

OZON TABAKASINDAKİ DELİKLERİN SEBEPLERİ VE SONUÇLARI

Prof.Dr. Erol AYGÜN*

Dünyamız'ın Güney Kutup Bölgesi'nde Antarktika Kıtası ve Kuzey Kutupta Arktik Bölge üzerinde, atmosferin ozon tabakasındaki delikler, dünya kamu oyunu uzunca bir süreden beri endişelendirmekte ve meşgul etmektedir. Son araştırmalar, ozon tabakası deliğinin her iki kutup üzerinde de oluştuğunu göstermiştir. Konu, fiziği, kimyası, muhtemel sebep ve sonuçları ile birlikte popüler bir tarzda ele alınmıştır.

Ozon kelimesi, Yunanca'da koklamak anlamına gelen **Ozein**'den gelmektedir. Ozon molekülü O_3 , üç adet oksijen atomunun birbirine **kovalent bağ** ile bağlanması sonucu oluşur. Ozon (O_3) koyu yeşil renkli, yanıcı (patlayıcı) ve çok zehirli bir gazdır. Ozon gazı, atmosferin üst katmanı olan **stratosferde** bulunur. Bu sebeple, Dünyamız'ın atmosferinin yapısını (katmanlarını), aşağıda verilen şekilden inceleyerek konuya girmekte yarar vardır.

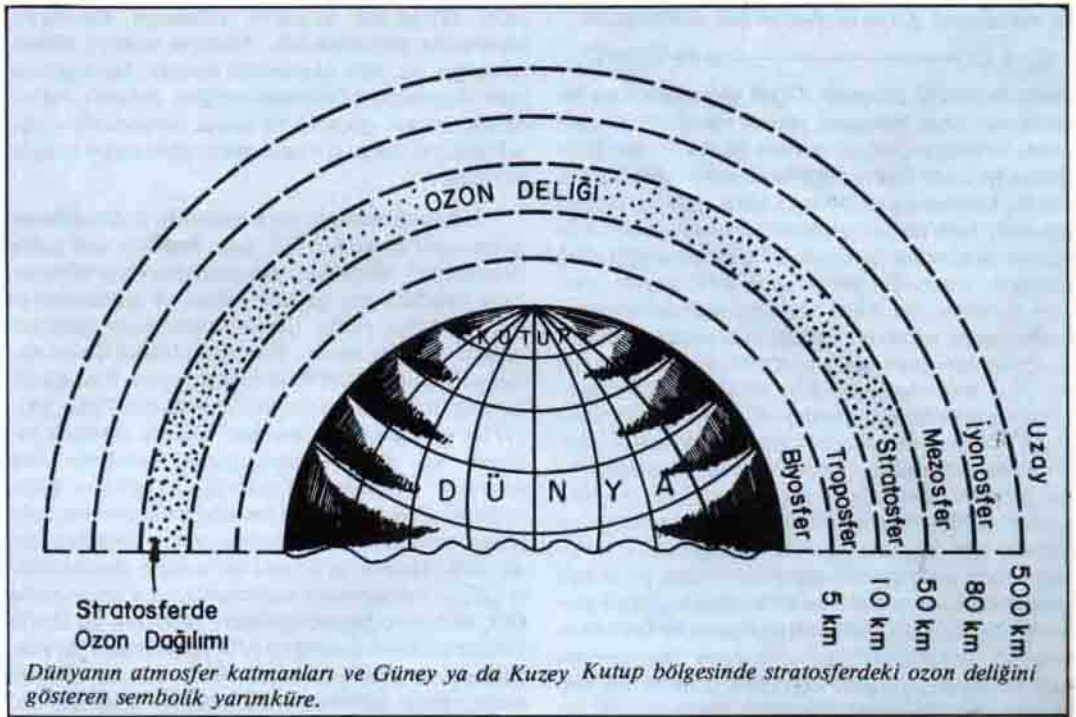
Atmosfer katmanlarının kalınlıkları, şekil üzerinde km cinsinden gösterilmiştir. Atmosfer katmanlarının her birinin canlı yaşam için ayrı bir görevi vardır. **Biyosfer**, canlıların yaşadığı küre demektir. Bu katman, okyanusların derinliklerinden, dağların en üst tepelerine kadar olan bölgeyi içine alır. Konumuz olan ozon gazı, atmosferin **stratosfer** katmanı içinde bulunur. Şekildeki noktalarla gölgelemeler ozon gazı yoğunluğunu temsil etmektedir. Sembolik şekle, dikkat edilirse, Kutup Bölgesi üzerinde yoğunluk (ozon miktar) hemen hemen sıfırdır. Atmosfer katmanlarından iyonosferin (iyonlar içeren kürenin) de çok ayrı ve önemli bir görevi vardır. İyonosfer, Dünya üzerinde kıtalararası iletişiminde (Radyo, TV, telsiz, telefon yayını) yansıtıcı rolü oynar. İyonosfer tabakası olmasa idi, kıtalararası telekomünikasyon (haberleşme) yapılamazdı. Atmosferin bu en dış katmanı, Güneş'ten ve uzaydan gelen kozmik ışınların etkisi ile iyonlaşır.

