

GIDA - TARIM VE HAYVANCILIK BAKANLIğI
DEVLET METEOROLOJİ İŐLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



ATMOSFERİK KİRLİLİK

Taşkın TUNA, MSc

Fizik Y. Mühendisi

ANKARA - 1977

TEKSİR ATÖLYESİ (A.200) 3.77.

Ö N S Ö Z

Bizim neslimiz, daha kirli daha kalabalık daha sıkıntılı daha gürültülü bir dünyada yaşıyor. Birkaç on yıl öncesine kadar, çevre sorunları diye bilinen bir sorun yoktu dünyamızda.. Şimdi kütüphanelerde çevre sorunlarının çeşitli yönlerini ele alan ve bu sorunların önemini belirten sayılamayacak çok literatür mevcut.

Hızla artan nüfus, sağlıksız, plânsız büyüyen şehirler, gittikçe azalan yeşil sahalar, artan trafik ve sorunları, koyu, durgun ve pis denizler, günden güne artan gürültü, dumanlı, ıslı puslu kirli bir sema... Çevrenin her geçen gün tabii'liğini kaybederek dejenere olması... İşte bütün bunlar çevre sorunları olarak tanımlanıyor.

Biz bu yazımızda çevre sorunlarının hava kirliliği ile ilgili bölümü kısaca ele alıp incelemeye çalışacağız.. Havayı kirleten kaynaklar nelerdir, özellikleri ve etkileri nasıldır, kirleticilerin hava içindeki dağılımı, meteorolojik şartlarla nasıl değişmektedir ve bu değişimi bir "Model" içinde düşünerek, kirlilik konsantrasyonu nasıl hesaplanabilir.. Bu ve bunun gibi sorunlar, yazımızın temelini teşkil edecektir.

Çevre sorunları, özellikle hava kirliliği ile ilgilenen uzman ve araştırmacılara bu kitapçığın faydalı bir rehber olacağı ümit edilir.

Taşkın Tuna Mec

Fizik Yüksek Mühendisi

"Eğer, sosyal ve fiziksel bilimlerle uğraşan bir grup bilim adamının hesapları doğru ise, nüfus artımı ve ekonomik gelişmenin bu günkü hızları ile devam etmesi halinde, hayatı destekliyen çevremizin felce uğrayarak, bazı alanlarda kitle halinde ölümlere, diğerlerinde endüstriyel çöküntüye ve hemen hemen her yerde hayat sürecinin büyük ölçüde kısılmasına sebep olması için sadece 50 yıl yetecektir."

Yukarıdaki satırlar Robert L.Heilbroner adındaki Amerikalı bir bilim adamının makalesinden alınmıştır. Aslında, yazar, bu yazıya çevre ve insan konularını incelemekle görevli iki çalışma grubunun vardığı sonuçlardan ulaşılmaktadır.

Bu çalışma gruplarından ilki 30 kadar İngiliz bilim adamı tarafından oluşmuş, diğeri 70 bilim adamı ve uzmandan meydana gelmiş bir araştırmacılar grubu idi..

Esas olarak her iki araştırma, bizlere aynı şeyleri ifade etmektedir:

Eğer, İnsanlık; üzerinde yaşadığı arzın son derece hassas ve dengeli olarak kurulmuş doğa düzenini şu yada bu şekilde bozmaya devam ederse hemen çok yakın gelecek neslimizi telâfisi imkânsız zorluklar beklemektedir.

Çünkü Arz - Atmosfer ve Okyanus - Atmosfer ilişkileri birbirinden ayrı, birbirinden bağımsız düşünülmesiyeceği gerçeğinden giderek çevremizdeki incelik hava, su ve toprak kabuğunun hayatı destekleyici özellikleri korumak isteniyorsa bu gidişe bir "Son" vermek gerekecektir. Zira, bu iki incelemenin dayandığı projeksiyonlar göstermişti ki, sadece gelecek 2 kuşak boyunca nüfus artışı tamamen dursa; hava, su ve toprak kirlenmesinin, en geniş anlamı ile, çevremizi bir mucize ile dörtte üçünü temizlesük bile, sadece mevcut

kirleticilerin kendisi bile, torunlarımızı ömür boyunca sağlıklı ve mutlu edemiyecektir.

