

# **ÇEVRE JEOLJİSİ**

# I. ATMOSFER

1952 Aralık ayının ilk haftasında, Londra'da hava öylesine durgundu ki bulutlar güneş ışığının büyük bir bölümünü geriye yansıtmaktaydılar. Nem oranı birden %80'lere kadar fırlamış ve sıcaklık öğlen sırası -1C'ye kadar düşmüştü. Kalın bir sis tabakası oluşmuş, soğuk ve rutubet evlerin daha fazla ısıtılmasını gerektirmişti. Evlerde kullanılan yakıt genelde kömür olduğundan, kül, SO<sub>2</sub> ve is (kurum) miktarı oldukça artmıştı. Durgun hava sadece evlerden gelen değil otomobillerden çıkan zararlı partiküllerle dolmuştu. Krizin doruğa ulaştığı dönemde, görüş mesafesi oldukça düşmüş öyle ki otomobiller gündüz sırasında bile farlarını yakmak zorunda kalmışlardı. 4 - 10 Aralık tarihleri arasında, hava kirliliğinden yaklaşık 4000 kişi ölmüştü. Sis kuşatması nihayet havanın değişmesine neden oldu ve böylece hava kirliliği biraz olsun azaldı. İnsanoğlunun neden olduğu bu problemi çözen insan faaliyetleri değil yine doğanın ta kendisiydi. Sanayi devriminin başlangıcından bu yana ve hatta daha önceleri, insanlar Londra ve diğer büyük şehirlerde yaşamları sürdürmekteydi ancak yanlış olan bir şey vardı.

Atmosferimiz büyük miktarda kirliliği absorbe etme kabiliyetine sahiptir. Kirletici maddelerin başına üç şey gelebilir: rüzgarlar ile taşınabilir, yağış ile yeryüzüne inebilir veya kimyasal olarak atmosferdeki zararsız maddelere dönüşebilirler.

1952 Londra sis krizinde, SO<sub>2</sub>'in atmosferdeki ortalama bulunma süresi yaklaşık 5 saatti ve SO<sub>2</sub> atmosfer tarafından hızlı bir şekilde dönüşüme tabii tutuldu. Durgun hava şartları evlerde yakılan kömür ve otomobillerde yakılan benzin ile birleştiğinde, atmosferin kirliliği yok etme veya kirletici maddeleri başka bileşiklere dönüştürme gücünü aşmış ve hatta SO<sub>2</sub>'i ortadan kaldırıcı hızlı doğal mekanizmalar bile işlemez hale gelmişti. Bunun sonucunda, SO<sub>2</sub> havada asılı kalmış ve sis asidik bir özellik kazanmış ve özellikle yeşil habitat başta olmak üzere insan ve diğer organizmaları olumsuz şekilde etkilemiştir.

1952 Londra sis krizi dönüm noktası bir olaydı. Sonunda, insan faaliyetleri atmosferin atıkları doğal bir şekilde ortadan kaldırma kabiliyetini aşmıştı. Yakılmakta olan fosil yakıtlar havaya partikül eklemiş bunlar da sis oluşmasına ayrıca görüş mesafesinin ve güneş ışığının azalmasına neden olmuştur. 1952 öncesi Londra sisleri ile ünlü bir şehirdi. Fakat bilinmeyen şey kömür yakılmasının sis oluşumunu arttırmada oynadığı roldü. 1952 yılından bu yana, Londra'da ısınmada kömür yerine daha temiz olan doğal gaz kullanılmaktadır.

## **I.1. HAVA KİRLİLİĞİNİN TARİHÇESİ**

İnsanlar çok eskilerden beri hem insanoğlunun sebep olduğu hem de doğal yolla oluşan atmosferik kirlenmenin farkındadırlar. Hava kirliliğinin kontrol edilmesine yönelik çıkartılan ilk kanun 1273'de İngiltere Kralının Londra'da yumuşak kömürün kullanılması için Parlamenteoyu ikna etmesi ile başlamıştır. Çıkarılan bu kanun öylesine katıydı ki, bir kişi devamlı olarak uyarılmasına rağmen yasaklanan kömür kullanmaktan idam bile edilmişti. "Dumanlı-Sis" terimi ilk defa 1905 yılında bir sağlık konferansı sırasında bir doktor tarafından duman ve sis karışımı sonucu ortaya çıkan kötü hava kalitesini vurgulamak üzere ortaya atılmıştır. 1550 yılında Leonardo da Vinci, bitkilerden atmosfere yayılan malzemelerde oluşan mavi bir pusun varlığından bahsetmiştir. Leonardo da Vinci'nin gözlediği şey nedeni bugün bile hala tam olarak anlaşılamayan doğal bir fotokimyasal dumanlı-sistir.

Asit yağmuru ilk kez 17. Yy.da tanımlanmıştır. 18. Yy.da ise asit yağmuru ve dumanlı-sisin Londra'daki bitkilerde bazı tahribata neden olduğu bilinmekteydi. 18. Yy.da Sanayi devriminin başlamasıyla, hava kirliliği daha da dikkat çekmiş ve 19. Yy.ın ortalarında da, özellikle Amerikan iç savaşından sonra, hava kirliliğine olan ilgi artmıştır.

1930 yılında Belçika'daki Mesue vadisi ve 1948 yılında da Pennsylvania Donora'daki kirlilik olaylarından sonra hava kirliliği üzerindeki bilimsel çalışmalara hız verilmiştir. Mesue vadisi kirliliği yaklaşık bir hafta devam etmiş, 60 ölüm vakası ve sayısız sağlık problemi ile sonuçlanmıştır. Pennsylvania Donora'daki kirlilik ise 20 ölüm vakası ve 14.000 insanın sağlığını kaybetmesine neden olmuştur. İnsanlar Donora vakası ile, meteorolojik şartlar ile tehlikeli dumanlı-sis olayı arasında bir ilişki olduğunun farkına varmışlardır. Bu görüş 1952 Londra vakası ile daha da güçlenmiş ve bu tarihten itibaren hava kalitesini arttırmaya yönelik çeşitli önlemler alınmaya başlanmıştır. Günümüzde, 1977 Temiz Hava Eylem'i ile çıkartılan kanunlar Birleşik Devletlerde atmosfere olan emisyonu bir derecede azaltmış olmasına rağmen hava kirliliği halen bir çok bölgede istenilen seviyenin çok altındadır.

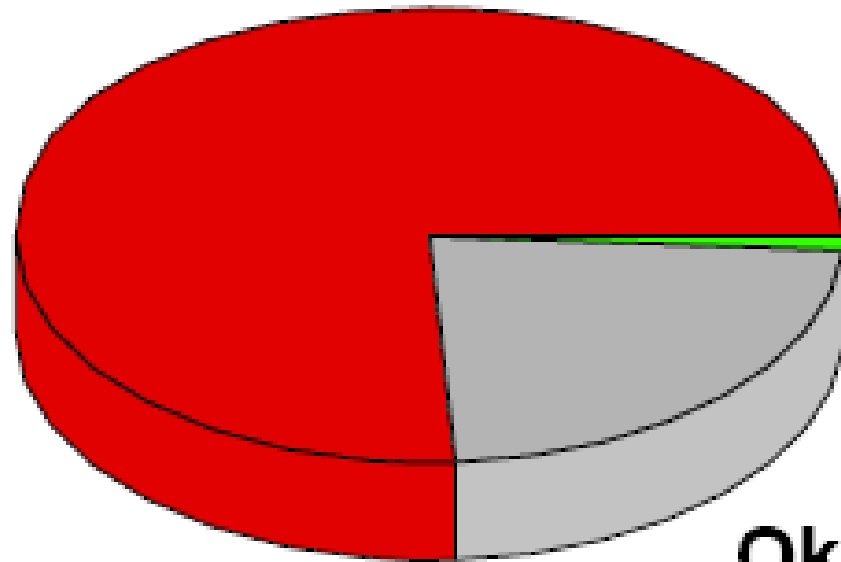
## I.2. HAVA KİRLİLİĞİ ÖZELLİKLERİ

Atmosfer en büyük kaynaklarımızdan biridir. Havanın Yeryüzü üzerinde lokal rüzgarlar veya hava eşikleri şeklinde hareketi üzerimizdeki havanın devamlı olarak yenilenmesini sağlamaktadır. Atmosfer karmaşık bir kimyasal fabrika gibidir. İçerisinde hala tam olarak anlaşılamayan reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonların çoğu güneş ışığı ve yaşam tarafından üretilen bileşikler tarafından etkilenmektedir. Kimyasal kirleticiler yanlış zamanda, yanlış yerde ve yanlış bileşimlerdeki bileşikler olarak düşünebilir. Bir kimyasal madde uzağa taşınıyor ve açığa çıkartılan miktarına göre daha az seviyelerde ise, herhangi bir kirlenme sorunu yaşanmayacaktır. Doğal olarak veya insan yolu ile atmosfere yayılan kirleticiler sadece atmosfer içinde değil hidrolojik ve jeokimyasal döngüler içinde de azaltılabilir. Bunun yanı sıra, atmosferi terk eden kirleticiler su ve jeolojik fenomenler içinde kirlenmeye neden olurlar.

Yeryüzünde hayatın başlamasından itibaren, atmosfer kimyasal elementler için önemli bir kaynak olmuş ve atıkların çökmesi için de bir ortam teşkil etmiştir. Fotosentez yapan en eski bitkiler atmosfere oksijen yaymışlardır. Atmosferik oksijenin uzun vadede yükselmesi de yüksek metabolizma hızı ve hızlı enerji kullanımı gerektiren daha yüksek yaşam formlarının gelişmesini ve ayakta kalmasını sağlamıştır. Soluduğumuz hava %78 azot, %21 oksijen, %0.9 argon %0.03 CO<sub>2</sub> ve metan, ozon, hidrojen sülfid, CO, nitrojen ve kükürt oksitlerinin de dahil olduğu diğer iz element ve bileşiklerden oluşmaktadır. Moleküler argon, asal ve durgun gazlar dışında Yeryüzü atmosferindeki diğer bütün bileşikler ya biyolojik faaliyet sonucu ortaya çıkmışlar ya da büyük ölçüde biyolojik süreçler tarafından etkilenmişlerdir.