Ozon gazı, yoğunluğu gereği olarak atmosfer katmanlarının **Stratosfer** katmanında (10-15 km arası) bulunur. Ozon tabakası ile ilgili bilimsel çalışmalar bundan 150 yıl kadar önce, 1840'da C.F. Schoenbein tarafından başlatılmış, ozon molekülü (O_3), laboratuvarında ilk defa 1860 yılında J.L. Soret tarafından elde edilmiştir. Bu konudaki önemli bir çalışma "Atmosferdeki Ozon" ana başlığı altında G.M.B.Dobson tarafından 1926-1930 yılları arasında



da yapılmıştır. Dobson, bu çalışmalarında "Dünyanın Atmosferindeki Ozon Miktarının Ölçümü ve Bunun Jeofizik Koşullara Bağımlılığı" konusunu incelemiştir. Dobson'un yaptığı ölçme yöntemi halen de kullanılmaktadır. Literatürde ozon ölçme birimi **Dobson birimi (DB)** olarak bilinir. 100 DB, normal şartlarda 1 mm kalınlığında saf ozon gazı tabakası demektir. Güney Kutup Bölgesi'nde ozon miktarı 1979'da 260 DB iken, 1985'te 150 DB'ye düşmüştür. Ozon miktar ölçme yöntemi TOMS (Total Ozone Measuring Spectroscopy) olarak adlandırılır. Ozon tabakasının mevcudiyeti ve kalınlığı ile ilgili diğer bir ölçme de 1978 yılında fırlatılan **Nimbüs-7** uydusu tarafından yapılmaktadır. Bu uydudaki atmosferden uzaya yansıtılan radyasyonu dalga boyu eşelinde ölçmektedir. Bu metot, İngilizce'de ultraviyole (morüstü) güneş ışınlarının geriye yansıtılması anlamına gelen kelimelerin baş harflerinden **SBUV** (Solar Backscattered UV) şeklinde sembolleştirilmiştir. Atmosferde ozon miktar ölçümü 1979'dan beri TOMS ve SBUV yöntemleri ile, oldukça hassas bir şekilde devam etmektedir. Nimbüs-7 atmosfer araştırma uydusu ile 1987 Eylül ve Ekim aylarında Güney Kutup Bölgesi'nde Antarktika üzerinde ozon tabakasında % 40'a varan oranda inceleme olduğu gözlemlendi. Bu durum, özellikle atmosfer hareketlerine ve güneş lekelerine bağlıdır. Son yıllarda Stratosfer'deki ozon tabakası Kuzey Kutup Bölgesi'nde de araştırma konusu olmuştur. **NASA** yetkilileri son yıllarda Norveç'te, Arktik Bölge'de, Spitsbergen üzerinde yeni bir ozon tabakası deliği olduğunu belirlemiştir. Bu konulardaki son araştırmalar, her iki kutup üzerinde de ozon tabakasında birer delik bulunduğunu doğrulamaktadır. Bu iki deliğin bilimsel adları ise **Antarktika Ozon Deliği** (Güney Kutbu'nda) ve **Arktik Ozon Deliği** (Kuzey Kutbu'nda) şeklindedir. Thule/Grönland'da 77°C Kuzey enleminde yapılan ölçmelerde Arktik Bölge'

* A.Ü. Fen Fakültesi Öğretim Üyesi



de ozonla ilgili ölçmeler yapılırken, beklenenden daha fazla klor dioksit (ClO_2) olduğu da tespit edilmiştir. Klorun ozon molekülünü parçalayıcı etkisi aşağıda görülecektir. Ozonla ilgili ölçmeler, Güney Kutup Bölgesi'nde de 76°C Güney enleminde Halley Körfezi'nde yapılmaktadır. Bu ölçmelerde, özel olarak donatılmış DC-8, U-2 ve ER-2 uçakları da kullanılmıştır.