Çevre sorunları olarak bilinen ve özellikle hava ve su ve toprak kirlenmesi ile karşımıza çıkan büyük sorunun yaratılmasında hiç şüphesiz bazı açıklayıcı gerekçelerin bulunacağı sebepler sıralanabilir. Hızlı sanayileşme arzuları, kentlerde yaşayan nüfusun kırsal alanlara göre daha yoğun oluşu, artan kara, hava ve deniz trafiği, çeşitli tüketim maddelerinin kullanımından açığa çıkan zehirli atıklar, hızla artan nüfus, hızla azalan yer altı ve yer üstü kaynakları, büyüyen, gelişen şehirler vs. vs.

Bütün bu hususlar haklı sebepler olarak ileri sürülebilir. Ancak karşımızda duran tehlikenin büyüklüğü karşısında düzenli, dengeli ve plâneli hedeflere dayalı bir gelişme ile çevrenin korunması elbetteki mümkündür.

Çevre kirlenmesinin özellikle 1960 yıllarında bütün dünyada süratle farkedilmeye başlandığını görürüz. Birleşik Amerikada kamu oyunun poletika üzerindeki kuvvetli etkisi sonucunda NAPCA (National Air Pollution Control Administration) adlı bir örgütün kurulduğunu da hemen görürüz. Amerikada 1973 yılında yapılan bir incelemede, bu ülke içinde 5000 den fazla çevresel örgütün bulunduğu ortaya çıkmıştır. Öte yandan 1972 Haziranında Türkiyenin de katıldığı çevre sorunları hakkındaki Stockholm Konferansının 21. Maddesi:

"Devletler, kendi hükümrânlık ve kontrol alanları içindeki hareketleri, diğer devletlerin çevrelerine veya Ulusal Hükümrânlık sınırları ötesindeki alanlara zarar veremez." şeklinde kabul edilmiştir.

Çevre sorunları milli hudutlar tanımaz. Bu yüzden uluslararası işbirli-

ğinin ve mügterek organizasyon ve çalışmaların bağlanması veya devam etmesi kadar tabii bir Őey olamaz.

Milli hudutlar tanımayan ve aslında evre sorunlarının bir parçası olarak kabul edilen hızlı nufüz artışı da, onemi kúümsenmiyen bir problemdir.. Nufüz artışı ile çevrenin, ve evre özellikleri içinde yer alan "denge" nin olumsuz yönde bozulmasıdır bu problem..

Nufüz Artışı

İlk bakışta nufüz artışının evre sorunları ile nasıl bir iliğki içinde olabileceği dúřunúlebilir. Ancak, evre sorunlarının kalabalıklaşmış toplumlarda, sun'i olarak Őiřirilmiş ve genişlemiş metropoliten merkezlerde daha da etkili olacağı bir gerçektir. 1830 yılları ile 1930 yılları arasındaki 100 yıllık dönem içinde dúnıya nufüzü bir misli daha artarak 2 milyara ulaşmıştı. 1930 dan 1970'e kadar 40 yıl içinde 2 milyar olan nufüz 2 misline yaklaşarak 3,6 milyara ulaşmıştır. 20. yúzyıl sonlarında dúnıya nufüzü, Őimdiki nufüzün tekrar iki katına çıkacaktır. Yaklaşık 7,5 milyar kişidir bu... Őurasını hatırlamak gerekirken, 1830 yılında 1 milyar olan nufüz 2000 yılında 7,5 milyara ulaşmış olacaktır. Daha çok insan, daha çok Şehirleşme, daha çok alt yapı daha çok yiyecek, giyecek, yakacak, daha çok su, özetle daha çok enerji, daha çok kaynak demektir bu...

Öte yandan 2000 yılında dúnıyamızın yer altı ve yer üstü kaynak ve zenginliklerinin niháyete erceceği de söylenmektedir. Dúnıyadaki tabii kaynaklarla kömür, petrol, demir, bakır gibi maden ve yakıtlarla, yer yüzündeki yeşil sahaların büyük bir hızla tükenmekte olduğu bilinmektedir.