# Atmosfer Kimyası

**Nitrojen 76%**



**Argon 1%**

**Oksijen 23%**

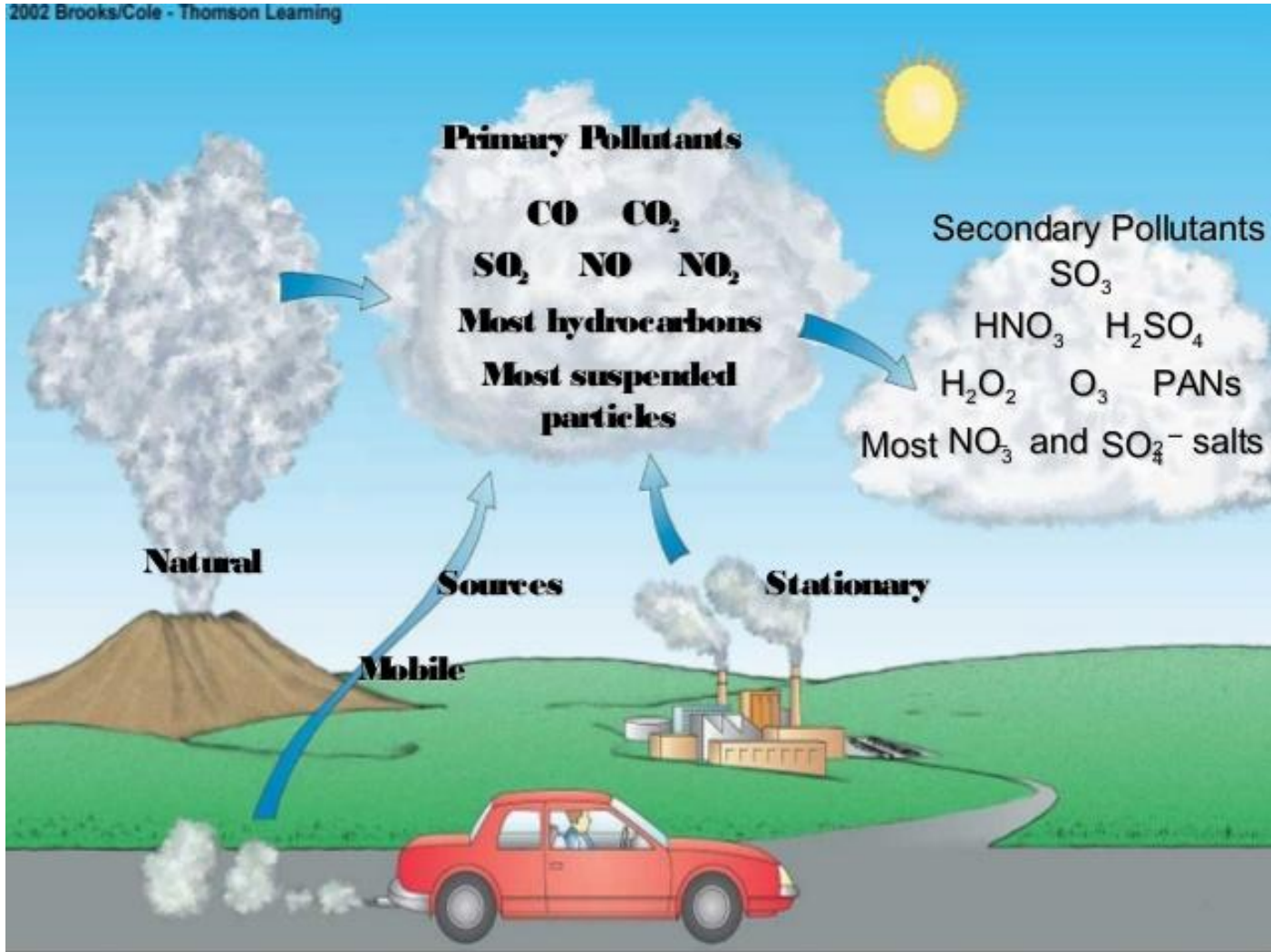
Havanın kirlenmesine neden olan iki ana kirletici grubu vardır: primer ve sekonder kirleticiler. Primer kirleticiler havaya direkt olarak yayılanlardır, bunlar partiküller, kükürt oksitler, CO, azot oksitler ve hidrokarbonlardır. Sekonder ya da ikincil olanlar ise primer kirleticiler ve normal atmosferik bileşikler arasında geçen reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan kirleticilerdir. Örneğin, yerleşim yerleri üzerindeki ozon, primer kirleticiler ile doğal atmosferik gazlar arasındaki reaksiyonlar sonucunda oluşmaktadır. Bu yüzden, ozon primer kirlenmenin olduğu bölgelerde havanın parlak ve güneşli olduğu zamanlarda ciddi bir kirlilik problemi yaratmaktadır.

Birleşik Devletlerde hava kirliliği problemlerinin yaklaşık %90'na neden olan primer kirleticiler partiküller, hidrokarbonlar, CO, azot ve kükürt oksitlerdir (Tablo 1). İnsanoğlunun neden olduğu işlevler vasıtasıyla, Birleşik Devletlerde her yıl 250 ila 300 milyon ton bu tür malzeme atmosfere girmektedir. Yaklaşık bunun yarısı CO olup diğer dört unsur ise %8 ile %15 arasında bir değerdedir. İlk bakışta, birkaç yüz milyon malzemenin çok olduğu düşünülebilir, ancak bu malzemenin atmosfer içinde eşit bir şekilde dağılması durumunda, bunun ağırlık yüzdesi atmosferde sadece 3 ppm kadar olacaktır (1 ppm milyonda bir parça). Ne yazık ki, atıklar eşit bir şekilde dağılmamaktadır. Bunlar lokal veya bölgesel olarak üretilmektedir. Bu nedenle, kirlenme kaynaklarının iki ana çeşidinin bilinmesinde yarar vardır. Bunlar **noktasal** ve **noktasal olmayan** kaynaklardır. Büyük bir santral bacası noktasal kaynağa örnek olarak verilebilir. Noktasal olmayan kaynağa örnek ise Los Angeles, California'da trafiğin en yoğun olduğu anda tüm otomobillerden açığa çıkan egzoz gazlarıdır.

### **I.3. HAVA KİRLİLİĞİNİN NOKTASAL KAYNAKLARI VE DUMANLI-SİS (SMOG)**

Sudbury'deki (Ontario) nikel ve bakır izabe tesisleri hava kirliliğinin noktasal kaynaklarına verilebilecek en güzel örnektir. Sudbury'de birbirine birkaç km uzaklıkta 3 adet izabe tesisi, 13 adet maden, 1 tane açık işletme, 6 tane yoğunlaştırma fabrikası, 2 adet demir-çelik fabrikası ve 1 tane de bakır rafinerisi bulunmaktadır. Bu bölgedeki cevher yüksek miktarda kükürt (S) içermekte olup buradaki izabe tesisi, muazzam miktarda SO<sub>2</sub> ile birlikte içinde nikel, bakır, ve canlılara toksik olan diğer metallerin de bulunduğu partikülleri atmosfere yaymaktadır. 1970 yılında buradaki fabrikalardan sadece biri 2.7 milyon ton SO<sub>2</sub>'i atmosfere salmıştır. Bununla birlikte, nikel kirlenmesinin fabrikadan 50 km uzaklıktaki topraklarda etkili olduğu gözlenmiş ve SO<sub>2</sub>'den kaynaklanan asit yağmurunun ve ağır metal içeren partiküllerin 50 yıldan beri Sudbury'i çevreleyen ormanlara büyük ölçüde zarar verdiği ortaya çıkarılmıştır. Yaklaşık 250 km<sup>2</sup> lik bir alan bitki yaşamı için elverişsiz bir hale gelmiştir. Bölgede ormanlara verilen tahribat yaklaşık 3500 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsamaktadır. Kirliliği azaltmak için öngörülmuş önlemlerden biri olarak fabrika bacalarının yükseltilmesi sorunu çözeceği yerde daha da arttırmıştır. Daha önceleri lokal olarak gözlenen asit yağmuru daha geniş alanları etkilemiştir.