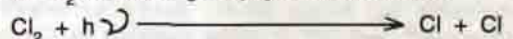
Ozon tabakasındaki inceleme ve deliklerin sorumlusunun **kloroflorokarbon (CFC)** gazları olduğu tahmin edilmektedir. Bu gazlar kısaca **CFC-gazları** ya da **Sera** (greenhouse) gazları olarak adlandırılır. Burada CFC, kimyasal simge olmayıp bir kod-adlandırmadır. Bilindiği gibi CFC gazları, her türlü spreya, buzdolaplarında ve klima cihazlarında kullanılmaktadır. Bu gazların canlı organizma ile direkt teması ise tamamen zararsızdır. Ancak bu tür gazların, serbest kaldıklarında atmosferin alt katmanlarında kalmayıp, üst katmanda **-stratosferde-** biriktiği Kaliforniya Üniversitesi'nden iki bilim adamı (M.J.Molina ve F.S.Frowland) tarafından tahrip edildiği şüphesini doğurmuştur. CFC gazları, klor (Cl), flor (F), brom (Br) ve karbon (C) içeren gazlardır. Örneğin, buzdolaplarında kullanılan freon gazı bu türdendir. Bu CFC-gazlarının, Dünya'nın nüfus yerleşim bölgesi olan Orta Kuşak üzerindeki atmosferden kutuplara doğru akması ise, atmosfer hareketleriyle izah edilmektedir.

Ozon tabakasındaki deliklerin oluşum nedenlerini tam olarak anlamak için, **atmosfer kimyasını** çok

iyi bilmek gerekir. Ozon tabakası, Güneş'ten gelen ultraviyole radyasyonu kimyasal reaksiyona çevirir. Çünkü O_3 molekülü, ultraviyole bölgesindeki radyasyonu filtre eder, yani soğurur. 50 km yükseklikte ozon bulunan bölgede $270^\circ\text{K} = -3^\circ\text{C}$ gibi yüksek bir sıcaklığa rastlanması (burada -3°C 'ye yüksek sıcaklık denmesinin sebebi, yükseklerde sıcaklığın genellikle çok düşük olmasıdır. Uçak yolculuğu yapanlar, pilotların, hava raporu verirken uçağın dışında hava sıcaklığının -50°C civarında olduğunu söylediğini hatırlarlar. Yolcu uçakları (8-10) bin metrede, hemen hemen stratosfer katmanı içinde uçarlar. Uçuş ekvator bölgesinde de olsa sıcaklık aynıdır.), ozonun, güneşten gelen ultraviyole radyasyonu soğurması ile açıklanır. 240 nanometrelik ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) radyasyon O_2 ve O_3 tarafından soğurulurken, $240\text{nm} \leq \lambda \leq 320\text{nm}$ arasındaki radyasyonlar ise yalnızca O_3 (Ozon) molekülleri tarafından soğurulur. Ozon molekülü radyasyon alınca



şeklinde oksijen atomuna ve molekülüne ayrışır. Yani konumuz açısından, stratosferdeki ozon, ultraviyole radyasyonu tarafından zaten harcanırken, bir de CFC-gazları tarafından yok edilmesi, söz konusu deliğin oluşumuna sebep olmuştur. Bu olumsuz etkiye örnek bir reaksiyon olmak üzere, klor (Cl) gazının nasıl olup da ozon molekülünü parçaladığını görelim. Cl_2 molekülü güneş ışınlarının etkisi ile



şeklinde klor atomlarına ayrışır. Klor atomları ise O_3

ile reaksiyona girme açısından çok aktiftirler ve



şeklinde ozonu parçalar. Diğer **kloroflorokarbon** gazlarının ozon harcayıcı etkileri de gözönüne alınırsa, stratosferdeki ozon, hem güneş ışınları tarafından harcanır (bunu engelleyemeyiz, zaten ozon, bizi bu fonksiyonu dolayısıyla ultraviyole ışınlardan koruyor), hem de yerden stratosfere yükselen CFC-gazları tarafından (yukarıda Cl'la örneklediği gibi) harcanır. İnsanoğlu yeryüzünde CFC-gazları üretmek suretiyle, bu ikinci harcama mekanizmasının başlamasına sebep olmaktadır denilmekte ve bunun durdurulması istenmektedir. Ozon tabakası olmasa idi, onun soğurduğu çok girici ultraviyole radyasyon yeryüzüne kadar inip, yerdeki tüm canlıları olumsuz yönde etkileyecekti. Bu olumsuz etkilerin başında deri kanseri, kataraktlar, genetik yapıdaki DNA'ların hasar görmesi, tüm kara ve deniz canlılarının büyüme hızına ve yaşam tarzına etkisi sonucu ömrünün kısalması gibi rahatsızlıkların oluşacağı düşünülmektedir. Hatta belki de ozon tabakası olmasa idi, Dünya yüzeyinde canlı yaşam başlamayacaktı görüşü yaygındır. Görülüyor ki, atmosferin stratosfer katmanındaki O_3 moleküllerinin, ultraviyole radyasyonu tutarak, aşağıda yeryüzü üzerindeki canlıları UV'den koruması, ancak ozon tabakasının orada devamlı var olması ile mümkündür. O halde insanoğlunun, ozon tabakasının **inceleme** ya da **delinme** sebeplerini araştırma ve bulma yönünde bu kadar gayret içinde olmasına hak vermemek elde değildir.

