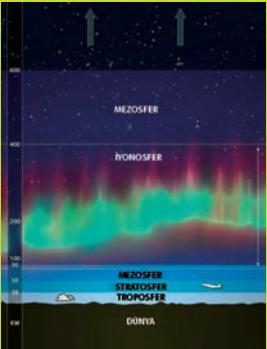


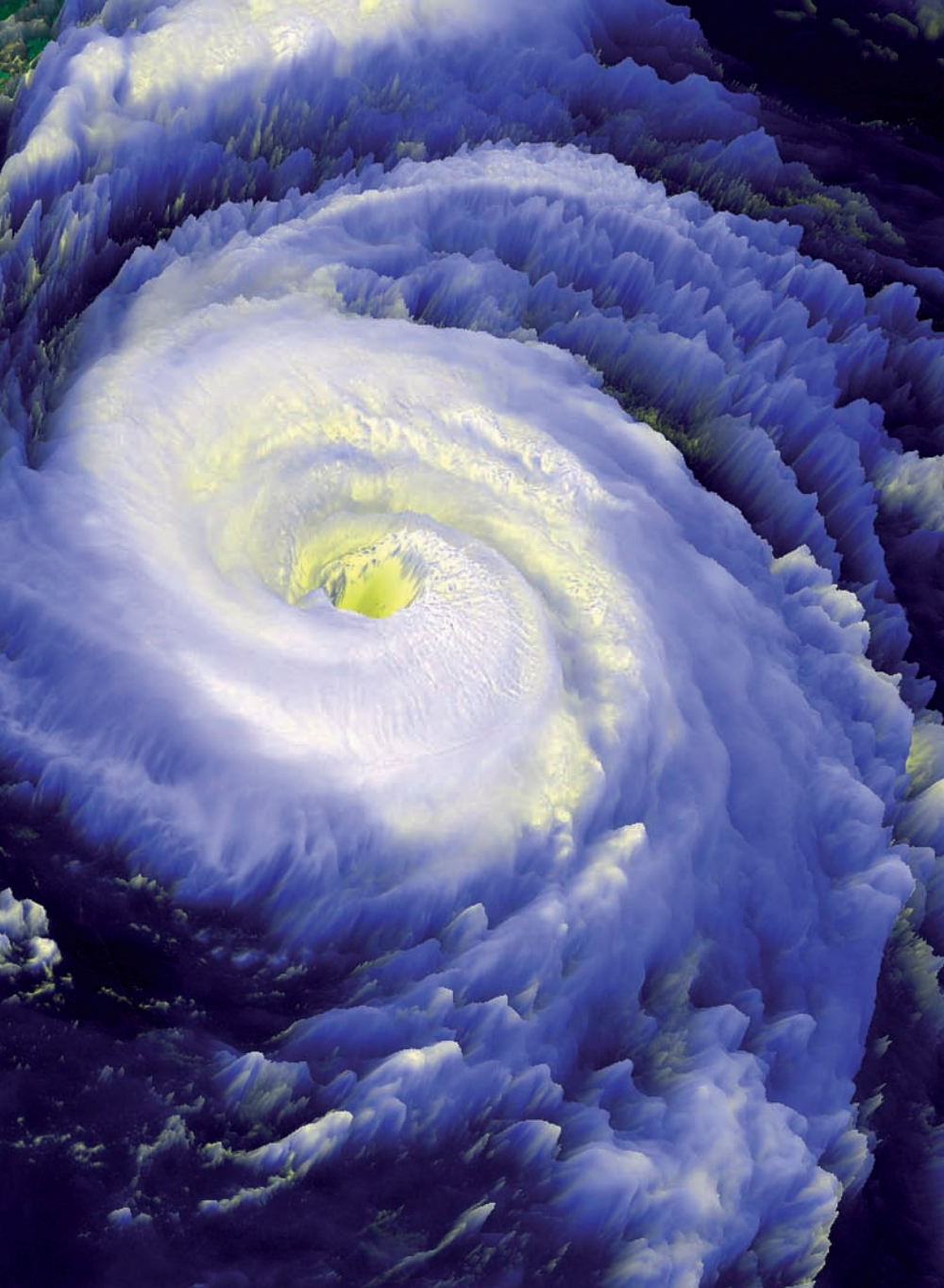
# KLOROFLORO

1800'lü yılların sonlarından 1929'a kadar buzdolaplarında soğutucu amaçlı olarak, metil klorür ve kükürt dioksit gibi zehirli gazlar kullanılıyordu. Özellikle metil klorür sızıntısı nedeniyle ölümlerle sonuçlanan birçok kaza olmuştu. İnsanlar bu zararlı ev aygıtını terk etmeye başlamışlardı ki ABD'de üç büyük şirket bir araya gelip daha tehlikesiz bir soğutucu yapmak için kolları sıvadı. Sonunda, 1928'de, "mucize bileşik" adını verdikleri freon gazının bulunuşunu duyurdular. Bu gaz her şeyden önce zehirli değildi; alev almıyor, başka kimyasal maddelerle tepkimeye girmiyor, kolayca sıvı hale dönüştürülebiliyordu.