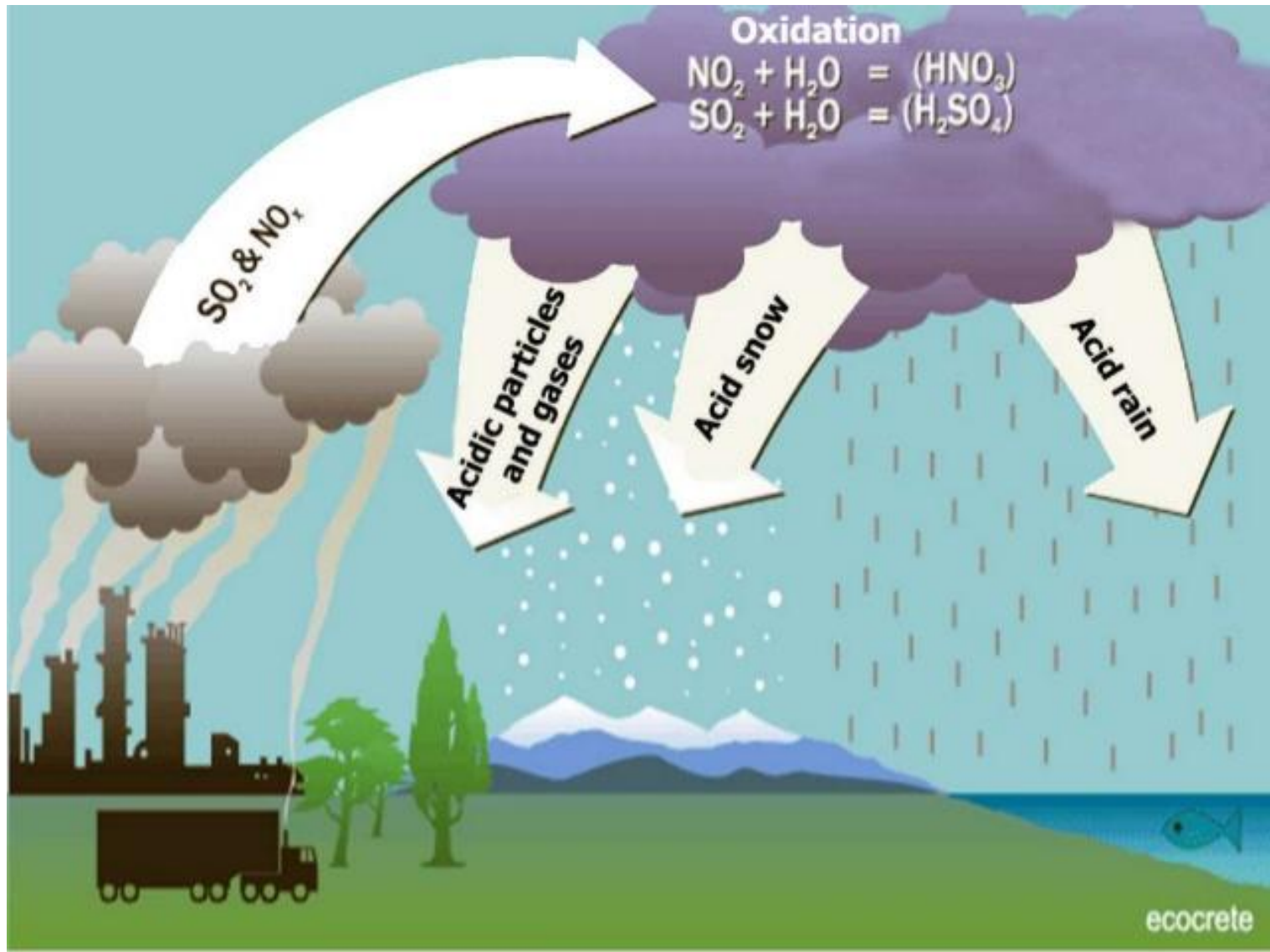




#### I.4. ASİT YAĞMURU

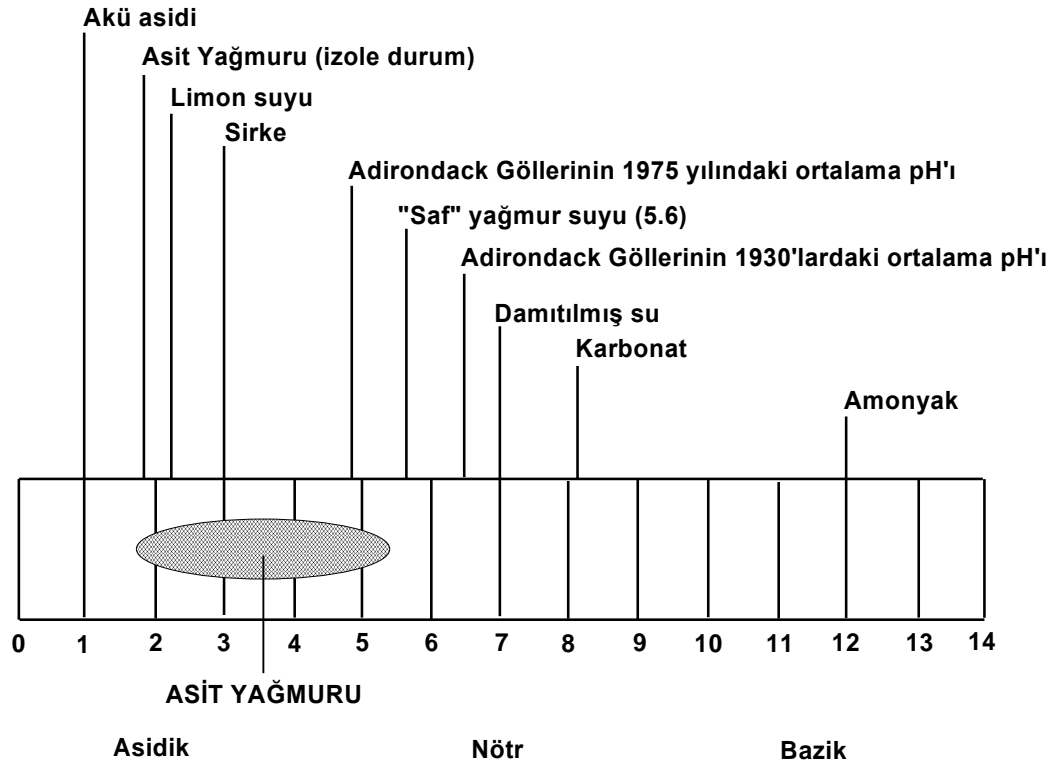
Yüksek miktarda fosil yakıt kullanımı ve cevher izabesi lokalin ötesinde sorunlar yaratmaktadır. Bu tür noktasal kaynakların etkileri bölgesel olarak yayılım gösteren *asit yağmuruna* neden olmaktadır. Fosil yakıtlar ve cevherlerin birçoğu kükürt içermektedir. Kükürt yakıtların yakılması ve cevherlerin zenginleştirilmesi sırasında kükürt dioksit dönüşmektedir. Normal havada gerçekleştirilen herhangi bir yüksek sıcaklık işlemi azot oksit de üretmektedir. Kükürt dioksit ve azot oksitler su ile birleşerek sülfürik ve nitrik asitleri oluştururlar. Sadece 1977'de, Birleşik Devletlerde 27.4 milyon ton SO<sub>2</sub> ve 23 milyon ton azot oksit atmosfere verilmiştir.

Kükürt ve azot oksitler ana kaynaklar olmalarına rağmen, asit yağmur probleminde rol oynayan başka asitler de vardır. Örneğin, kömür yakılan güç santrallerinden hidroklorik asit (HCl) kömür veya petrol yakan güç santrallerinden de kükürt oksit atmosfere yayılmaktadır. Azot oksit ise hem sabit hem de otomobiller gibi hareketli kaynaklardan ortaya çıkmaktadır. 1977'de atmosfere verilen azot oksidin yaklaşık %56'sı güç santrallerinde yakılan fosil yakıtlar ve diğer sabit kaynaklar nedeniyle olmuştur. Buna karşın %40 ise ulaşım ile ilişkili kaynaklardan açığa çıkmıştır. Fosil yakıt kullanımının önümüzdeki birkaç 10 yıl içinde (özellikle kömür) dramatik olarak artacağı tahmin edilmektedir. Asit yağmuru kaynaktan itibaren rüzgar yönünde geniş bir şekilde ilerler. İngiltere, Almanya ve diğer batı Avrupa ülkelerinde üretilen kükürt dioksitler Norveç ve İsveç'te ciddi asit yağmur sorunlarına neden olmaktadır. Kuzey Amerika'da, ABD ve komşusu olan Kanada'daki endüstriyel nokta kaynakları asit yağmurunun daha kuzeydeki Labrador ve Arktik Okyanusa kadar ilerlemesini sağlamıştır. Son 20 yıl içinde, noktasal kaynaklara yakın yerlerdeki lokal hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik çalışmalar genellikle daha uzun bacaların yapılması şeklindeydi, ancak bu lokal etkileri azaltmakla birlikte küresel etkilerin daha da artmasına yol açmıştır. Günümüzde ise, asit yağmuru fabrika bacalarına filtre yerleştirilmesi ile çözümlenmeye çalışılmaktadır.



Bütün yağmur suları az da olsa asidiktir. Çünkü su atmosferik CO<sub>2</sub> ile reaksiyona girer ve karbonik asidi (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) oluşturur. Bu saf yağmur suyunun pH'ı yaklaşık 5.6'dır. Asit yağmur, pH'ın 5.6'dan düşük olduğu yağış olarak tanımlanır. pH ölçeği logaritmik olduğundan, 3'lük pH değeri pH değeri 4'den 10 defa ve pH değeri 5'den ise 100 defa daha asidiktir. Otomobil aküsünün pH'ı 1'dir. Bir keresinde, Wheeling'de (Batı Virginia) yağmur suyunun pH'ı 1.5 olarak ölçülmüştür. Bu da hemen hemen mide asidinin pH'na eşit olup sirke ve limon suyundan ise daha asidiktir.

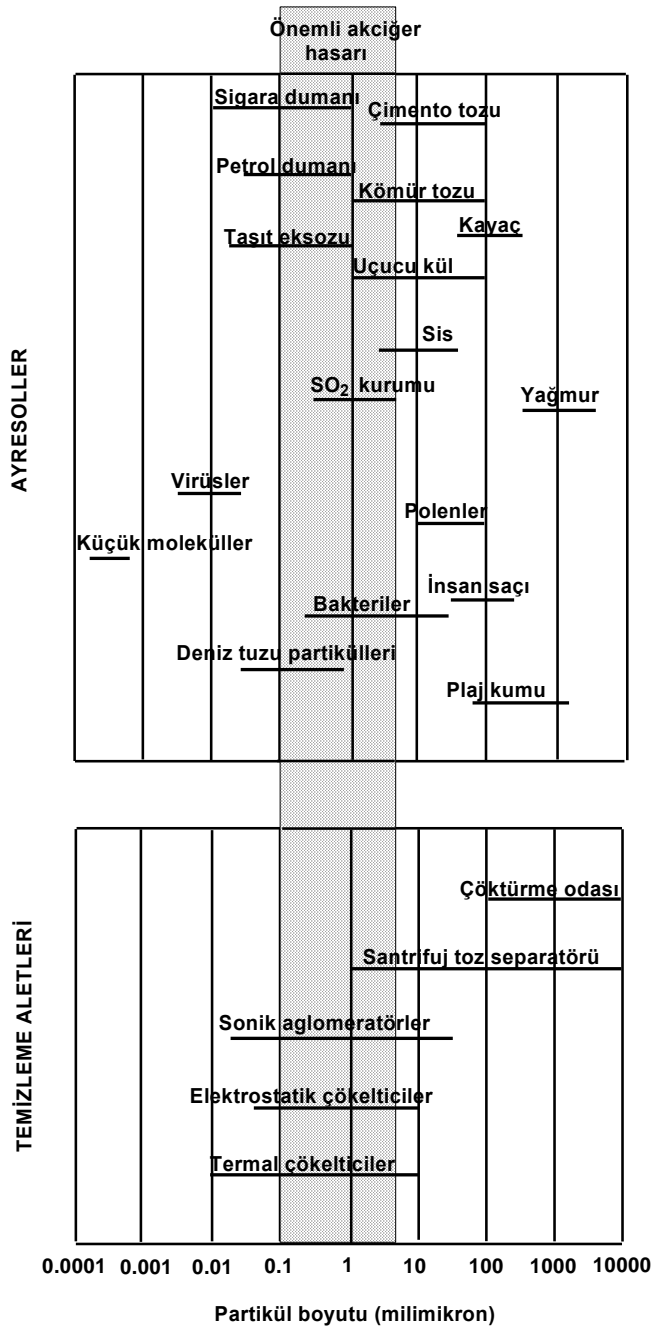
Fosil yakıtların önümüzdeki yüzyıldan itibaren tükeneceği göz önüne alındığında, asit yağmuruna ilişkin sorunların da ortadan kalkabileceği akla gelebilir. Bu da jeolojik zaman ölçeğinde çok küçük bir yeri kapsadığından kısa vadeli bir etki olarak düşünülebilir. Ancak, biyolojik etkiler beklenenden daha uzun süreli olabilir. Örneğin, Norveç nehirlerinde somon balığı bir kez yok oldu mu bir daha hiçbir zaman ortaya çıkmayabilir.



## I.5. HAVA KİRLİLİĞİNİN NOKTASAL OLMAYAN KAYNAKLARI VE DUMANLI-SİS

Hava kirliliğinin çok küçük kaynaklarda üretilen ancak çok geniş alanlar üzerinde etkisi olabilen tipine **noktasal olmayan kaynaklar** denmektedir. Nerede olursa olsun, hava kirliliği yaratan birden fazla kaynak varsa, duman oluşma potansiyeli yüksektir. Dumanın oluşup oluşmayacağı topoğrafya ve hava şartlarına bağlıdır. Çünkü bu faktörler kirleticilerin kaynaktan itibaren taşınma hızlarını ve havada zararsız bileşiklere dönüştürülmelerini belirlemektedir. Üretim hızı kimyasal dönüştürme hızını veya taşıma hızını aştığına, tehlikeli şartlar her an beklenmelidir. Dağlar ile çevrili şehirler açık düzlüklerde kurulmuş şehirlere nazaran çok daha fazla duman problemi yaşamaktadır (örneğin, Denizli). Çok fazla sıcaklık değişimi gibi hava şartlarının hakim olduğu şehirlerde de duman önemli bir sorun haline almıştır. Çevrili dağlar ya da ani sıcaklık değişimleri kirletici maddelerin rüzgar ve hava sistemleri ile taşınmasına olanak tanımamaktadır. Başlıca üç tip duman vardır. Fotokimyasal duman, sülfürlü duman ve partikül duman. Fotokimyasal dumanın (Los Angeles tipi kahverengi hava) gelişmesi direkt olarak otomobil kullanımı ile ilgilidir. Sülfürlü duman (Londra tipi duman) santrallerde önemli miktarda kömür veya petrol yakılması ile ilgilidir. Partikül dumanın önemi günümüzde daha yeni anlaşılmaya başlanmıştır. Otomobil, evsel gaz ısıtıcıları ve güç santralleri gibi fosil yakıt kullanan kaynaklar çok küçük boyutlarda partikül üretmektedir. Bu partiküller kaynaktan ayrıldıklarında 0.1 mikron kadar bir yarıçapa sahiptirler (1 mikron =  $10^{-6}$  m). Tablo 2'de çeşitli ayresollerin boyutları ve bunları ortadan kaldırmak için kullanılacak temizle aletleri verilmektedir.





