



# OZON TABAKASINI KURTARABİLECEK MİYİZ?

- 1987 sonunda, Antarktik ozon tabakası, her zamankinden çok incelmışti. Bu yıl, "ozon deliği" herhalde daha da genişleyecektir. Hasarı gidermek için, ülke hükümetleri tarafından geçen Eylül'de Montreal'de kabul edilenlerden çok daha sıkı yapay klor bileşimi kısıtlamalanna gitmek gerekiyor.

**Joe FARMAN**

**A**ntarktika'da yani Güney Kutbu üzerinde, dünya-daki bütün canlıları güneşin morötesi ışınımının zararlı etkilerinden koruyan ozon tabakası parçalanmış bulunuyor. Bilim adamları yıllardan beri gerek yer yüzeyinde, gerekse balon ve uydularda bulunan aletlerle Antarktika ozon tabakasını ölçmüşlerdir. 1987'de ise, bu ölçümü ilk defa uçaklardan yaptılar ve ozon tabakası için bu yılın şimdiye kadarki en kötü yıl olduğunu belirlediler. 1987 Ekiminin ilk haftasının sonunda ozon tabakasının kalınlığı, 1970'lerin ortalarında aynı mevsimde ölçülmüş kalınlığın yansından az idi.

Ozona havada sadece milyonda birkaç kısım yoğunluğunda rastlanmakla beraber, atmosferin 15 ilâ 50 kilometre yükseklikteki stratosfer tabakasında en bol olarak bulunmaktadır. 1987 Ağustosunun ortalarında, Antarktika'daki Halley Bay'de bir araştırma istasyonunda çalışmakta olan İngiliz Antarktik Araştırma Grubu'na mensup bilim adamları, ozon miktarını 296 "Dobson birimi" değerinde belirlediler. Ekim

in başlangıcında bu değer 125 Dobson birimine düşmüştü. Dobson birimi, adını tanınmış bir Oxford profesöründen almakta olup, deniz seviyesindeki basınçta ozon tabakasının toplam kalınlığını kolaylıkla ifade etmek için kullanılmaktadır. Bir Dobson birimi, standart sıcaklık ve basınç altında bir santimetrenin binde birine eşittir. O halde, ozon tabakasının deniz seviyesindeki kalınlığı Ağustos ayında 2,96; Ekim ayının başında ise 1,25 milimetre kadardı.

Antarktika üzerindeki ozon deliğini gösteren uyduların resimleri, gerçekten inandırıcı ve renkleri göz alıcıdır. Amerikalıların "Nimbus 7" uydusunda özellikle iki alet, ozon tabakası hakkında kıymetli bilgiler sağlamaktadır. Bunlardan biri, Genel Ozon Haritalama Spektrometresi (TOMS) olup, bütün küresel ozon tabakasının resimlerini sağlar. İkinci alet, Güneş Geri saçılım Morötesi Kayıtcısı (SBUV) olarak bilinmekte ve ozon tabakasının kaba bir profilini vermektedir.

Antarktika ve onu çevreleyen okyanuslar üzerindeki kış stratosfer dolanımı, kutup girdabı denen ve şiddetli batı rüzgârları ile çevrelenen çok soğuk bir hava tabakasının etkisi altındadır. Bu girdaptaki hava, kutba daha uzak enlemlerdeki havadan tecrit edilmiştir. Girdap, güney kışının başlangıcına rast gelen Mart ekinoksu (gece-gündüz eşitliği)'nden hemen sonra oluşur. 1970'lerin ortalarına gelinceye kadar, girdaptaki ozon yoğunluğu kış boyunca ve ilkbaharın başlangıcında 300 Dobson birimi olarak sabit kalmakta ve yaz başında girdap ortadan kalktığı zaman, 400 Dobson birimine ulaşmaktaydı.

