

Hava Kirliliği ve Kirleticiler

Hava kirliliği, atmosferdeki bir veya daha fazla kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve çevre kalitesine zarar veren miktar ve sürelerde bulunması olarak tarif edilebilir [1]. Bu kirleticiler, gaz (SO_2 , NO_x , HC, CO, CO_2) ve toz (duman, metalik duman, uçucu kül, mist, aerosoller) halindeki kirleticiler olmak üzere genel olarak iki alt grupta toplanmaktadır. Bunun dışında ozon (O_3) ve PAN (*peroksi asetil nitrat*) ve PBN (*peroksibenzol nitrat*) gibi fotokimyasal oksidantlar da ikincil hava kirleticileri olarak tanımlanmaktadır.

Hava kirletici kaynaklar, doğal kaynaklar ve insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen (antropojenik) kaynaklar olmak üzere iki sınıfta ele alınmaktadır. Hava kirleticilerinin **doğal kaynakları**; volkanik patlamalar, orman yangınları, toz fırtınaları, okyanuslar ve denizler ve bitkiler olarak gösterilebilir. Başlıca **antropojenik kaynaklar** ise *ulaştırma* (uçaklar, motorlu taşıtlar, demiryolları ve gemiler), *endüstri* (termik santraller, endüstriyel prosesler ve katı atık yakma tesisleri) ve *ısınma* (katı, sıvı, gaz yakıt sobaları ve kalorifer kazanları) olarak sıralanabilir.

Hava kirletici gazların etkileri; küresel boyutta, bölgesel ölçekte ve lokal ölçekte olmak üzere genel olarak üç kategoride incelenmektedir [1]. Örneğin, yeryüzünün tümünü etkileyen sera etkisi ve ozon tabakasının incilmesi gibi olaylar küresel boyuttaki etkilerdir. Dünyadaki belirli bölgelere tesir eden örneğin asit yağmurları ise hava kirliliğinin bölgesel ölçekteki etkilerindedir. Hava kirliliğinin lokal ölçekteki etkileri ise yerleşim ve sanayi bölgelerinde görülen hava kirliliği şeklindedir.

1. Kirletici Gazlar

Karbondioksit (CO_2): Havada çok az oranda, % 0 – 0.03 arasında, bulunmasına karşın miktarı ve değişkenliği nedeniyle karbondioksit yaşamsal önemi olan bir gazdır. Havadaki CO_2 miktarı karalar üzerinde denizlerdekinden fazladır ve karalar da şehirler civarında özellikle geceleri bu miktar daha da artar. Çünkü şehirlerde insan ve diğer canlıların sayıları fazladır ve fabrika ve ev bacalarından çıkan CO_2 oranı yüksektir. Ayrıca volkanlardan, maden sularından da bir miktar karbondioksit havaya karışır. Atmosfere karışan karbondioksitin yaklaşık %80–85'i fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gazın) kullanılması sonucunda oluşarak atmosfere karışmakta, %15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroskobik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından kaynaklanmaktadır [2]

Bir yandan fosil yakıt kullanımının hızla artışı, öte yandan fotosentez için tonlarca karbondioksit harcayan ormanların ve bitkisel planktonların tahribi, atmosferdeki karbondioksit miktarını son 160 bin yılın en yüksek düzeyine ulaştırmıştır. Bilimsel gözlemler 20. yüzyılın başlarında 290 ppm olan CO_2 derişiminin 2006 yılında 381 ppm (milyonda 381 parça) düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur. Aynı oran, 1750 tarihi baz alınarak hesaplanan endüstri devrimi öncesinde ise, ortalama olarak milyonda 100 parça seviyesindeydi. 21. yüzyılın sonunda ise 500ppm'e çıkacağı tahmin edilmektedir. Son 20 yıldır, atmosfere salınan insan kaynaklı CO_2 gazının yaklaşık dörtte üçü fosil yakıtların yanmasından, geri kalanı da arazi kullanımı değişikliği ve özellikle ormanların yok edilmesinden kaynaklanmıştır. Son yirmi yılda, atmosferdeki CO_2 gazının yıllık artışı % 0,4 olmuş, 1990'dan sonra ise yıllık artış % 0,2 ila 0,8 arasında değişmiştir. Atmosferde bulunan karbon dioksit konsantrasyonu fosil

