metan kökenli ve HCFC türünde bir akışkan olup, klor miktarı Freon 12'ye göre yarıya inmesine rağmen, ozon tabakasının hasar görmesine ve sera gazları da küresel ısınmaya neden olmaktadır.

3.3.2 Etan kökenli yapay soğutucu akışkanlar

Etan iki karbon atomuna altı hidrojen atomu bağlanarak oluşmaktadır. Bu tür yapay soğutucu akışkanlar elde edilirken karbona flor, klor ve hidrojen atomları bağlanmıştır.



Çevre dostu olarak bulunan R134a soğutkanı içerisinde klor atomu bulunmadığı için ozon tabakasını yıpratma etkisi yoktur. Fakat R 22'ye yakın sera etkisi ve atmosferik ömrü vardır. Ev tipi ve araç soğutucuları için en uygun alternatif soğutucu akışkandır. R134a mineral yağlarla uyumlu olmadığı için poliolester veya poliolalkalinglikol yağlarla birlikte kullanılmalıdır.

3.3.3 Karışım halindeki yapay soğutucu akışkanlar

CFC v HCFC soğutkanların ozon tabakasını yıpratması, sera gazı içermeleri ve atmosferdeki ömürlerinin fazla olması nedeniyle 1987 yılındaki Montreal Protokolü bu tür soğutkanların üretimi ve kullanımı konusunda bir takım sınırlamalar getirmiştir. Montreal protokolüyle ozon tabakasına zarar vermeyecek yönde farklı soğutucu akışkanlar araştırılmıştır. Bu akışkanlara iki veya üç soğutucu akışkanın belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen soğutkana karışım halindeki soğutucu akışkan

denilmektedir. Karışım halindeki soğutucu akışkanlar alternatif soğutucu akışkanlar da denilmektedir
İkili(binary) karışım
Belirli oranlarda iki soğutucu akışkanın karıştırılmasıyla elde edilen 500 serili soğutucu akışkanlardır.
Üçlü(ternary) karışım
Belirli oranlarda üç soğutucu akışkanın karıştırılmasıyla elde edilen 400 serili soğutucu akışkanlardır.

Karışım halindeki soğutucu akışkanlar yoğuşma ve buharlaşma sırasında hacimsel bileşimi ve doyma ve sıcaklıklarında farklılıklar göstermektedir. Evaporatör ve kondenserde sabit basınç altında hacimsel bileşimi ve doyma sıcaklığı değişmeyen karışım Azeotrop, değişen karışım ise Zeotrop karışımdır.

Karışım halinde soğutkan kullanılan sistemlerde kaçak olması durumunda sistemdeki karışım oranları değişmektedir. Bu durum sistem performansını etkilemektedir. Üçlü karışım halinde İzobütan gibi patlayıcı gazlarla çalışan soğutma sistemlerinde kaçak olması durumunda soğutkan tamamen sistem dışarısına alınmalıdır. Bu tür soğutkanlarda patlamayı nötrleştirecek madde miktarının ne kadarının tahliye olduğu bilinemediği için özellikle hermetik kompresörlerde patlama tehlikesi oluşturmaktadır.

Tablo 1. Karışım Halindeki Soğutucu Akışkanlar [20]

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, geçiş dönemi soğutucu maddeleri.

*** Montreal Protokolü kapsamında kullanımı yasaklanan veya kısıtlamaya tabi tutulan soğutucu maddelere alternatif maddeler.

1987 Montreal protokolünün imzalanmasıyla CFC, HCFC türü soğutucu akışkanlara alternatif, ozon yıpratma faktörü sıfır olan çevreye daha az zarar veren HFC, binary ve ternary soğutucu akışkanlar kullanılmaya başlanmıştır . CFC ve HCFC türü akışkanlara alternatif soğutucu akışkanların teknik özellikleri Tablo 2, 3, 4 ve 5'de görülmektedir.