Partikül boyutları ve bunların yok edilmesi için kullanılan temizleme aletleri

## **I.6. METEOROLOJİ VE HAVA KİRLİLİĞİ**

Meteorolojik şartlar, hava kirliliğinin sadece can sıkıcı bir durum veya insan sağlığı için ciddi bir tehdit olduğunu belirler. Fotokimyasal dumanın negatif etkileri bitkilere zarar vermekle kalmayıp insanlarda da kronik hastalıklara yol açmaktadır. Los Angeles'de duman dönemleri genellikle ölümlerle sonuçlanmamaktadır. Diğer taraftan kükürtlü duman ise, birkaç gün süren ölümcül olabilen sis ile ilişkilidir. Bu tür dumanlar, fotokimyasal dumanın tersine, daha çok kış aylarında oluşmaktadır. Fotokimyasal ve kükürtlü dumanlı sisler farklı nedenlerden ortaya çıkmalarına rağmen, belirli meteorolojik şartlar her ikisini de şiddetlendirebilmektedir. Sıcak hava tabakasının soğuk hava tabakasının üstüne çıkması sonucu yükselti ile beraber ısının da artması (atmosferik altüst olma) ile ilişkili olarak alt atmosferde sınırlı sirkülasyon kirlenme olaylarına neden olabilmektedir. Atmosferik altüst olma özellikle durgun hava kütlelerinde oluşmaktadır.

## **I.7. HAVA KALİTE STANDARTLARI**

Yerleşim alanlarındaki hava kalitesi genellikle iyi, orta, sağlıksız, oldukça sağlıksız ve veya tehlikeli olarak rapor edilmektedir (Tablo 3). Bu seviyeler beş ana kirletici maddenin izlenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunlar sırasıyla toplam asılı madde (TAM), kükürt dioksit, karbon monoksit, ozon ve azot oksittir. Havadaki fotokimyasal duman miktarının en iyi göstergesi ozon seviyesidir. Çünkü ozon, azot oksitler şeklinde oluşup daha sonra güneş ışığı altında hidrokarbonlarla beraber duman içindeki kompleks organik partikülleri oluşturur. Tablo 4'de ABD'nin 1979 yılında kullandığı Ulusal Hava Kalite Standartları verilmektedir.



**Tablo 3. Kirlenme Standart İndeksi (PSI) değerlerinin tanımı.**

PSI İndeks değeri	Hava Kalite Seviyesi	Kirlenme Seviyesi					Sağlık Etkisi
		TAM $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 saat)	SO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 saat)	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 saat)	O <sub>3</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 saat)	NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 saat)	
500	Oldukça zararlı	1000	2620	57.5	1200	3750	
400	Acil durum	875	2100	46.0	1000	3000	
300	İkaz	625	1600	34.0	800	2260	Tehlikeli
200	Alarm	375	800	17.0	400	1130	Oldukça sağlıksız
100	NAAQS	260	365	10.0	240		Sağlıksız
50	%50 NAAQS	75	80	5.0	120		Orta
0		0	0	0	0	0	İyi

**Tablo 4. ABD Ulusal Normal Hava Kalite Standartları.**

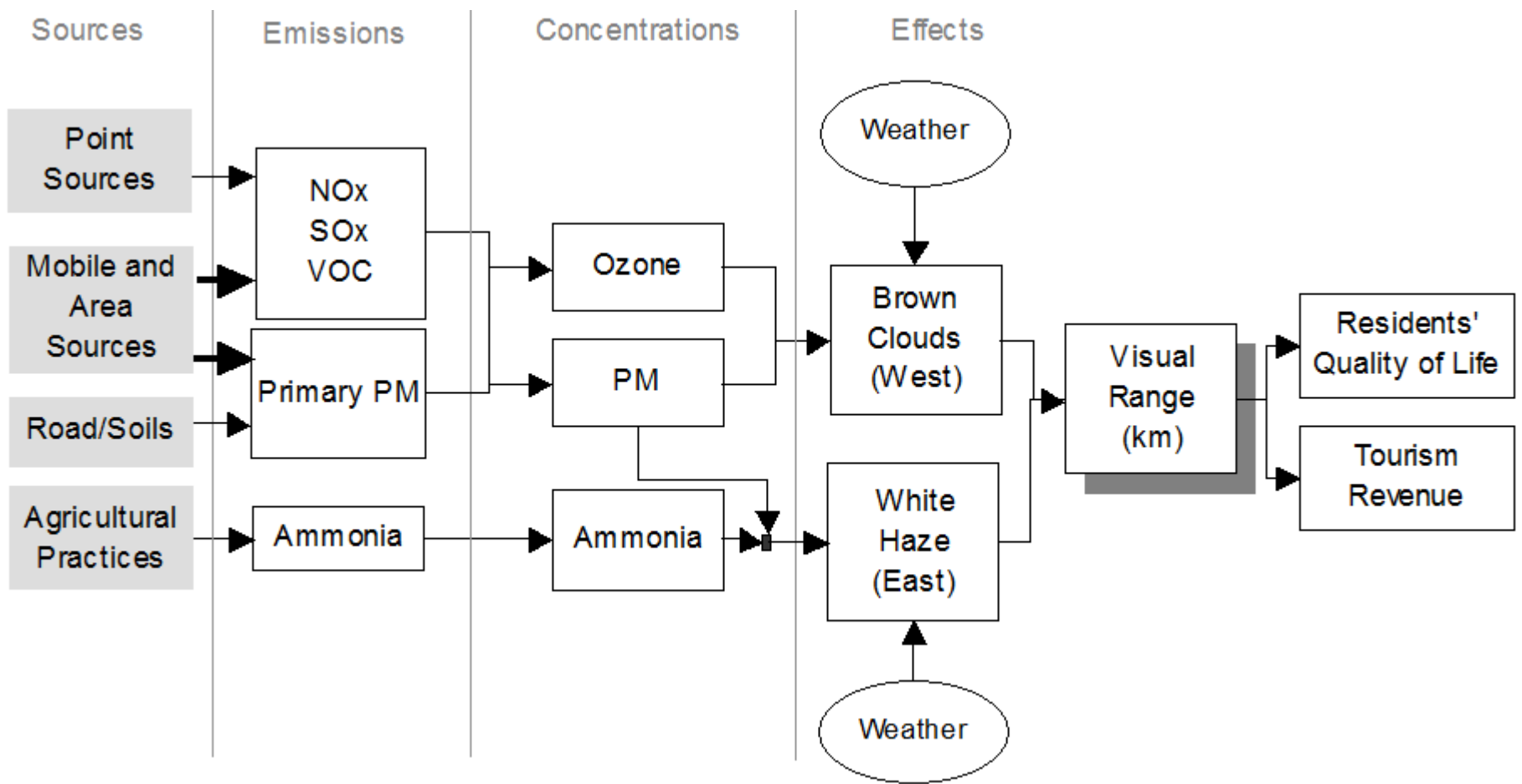
Kirletici madde	Ortalama zaman	Primer Standart Seviyeler	Sekonder Standart Seviyeler
Partikül	Yıllık (geometrik ortalama) 24 saat	75 µg/m <sup>3</sup> 260 µg/m <sup>3</sup>	60 µg/m <sup>3</sup> 150 µg/m <sup>3</sup>
Kükürt dioksitler	Yıllık (aritmetik ortalama) 24 saat 3 saat	80 µg/m <sup>3</sup> (0.03 ppm) 365 µg/m <sup>3</sup> (0.14 ppm) -	- - 1300 µg/m <sup>3</sup> (0.5 ppm)
Karbon monoksit	8 saat 1 saat	10 mg/m <sup>3</sup> (9 ppm) 40 mg/m <sup>3</sup> (35 ppm)	10 mg/m <sup>3</sup> (9 ppm) 40 mg/m <sup>3</sup> (35 ppm)
Azot dioksit	Yıllık (aritmetik ortalama)	100 µg/m <sup>3</sup> (0.05 ppm)	100 µg/m <sup>3</sup> (0.05 ppm)
Ozon	1 saat	235 µg/m <sup>3</sup> (0.12 ppm)	235 µg/m <sup>3</sup> (0.12 ppm)
Hidrokarbonlar (metan dışı)	3 saat (06 - 09 arası)	160 µg/m <sup>3</sup> (0.24 ppm)	160 µg/m <sup>3</sup> (0.24 ppm)

## I.8. EMİSYON KONTROLÜ VE ÇEVRE MALİYETİ

Her kirletici maddenin farklı azaltma stratejisi vardır. Güç santralleri ve endüstriyel alanlardaki kaba partiküller daha atmosfere yayılmadan toplama ve biriktirme şeklinde kontrol edilmektedir. En önemli kontrol yöntemi düşük kükürt içerikli kömür kullanımınıdır. Ancak düşük kükürt içerikli kömürün Yeryüzünün her tarafında bulunmaması büyük bir dezavantaj teşkil etmektedir. Diğer bir yöntem de, yüksek kükürtlü kömürün kükürtten arındırılmak üzere yıkanmasıdır. Bu tür yıkama işleminde, ince taneli kömür su ile yıkanarak demir sülfür (pirit,  $FeS_2$ ) minerali kömüre göre daha yüksek yoğunluğa sahip olması nedeniyle dibine çöker. Yıkama işlemi kükürdün bir kısmını ortamdaki uzaklaştırır ancak bu yöntem pahalıdır. Diğer bir yol da, yüksek kükürtlü kömürün gazlaştırılmasıdır. Kömürden elde edilen gaz oldukça temizdir ve kolaylıkla taşınabilir.

Fabrika bacalarında kullanılan en geçerli metot ise ıslak yıkamadır. Bu metotta, kükürt kireç hamuru ( $CaO$ ) veya kireçtaşı ( $CaCO_3$ ) hamuru ile reaksiyona girerek suda çözünmeyen kalsiyum sülfid veya sülfatları oluşturur. Daha sonra bunlar biriktirilerek ortamdaki uzaklaştırılır. Yalnız sorun hala bitmemiştir. Atık haldeki sülfid veya sülfatların çok iyi izole edilmiş bir şekilde saklanması gerekmektedir. Bu tür maddeler hidrolojik döngü ile temas geçtiklerinde daha büyük problemlere yol açabilir. Bu tür yıkama tesisleri oldukça pahalıdır, şöyle ki santralin toplam maliyetine %20'ye kadar varabilen ek bütçe gerektirir.

Diğer bir metot ise, bacaların daha yüksek olacak şekilde inşa edilerek kirliliğin noktadan daha uzaklara eşit şekilde yayılmasını ummaktan ibarettir. İlk bakışta pratik olarak görünen bu yol, aslında kirliliği daha da büyütürken geniş alanlara yaymaktadır.  $CO$ , azot oksit ve hidrokarbonlar gibi kirletici maddelerin yerleşim alanlarındaki kontrolü geniş ölçüde fosil yakıt tüketen otomobillerden geçmektedir. Bu maddelerin denetimi aynı zamanda, alt atmosferde bulunan ve güneş ışığı altında azot oksit ve hidrokarbonların reaksiyonu sonucu açığa çıkan ozonu da düzene koyacaktır.



## **I.9. HAVA KİRLİLİĞİ VE BİYOSFER**

Teknolojik gelişmeler ile ilintili hava kirlenmesi sadece lokal veya bölgesel anlamda etkili olmakla kalmayıp bütün biyosferi de etkisi altına almaktadır (Tablo 5).

Buradaki temel sorun, dünya nüfusunun doğal işlevlerin miktarı ve hızına eşit oranlarda malzemeyi kullanıp atmosfere iletmesidir. Örneğin, Fosil yakıtların kullanılması sonucu açığa çıkan yıllık CO<sub>2</sub> bütün canlıların solunumundan atmosfere verilen CO<sub>2</sub> miktarının yaklaşık onda biridir. Biyosfer kirlenmesinin iki ana etkisi vardır: iklimsel değişimler ve atmosferde canlılara zararlı olabilecek kimyasal değişimler.