Ozon moleküllerini çözen CFC-gazlarının diğer olumsuz bir etkisi de, stratosferde biriken CFC ve CO_2 gazlarının, Güneş'ten gelip, yeryüzünden geriye yansıyan enfra-ruj (kırmızı altı) radyasyonu (ısı radyasyonu) soğurmalardır. CFC ve CO_2 gazları stratosferde birikme idi, Dünya'dan yansıyan ısı dalgalan atmosferi terk edip, uzayın derinliklerine yayılıp gidecekti. Bu gazların son yıllarda atmosferde birikmesi, atmosferin ısınmasına sebep olmaktadır. Isınan atmosfer de, altında, yeryüzü üzerindeki canlılar için bir sera etkisi yaratmaktadır. Görüldüğü gibi atmosferdeki sıcaklık değişimi, çevre ikliminin değişmesine yol açacak, bu da canlıların doğal yaşam tarzlarını etkileyecektir. Bu gidişle 50 sene gibi bir zamanda, bazı olumsuz etkilerin görülebileceği beklenmektedir.

Ancak madalyonun öbür yüzüne bakıldığında durum biraz daha toz pembe gözükmektedir. Şu anda paniğe kapılmak için bilimsel bir gerçek henüz yoktur. Bu olumsuz durumun sorumlusunun CFC ve CO_2 gazları olduğu da henüz tam olarak tespit edilmiş değildir. Ancak mevcut bilgiler, şüpheleri CFC-gazları üzerinde toplamaktadır. Ozon tabakasındaki delikler için, belki de insanoğlunun henüz düşünemediği bir sebep vardır. Ayrıca ultraviyole radyasyon, canlı için bir miktar faydalıdır da. Örneğin D-vitamini eksikliği, raşitizm ve ortopedik hasta-

lıklar UV-güneş ışınlarını yeterince alamayan insanlarda görülmektedir. Multiple skleroz denen hastalığa da, deri kanserinin tersine, fazla güneş alan bölgelerde az rastlanmaktadır. Ayrıca insanların cilt renkleri -göçerler bir tarafa, buldukları coğrafya enlemin doğal UV seviyesine göre zaten adapte olmuştur.

Isınan atmosferin **sera etkisinin** doğurabileceği sonuçlar açısından CO_2 gazı, özellikle fosil yakıtların (fuel-oil, kömür vb.) yanmasından oluşmaktadır. Fosil yakıtlara ise, çağımız insanı ve teknolojisini büyük ihtiyacı vardır. Çevre kirlenmesini önlemek amacıyla yönelik olarak, Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Programı (UNEP) oluşturulmuştur. Geçtiğimiz aylarda UNEP Genel Direktörü Mustafa K.Tolba, OD-TÜ'de verdiği bir konferansta "Dünya üzeriinde yaşayan 4,5 milyar insan, çevre kirliliğinin baş etkenidir" demiştir. Atmosferde CO_2 gazının birikmesinin diğer bir sebebi de yine insandan kaynaklanan, yeşil alan ve ormanların yok edilmesidir. Bu da yeşil yaprakların fotosentez yoluyla atmosferdeki CO_2 'yi harcamasını azaltmakta, yani atmosferde CO_2 birikimini başlatmaktadır. 1850'den bu tarafa ortalama Dünya sıcaklığı $0,5^{\circ}C$ yükselmiştir. Bu yükselmeye en etkili yılları ise 1980, 1981 ve 1983 olduğu tespit edilmiştir. Bu sıcaklık artışı ileride, kutuplardaki buzulların erimesine ve deniz seviyesinin çok fazla yükselmesine sebep olacaktır denilmektedir.