# KARBON

Freon, kimyasal adları kloroflorokarbon (CFC) olan birkaç değişik kimyasal maddenin ortak adydı. Daha az tehlikeli olduğu için üretilmişti; ancak aslında ne kadar tehlikeli olduğu, yıllar sonra bilim insanlarının ozon tabakasında keşfettikleri delikle ortaya çıkacaktı.



**K**loroflorokarbonlar, adından da anlaşılacağı gibi, klor, flor ve karbon atomlarından oluşmuş organik bileşiklerdir. I. Dünya Savaşı'ndan sonra geniş bir uygulama alanı bulan bu hidrokarbonların, endüstriyel, ticari ve ev uygulamaları çok çeşitlilik gösterir. Genellikle, buzdolapları ve soğutucularda, klimalarda, sprey ürünlerde, çözücülerde ve kimi ambalaj maddelerinde yaygın olarak kullanılırlar.

Peki, bu bileşikler çevreyi nasıl kirletiyor? Dünya'nın atmosferi birçok tabakadan oluşur. Biz yeryüzüne en yakın tabaka olan troposferin içinde yaşıyoruz. Troposferin hemen üstü stratosfer var. Ozon tabakası da bu tabakada yer alıyor. Sesten hızlı uçan jet uçakları ve geçtiğimiz yıllarda artık seferleri ve üretimi durdurulan Concorde uçakları bu tabakanın alt bölümlerinde uçuyorlardı. Öteki yolcu uçakları genelde troposferde uçarlar.

Yer'den 10 ile 50 km yükseklikte bulunan ozon tabakasında, kayda değer miktarda ozon bulunur ve bu tabakadaki sıcaklık dağılımı ozonun ışıma özellikleri sayesinde belirlenir.



Ozon adı verilen kimyasal madde, aslında üç oksijen atomundan oluşan basit bir bileşiktir. Bu bileşik atmosferde kendiliğinden doğal olarak oluşur. Güneş ışınları stratosferdeki iki atomlu oksijen molekül-



lerini parçalar. Serbest olarak dolaşan oksijen atomları da çift atomlu oksijen molekülleriyle birleşerek üç oksijenli ozon moleküllerini oluşturur. Ozon, kutuplarda en yoğun, Ekvator bölgesinde de bir tabaka oluşturur.

Ozon tabakası, yeryüzünü Güneş'ten gelen, zararlı, morötesi ışınların etkisinden korur. Stratosferdeki ozon yoğunluğundaki bir azalma, yeryüzüne ulaşan morötesi ışınların artmasına yol açar. Artan bu morötesi ışınlar, insanlarda bazı ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir. Bunların arasında cilt kanseri, bağışıklık sistemi bozuklukları ve görme bozuklukları vardır. Morötesi ışınların yalnızca insanlar üzerinde değil,

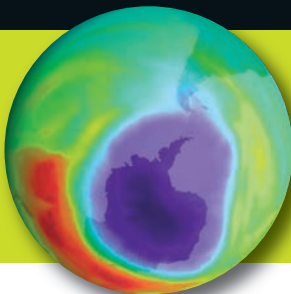


İnsan etkinliklerinin sonucu olarak ozon tabakasının incelmelerinin farkına varılması, 1985'te Antarktika üzerindeki ozon tabakasındaki incelmelerin gözlenmesiyle ortaya çıktı. Aslında 1985'te yapılan ölçümlerde, stratosferdeki ozon düzeyinde azalma olduğunun anlaşılması, ilk başta bilim insanlarının, hatayı ölçüm aletlerinde aramasına neden olmuştu. Ancak ölçüm aygıtlarını değiştirip yinelenen ölçümler de aynı sonucu verince, önemli bir sorunla karşı karşıya olduklarının hemen farkına vardılar. Ozon taba-

kasındaki deliğin keşfi, özellikle stratosferde bulunan klor bileşiklerini hedef gösterdi.

Ozon tabakasındaki delik aslında, insanın kendi eliyle çevreye verdiği hasarlardan yalnızca bir tanesi. Güney kutup bölgesinde, yaklaşık 30 yıldır ozon düzeyinde bir azalma gözleniyor. Bu azalmanın temel nedeni, CFC gibi klor içeren kimyasal maddeler. Ayrıca brom içeren bileşikler, halojen bileşikler ve azot oksitler de bu tabakanın incelmesinde rol oynayan öteki kimyasal maddeler.

Antarktika üzerindeki ozon deliği



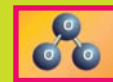
#### Ozon ve Oksijen



Oksijen atomu (O)



Oksijen molekülü (O<sub>2</sub>)



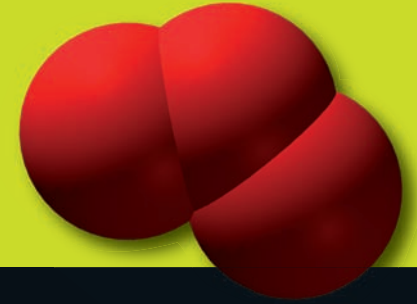
Ozon molekülü (O<sub>3</sub>)



bitkilerin, hayvanların ve hatta plastik malzemelerin üzerinde de olumsuz etkileri vardır.