kaynaklı yakıtların yanması sonucunda her yıl 2.3 ppm kadar artmaktadır. Bunun üçte biri okyanus veya derin su kaynaklarınca ve bitkiler tarafından alınarak atmosferden uzaklaştırılmaktadır. Geri kalan 1.5 ppm ise atmosferdeki karbon dioksit konsantrasyonuna ilave olmaktadır. Bu miktar da atmosferin tedrici olarak ısınmasına neden olarak sera etkisini her geçen gün biraz daha arttırmaktadır. [10]. Yapılan ölçmeler, bu artışın devam ettiğini göstermektedir. Geliştirilen matematiksel bilgisayar modellere göre, CO₂ yoğunluğunun iki katına çıkması halinde küresel sıcaklığın ortalama 3°C artacağı hesaplanmıştır. Bu nedenle, küresel ısınmaya karşı alınacak önlemlerin başında karbondioksit salınımının azaltılması gelmekte ve bu hususta uluslararası düzeyde çabalar harcanmaktadır.

Karbon monoksit (CO)

Karbonmonoksit renksiz, kokusuz, ve tatsız bir gaz olup karbon içeren yakıtların eksik yanması ile ortaya çıkar. Birincil bir hava kirletici olan karbonmonoksit, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi etkenlerden birinin eksikliğinde tam olmayan bir yanma sonucunda CO₂ yerine meydana gelmektedir [8]. Kararlı bir gaz olan karbonmonoksitin atmosferde kalıcılık süresi 2 aydan fazladır. Bütün dünyada karbonmonoksit üretiminin yılda toplam 232 milyon ton olduğu göz önüne alındığında bu miktarın dünya atmosferi için yarattığı sorun daha da belirgin olmaktadır. Dünyadaki karbonmonoksit üretiminin yaklaşık olarak %70'inden fazlasının ulaştırma sektöründen geldiği bilindiğine göre bu sektördeki kontrol teknolojilerinin önemi açıkça görünmektedir. Ayrıca, bütün dünyada karbonmonoksit üretiminin aşağı atmosferde kalması halinde ise bu kararlı gazın her yıl 0,03 ppm mertebesinde artacağı da hesaplanmaktadır. Şehir havasında bulunan karbonmonoksit insan sağlığına son derece önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu etkilerden en önemlisi de karbonmonoksidin kandaki vücut hücrelerinin oksijen taşıma kabiliyetini azaltmasıdır. Sonuç olarak bu durum vücudun oksijen miktarını ciddi bir şekilde azaltarak ölümlere yol açabilmektedir. [3]

Kükürtdioksit (SO₂)

Gaz halindeki kirleticiler arasında yanıcı olmayan renksiz bir gaz olan kükürt oksitler en çok bilinen birincil hava kirleticilerdendir. Atmosferde kalıcılık süresi 40 günü bulmaktadır. Çoğunlukla fosil yakıtların yanması sonucunda meydana gelirler. Antropojenik kükürt oksitlerin %80'inden fazlasının endüstriyel kaynaklardan meydana geldiği tahmin edilmektedir [7]. Bu emisyonların dünya üzerindeki durumuna bakıldığında en büyük payın Avrupa ile Kuzey Amerika olduğu görülür.

SO₂'nin sayısal değerleri incelendiğinde, bütün dünyada her yıl salınan küresel emisyonların 132 milyon tonu, antropojenik emisyonların ise 50-75 milyon tonu bulunduğu tahmin edilmektedir [6]. Avrupa'da ise her yıl yaklaşık 20 milyon tonun üzerinde kükürtün salındığı bilinmektedir [7]. Batı avrupa'da en büyük salınımı yapan ülke ise 2.56 milyon ton ile İngiltere'dir.