Halen 4 milyar olan dúnıya nufüzüne, bu nufüzün sabit kalması halinde bile,

Makûl bir süre için dahi yeteceği şüpheli olan tabii kaynakların nüfusun 8 milyara çıkması halinde, ortaya çok ciddi sorunların çıkacağı muhakkaktır.

Hava Kirliliği :

Hava Kirliliği çevre sorunlarının en önemlisidir. İnsan, hayvan ve bitki sağlığının yanında kullanılan eşyalar da kirlilikten nasibini alır.. Tozlu, ısıli, dumanlı, pis bir ortam içinde yalnız canlılar değil, cansızların da etkilenmesi kaçınılmaz olacaktır. Amerika'da 1968 yılında yapılan bir araştırmaya göre, bu ülkede yılda 200 milyon ton kirlетici madde Atmosfer'e girmektedir. Yine aynı yıl tamamlanan bir envanter çalışması sonucu bu ülkede taşıtlardan çıkan (Co) miktarı yılda 64 milyon ton mertebesine ulaşmaktadır. Öte yandan, ısıtmada ve sanayide kullanılan yakıtlardan çıkan oksitlerin yıllık miktarı ise 33 ton kadardır. Birleşik Amerika'da hava kirliliğinin birinci sebebinin ulaşım kaynaklarından özellikle kara taşıt araçlarından olduğunu anlıyoruz. Bu araçlardan (Co), Partiküller, Sülfür Oksitler, Hidrokarbonlar ve Azotoksitlerin yıllık toplamı 90 ton'a ulaşmaktadır ki, diğer kirlетici kaynakların bir yılda çıkardıkları değere hemen hemen eşit miktardadır. Kirlетici kaynaklardan çıkan gazları ve bunların etkilerini inceledikimiz

Karbon Dioksit (Co₂) : Atmosferdeki mevcut Co₂ gazı kurulmuş olan denge için önem taşır. Güneşten gelen radyasyonlar atmosferi geçip yere ulaşınca önce arz yüzeyi ısınır. Bu enerjinin absorbe edilmesi sonucu, toprağın sıcaklığı artar. İşte Atmosferde tabii halde bulunan Co₂ gazı, güneşten gelen kısa dalgalı radyasyonları yutar. Ayrıca Atmosferdeki Co₂ arzdan geri dönen uzun dalgalı radyasyonlara karşı da tutuculuk görevini yüklenmiştir. Böylece Atmosferdeki Co₂ gazı sun'i olarak artacak olursa;

arzdan geri dönecek uzun dalgalı radyasyonlar uzaya kaçamadan yutulacak ve arzın enerji kaybı daha az olacaktır. Bazı araştırmacılara göre, 1900 yılından 1950 yılına kadar geçen (50) yıllık periyot içinde Atmosfer'deki CO_2 gazı %14 oranında bir artış göstermiştir. Ancak CO_2 gazı arzın 3/4 ünü oluşturan okyanuslar tarafından da yutulur.

Öte yandan okyanuslar tarafından yutulacak CO_2 miktarının bilinmesi oldukça zor görünmektedir. Bununla beraber mevcut CO_2 nin %40 ının okyanuslar tarafından emildiğini geri kalan %60 ının Atmosfer'de kalmakta devam ettiği ve her yıl, bir önceki yıla oranla %5 bir artış olacağı düşünülürse, 1990 yılında ortalama arz sıcaklığının $1^{\circ}C$ kadar artacağı bulunmuştur.. Eğer arzda mevcut katı ve sıvı yakıtların tümü ($7,6 \times 10^{12}$ ton kömür) ($1,35 \times 10^{12}$ varil sıvı yakıt-fuel oil) gelecek yıllarda bu hızla kullanılacak olursa, $3,3 \times 10^{16}$ gr. CO_2 Atmosfere bırakılmış olacaktır ki, bu ise, ortalama arz sıcaklığının $1^{\circ}C - 2^{\circ}C$ daha sıcak olacağını ifade eder. Bu değer, kutuplardaki buz dağlarının erimesine ve kıt'aların sel baskısına uğramasına sebep olabilir.