CFC'ler uzun ömürlü bileşiklerdir. Havaya salındıklarında bu bileşikler, stratosfere ulaşır. Güneş'ten gelen morötesi ışınlar, CFC'leri parçalayarak atmosfere klor salmalarına neden olur. Ortaya çıkan bu klor iyonları da ozonla bir araya gelerek klor monoksit adı verilen bir bileşik oluştu-

rurlar. Bu sırada oksijen atomları serbest hale gelir. Bunlar da klor monoksit molekülleriyle çarpıştıklarında iki oksijen atomu bir araya gelerek bir oksijen molekülü oluşturur. Bu zincirleme tepkime böylece sürek ozon moleküllerini etkiler. Bu süreç, ozon yoğunluğunun azalmasına ve ozon tabakasında da bir incelmeye yol açar.



Ozon

Son 30 yılda atmosfere salınan CFC gazları nedeniyle, ozon tabakasında %4 ile %5 oranında azalma ortaya çıktı. Buna koşut olarak belirli bölgelerde yaşayan insanlarda cilt kanseri riski de önemli ölçüde arttı. Bunun tek nedeni de ozon tabakasındaki incelmeye ve bunun sonucu olarak morötesi ışınların atmosferde daha az tutulması.

Ozon tabakasındaki hasarın fark edilmesinin ardından, 1987'de Montreal Protokolü adı altında uluslararası bir anlaşma imzalandı ve bu soruna bilimsel bir çözüm bulunması kararlaştırıldı. Bunun için ilk olarak klorlu florokarbon ürünlerini azaltma ya da üretimi durdurmak için çağrıda bulunuldu. Karmaşık atmosfer dinamiği çalışmaları, Güneş ışınlarıyla ilgili yapılan araştırmalar ve kimyasal tepkimelerle ilgili çalışmaların sonucunda, kutuplarda bahar aylarında ozon yoğunluğunun normalin altında düzeylere ulaştığı sonucuna varıldı. Sonradan Kuzey Kutbu'nda yapılan araştırmalar da aynı şeyin Kuzey Kutbu'nda da geçerli olduğunu ortaya çıkardı.

Araştırmacılar için ölçümlerin analizi, ozon ve CFC düzeylerinin saptanması, önemli bir çalışma alanı. Bu amaçla kullanılan yeni aygıtlar sayesinde ozon tabakası uzaydan izlenebiliyor ve istatistiksel olarak çeşitli bölgelerde ozon düzeyleri belirleniyor. Yer istasyonu ölçümlerine göre de CFC düzeyi hem kuzey hem de güney yarımkürede artış gösteriyor. Bunun 20-30 yıl daha sürmesi bekleniyor, çünkü koloflorokarbonun troposferdeki ömrü bu kadar.

Peki, CFC'ye karşı bir seçenek var mı? Kloroflorokarbonun bileşenlerinde değişiklik yapılsa bile ozon tabakasına zarar verme potansiyelini taşımayı sürdürüyor. Bir alternatifi, hidrojen, karbon, flor ve klor atomları içeren hidroklorofloroklorokarbon. Bu bileşikteki hidrojen atomları troposferdeki kimyasal maddelerle klor atomlarını yeniden tepkime yapar duruma getiriyor. Bu sayede klor atomlarının stratosfere ulaşmasında ciddi bir düşüş sağlanıyor. Şimdilik alternatif olarak görülen bu bileşiklerin 2020'den itibaren de klor içermeyen hidroklorokarbonlarla değiştirilmesi planlanıyor. Bu bileşikler de hidrojen, flor ve karbon içeren organik bileşikler. Bu bileşiklerin CFC'ye karşı iyi bir seçenek olduğu düşünülüyor; klor içermediklerinden ozon tabakası için bir tehlike oluşturmuyorlar.

CFC'lerin stratosfere ulaşması uzun zaman alıyor, dolayısıyla, şimdiye değin kullanılan bu gazlar nedeniyle ozon tabakasındaki incelmeye sürecinin hemen durmayacağı, üstelik Antarktika dışındaki bölgelerde de başlayacağı düşünülüyor. Montreal Protokolü'ne tam olarak uyulması durumunda bile atmosferdeki klor düzeyinin en az 20 yıl kadar daha artması bekleniyor. Günümüzde kullanılan buzdolaplarında, klimalarda ve köpüklerde hâlâ çok miktarda CFC bulunuyor. Bunlar da sonuçta atmosfere salınacaklar. CFC'lerin uzun ömürlü olması nedeniyle de klorun, ozon tabakasındaki incelmeye olmadan önceki düzeye inmesinin, belki de bu yüzyılın ortalarına kadar süreceği düşünülüyor.