Tablo 2. R-12 İçin Alternatif Soğutucu Akışkanların Fiziksel Özellikleri [21,22,23,24]

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_2F_2	CF_3CH_2F	$CHClF_2$ CH_3CHF_2 $CHClFCF_3$	$CHClF_2$ CH_3CHF_2 $CHClFCF_3$	$CHClF_2$ CH_3CClF_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 3. R-22 İçin Alternatif Soğutucu Akışkanların Fiziksel Özellikleri [21,22,23,24]

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_2F_2 CHF_2CF_3 CF_3CH_2F	CH_2F_2 CHF_2CF_3	CHF_2CF_3 CH_3CF_3 CF_3CH_2F	CHF_2CF_3 CH_3CF_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 4. R-502 İçin Alternatif Soğutucu Akışkanların Fiziksel Özellikleri [21,22,23,24]

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	$CHClF_2$ $CClF_2CF_3$	$CHClF_2$ $CClF_2CF_3$ $CH_3CH_3CH_3$	$CHClF_2$ CHF_2CF_3 $CH_3CH_3CH_3$	$CHClF_2$ CHF_2CF_3 CH_3CF_3	CHF_2CF_3 CH_3CF_3 CF_3CH_2F	CHF_2CF_3 CH_3CF_3
Molekül Ağırlığı	111,64	101,55	94,71	87	97,6	98,9
Buharlaşma sıc. 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

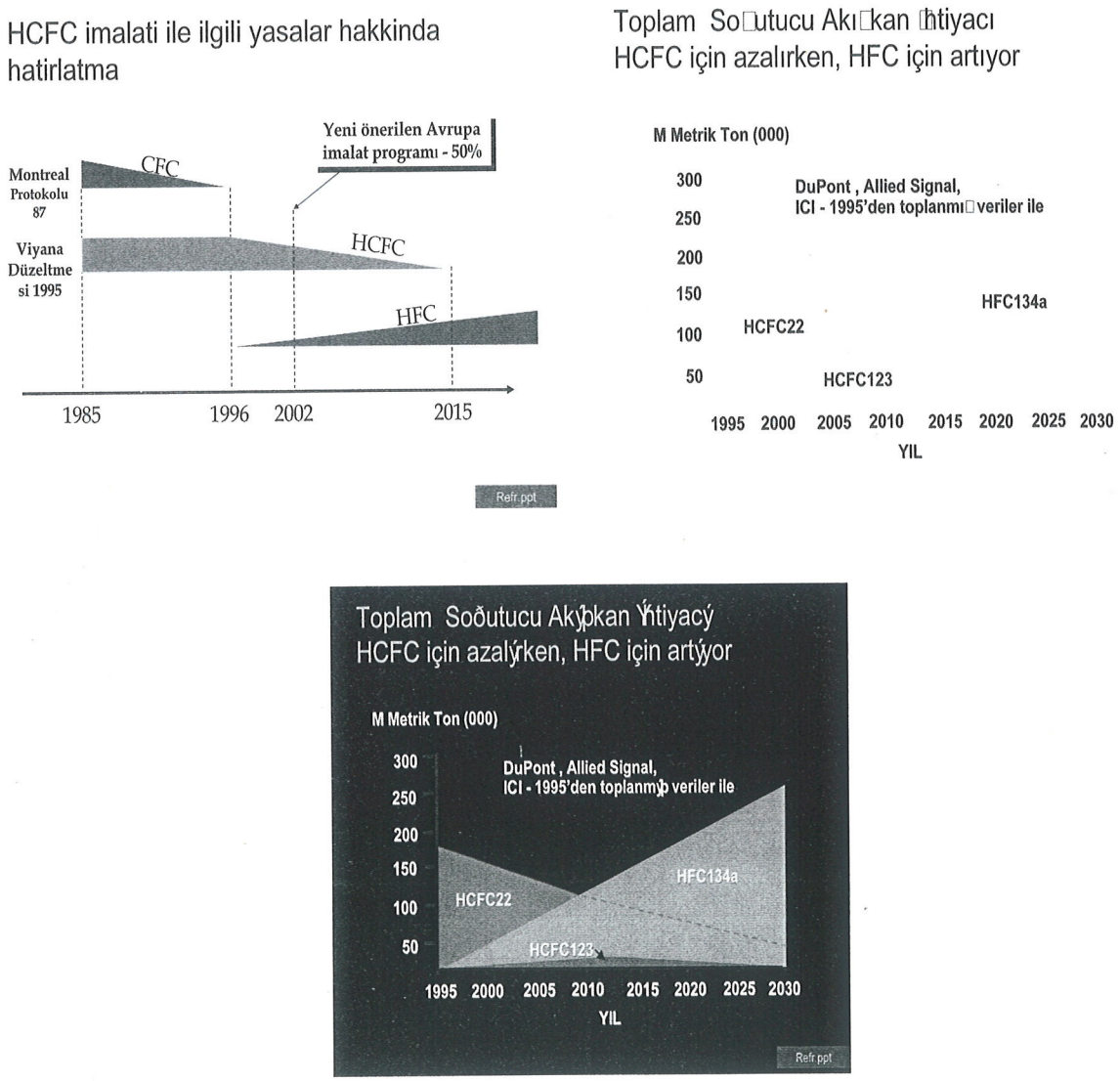
Tablo 5. R-11 ve R-13 İçin Alternatif Soğutucu Akışkanların Fiziksel Özellikleri [21,22,23,24]