Birim hacim içinde, Atmosferdeki CO_2 miktarı 300 ppm. (parts per million) başka bir hesapla, CO_2 miktarı, Atmosferde mevcut azot gazından 2600 kez daha azdır.

Kükürt Dioksit (SO_2)

Sülfür dioksit, normal sıcaklıkta, kükürt elementinin okside olması ile açığa çıkan renksiz gazdır. SO_2 , havayı kirleticilerin içinde en güçlü, en ciddi ve en yaygın olanıdır. Atmosfer'de tabii olarak SO_2 esasen mevcuttur.

So₂ nin kaynağı volkanik patlamalardır. Ayrıca biyolojik parçalanmalardan da So₂ çıkar. Kükürt dioksidin tabii olarak atmosfere iletilme sonucundaki konsantrasyonun tahmini çok güç olmakla beraber 1 - 10 m gm/m³ mertebesinde olacağı sanılmaktadır. (Konsantrasyon birimi olarak ppm "part per million" da kullanılmakla beraber m³ başına mikrogram (10⁻⁶ gm) birimi daha yaygındır. 1 ppm So₂ = 2860 µgm/m³ tür).

1952 ve 1962 yıllarında Londra'daki kirliliğin 3000-6000 µgm/m³ arasında olduğu biliniyor. (Ankara'da da zaman zaman 3000 µgm/m³ konsantrasyon ölçülmüştür.)

İnsan eliyle Atmosfer'e bırakılan kükürt dioksit miktarı, şüphesiz normal kaynaklardan çok çok yüksektir. Bu emisyon kaynakları arasında çeşitli tip yakıtlardan çıkan kükürt dioksit ile sanayiden çıkan kükürt dioksitler sayılabilir. Öte yandan kükürt, su ile birleştiği zaman H₂So₄ olarak bilinen bir asiti-Sülfürik asit oluşturur. Sülfürik asit, yağışlarla yere, en önemlisi sis içinde küçük su damlacıkları ile birleşerek hava içinde asılı kalarak daha da etkili olabilir.

Atmosferdeki Partiküller:

Atmosfere sun'î olarak enjekte edilen toz, duman, sis ve diğer parçacıkların miktarı, yatay ve dikey dağılımı hakkında yapılan çalışmalar, (Co₂) miktarında olduğu gibi pek emin ifade edilememektedir. Ancak, sanayi devriminden, zamanımıza kadar geçen süre içinde atmosferdeki partiküllerin %50 oranında arttığı tahmin ediliyor.. Atmosfere bırakılan partiküllerin tabii kaynağı kat'alar ve okyanuslardan ileri gelmektedir. 1968 - 1970 yılları arasında yapılan ve Dr. Flohn tarafından yürütülen bir araştırmaya göre, yıllık

olarak insan tarafından ve tabii olarak atmosfere bırakılan parçacıkların milyon ton/yıl olarak dağılımı şöyledir:

YILLIK PARTİKÜL GİRDİSİ

<u>Kaynaklar</u>	<u>Kuzey yarım küre</u>	<u>Güney yarım küre</u>	<u>Toplam</u>
<u>Sun'i</u>			
Sanayiden,	300	10	310
Diğerleri	180	40	220
<u>Tabii</u>			
Okyanuslardan	130	170	300
Kıt'elardan	560	280	840
TOPLAM	1170	500	1670

Öte yandan aynı atmosfere 1880 yılından 2000 yılına kadar insan tarafından atmosfere bırakılan partiküllerin yıllık milyon ton olarak değeri aşağıdaki tablo ile verilmektedir.

<u>Yıllar</u>	<u>Sunî olarak</u>	<u>Toplam</u>
1880	120	810
1970	480	1170
2000	760	1450

Bu listeye göre insan tarafından sun'i olarak ortaya atılan partikül sayısının yaklaşık 100 yıl içinde %600 oranında arttığı anlaşılmaktadır. Bu artış sırasında, tabii partikül sayısının 690 milyon ton olarak sabit kaldığı varsayılmıştır.