**Tablo 5. İnsanoğlunun neden olduğu olası iklim değışiklikleri.**

<b>Sebeup</b>	<b>Olası Potansiyel İklim Etkisi</b>
<p><b><i>Atmosferik kompozisyondaki değışimler</i></b></p> <p>1.Fosil yakıtların kullanılması sonucu CO2 artışı</p> <p>2.Partikül sayısının artışı</p> <p>3.Kükürt artışı</p> <p>4.Hidrokarbon artışı</p> <p>5.Florokarbon artışı</p> <p>6.Endüstriyel gübreler dolayısıyla azot oksit (N2O) artışı</p>	<p>1.CO2'in %10 luk artışına karşılık ortalama sıcaklığın 0.2 ile 0.3°C artması</p> <p>2.Ortalama yüzey sıcaklığının azalması, artan yağış, daha fazla kentsel toz bulutları, yerleşim merkezlerinde daha fazla sis görülmesi</p> <p>3.Daha fazla asit yağmur</p> <p>4.Yerleşim merkezlerinde daha fazla fotokimyasal dumanlı-sis ve ozon, daha fazla asit yağmur</p> <p>5.Stratosferde azalan ozon, atmosferdeki florokarbonların sera etkisi ve Yeryüzüne ulaşan ultraviyole radyasyonu artışı nedeniyle potansiyel Troposferik alarm durumu</p> <p>6.Üst atmosferde ( ) azalan ozon, Yeryüzünün daha ılık olması</p>
<p><b><i>Yeryüzündeki değışimler</i></b></p> <p>1.Daha büyük rezervuarlar, kanallar</p> <p>2.Şehirleşme</p> <p>3.Ormanların tahribi</p> <p>4.Yarıkurak bölgelerin mera olarak kullanımı</p>	<p>1.Artan buharlaşma (evaporasyon), atmosferde daha fazla su, bazı bölgelerde daha fazla yağış ve bu sebeple büyük sera etkisi</p> <p>2.Toz bulutları, ısı adacıkları, rüzgarın yerel olarak azalması, artan yağış, nispi olarak daha az nem</p> <p>3.Artan albedo (yansım), azalan evapotranspirasyon, artan rüzgar</p> <p>4.Çölleşme, daha az evapotranspirasyon, artan rüzgar</p>

## I.10. KARBONDİOKSİT VE İKLİM

Esas bileşimi CO<sub>2</sub> olan fosil yakıtların kullanılması nedeniyle atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu artmaktadır. Fosil yakıtlar, çoğu yeşil bitkilerin fotosentez ürünü olan anoksit organik malzemelerin uzun zaman boyunca gömülü kalmaları sonucu oluşmuşlardır (kömür gibi).

Günümüzde, artan karbondioksitin olası etkileri üzerine değişik görüşler bulunmaktadır. 20. y.y.'ın başlarında Dünya atmosferindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yaklaşık 290 ppm (mg/lt=milyonda bir parça) (%0.029) olduğu kabul edilmektedir (Şekil 3.4). O zamandan bu yana, Yeryüzündeki karbondioksit konsantrasyonu 330 ppm'e kadar yükselmiştir (%0.033). 2000 yılındaki değerin ise 380 ppm (%0.038) olacağı tahmin edilmektedir. Bu da 1977 yılındaki değerin yaklaşık %20 üzerindedir. Fosil yakıtların yakılmasından açığa çıkan bütün karbondioksitin atmosferde kaldığı var sayıldığında, bu artış sadece beklenenin yarısı kadar olacaktır. Geri kalan karbondioksit bilimsel araştırmaların konusunu oluşturmaktadır. Bazı bilim adamları bu karbondioksitin okyanuslar tarafından absorbe edildiğini savunmaktadır diğerleri ise kara bitkilerinin özellikle orman ağaçlarınının daha hızlı büyüdüğünü ve bu arta kalan karbondioksiti bünyelerine aldıklarını öne sürmektedir.

2000 yılındaki karbondioksit artışına yönelik tahminler iki temel varsayıma dayanmaktadır: Bunlar, atmosfere salınan karbondioksitin yaklaşık %50'sinin okyanuslar tarafından absorbe edileceği ve önemli derecede büyük ölçekli atmosferik sirkülasyon değişimlerinin olmayacağıdır. Bu varsayımlara dayanarak, atmosferik karbondioksit nedeniyle 2000 yılında oluşacak sıcaklık değişimi yaklaşık 0.5°C olacaktır. Bu sıcaklık artışı büyük sorunlar yaratmayacaktır. Ancak karbondioksit artışı bu hızla birkaç yüzyıl daha devam ederse, 2 ile 3°C lik sıcaklık artışı kaçınılmaz gözükmektedir. Bunun da ne gibi etkiler yaratacağını düşünmek bile korkunç olabilir. Ortalama yıllık sıcaklıkta sadece birkaç derecelik bir artış, kutuplardaki buz kütlelerinin erimesi ve böylece Yeryüzündeki deniz seviyesinin yükselmesi ve büyük şehirlerin su altında kalması gibi sorunları beraberinde getirecektir. Bu sebeplerden dolayı, atmosferdeki karbondioksit artışı çok dikkatli bir şekilde denetlenmelidir. Şekilde son 150.000 yıl için Yeryüzündeki ortalama yıllık sıcaklık değişimleri verilmektedir.

Karbondioksitin atmosferin ısınmasına neden olduğu mekanizmaya "**sera etkisi**" denilir. Atmosferik iz gazlar Yeryüzündeki sıcaklık rejiminin ayarlanmasına yardımcı olurlar. Güneşten yayılan radyasyon, iklim sisteminin devamını sağlayan enerji kaynağıdır. Yayılan bu solar radyasyon dünya yüzeyini ılımanlaştırır. Bu enerjinin büyük bir kısmı elektromanyetik spektrumun görünür parçasıdır. Güneşten gelen enerjiyi dengelemek üzere, spektrumdaki enfraruju yayarak Yeryüzünün de yaklaşık aynı miktardaki enerjiyi uzaya geri ışıması gerekmektedir. Geri gönderilen radyant (ışınal) ısının bir kısmı atmosferde "sera etkisi" oluşturmak üzere iz gazlar tarafından soğrulur. Atmosferin büyük bir kısmı enfraruj radyasyona karşı şeffaf bir özellik gösteren azot ve oksijenden oluşmaktadır. Enfraruj absorbe eden atmosferik gazların en önemlileri doğal sera etkisinin %90'na sebep olan su buharı ve karbondioksittir. Su buharı ve karbondioksite ilaveten, metan, azot oksit ve troposferik ozon diğer sera gazlarıdır.





**İKLİM:** Bir bölgede uzun yıllar boyunca değişmeyen ortalama ve tipik hava koşulları...

**Uzun yıllar:** 30 yıl ? 100 yıl yoksa daha mı uzun?

### **BÖLGESEL İKLİM:**

- ❖ Mevsimsel sıcaklıkların nasıl değiştiği
- ❖ Ne kadar rüzgarlı olduğu
- ❖ Ne kadar yağmur veya kar düştüğü

- ✓ Ne kadar güneş ışığı aldığı,
- ✓ Deniz seviyesinden ne kadar yüksekte olduğu,
- ✓ Arazi şekli
- ✓ Okyanuslara ne kadar yakın olduğu

**KÜRESEL İKLİM:** Tüm bölgesel farklılıkların ortalamasını kapsar ve gezegenin tümünü temsil eder.

### **Güneşten alınan enerji miktarı**

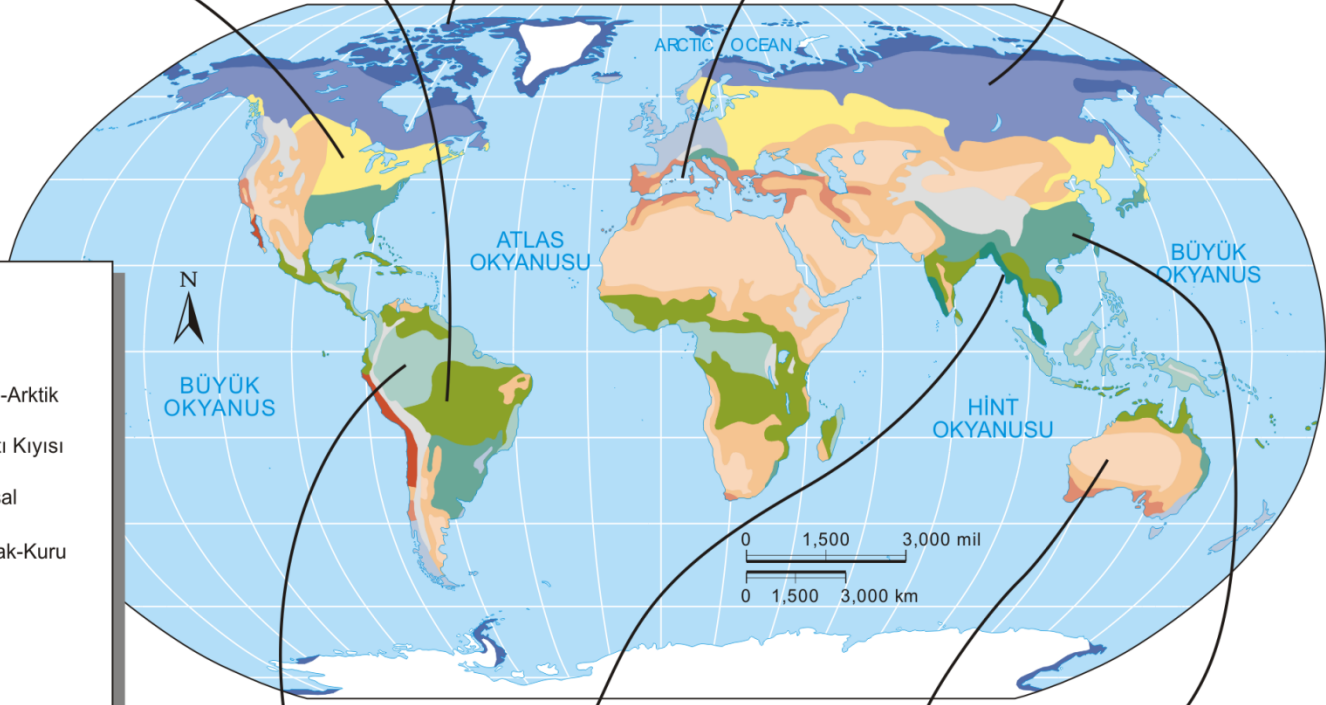
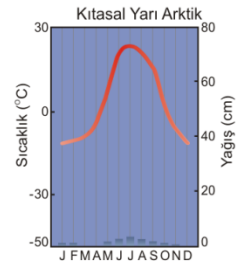
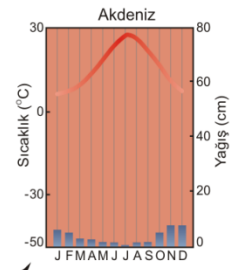
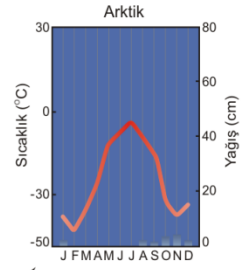
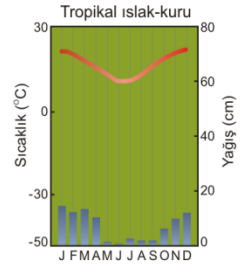
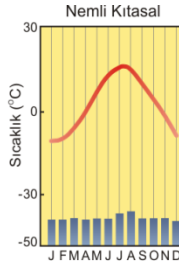
*Yerküre: 1 / 2 milyar*