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_3F	$CHCl_2CF_3$	$CClF_3$	-	CHF_3
Molekül ağırlığı	137,38	152,93	104,46	95,39	70,01
Buharlaşma sıc. 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

4- KLOR, BROM VE SERA GAZI İÇEREN SOĞUTUCU AKIŞKANLARLA İLGİLİ ULUSLAR ARASI PROTOKOLLER

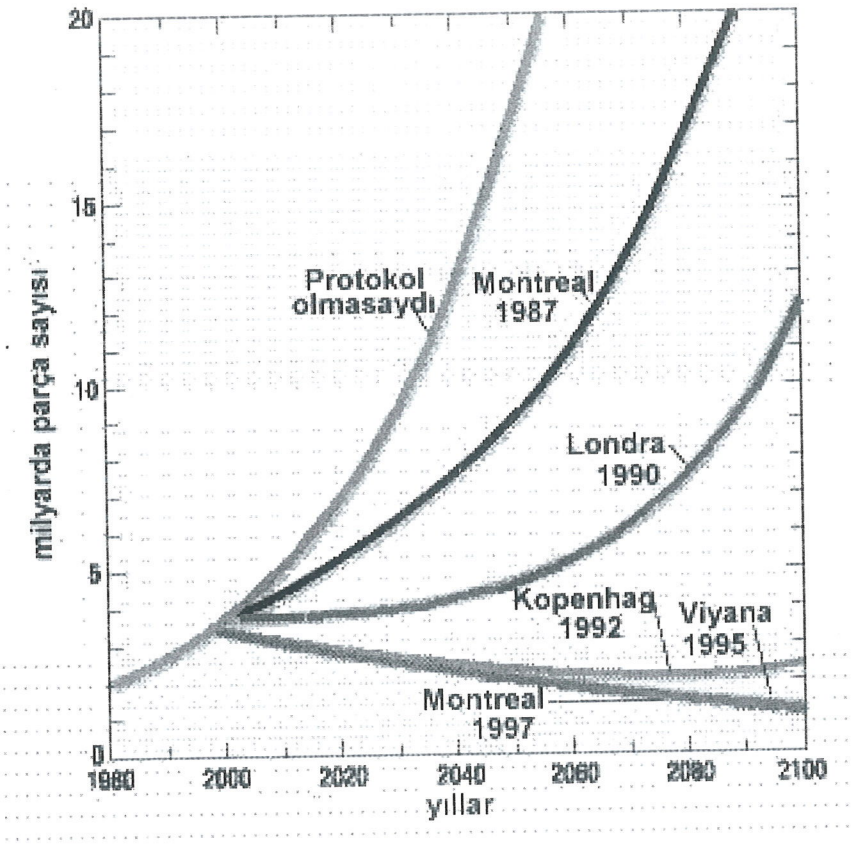
1985 yılında dünya milletleri tarafından ozon tabakasındaki incelme ve küresel ısınma problemleri ilk defa Uluslar arası boyutta Viyana sözleşmesi ile gündeme gelmiştir.Viyana sözleşmesi bu olayı gündemde tutmada etkili olmuştur.

1987 Eylül ayında başta ABD, Japonya, Sovyetler Birliği ve Avrupa Topluluğu Ülkelerinin bulunduğu 43 Ülkenin katılımı ile Montreal Protokolü imzalanmıştır. Montreal Protokolüne taraf olan ülkeler ozon tahribatına neden olan maddelerin kullanım miktarlarını 1986 yılı verilerine dayanarak kullanılan toplam miktarın %50, 1997'de ise %85 azaltılmasını ve 2000 yılında tamamen kaldırılmasını kabul etmişlerdir. Montreal protokolüne imza atan ülke sayısı 1992 de 80'e, 1994'te 134'e, 1995'te 150'ye ulaşmıştır. Montreal Protokolünün zaman içinde gelişen teknoloji ve değişen bilimsel verilere göre güncellenmesi düşünüldüğünden Haziran 1999 da protokole imza atan Ülkeler Londra'da yeniden toplanmıştır. Bu toplantıda CFC ve halonların kullanımı ve üretimlerinin 2000 yılından önce durdurulmasına ve karbontetraklorür ve metilkloroformun kontrol altına alınmasına karar verilmiştir [25]. Ülkemiz ve kalkınmakta olan ülkeler ise 10 yıl gecikmeli bu kararlara uyacaktır. Şekil 11'de soğutucu akışkan imalatı ile ilgili yasa takvimleri alternatif soğutucu akışkan durumu verilmektedir. Kyoto protokolüne 2004'te onaylaması ve 2005'te ABD isteksiz olarak da onaylamasıyla yürürlüğe girmiş oldu.