Partikül sayısının atmosferde artması güneşten gelen ve çeşitli dalga boylarına sahip radyasyonların arz'a tam olarak gelemedikleri gerçeğini ortaya çıkarır. Öte yandan sanayileşmiş şehirlerle, önemli yakıt sorunlarının

bulunduğu kentlerin üzerlerinde toz ve parçacıklardan oluşan ve dikey görüő uzaklığını kısaltarak şehrin üstünü koyu gri renkteki görüntüsü ile kapatan bir örtü husule gelir. Partiküller katı, sıvı şeklinde olup, gözle görülebilecek kadar iri olabilirler, ancak elektron mikroskopla görülebilecek kadar küçük parçacıklardan oluşurlar. Çok küçük olan parçacıklar, atmosfer içinde uzun süre yere düşmeden kalabilirler ve üst seviyedeki rüzgârlarla çok uzun yol alabilirler.

Atmosferdeki partikül sayısının artması ile yağış tekerrürü (Frekans) ve yağış miktarı arasında da yakın bir ilişki olduğuna inanılmaktadır. "Yoğunlaşma çekirdekleri" adı verilen ve üzerlerinde su buharının yoğunlaşarak, küçük su damlacıkları haline geldiği bu partiküller, genellikle sanayi merkezlerinde artan yağışa neden olacağı söylenebilir. Her ne kadar yağışın oluşumu için gerekli çok çeşitli ve oldukça komplike olan diğer partiküllerin mevcudiyeti yanında atmosferdeki partikül konsantrasyonu da son derecede önemlidir. Nitekim dünyanın bir çok ülkelerinde yapılan bazı araştırmalar, sanayi şehirlerinde yağış miktarının, artan partikül sayısı göz önüne alınarak, değıştiği yeni miktarda artma olduğunu göstermiştir.

Ozon Gazı

Stratosfer kimyası, atomik oksijenle ozon arasında çok kuvvetli bir reaksiyon bağlantısını inceler. Stratosferik aerosolların (parçacıkların) genellikle H_2SO_4 'ten oluştuğu bilinmektedir ve bu asitin de (O_3) ile herhangi bir reaksiyona girmediği bilinmektedir. Stratosferik ozon gazının konsantrasyonu güneşten gelen ultraviyole ışınlarının bir kısmını ab-

serbe stresi yönünden fevkalâde önemlidir. Ozon'un mevcudiyeti ile biyolojik işlemler (proses) arasında mevcut olan ilişkilerin son yıllarda çok kesin ve çok açık bir şekilde ortaya çıktığı görülmüştür. (P.J.Crutzen). Öte yandan stratosferde uçacak çok sayıda sesden hızlı uçakların (Süpersonik uçaklar) bu bölgede mevcut ozon gazını azaltacağı fikri, hemen dünyanın bir çok ülkelerinde çok çekiçli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Stratosfere insan tarafından şu ya da bu şekilde bırakılan Azot oksitlerle (No , No_2) Klor birleşikleri (Cl), (ClO), Ozon için mükemmel bir katalizör olarak nitelendirilebilir. Eğer bu katalizörlerin miktarında belirgin bir artış görülürse Ozon tabakasında da bir incelmeye görüleceği şüphesizdir.

Özellikle Azot oksitler, 1961 - 1962 yıllarındaki nükleer bombaların patlamaları nedeniyle stratosfere esasen enjekte edilmişlerdir. Azot oksitlerin bir diğer kaynağı da süpersonik uçakların egzozlarından açığa çıkmaktadır. Ancak Stratosferdeki azot oksitlerin tabii bir kaynağı da kozmik ışınların bu tabakada iyonize olmaları sonucu oluşmaktadır. Atmosferdeki tüm Ozon gazının sabit kaldığı kabul edilse bile konsantrasyon yıldan yıla değişmekte ve belirli limitler içinde oynamaktadır. Mevcut Ozon zonde rasatlarının ortaya çıkardığı istatistiki bir değerlendirme sonucunda, standart sapma olarak, 1957-1961 yılları arasında $\bar{x}=4,7 \pm 1,5$ değerleri bulunmuştur. Bu değişikliğin temel nedeni bilinmemektedir, ancak, nükleer bombaların tesirinden doğduğu ileri sürülmektedir. Bu değişikliğin stratosferik sirkülasyonlarla da ilişkili olduğu hakkında görüşler de vardır.