*Tüm gezegenlerin toplamı: 1 / 230 milyon*

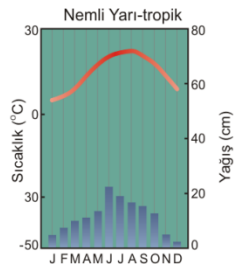
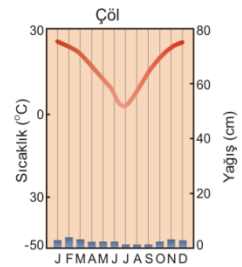
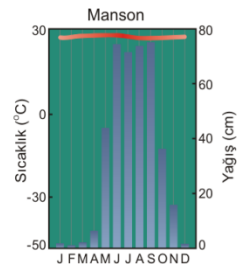
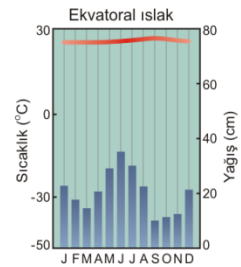


**İstanbul Boğazı  
Şubat 1954**

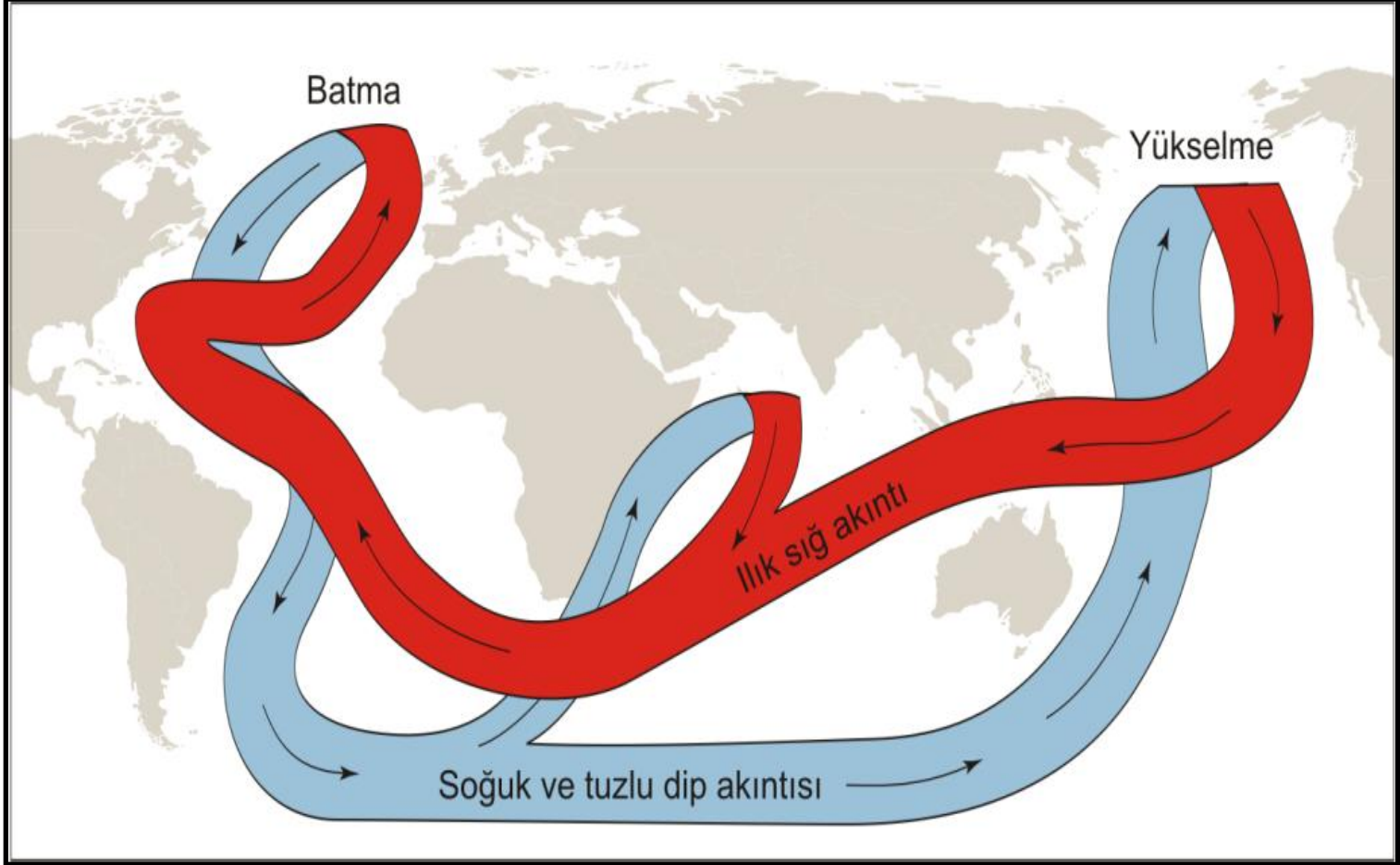




- Buz Takke
- Arktik
- Kıtasal Yarı-Arktik
- Denizel Batı Kıyısı
- Nemli Kıtasal
- Tropikal Islak-Kuru
- Step
- Dağlar
- Manson
- Ekvatorial Islak
- Çöl
- Akdeniz
- Batı Kıyısı Çölü
- Nemli Yarı - Tropik



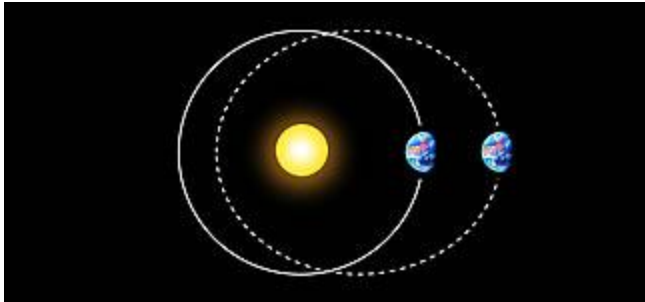
# OKYANUS AKINTILARI



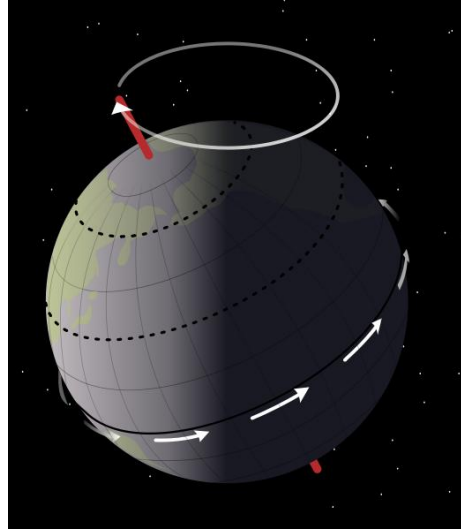
## MILANKOVIĆ (ASTRONOMİK) DÖNGÜLERİ:

- Dünyanın Güneş etrafındaki dönüşündeki değişim (yörünge biçiminin değişmesi-elipsten dairesele geçiş (**excentricity**))
- Ekvator konumunun değişmesi (**precession**)
- Eksenin yatım açısının değişmesine (**obliquity**) bağlı olarak

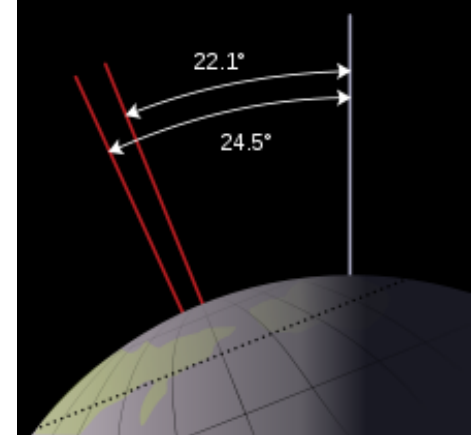
iklimde 100 ile 400, 40 ve 20 binyıl (ka) aralıklarında değişikliğe neden olmaktadır. Bu süreçler sediman arzında ve su seviyesinde oynamalara neden olur.