Ozon tabakasının her yıl % 0,5 kadar incelendiği tespit edilmiştir. İnsanoğlu konuya çok ciddi bir tarzda sanılmıştır. 1989'da üst atmosferdeki ozon tabakasını incelemek üzere, uzaya yeni bir uyduru fırlatılacaktır. Bu uydunun adı GE-UARS (General Electric-Upper Atmosphere Research Satellite) olacaktır. Bu uyduru Dünyadan 373 mil (600 km) uzakta dairesel bir yörüngeye oturtulacaktır. Uyduru, stratosferdeki gaz konsantrasyonunu ölçmek üzere bir spektrometre, stratosferin sıcaklığını ölçmek üzere bir radyometre ve rüzgâr-ölçerler taşıyacaktır. Uydudan alınan veriler, Dünya üzerinde bilgisayarlarda derhal değerlendirilebileceği gibi, bu maksatla uzaya bir istasyon kurulması yine General Electric firmasının düşünülmektedir.

ALINAN TEDBİRLER

1970'lerden itibaren spreylerde itici gaz olarak freon ve florin kullanımı kısmen yasaklanmıştır. Olayın ciddiyetini kavrayan pek çok ülke bu gazların kullanımını % 35'e varan oranlarda azaltmıştır. Bu konuda ABD, Rusya, Kanada, Fransa, İngiltere ve Japonya gibi sanayi ülkelerinin sorumluluğunun daha fazla olduğu bilinmektedir. 1980'lerin ilk yıllarında sanayi ülkelerinin uzmanlarından oluşan bir gayri resmî "Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi" kurulmuştur. Bu kuruluşun kısa adı CCOL'dir. Bu Komite'nin hazırladığı, Ozon tabakasının korunması ile

TASARIMCILAR GELENEKSEL BİNALARDA ÇATILARI KALDIRIYORLAR

İki mimar ve bir mühendis, yeni geliştirdikleri kemerli çatı biçimi ile, yapı dünyasını değiştirip, alt-üst etmeye çalışıyorlar. Bu kişilerin projesi, kemer için Romalılar zamanından beri mimarların kullandığı en iyi ve en doğal askı mekanizması anlayışını, tersine çevirmektedir. Tasarımcıların iddiasına göre, yeni model çatının mekanizmasında kullanılan malzeme, esnekliğini zorlamadan bu yükü taşıyabilecektir.

Eğer bu proje uygulanabilirse, yapı endüstrisinde, mühendisleri magnezyum döküm ve plastik gibi yeni tür yük taşıyıcı materyaller kullanmaya teşvik edecektir. Bu proje ayrıca inşaatçılara, güçlü çelik ve esnek yapı malzemeleri gibi geleneksel materyallerin daha iyi bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

Bu yeni ve alışılmamış çatı projesinde, çatının yüzeyinde, çaprazlama dört makasa bağlı semafor düzenli (zincirleme örgü) ayaklar ve köşelerin merkezlerinde baştan başa dikey dingilden oluşan bir temel ölçü birimine "en yeni" element denmiştir. Çatı yüzeyine paralel olarak yerleştirilmiş dingilin her bir ucuna birer küçük tekerlek yerleştirilmiştir. M.C. Whalley Truss isimli dökümcülerin de katılmış olduğu bir ekip tarafından oluşturulan bu yeni şekle (forma) göre bu elementler art arda bitişik tekerleklerin dizilmesiyle üst ve alt halatlar yardımıyla birbirlerine bağlanmaktadır. Mühendislerin

çatıyı oluşturacak levhaları döşeyebilmeleri için, ayakların çapraz yerleştirilmeleri ve kirişlerin paralel olarak bağlanmaları gerekmektedir.

McCarthy Whalley Truss, projelerini askılı zincir düzenine benzetmişlerdir. Zincirin tersine çevrildiğinde, yapının çökmemesinin nedeni, mühendislerin halatlardaki gerilimi çatıya dik olarak uygulamalarından dolayı olmuştur. Böylece dingil çarkı çevrilerek gerilme sağlanmış. Bu mekanizma, basınç içinde çaprazlanarak kilitlenir veya gerilir. Yeni çatıya biçim verilmeden önce, sürekli hareketlilik verilerek, yükün değiştirilebileceği yeni bir şekil oluşmaktadır.