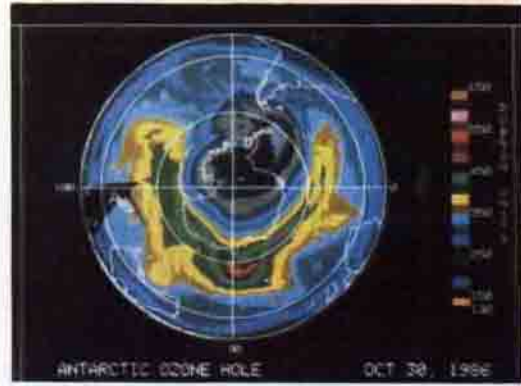
Bilim adamları son yıllarda, ozon tabakasının neden ilkbaharın başlangıcında incelendiği üzerinde zihin yormuşlardır. Çoğu araştırmacılar, bunun stratosferin klor ihtiva eden, insan icadı bir yığın bileşikle kirlenmesinden ileri geldiğini düşünmekteydiler. Amerikalı bilim adamları 1986'da Antarktika'daki Mc Murdo üssünde ilk millî ozon araştırmasını gerçekleştirdiler ve bulgular bu düşünceleri destekledi. Ancak bulgular, diğer iki teori olan güneş dönelimi ve hava yükselimi teorileriyle çelişiyordu. Amerikalıların 1987'de düzenlemiş olduğu geniş çaplı deneyler, kirlenme varsayımını doğrulamış ve diğer teorileri geçersiz kılmıştır.

Oksijen, özellikle ekvatorun yüksekliklerinde ışınım etkisiyle ayrışarak ozon oluşturur. Burada çok kısa dalgali güneş ışınımı, atmosfere en derin olarak sızmaktadır. Bu ışınım o kadar güçlü biçimde emilmektedir ki, hiçbir zaman yere erişmemektedir. Stratosferdeki rüzgârlar da ozonu dünya etrafında dolandırarak ozon tabakasının muhafazasını sağlamaktadır.

Güneşin morötesi ışınlarının dalgaboyu çok kısa (243 nanometreden küçük) olup, bu morötesi ışınların enerjisi oksijen molekülünün ayrıştırmaya yeterlidir. Olayın sonucunda, birbirine sağlam şekilde bağlanmış iki atomdan oluşan oksijen molekülü parçalanarak çok etkin olan yalın atomlar açığa çıkar. Bu atomların biri, bir oksijen molekülüyle birleşerek ozonun oluşmasına yol açar ( $O + O_2 = O_3$ ). Ancak bu olay sadece üçüncü bir kimyasal cismin, çoğu kere de belirtilen olayın yarattığı enerjinin bir kısmını emen bir azot molekülünün varlığı durumunda gerçekleşir.

Atmosferin en yükseklerinde şiddetli bir ışınım karşılıklı çok az hava vardır. Bu yüzden burada fazla ozon oluşmamaktadır. En büyük ozon yoğunluğu, yaklaşık 23 kilometrelik yükseklikte görülmektedir. (Şekil 1).

1970'lerin başında, Irvine'deki Kaliforniya Üniversitesi'nden Sherry Rowland ve Mario Molina ile, Michigan Üniversitesi'nden Richard Stolarski ve Ralph Cicerone, klorofluorokarbon veya CFC denen insan yapısı ve uzun ömürlü bazı bileşiklerin stratosfere kaçabileceğini ileri sürdüler. Bunlar ayrışın-



Antarktika'dan ozon tabakasının durumunun iyi olmadığı hakkında yalanlanamaz bilgiler alınıyor. Uyduların görüntüleri, yerden ve balonlardan yapılmış olup ozon tabakasının şimdiye kadar rastlanmamış ölçüde tükendiğini gösteren ölçümleri doğrulamaktadır.



ca klor gazını açığa çıkarabilir ve klor gazı da kendisine bir şey olmaksızın sadece katalizör rolünü oynayarak ozonu oksijene dönüştürebilir ( $O_3 + O = 2 O_2$ ).

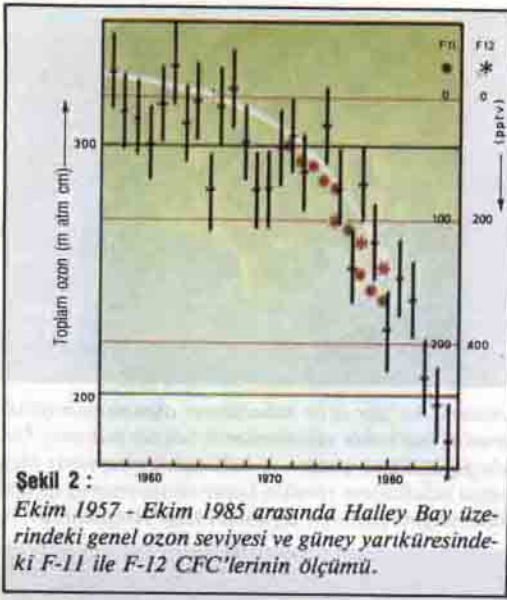
## ANTARKTİKA ÜZERİNDE BİR DELİK BELİRİYOR

İngiliz Antarktik Araştırma Ekibi, 1957'den beri ozon tabakasını incelemekteydi. Ne var ki, ozon tabakaları kendiliğinden de sık sık incelişip kalınlaşmaktaydı ve üstelik İngiliz ekibinin kullandığı aletler bir hayli eskiydi. Amerikalılar Antarktika kıtasını uy-