**EXCENTRICITY**  
100 – 400 bin yıl

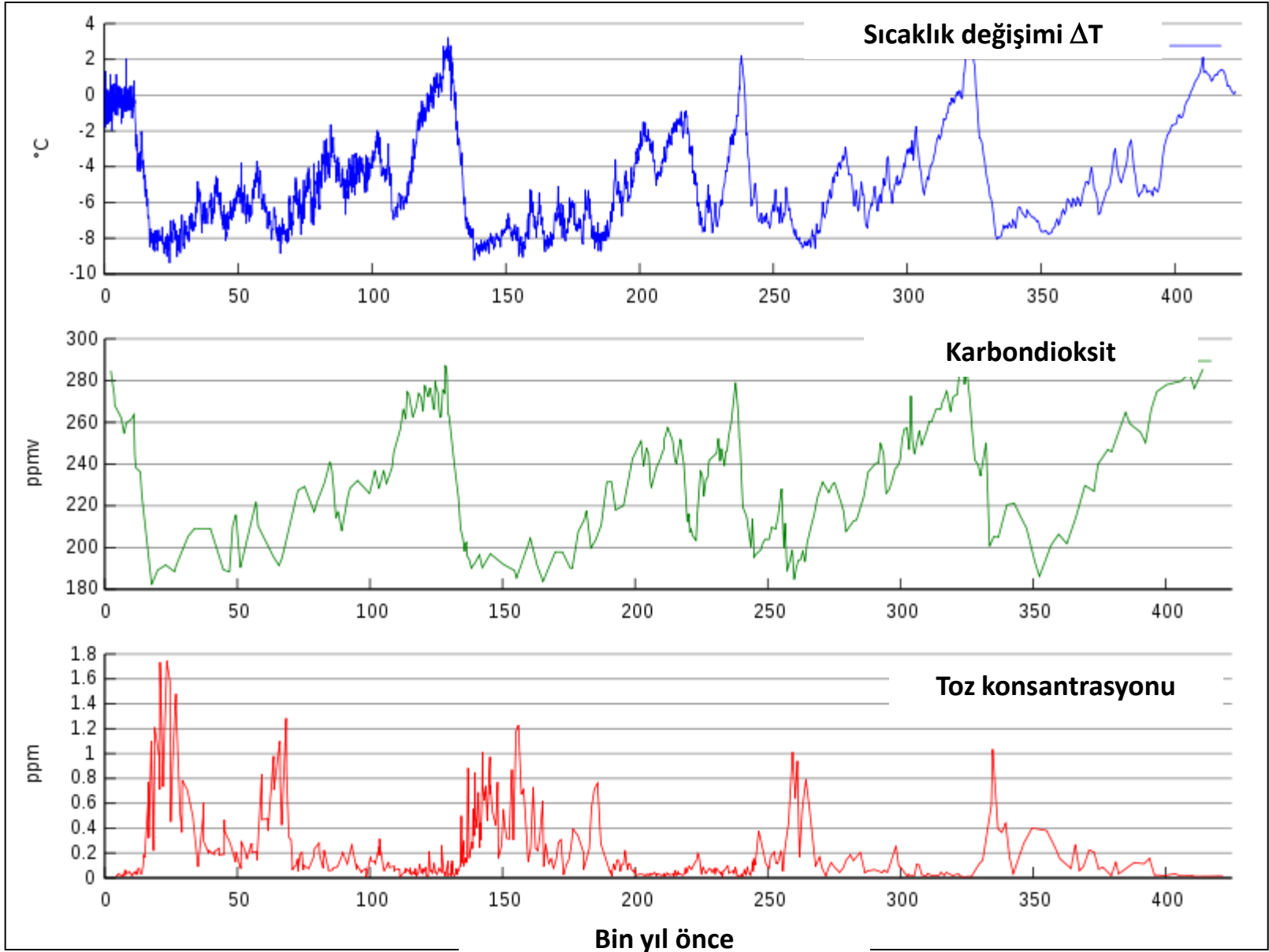


**PRECESSION**  
20 bin yıl

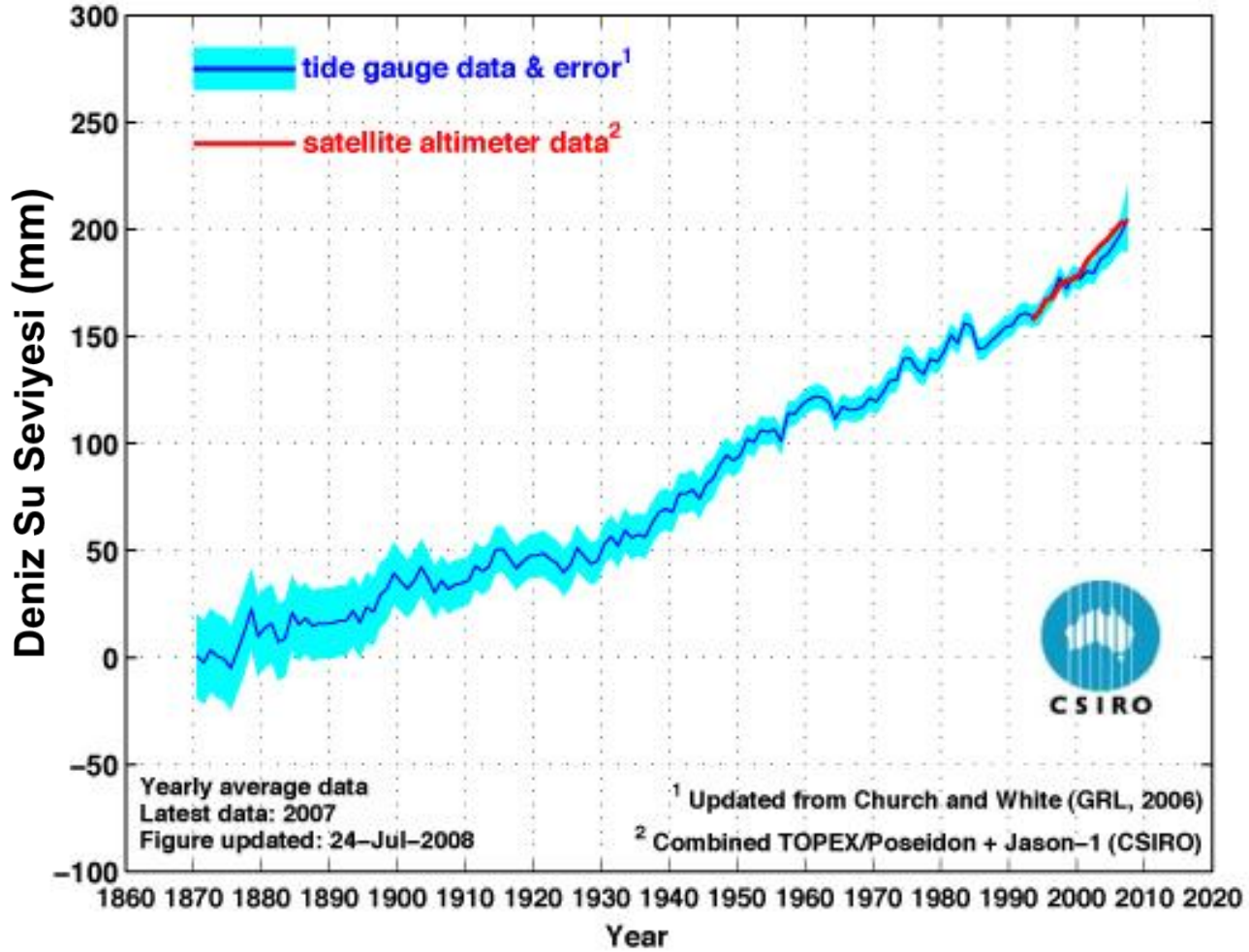


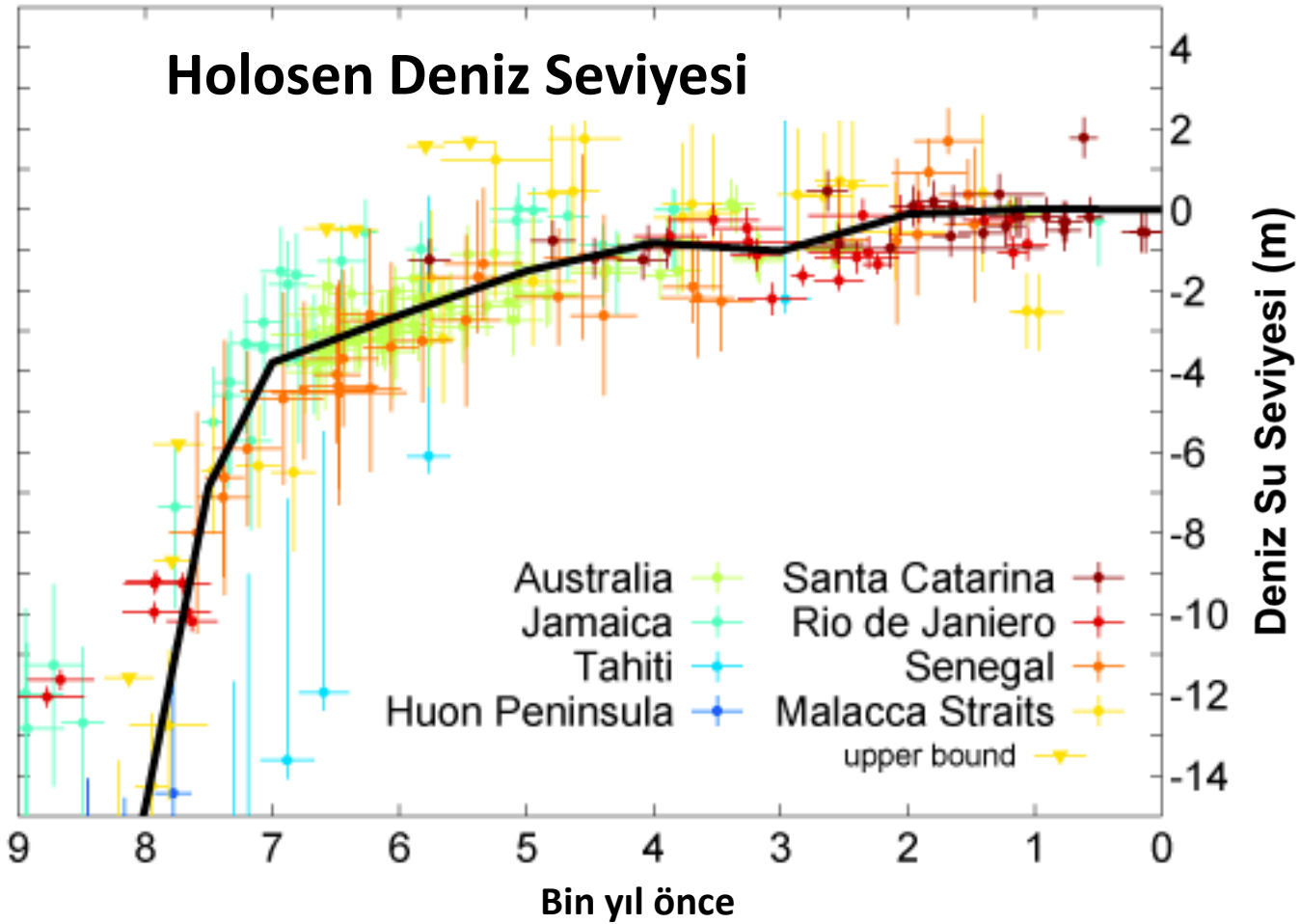
**OBLIQUITY**  
40 bin yıl

# Vostok buz karotlarından elde edilen son 400,000 yıllık sıcaklık, CO<sub>2</sub> ve toz konsantrasyonları.



## Küresel Deniz Su Seviyesi (1870 – 2007)







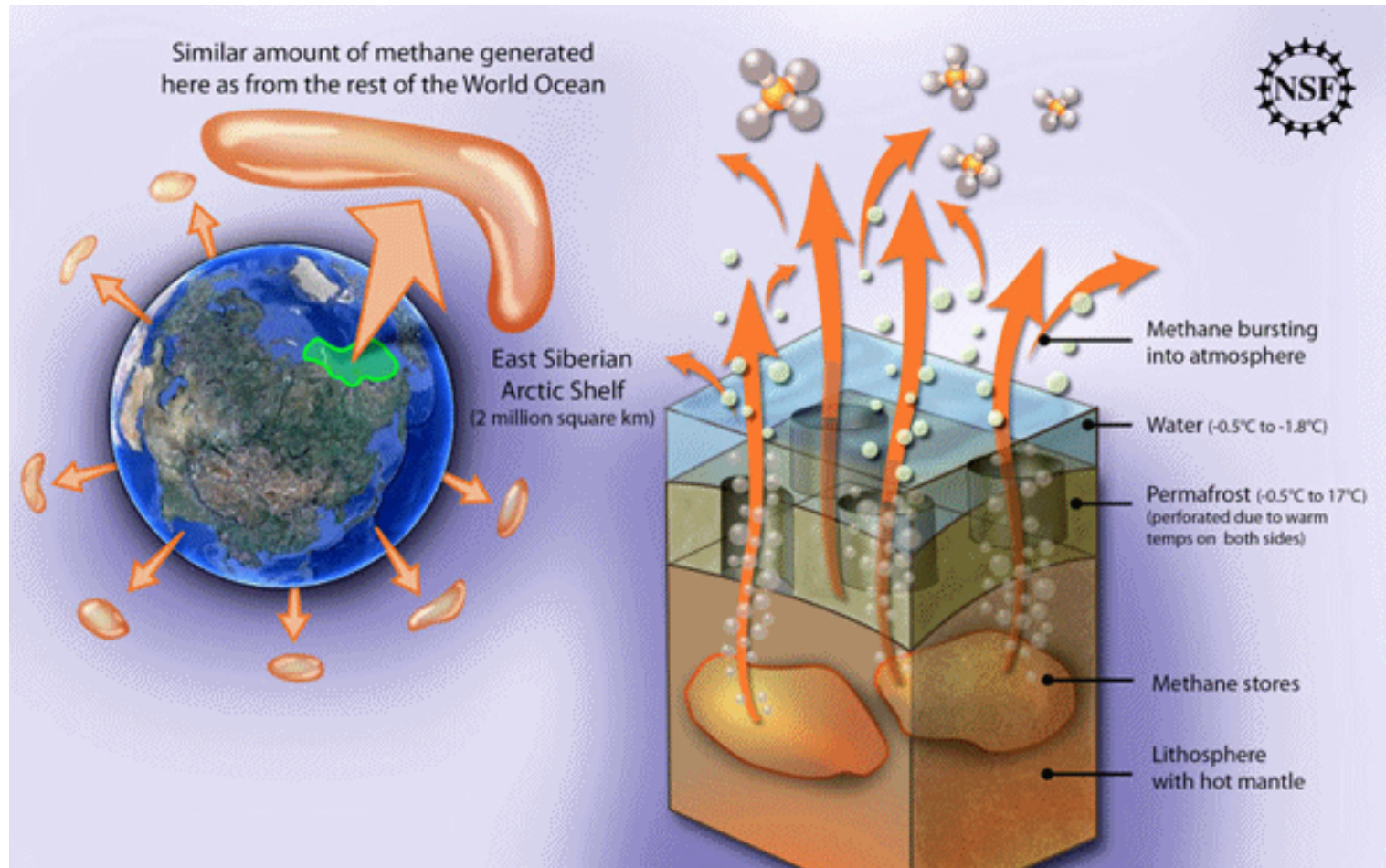
## **Kyoto Protokolü – 1997**

**Küresel Isınma ve İklim Değişikliği ile Mücadele**

**Amaç: Karbon salınımlarını 1990 yılı düzeyine düşürmek**

**TEHLİKE sadece CO<sub>2</sub> mi?**

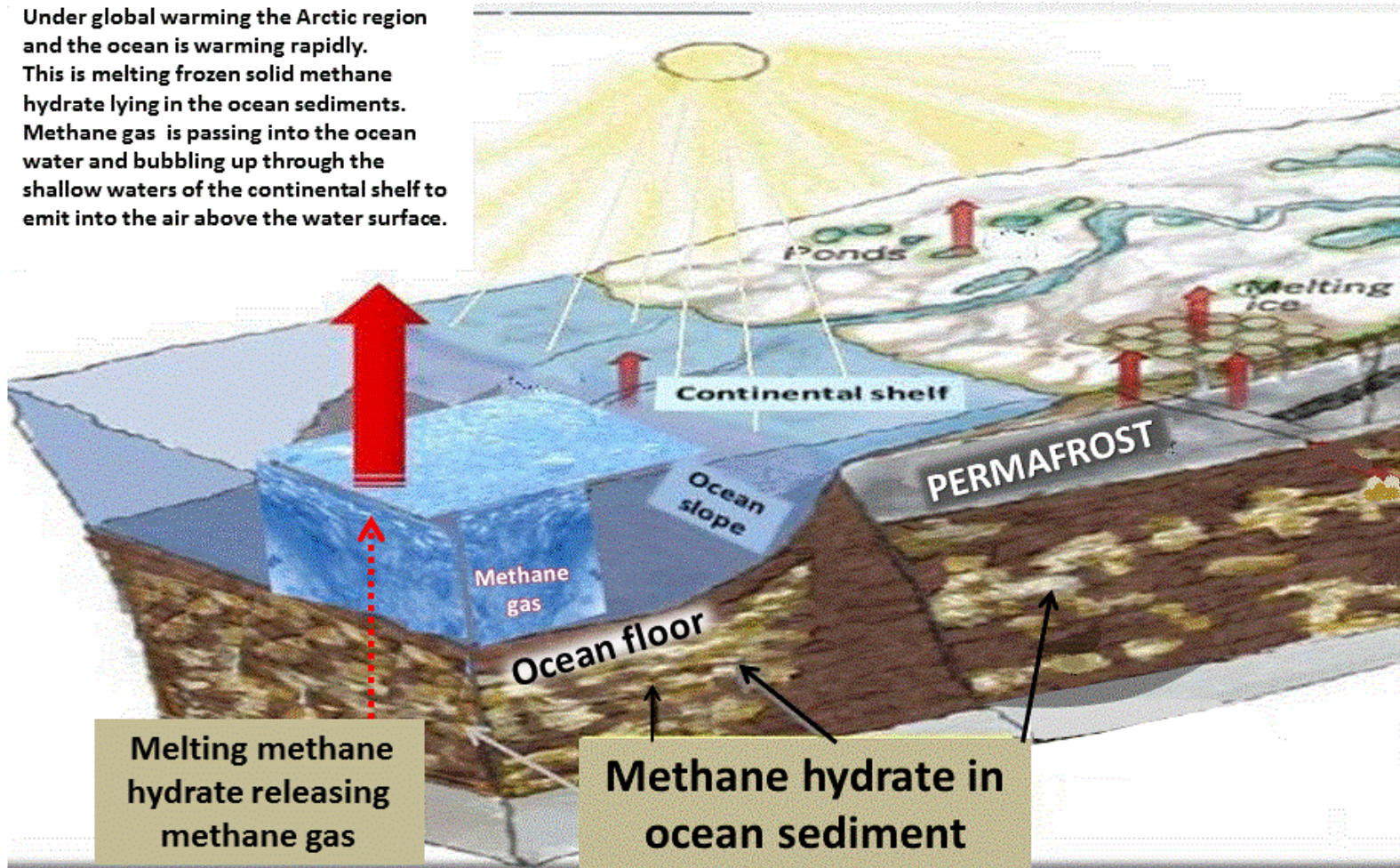
## Sibirya Donmuş topraklarının (permafrost) çözülmesi

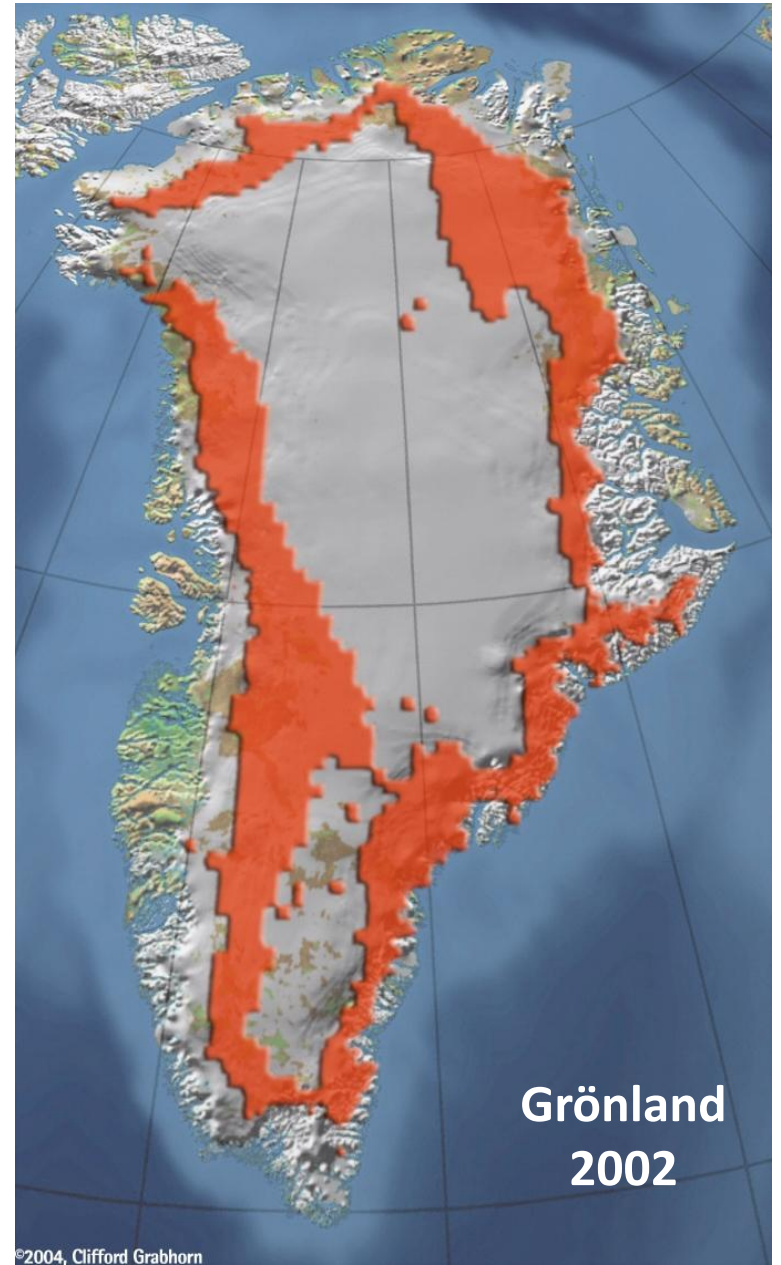


As the Arctic is warmed it emits methane (CH<sub>4</sub>) as a carbon feedback to global warming

**METHANE HYDRATE-** frozen solid methane under pressure in ocean sediment.

Under global warming the Arctic region and the ocean is warming rapidly. This is melting frozen solid methane hydrate lying in the ocean sediments. Methane gas is passing into the ocean water and bubbling up through the shallow waters of the continental shelf to emit into the air above the water surface.





## I.12. STRATOSFERİK OZON TEHDİT ALTINDA MI?

Ozon (O<sub>3</sub>) Yeryüzünden 16 ile 60 km yukarıdaki stratosfer içinde iki tür reaksiyon gerçekleştiği zaman oluşur. Birinci reaksiyon, bir oksijen molekülünün güneş ışığı ile atomik oksijene bölünmesidir. İkinci reaksiyon ise, bir oksijen molekül grubunun (O<sub>2</sub>) bir oksijen atomu ile üçüncü bir molekülün (katalizör) mevcudiyetinde ozon (O<sub>3</sub>) oluşturmak üzere bir araya gelmeleridir.