Öte yandan klor bileşiklerinin, özellikle HCl ve Cl_2 'nin fotokimyasal

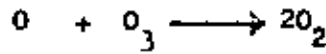
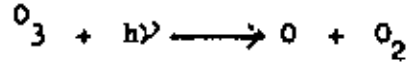
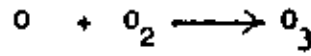
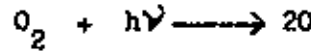
redesyonlarla ClO^* ler haline gelmelerinin kaynağı volkanik patlamalardır. Stratosfere volkanik girdiler $cm^2/saniye$ başına 10^7 molekül olarak tahmin ediliyor. Tabii olarak Stratosfere giren bu bileşiklerin, volkanik patlamalardan sonra (O_3) da şimdilik önemli bir azalma göstermediği anlaşılmaktadır.

Atmosferdeki (O_3) gazının yükseklikle azalma oranı aşağıdaki gibidir:

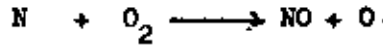
<u>Yükseklik (Km.)</u>	<u>O_3 azalma %</u>
55	≈ 0
50	- 3
45	-11
40	-17
35	- 14
30	-5,5
25	-4,2
20	-2,5
15	-6,5

Ozon'un üst atmosferde meydana gelmesi ve tekrar yok olması, çok dikkat çekici bir denge halindedir. Moleküller oksijenin, güneş ışınlarına ile (h ν) reaksiyonu sonucu oksijen atomlarına ayrılması ve oksijen atomu ile oksijen moleküllerinin birleşerek (O_3) gazını meydana getirmesi, (O_3) un tekrar enerji ile ayrışarak erimesi, Chapman tarafından bulunmuş ve herkesçe kabul edilmiştir.

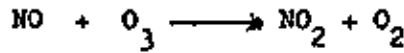
Bu reaksiyonlar, aşağıdaki gibi yazılabilir:



Atmosferdeki atomik azot, azot oksit haline:



reaksiyonu ile geçer, bu azot oksid'de



Ozon'u parçalayarak NO_2 ve O_2 haline getirir.

Öte yandan Cl ve ClO , ozon'u yok etmek için kuvvetli bir katalizördür.



Civa :

Civa ve civa bileşikleri çeşitli kaynaklardan çevreye bulaşan çok önemli kirleticilerden biridir. Özellikle belirli bir konsantrasyondan sonra canlılarda akut ve kronik zehirlenmelere sebep olabilir. WHO (Dünya Sağlık Teşkilâtı) tarafından öngörülen değerlere göre, kandaki normal civa miktarı 0,02 ppm ve müsaade edilen max. doz 0,05 ppm'dir. Öte yandan civa, hava içinde normal dozda $0,02 \text{ mg/m}^3$ olarak bulunursa, zararı yoktur. Eğer bu miktar max. doz olan $0,05 \text{ mg/m}^3$ ü aşarsa, zehirlenme başlar.

Çeşitli fabrika ve sanayi kuruluşlarından çıkan artık civa, nehir, göl ve denizlere kolaylıkla bulaşabilir, buradan balıklara ve insanlara

geçer. Aslında civa kirliliği, hava, su ve toprakta olmak üzere (3) ayrı alanda da görülebilir. Ancak her 3 halde de alınan gıdalar ve solunum yollarıyla insan vücuduna girebilir.

Sanayi kullanımlarda civa artıklarına en fazla elektrik malzemeleri sanayiinde klor - alkoli sanayii ve boya sanayiinde görülür. Daha sonra Tarım, Dişçilik, Kâğıt vs. gibi sanaiinden de civa artıkları ortaya çıkabilir. Bunun dışında, civa, fotoğrafçılıkta, seramik ve cam sanayiinde de kullanılır. Ayrıca kömür ve petrol gibi fosil yakacaklar az miktarda da olsa civa ihtiva edebilir.

Dünyanın yıllık civa ihtiyacı 10 milyon Kg. kadardır. Buna mukabil her yıl sadece petrol ürünlerinin yakılmasından 0,1 milyon Kg. civa temiz havaya eklenmektedir. Yüknok dozdaki bu miktarın büyük bir tehlike yarattığı bir gerçektir.