Şekil 1 : Stratosferdeki ozon yoğunluğunu belirleyen ana olaylar





**Şekil 2 :**  
Ekim 1957 - Ekim 1985 arasında Halley Bay üzerindeki genel ozon seviyesi ve güney yarıkürsindeki F-11 ile F-12 CFC'lerinin ölçümü.

dularıyla 800 kilometre yükseklikten gözletmişler, fakat bir şey bulamamışlardı. Bunun üzerine daha yeni aletlerle ölçümleri kontrol etmeyi kararlaştırdık. Ekim 1984'e geldiğimiz zaman artık Antarktika üzerinde garip bir şeyler dönmekte olduğuna emindik. Bulgularımızı 16 Mayıs 1985'te Nature'da yayınladık. Biz, geçmiş 20 yıl içinde Halley Bay üzerindeki ozon tabakasının aylık seviyesinin ve güney yarıkürsü atmosferindeki CFC ölçümlerinin bir grafiğini hazırladık. Ozon tabakasında her yıl ilkbaharda ortaya çıkan inceleme çok belirgindi ve artıyordu. Atmosferdeki CFC'lerin artışı da aynı ölçüde belirgindi (Şekil 2).

1985'ten önce, atmosfer kimyacıları hep ozon hakkındaki bilgilerinin bir işe yaradığını sanıyorlardı. Gözlemler, modellerle uyuyordu. Gözlenen ile öngörülen değişimler arasındaki fark, on yılda % 1'den daha az oluyordu. Halbuki şimdi Antarktika üzerinde inceleme % 50'yi aşmakta ve olay her yıl 30 ilâ 40 günlük bir devrede ortaya çıkmaktadır. (Şekil 3).

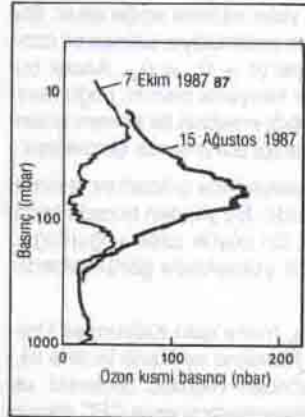
1987'nin 19 Ağustos ile 30 Eylül tarihleri arasında İngiliz Meteoroloji Teşkilatı, Antarktika ozonunun havadan ölçümü projesine katıldı. Proje, NASA tarafından çeşitli ABD kuruluşlarının işbirliği ile hazırlanarak finanse edilmişti. Şili, projeye katılan uçaklara Punta Arenas'ta bir üs sağladı ve Arjantin de projeye önemli katkıda bulundu. U2 gözletme uçaklarının sivil tipi olan bir ER-2'ye ölçüm aletleri yerleştirildi ve uçak tek pilotlu olarak Antarktika'nın yarımadada bölümünde, 72 derece güney enlemine kadar ve 19 kilometreye erişen yüksekliklerde 12 uçuş yaptı. Burası ozonun ciddi bir incelmeye uğradığı bölgenin hayli içinde kalıyordu.

Bir DC-8 uçağı da arada 10 kilometreye kadar

varan yüksekliklerde 13 uçuş yaparak birçok kere Kuzey Kutbu'na erişti ve sonunda Antarktika'dan Yeni Zelanda'ya kadar uçtu. Projenin organizatörleri uluslararası bir iletişim şebekesi kurmuş olduklarından, Punta Arenas'ta yerleşmiş olan bilim adamlarına uydulardan, meteorolojik analiz ve tahminlerle fotokimyasal modellerden, ayrıca bir de uçaklardan elde edilen bilgiler ulaştırılabiliyordu.