1978 yılında 28,816 milyon ton, 1980 yılında 27,897 milyon ton olarak hesaplanan emisyonlar 1990 yılında 22,025 milyon tona düşmüştür [6]. Bu durum büyük ölçüde Avrupa Topluluğu ülkelerinin 1970'li yılların sonlarından itibaren uyguladığı emisyon stratejileri sonucunda meydana gelmiştir. Örneğin İngiltere, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Federal Almanya vb. ülkeler emisyonlarını aldıkları kararlar uyarınca indirmek için uğraşmaktadırlar. Bu bölgede eski teknoloji kullanımının hakim olması atmosferde yörünge

hareketi göz önüne alındığında ülkemizin batı bölgesinin birinci derece alıcı bölge olarak zarar görmesi kaçınılmazdır. Günümüzde sadece Newyork şehrinde yılda 1,5 milyon ton kükürdükü atmosfere neşrettiği ABD’de yılda yaklaşık 26 milyon ton kükürt, İngiltere’de ise yılda yaklaşık 6 milyon ton SO₂ ve tüm dünyada ise yılda yaklaşık 80 milyon ton SO_x atmosfere salınmaktadır. Tüm dünyada ise yılda yaklaşık olarak 80 milyon ton SO_x atmosfere verilmektedir. Bu, dünya SO₂ konsantrasyonunu her yıl 0,006 ppm olarak arttırmaktadır. Asit ve sülfatlar yağış yolu ile ancak 43 günlük bir süre içerisinde atmosferden uzaklaştırılmaktadır [3].

Metan (CH₄)

CH₄ genellikle insan aktivitelerinden kaynaklanan önemli gazıdır. Bu gaz, organik artıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucunda meydana gelmektedir. Başlıca kaynakları; pirinç tarlaları, çiftlik gübreleri, çöp yığınları bataklıklar ve bazı canlılardır. CH₄ gazının ömrü 10 yıl civarında olmasına rağmen molekül başına CO₂ gazına nazaran 32 defa daha fazla sera gazı etkisi göstermektedir. Metan gazının küresel iklim değişimindeki etki payı % 13 kadardır.

CH₄ konsantrasyonunu azaltıcı başlıca etken, bu gazın troposferdeki radikalleri ile reaksiyonları olup, CH₄ bu reaksiyonlar sonucunda CO₂ ve H₂O’ya dönüşür. Diğer konsantrasyonu azaltıcı etken ise CH₄ gazının oksitlenmesini izleyen stratosfere taşınımıdır.

Azot Oksitler (NO_x)

NO nitrik oksit renksiz, kokusuz bir gaz olup yüksek sıcaklık altında yanma işlemi sonucunda ortaya çıkar ve yanmanın tüm şekillerinde daima meydana gelmektedir. İnsan kaynaklı NO₂ ise gübreleme gibi hareketsiz kaynaklardan olduğu gibi araçlar gibi hareketli kaynaklardan da oluşmaktadır. Genel olarak kaynakları egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddeler olarak sıralanabilir. NO ve NO₂ şeklindeki atmosferik konsantrasyonların birleşik değeri NO_x ile temsil edilmektedir. Atmosferde kalıcılık süresi yaklaşık 1 gündür. Ancak NO + NO₂’nin NO_x bileşenlerinden N₂O’nun atmosferde çok daha uzun süreler kaldığı belirlenmiştir [4]. N₂O gazının atmosferik ömrü yüzyıldan fazladır [10]. Küresel iklim değişimindeki payı % 5 olarak tahmin edilmektedir. Atmosferde doğal olarak başlıca oluşumu, azot çevriminin bir parçası olarak toprakta ve sudaki mikrobiyolojik hareketlerle olmaktadır. N₂O konsantrasyonunu azaltıcı başlıca etkenler, atmosferin stratosfer katmanında fotolizi ve oksijenle reaksiyona girmesidir.