Şekil 11. Soğutucu akışkan imalatı ile ilgili yasa takvimleri alternatif soğutucu akışkan durumu [26]

Montreal protokolünün amacı, stratosferdeki klor ve brom artışlarının azaltılması amacıyla yapılmıştır. Kısıtlamalardan sonra halojen kaynaklı gazların üretimi ve azalmalar Şekil 12'de gelecekte stratosferde tahmin edilen efektif klor miktarı görülmektedir.



Şekil12. Gelecekte stratosferde tahmin edilen efektif klor miktarı [27]

5. TARTIŞMA SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizde fosil türü yakıtların CO_2 oranları; çevrim santralarında %34, sanayide %32, ulaştırmada %17, diğer hizmetlerde %16 dır. Bu durum atmosferdeki sera gazlarının artmasına neden olmaktadır. Sera gazlarının artmaya devam etmesi, gece ve kış soğuklarının etkisini hafifleterek böcek yumurtalarının ölmemesi problemini çıkarıp sıtma hastalıklarının artmasına neden olacaktır. Dünyadaki sıcaklık değişimi Şekil.8 de görüldüğü gibi artmaktadır. Yeryüzü su kaynakları küresel ısınmanın etkisiyle buharlaşarak sera gazı oluşturmakta ve su sıkıntısı yaşanmaktadır. 2007 yılında Ankara ve İstanbul İllerimizde yaşanan su sıkıntıları küresel ısınmanın etkisini göstermektedir.

Kyoto protokolünde zararlı sera gazları salınışının 2012 yılında % 5,2 oranında azaltılmasıyla 1990 yılındaki sera gazı salınım düzeyine indirilmesini şart koşmaktadır. Bu protokolün bütün dünyada yürürlüğe girebilmesi ve gerekli yükümlülüklerin yerine getirilmesine başlanabilmesi için, 1990 yılı sera gazı salınışlarının %55'inden sorumlu olan en az 55 hükümet imzalanması gerekmektedir. ABD, dünyada üretilen zararlı sera gazlarının %36'sını üretmektedir. Rusya için bu oran % 18'dir. ABD, Japonya, Avustralya ve Rusya gibi ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltmak için fosil türü yakıtlarla elde edilen enerjiye sınırlama getirildiğinde dünya pazarlarındaki yerlerinin sarsılacağına ve işsiz insan sayısının artacağına inandıkları için özellikle ABD ve Rusya Kyoto protokolüne isteksiz davranmışlardır.

Yeni bin yüzyılın eşiğinde artık tüm dünya milletleri aynı gezegen içinde yaşadığımızı akıllarında hiç çıkarmadan ozon tabakası ve küresel ısınma konusunda gerekli duyarlılığı göstermelidirler. Özellikle mal ve hizmetlerin %70'ni üretip, dünya gelirinin %70'ni alan ve %10 nüfusa sahip olan ülkeler yaptırımlara önce kendilerinin uyması beklenmektedir.

Ozon tabakasının incelmesine ve küresel ısınmaya neden olan CFC, HCFC türü soğutucu akışkanlar uzun süre kullanıldığında özeliklerinde değişikler olmaktadır. Bu soğutkanları atmosfere tahliye etmeden iyileştirme istasyonlarında tekrar kullanılır hale getirilmelidir. İyileşme imkanı olmayan soğutkanlarda bu amaç için özel olarak hazırlanmış yakma fırınlarında imha edilmelidir.

Parfümeri sanayinde ittirici gaz olan kullanılan akışkanlar ozon tabakasına zarar vermese de sera gazı içermektedir. Kozmetikçiler sıvı veya losyon halindeki maddelerle bu ihtiyaca daha modern bir çözüm bulmalıdırlar.

İklimlendirme ve soğutma sistemlerinde kullanılan alternatif soğutucu akışkanların büyük bir kısmı ozon tabakasına zarar vermemekte fakat azda olsa sera gazı içermektedir. Propan, izobütan gibi saf hidrokarbonların tek olarak kullanımını sağlayacak teknolojiler geliştirilmeli veya hiç sera gazı içermeyen yeni soğutkanlar geliştirilmelidir.