Çatının ne kadar hareket edebileceği, mühendisler tarafından kararlaştırılarak, gerilim miktarı halatlara uygulanır. Yük değiştiği zaman dingil de döner. McCarthy üst ve alt halatların oldukları gibi denge içinde değişmeyen gerilim ve yeni bir zorlama olmaksızın çatının dik olarak yapısal parçalarıyla uygulanabileceğini garanti etmektedir. Bu yeni özellik, yapıda, materyallerin esnekliğini bağımsız kılmaktadır. Bu çatı sisteminde devirli gerilme ve bileşim maddelerinin gevşemesi olayı söz konusu değildir.

Yeni çatılar için ideal örtüm, çok esnek-örneğin dokuma gibi materyaller sağlayabilirler. Bu gibi materyallerin yalnızca çok hafif, destek iskeletlere ihtiyaçları vardır. Ekip şimdiden, birlikte üretilebilecek, büyük miktarlarda ve bileşik şekillerde potansiyel magnezyum ve plastiği araştırmaktadır.

New Scientist'ten çev.: Bilâl AHMETÇEOĞLU

İlgili bir anlaşmayı, aralarında ABD, Rusya, Japonya ve AET'nin de bulunduğu 27 ülke imzalamıştır. Dünyada CFC (CFC-11 ve CFC-12) üretiminin ülkelere göre dağılımı, kabaca ABD: 750.000 ton, Rusya: 60.000 ton, Diğer Ülkeler: 200.000 ton olmak üzere toplam 1 milyon tonun üzerindedir. Bunun yıllık parasal değeri ise, 2 milyar Dolar kadardır ki, bu büyük parayı (kazancı), üretici firmalar kaybetmek istemezler. Dünyada CFC-gazı üretimi ile ilgili firma sayısı 25 kadardır. Ayrıca kozmetik ve polistren-eşya ve elektronik üreten firmalar da göz önüne alındığında, bu yoldan para kazanan firma sayısı binlere ulaşır. Bu maddelerin sanayideki yerini alacak yeni bir gaz (madde) bulunması da hem zaman, hem de ayrıca bir araştırma gerektirmesi sebebiyle firmalara cazip gelmemektedir. CFC gazlarının dünyadaki baş üreticisi Du Pont firmasıdır. Du Pont CFC-11 ve CFC-12 yerine kullanılmak üzere, piyasaya CFC-22 ve CFC-134a diye bilinen yeni ürünler sürmüştür. Bunlardan CFC-22'nin de ozon-çözücü etkisi tespit edilmiş, ancak CFC-134a'nın patenti İngiltere'nin Imperial Chemical Industries PLC, Batı Almanya'nın Hoechst AG ve Japonya'nın Daikin Konyo firmalarının satın alınmıştır. ABD'nin Ford General Motors ve IBM firmaları CFC'lerle yer değiştirecek yeni bir zararsız-gaz keşfetme yönünde araştırma başlatmışlardır. Yine ABD'nin Digital Equipment Corp. firmasının elektronik bileşenleri su ile temizleme

esasına dayanan bir "sistem" geliştirme ve böylece CFC-gazı kullanılmama projesi vardır. Sadece ABD'de bu maksatlı araştırmalara yılda 3 milyon Dolar'ın üzerinde harcama yapılmaktadır. Enterasandir ki, Avrupa ülkeleri bu konuda ABD kadar endişeli değildir. Türkiye'de bu konuda neler yapıldığını basında görmek mümkündür. Gazetelerde hem haber hem de reklâm olarak CFC-itici gazı kullanmaksızın "pompa spreylerin ürettiği" ilanları dikkatlerden kaçmamış olabilir. İstanbul'da üretim yapan bir Türk firmasının bu sorumlu davranışını takdirle karşılamak gerekir.

Tarih boyunca insanoğlu, hep kendisinden kaynaklanan problemleri çözmek zorunda kalmıştır. Ozon tabakasının delinmesine yol açtığına büyük oranda inanılan CFC gazlarının üretimini durdurmak ve CO₂ problemini çözmek için, sonun başlangıcını görünceye kadar beklenirse çok geç kalınmış olabilir. Bu aşamada, stratosferdeki ozon tabakası deliklerinin oluşumunu açıklamak üzere ortada iki teori (görüş) olduğu da bir gerçektir. Bunlardan biri **kimyasal teori**, diğeri de atmosfer hareketlerini açıklayan **dinamik teoridir**. Kesin karara varabilmek, yani ozon tabakasındaki deliklerin oluşum mekanizmasının tam olarak anlaşılabilmesi için daha, çok gözlem, çok deney ve çok teorik çalışmanın yapılması gerekmektedir. □