İnsan, teneffüs ettiği havayı kirletmekte, zehirletmekte sonra bu pis havayı derin bir nefesle tekrar ciğerlerine çekmektedir.

İnsanın havaya kirletmesi bir yana, kaçmadan, bozulmadan işlemekte olan tabiatın mevcut dengesine ve düzenine olan müdahalesi de ayrı bir önem taşır. Öyle ki, Atmosfere bırakılan çeşitli artık gazlarla dünyanın iklimi değişmektedir. İnsanın iklim üzerindeki olumsuz katkısı aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) İnsan, serbest atmosferdeki karbon dioksit miktarını her cins yakıt maddesi ile arttırmaktadır.

2) İnsan, Atmosferin geçirgenliğini sanayi ve taşıt araçlarından çıkan ince, küçük, katı ya da sıvı parçacıklarla azaltmaktadır.

3) İnsan, üst Atmosferlerde jet uçaklarının ekzosundan çıkan gaz-

larla stratosferin termal özelliklerini bozmaktadır.

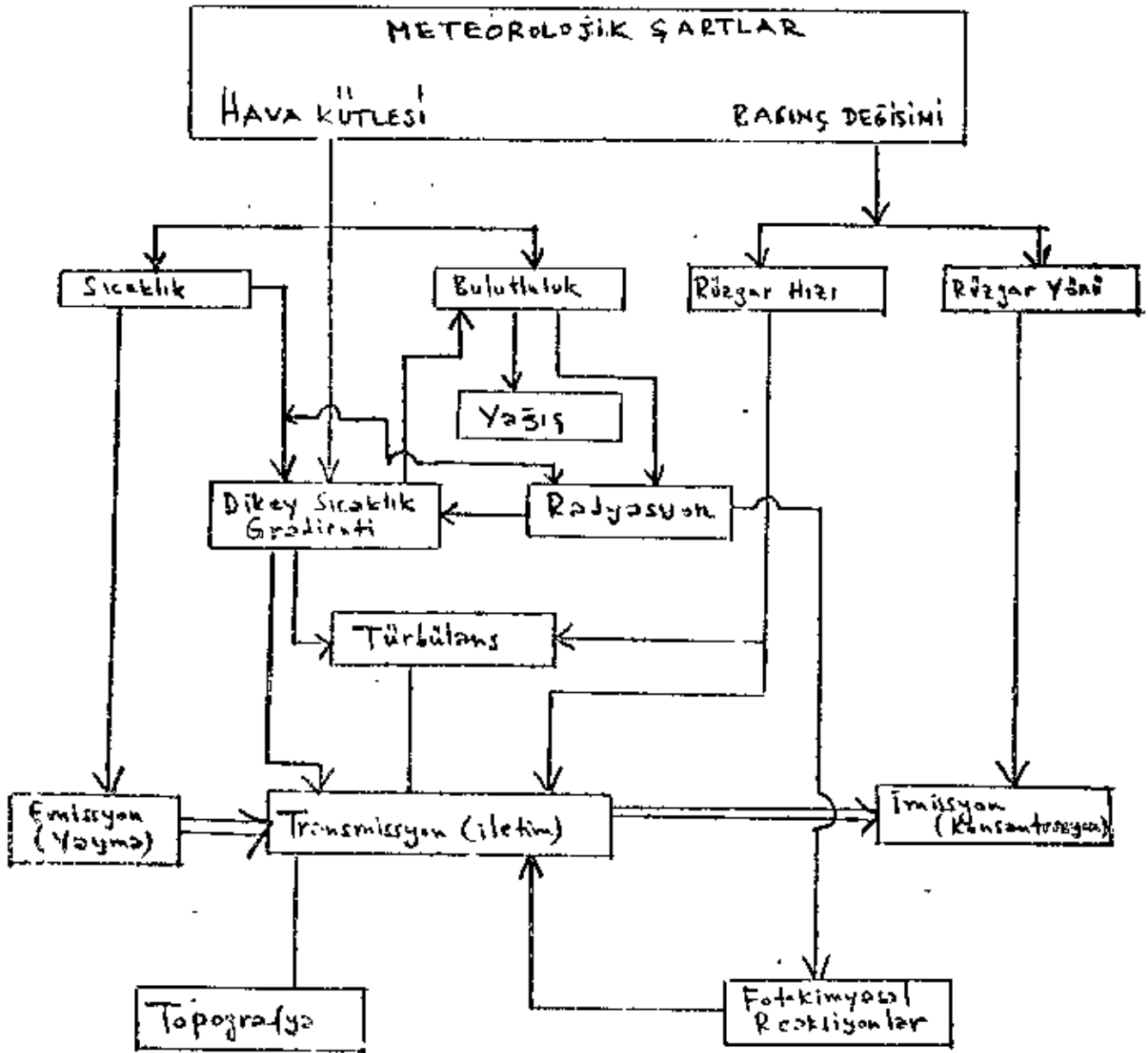
4) İnsan, nükleer denemelerle Atmosferi bir radyoaktif serpinti ortamına getirmektedir.