Ev tipi ve ticari tip soğutucuların servis işlemlerini gerçekleştiren firmalar artık servis işlemlerinde soğutucu akışkanı geri kazanım cihazında toplayarak müdahale etmelidirler. Bu konuda üretici firmalar sıvı hattına servis valfi, emme hattına da iğneli servis valfi takmalıdırlar. Özellikle ev tipi soğutucuların sayıları çok fazla olduğu için bu durum çok önem arz etmektedir. Çünkü bu tip soğutuculardа servis uçları kaynaklı olduğu için soğutkanı geri kazanmak zahmetli olmaktadır.

CFC. HCFC hatta HFC soğutkanların atmosfere tahliye edilmesinin açtığı felaketler televizyon programları sayesinde tüm dünya milletleri bilgilendirilmeli ve bu konudaki yaptırımlar anlatılmalıdır. Servis hizmeti veren firmalara da bu konunun önemi teknik olarak açıklanmalı hatta geri kazanım cihazı olmayan özel servisler derhal kapatılmalı, atmosfere soğutkan deşarj eden firma ve kişilere caydırıcı yaptırımlar getirilmelidir.

Yetkili servis elemanları için Endüstri Meslek Liselerinin Soğutma ve İklimlendirme bölümü mezunları ve Meslek Yüksekokullarının İklimlendirme ve Soğutma Programı mezunu şartı aranmalıdır.

Sera gazlarının salınışını azaltmak için fosil türü yakıtların kullanımına Kyoto protokolüyle sınırlama getirilmesi sanayi ve tüm sektörlerde değişimi gündeme getirmektedir. Dünya milletleri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmektedir. Bu konuda ABD'de ısı pompalarıyla ısıtılan konutlara devlet tarafından faizsiz uzun vadeli kredi ve ısı pompasının tüketeceği elektrik enerjisinde % 40'lara varan indirimler uygulanmaktadır. Ülkemizde de bu tür uygulamalar teşvik edilebilir. Bu durum özellikle Güneydoğu Anadolu, Ege ve Marmara bölgesi kıyıları ve Akdeniz bölgelerimizde için hava kaynaklı ısı pompaları, sahil kenarındaki illerimizde su kaynaklı ısı pompaları, diğer bölgelerimizi için toprak kaynaklı ısı pompaları kullanımını teşvik edecektir. Ülkemizde boşa akıp çıkıp giden hidrolik güç, bir an önce değerlendirilip elektrik enerjisi üreten termik santralların sayısı azaltılmalıdır.
Ülkemizde doğal gaz hava kirliliği için bir çözümdür ancak uzun vadede rezerv sıkıntısı ve ithal zorunluluğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

[1] http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunesisinim.html

[2] UYAREL A. Yücel, ÖZ E.Sait "Güneş Enerjisi Uygulamaları" Ankara 1987 Birsen Yayınevi,

[3] www.meteor.gov.tr/2005/sorular/ozon20/ozon nedir.htm

[4] Çepel, N., Ergün C. "Temel Çevre Sorunları" Tema Vakfı Yayınları

[5] http://www.meteor.gov.tr/2005/sorular/ozon20/ozon20soru.htm

[6] Çepel, N., Ergün C. "Temel Çevre Sorunları" Tema Vakfı Yayınları

[7] Nott, J., Dick, D., Tomczyk J., Larry W., "1992.Refrigerant Transition and Recovery Certification Manuel", Ferris State University, MI, USA.

[8] Mitschherlich, G., Die Welt in der wir leben.Entstehung-Entwichlung, heutige Stand Rombach Ökologie, Rombach Verlag, Freiburg, 1995

[9] Onat, A., İmal, M., İnan, A.T. "Soğutucu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Alternatif Soğutucu Akışkanlar" KSU Journal of Science and Engineering 7(1)-2004

[10] http://www.haberbilgi.com/bilim/cevre/kuresel_isinma03.html

[11] Karabay, İ., Ekmekçi, İ., Türkiye'de Üretilen Metan Gazı Emisyonlarının Analizi, III.Atmosfer Bilimleri. Sempozyumu, 19-21 Mart, 2003, İTÜ Uçak Uzay Bilimleri Fakültesi.