NO_x’in en doğal kaynaklarından biri de topraktaki organik çürümelerdir. Ayrıca fotokimyasal olarak reaksiyona giremeyen NO_x bileşenleri de bu miktarlar arasında dahil olacaktır. Azot dioksit seviyelerinin standartları aşan değerlerinin sağlığa olan ters etkilerinin yanı sıra bu kirleticilerin SO₂ ile birlikte yüksek miktarlarda bulunması insan sağlığına yaptığı olumsuz etkiyi daha da şiddetlendirmektedir [3].

Global olarak her yıl atmosfere yaklaşık 150 milyon ton NO_x’un salındığı hesaplanmaktadır [3]. Bu miktarın yaklaşık yarısı doğal kaynaklardan yarısı da insani kaynaklardan gelmektedir. Bu arada NO_x’in doğal kaynakları arasında orman yangınları, yıldırım ve topraktaki mikrobiyolojik prosesler göz önüne alınmalıdır [3]

Kloroflorokarbon Gazları (CFC-H)

Başlıca kloroflorokarbonlar CFC-11 ve CFC-12 'dir. Bunlar için doğal kaynak yoktur, doğada kendiliğinden oluşmazlar. Troposferde CFC'lerin konsantrasyonlarını azaltıcı herhangi bir etken yoktur. Atmosferik ömürleri CFC-11 için 65 yıl, CFC-12 için 130 yıl civarında olduğu tahmin edilmektedir. Spreylerdeki püskürtücü gazlar, soğutucu aletlerde kullanılan gazlar, bilgisayar temizleyiciler, bu gazların başlıca yapay kaynaklarıdır. Küresel iklim değişimindeki payları %22 oranındadır.

CFC emisyonlarının cilt kanserlerinde dramatik artışlara, iklim de ise katstrofik değişikliklere yol açacağını tahmin edilmektedir. CFC'ye alternatif malzeme olarak flor ve klor yanı sıra hidrojen içeren hidrokarbon gazları, propan, bütan gibi gazlar kullanılmaktadır [3].

Montreal Protokolü'ne göre CFC ve HCFC'lerin miktarı ve ozonu seyreltme etkilerinin 2050 yılına kadar azalacağı beklenmektedir. Yapılan teknoloji değişimleri ile sadece CFC'lerin miktarındaki artış yavaşlamış olmakla birlikte bu gaza alternatif olarak kullanılan HCFC'ler artmaya devam etmektedir.

Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar, kömür, petrol, doğal gaz ve benzinin yanmasından, ayrıca da endüstriyel solventlerden meydana gelmektedir. Bu antropojenik emisyonlara dünya genelinde 100 milyon ton olarak değer biçilmektedir ve bu emisyonların doğal kaynakların sadece yirmide birini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Dünya genelinde sadece bataklıklardan çıkan hidrokarbon emisyonları yılda yaklaşık 2 milyar tona ulaşmaktadır [3]. Ayrıca, doymamış hidrokarbonlar ve aromatiklerin smog olayının meydana gelmesinde büyük önemi vardır. Hidrokarbonların atmosferde kalıcılık süresi tam olarak bilinmemektedir. Hidrokarbonlar zehirli değildir, ancak zararlı etkileri vardır. [3]

Toz Emisyonlar (Partikül Maddeler)

Partiküller, hava kirleticiler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Partiküler madde tanım olarak, atmosferde standart şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan birleşmemiş su dışındaki maddelere denilir. Bunlar 0,1 ile 100 µ arasında değişen boylarda bulunurlar. Partiküllerin başlıca kaynaklarını çimento fabrikaları, metal endüstrisi ile araçlar oluşturur. Volkanlar ise partikül emisyonları bakımından en önemli doğal kaynaktır.

ABD'de yapılan istatistikler sadece endüstriyel proseslerden meydana gelen partikül emisyonlarını yılda 7,5 milyon ton olduğunu göstermiştir. EPA ise orman yangınları sonucu meydana gelen partikül emisyonlarının tüm emisyonlar içerisinde %25 olduğunu belirtmiştir. Kömür yanması ise partikül emisyonlarını %29'una karşı gelmektedir [4].