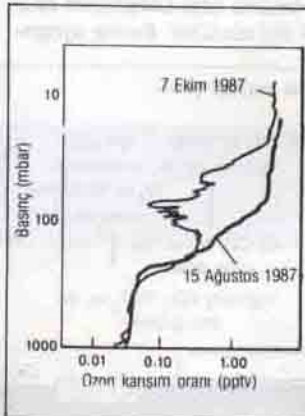
Atmosferde ozon sıklığını etkileyen kimyasal bileşimleri üç gruba ayırabiliriz. Bunlar; kaynak gazlar, kökler (radikaller) ve birikimlerdir. ER-2'de bulunan aletler sayesinde bilim adamları uçağın çevresinde bulunan bu bileşimlerden çoğunu, mesela klor monoksit (ClO), brom monoksit (BrO), nitrik oksit (N<sub>2</sub>O), metan (CH<sub>4</sub>), klorofluorokarbonlardan F-11 ile F-12 (CFC<sub>11</sub> ile CFC<sub>12</sub>) ve daha başkalarını ölçebiliyorlardı. Ayrıca ozon, su ve NO<sub>x</sub> (azot ihtiva eden kökler ve birikimler toplamı) değerleri ölçülerek aerosol parçacıklarının yoğunluğu, büyüklük dağılımı ve kimyasal bileşimi belirleniyordu.

Bilim adamları, DC-8'de bulunan aletlerle uçağın yakınındaki ozon, su ve kaynak gazların miktarını ölçtüler. Buna ek olarak DC-8'de lidar (lazer radarı) denen bir dizi uzaktan algılama aleti bulunuyordu. Bu aletler aerosol parçacıklarının ve ozon,



**Şekil 3 :**

Halley Bay atmosferi üzerindeki genel ozon kalınlığı, 15 Ağustos 1987'de 269, Ekim 1987'de ise 128 Dobson birimi olarak ölçüldü. Arada geçen sürede 16,5 kilometre yükseklikteki ozon tabakası ortadan yitilmiş ve ozonun % 9,5'i yok olmuştur.



**Şekil 4 :**

Halley Bay üzerinde 7 Ekim 1987'deki ozon yoğunluğunu gösteren bu grafikte ozon yoğunluğunun 15 Ağustos 1987'den sonra azalarak 0,05 pptv'ye indiği görülmektedir.



kaynak gazlar, radikaller ile birikimlerin dikey dağılımını göstermektedir.

Şimdi artık açıkça bilinen şey, ozonda önemli bir azalmaya rastlandığı bölgelerin aynı zamanda azot içeren bileşimler bakımından da fakir olmasıdır. ER-2'nin 18 kilometre yüksekliğinde ölçmüş bulunduğu klor monoksit yoğunluğu, ozon oranındaki azalmayı açıklamaya yeterlidir. Kutup girdabında ise hidroklorik asit miktan çok düşüktü. Bu durum, bizi hidroklorik asitten ayrılan klorun ozon deliğinin oluşumunda önemli bir rol oynadığı sonucuna erdirdi.

Proje, büyük bir başanya ulaşmış bulunuyor. Kaç çıktığını henüz kimse kesinlikle bilmiyor ama, yaklaşık olarak 16 milyon Dolara (aşağı yukarı 176 milyar Türk Lirası) mal olduğu sanılmakta. Amerika Birleşik Devletleri'nde, ozon tabakasındaki incelmeyi dünya küremizin en öncelikli çevre sorunlarından biri olduğu anlaşılmıştır. Ne var ki, şu ana kadar İngiltere ve Avrupa'da problemin önemi gereğince kavranmamış görünüyor.

Halley Bay'deki İngiliz Antarktik Araştırma İstasyonu'nda bilim adamları, yerden ölçüm yapan spektrometrelerden ayrı olarak, özel aletlerle donatılmış balonları ozon tabakalarından uçurup zamanla meydana gelen değişiklikleri ortaya çıkarmaya çalışmaktadır. Gerçekten de bu tabakalarda çok hızlı değişimler olmaktadır ve 1987 Ağustosundan beri büyük dalgalanmalara rastlanmıştır. Tabakanın en yoğun olduğu bölümde en yüksek ozon basıncı Eylül başlarında 160 nanobar idi. Buna karşı, Ekimin ilk haftasında 4 nanobara düşmüştü (Şekil 4).

Büyük bilinmeyenlerden biri, tabiatın ozon tabakasının incelmeye olan katkısıdır. Bilim adamları, geniş bir yarıdağ etkinliği, örnek olarak 1982'de Meksika'da meydana gelen El Chichon patlamasıyla atmosfere klor ve büyük miktarda toz püskürtüldüğünü açıkça belirlemişlerdir. Böyle olaylar atmosferin yapısını 5 yıl süreyle etkileyebilmektedir ama, iklim üzerindeki uzun vadeli etkileri henüz anlaşılmamıştır. Kutup stratosferindeki su damlacıkları da, reaksiyonların oluşmasına uygun bir yüzey sağlayabilir.