Ozon doğal olarak ultraviyole radyasyonu ile tahrip edilmektedir. Ozon tahrip edildikçe, Yeryüzüne ulaşan ultraviyole radyasyon miktarını önemli derecede azaltarak Yeryüzündeki organizmalar için faydalı hale gelmektedir. Stratosferde ise ozon devamlı olarak oluşmakta ve tahrip edilmekte ve bu yüzden, kabaca denge halini korumaktadır. Ozon seviyesindeki herhangi bir azalma yeryüzüne daha fazla ultraviyole ışığın gelmesine yol açacağından çok tehlikeli olacaktır ve deri kanseri riskini arttıracaktır. Ultraviyole radyasyon ile deri kanseri arasındaki ilişkinin şu şekildedir: Ozon miktarındaki %1'lik bir azalma deri kanseri vakalarında %2'lik bir artışa neden olacaktır.

Ozon azalma probleminin bir diğer yanı da atmosferin değişik kesimlerinin potansiyel ısınma ve soğumasıdır. Eğer ozon az olsaydı, Yeryüzüne daha fazla radyasyon gelecek ve alt atmosferi ısıtacaktır. Diğer yandan, ozon stratosferde azaldığında, üst atmosfer soğuyacak ve böylece Yeryüzüne stratosferden daha az termal radyasyon gelecektir. Bu da alt atmosferin soğumasına neden olacaktır. Ozon solar radyasyon ile tahrip edildiğinde, solar enerjinin bir kısmı ısıya dönüştürülecek bu da stratosferi ılımanlaştıracaktır (Bu yüzden, stratosferde yükseklik arttıkça sıcaklık da artmakta ve bu da doğal olarak sıcaklığı altüst etmektedir ve buna ilaveten, stratosferde çok az düşey karışım mevcuttur). Ozon azalması stratosferin soğumasına neden olacağından, stratosfer gazları Yeryüzüne daha az termal (infrared) radyasyon ulaştıracaklar ve böylece alt atmosferin soğuma sürecine girmesine olanak vereceklerdir.