Ozon (O₃)

Atmosferdeki ozonun yaklaşık %10'u atmosferin alt katlarında troposferde bulunur. 1m³ havada 8 mm³ kadar ozon bulunur. Yeryüzüne yakın atmosfer tabakalarındaki ozon'un başlıca kaynağı, azotoksitlerin ultraviyole ışınları ile fizikoşimik reaksiyona girmesidir. Fotokimyasal pusun (smog) en önemli bileşeni olduğu için, bu seviyede başlıca hava kirleticilerinden biridir. Buna karşılık yaklaşık % 90'nın bulunduğu stratosferdeki ozon, troposferdekinin aksine canlı yaşamında önemli rol oynar. Atmosferin üst katlarında

ultraviyole ışınlarını emerek yeryüzündeki yaşam üzerinde olumlu bir etki yapar. Diğer yandan bu ışınların emilmesi nedeniyle ozon katı ortalama + 77°C sıcaklıktadır.

Troposferik ozon küresel iklim değişikliğinde rol oynayan sera gazları arasında dördüncü sırada gelir. Uzun dalga boylu radyasyonun atmosferde kalmasına atmosferin sera etkisinin artmasına neden olur. Küresel iklim değişikliğindeki sera etkisi % 7 kadardır.

Su Buharı

Hava içindeki miktarı yer ve zamana göre en fazla değişen gaz subuharıdır. Nemli tropikal iklimlerde hava içinde %2–3 kadar subuharı bulunabilir. Bu miktar orta enlemlerde %1, kutuplarda % 0.25'e kadar düşer. Atmosferde yükseldikçe subuharı miktarı hızla azalır. 6500 metrede yeryüzündeki miktarın ancak 1/10'u bulunur. Buna göre subuharının çoğu atmosferin alt 3–4 kilometrelik bölümünde toplanmıştır. Havadaki subuharının yaşam ve iklimler üzerinde çok önemli etkileri vardır.

Küresel ısınmada sera etkisi bakımından çok önemli bir yeri vardır. Ancak yeryüzüne yakın atmosfer içindeki miktarı çok nadir hallerde yükselir. Bol miktarda bulunduğu atmosfer katmanı genellikle bulutların oluştuğu yükseklerdeki atmosfer tabakalarındadır. O nedenle daha çok güneşten gelen ışınları tutmada ve yükseklerle yansıtmada etkilidir.

Kaynaklar

- [1] Müezzinoğlu, A., Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yayınları , Yayın No: 0908.87.DK.006.042, İzmir, 1987.
- [2] Mitscherlich, G., Die Welt in der wir leben. Entstehung – Entwicklung, heutige Stand (Yeşediğimiz Dünyanın Oluşumu-Gelişimi ve Bugünkü Durumu). Rombach Ökologie, Rombach Verlag, Freiburg, 1995.
- [3] İncecik, S., Hava Kirliliği, Teknik Üniversite Matbaası, , s. 26-41, İstanbul, 1994.
- [4] NCAR, Information Office Pres Clipping, 1989.
- [5] Seinfeld, H., Atmospheric Chemistry, and Physics of Air Pollution, Wiley, New York, 1986.
- [6] Butler, J.D., Air Pollution Chemistry, Academic Pres, 1979
- [7] Agren,C., EMEP Report, MCS-W 1/91 Norway, 1991.
- [8] Masters, G.M., Introduction to Environmental and Science, Prentice Hall International Editions, 1991.
- [9] Yetilmezsoy, K., Uçaklardan Kaynaklanan Emisyonların Çevresel Etkileri Environmental Impacts of Aircraft Emissions
<http://www.uted.org/dergi/2006/subat/ucaklardankaynaklanan.htm>
- [10] Denhez, F., Küresel Isınma Atlası, NTV yayınları, İstanbul, 2007.