Şaşılabacak olan şey, ozon örtüsünün zedelenmesi ve bu yüzden kıtalarla onları çevreleyen denizlere daha fazla zararlı morötesi ışınlarının erişmesi hâlinde ne gibi sonuçların ortaya çıkacağını hemen hiç bilmememizdir. Hükümetler bu konuda, özellikle bir çeşit deri kanseri olan melanom oluşumunu araştırmak üzere, bazı çalışmalar desteklemişlerdir. Bilim adamları da laboratuvar deneyleri sırasında, morötesi ışınımdaki dalgalanmaların Antarktika fitoplanktonu denen ve denizde türeyen tek hücreli bitkilerin soyunun tükenmesine yol açabileceğini gözlemlemişlerdir. Eğer bu doğruysa, güney okyanusları üzerinde geniş çaplı ekolojik etkileri olabilir. ABD Millî Bilim Vakfı, 1987 Ekiminde iki biyolog ekibini Antark-

tika ozonunun incelenmesinin ekolojik sonuçlarını araştırmak üzere bölgeye yollamıştır.

## ÖNÜMÜZDEKİ ON YILIN HEDEFLERİ

Ana sorun artık CFC'lerin ozon tabakasını ortadan kaldırıp kaldırmadıkları değil, bunu nasıl yaptıklarıdır. Tabii ki, daha bilinmeyen birçok şey vardır. Bir kere, etkin hidrojen (OH a da HO<sub>2</sub>) ya da hidroklorik asit (HOCl) ihtiva eden köklerin gözlemi yapılmamıştır. Bunlar, hidrojen ile klor grupları arasında önemli bir bağlantı oluşturabilirler. 1987 yılı Antarktik Ozonun Havadan Gözlenmesi Projesi'nden elde edilen ilk bilgiler, atmosferdeki kimyasal ve dinamik etkinlikler konusunda çok daha fazla bilgi sahibi olmamız gerektiğini ortaya koymaktadır. Yalnız, açık olan husus şudur : CFC'lerin şimdiki üretim düzeyi, bizim ozon tabakasını oluşturan etkinlikleri andığımız varsayımına dayanmaktadır. Ne var ki, son birkaç yılın olayları bizim bunları henüz anlayamamış olduğumuzu göstermiştir.

Projeden elde edilen ilk bilgiler, elimize Montreal Konferansının sonucunda kararlaştırılan "Ozon tabakasını tüketen maddeler" konulu protokolden 14 gün sonra erişmişti. Eğer bu bilgiler konferansa vaktinde ulaşsa idi, çok daha sıkı koruyucu tedbirlerin alınacağı muhakkaktı.

Montreal protokolünün öngördüğü % 20 ilâ % 50'lik CFC kısıtlaması, ozon tabakasını kurtarmaya yeterli değildir. CFC'lerin tüketimi % 50 oranında kısıtlansa bile, atmosfere yolladığımız her 6 ton CFC'nin 5 tonu yıl sonunda atmosferde kalacaktır. Başka deyişle, CFC'leri tabiatın giderebileceğinden beş kat daha hızlı olarak atmosfere sokmaktayız. Eğer atmosferdeki CFC değerlerinin şimdiki seviyesinde kalmasını istiyorsak, üretimlerini şimdiki % 15'ine indirmeliyiz. Eğer CFC'lerin atmosfere salınmasını yarıdan itibaren durdursak, 65 yıl sonra F-11'in üçte biri hâlâ atmosferde kalacaktır. F-12 için bu süre yaklaşık olarak 120 yıldır.

Bilim adamlarına düşen görev, hükümetlere ve sanayi sektörüne ozon deliğine yol açan olayları henüz gereğince kavramadığımızı anlatmaktır. Sadece, CFC'lerin tehlikeli olduğunu ve bunlara artık "dur" demenin gerektiğini biliyoruz.

Kimya sanayii, CFC'lerin yerine geçecek maddelerin geliştirilmesi ve piyasaya sürülmesi işini hızlandırmalıdır. Zaten böyle maddeleri piyasaya ilk süren firma, büyük kâr sağlayacaktır. On yıldan fazla sürmeyeceği umulan geçiş süresi içinde de Montreal protokolünün hükümlerini daha da sertleştirerek çevremizin etkili biçimde korunmasını sağlayacak önlemler alınmalıdır.

New Scientist'ten kısaltarak çev.:

Dr. Ergin Korur