[12] Türkeş, M., "Hava, İklim,Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma" Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

[13] Öztürk, K., "Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri" G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1 (2002) 47-65

[14] http://www.haberbilgi.com/bilim/cevre/kuresel_isinma03.html

[15] http://www.haberbilgi.com/bilim/cevre/kuresel_isinma06.html

[16] www.yerbilimleri.coö

[17] http://www.haberbilgi.com/bilim/cevre/kuresel_isinma02.html

[18] Ertürk, M.,. "İklimlendirme ve Soğutma Kavramları Yayınlanmamış Ders Notları" BAÜ BMYO 2000 Ağustos

[19] Hepbaşlı, Arif,. Ertöz, A Ö "Geleceğin Teknolojisi Yer Kaynaklı Isı Pompaları" " IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1999 İzmir

[20] Erkut , B., "Soğutucu Maddelerle İlgili Dünyada ve Türkiye deki Gelişmeler" 3 Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Fuarı, 23 kasım 1997, İzmir

[21] Dossat R.J., 1981. Principles of Refrigeration-Second Edition-SI Version, John Wiley & Sons Inc., New York, USA. (Dossat, 1981; Özkol, 1999; Anonim,2002; Anonim, 2003

[22] Özkol, N., 1999. "Uygulamalı Soğutma Tekniği", Makine Mühendisleri Odası Yayınları, p.320, (Güncellenmiş Beşinci Baskı) Yayın No:115, Özkan Matbaacılık, Ankara, Türkiye.

[23] Anonim,2003.www.dupont.com/suva/na/usa/literature/pdf/pp2.pdf

[24] Anonim, TPC Training Systems Refrigerants and Refrigerant Oils.

[25] Technologies For Protecting the Ozone Layer, Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pump Catalogue, UNEP, July 1994

[26] Alarko seminer sunumları

[27] World Meteorological Organization. 1998. "Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998." WMO Global Ozone Research and Monitoring Project Report No. 44. Geneva, Switzerland. Executive summary available atwww.al.noaa.gov/ WWWHD/pubdocs/ Assessment 98.html

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa ERTÜRK

1965 Afyon doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini Bolvadin ilçesinde tamamladı,1979-1983 yılına kadar baba mesleği olan tesisat sektöründe çalıştı.1987 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Tesisat Anabilim Dalından mezun olmuştur. 1 Aralık
1989' da Balıkesir 100.Yıl Teknik ve EML Tesisat Teknolojisi bölümünde Meslek dersleri öğretmeni olarak göreve başladı, 1995-1997' de bölüm şefi olarak görev yaptı.1998 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümünden yüksek lisans derecesini aldı. 6 Nisan 1999'da Balıkesir Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Programında öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2002 yılın dan bu güne ek görev olarak Teknik Programlar Bölüm Başkan Yardımcılığını da yürütmektedir. Soğutma,Havalandırma, İklimlendirme, Isıtma, Güneş enerjisi, Doğal gaz , uzaktan e-öğretim ve Lisans~Ön lisans düzeyin de soğutma, iklimlendirme , tesisat alanlarına yönelik eğitim cihazlarının tasarımı, projelendirilmesi ve imalatı konuların da çalışmakta olup 2007-2008 Öğretim yılı güz dönemi BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Enerji Anabilim dalı doktora öğrencisidir.

Zuhal OKTAY

1991 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesinden mezun oldu. 1994 yılında Yüksek Lisans, 1999 yılında Doktora öğrenimini tamamladı. 2006 yılında ise Doçent unvanını elde etti. Halen aynı üniversitede enerji anabilim dalında öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. İlgilendiği konular; Ekserji, sanayide enerji tasarrufu, ısı pompaları, yenilenebilir enerjidir

Bedri YÜKSEL

01/06/1953 POSOF/ARDAHAN'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Tokat, Erzincan ve Sivas'ta tamamladı. 1977 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Bir süre karayollarında Makine Şefi olarak çalıştı. 1980 yılında Atatürk Üniversitesi'nde Asistan olarak göreve başladı. Aynı Üniversitede, 1984 yılında doktorasını tamamladı, 1986 yılında yardımcı doçentlik kadrosuna ve Mühendislik Fakültesi makine Mühendisliği Bölüm başkanlığına atandı. 1994 yılında doçent oldu ve aynı yıl Pasinler Meslek Yüksekokulu müdürlük görevini üstlendi. 1999 yılında Profesör kadrosuna atandı. 2001 yılında Erzurum Meslek Yüksekokulu müdürlük görevini yürüttü. 2004 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde göreve başladı. Halen bu bölümün bölüm başkanlığı görevini yürütmektedir.