5) İnsan, şehirleşme ile bitki örtüsünü değiştirmek veya yok etmekle, arzin albedosunu (Radyasyon yansıtma oranı) değiştirmektedir.

Büyük Şehirlerde İklim Değişiklikleri:

<u>Sıcaklık :</u>	Yıllık ortalama sıcaklık ... $1^{\circ} - 2^{\circ}C$ daha fazla
	Kışın min. sıcaklık $3^{\circ} - 4^{\circ}C$ daha fazla
<u>Bulutluluk :</u>	Bulut örtüsü %5 - %10 fazla
<u>Toz Parçacıkları :</u> 10 - 15 kat fazla
<u>Rüzgâr Hızı :</u>	Yıllık ortalama %20 - %30 daha az
	Hamleli rüzgâr %10 - %20 daha az
<u>Yağış :</u> %5 - %10 daha fazla

Meteorolojik şartların atmosferik kirlilik konusunda oynadığı roller, aşağıdaki blok diyagramla gösterilebilir:



Rüzgâr, Atmosferde hayli karışık bir hareket olayıdır. Rüzgâr hakkında bilinen en kat'i husus, rüzgârın daima değişim halinde olduğudur. Rüzgârın yönü ve hızı zamanla değişir. herhangi bir zamandan bir diğer ana kadar, saatten saate, günden güne değişir. Large Scale hareketler, 3 - 5 saatten fazla olanlarıdır, Small Scale hareketler 1 saatten az olanlarıdır. Large Scale hareketler "havaya", Small Scale hareketler de Türbülânsı husule getirir. Atmosferik türbülâns, mekanik ve termal olmak üzere ikiye ayrılır. Türbülâns, ister mekanik yani tabii veya sun'î engellerden (Ağaçlar, binalar, engebelikler) meydana gelsin, isterse termal olsun, hava kirliliği problemlerinde dikkate alınmalıdır. Kirleticiler Atmosfere girince difüzyona uğrarlar. Yani, Atmosfere karışan yabancı bir madde hava içinde bir dağılmaya, yayılmaya uğrarsa bu işlem difüzyon olarak nitelendirilir. Difüzyon en küçük ölçekte, "Moleküler difüzyon" olarak tarif edilir. Moleküller difüzyonla, ısı yayılır, su buharı yayılır. Öte yandan moleküller difüzyon, "Eddy Difüzyon" la karşılaştırılırsa, eddy difüzyonun (hava içindeki küçük boydaki girdaplar) daha da önemli olduğu görülecektir. Zira, moleküler difüzyon, hem yavaş hem de küçük ölçekli bir yayılmadır. Ürneğin yere (toprağa) çok yakın bir yüzeyde, bir hava molekülünün diğer bir moleküle çarpmadan gidebileceği yol, 0,00001 Cm. (1×10^{-5} Cm.) kadardır. Öte yandan Eddy (girdap) difüzyonu ise türbülânslı havayı oluşturur. Türbülânslı havada ise, ölçek birkaç yüz metreye hatta kilometreye kadar da ulaşabilir. Atmosferdeki girdabın boyutları ve sayısı, her zaman değişebileceğinden difüzyonun hesabı bir hayli güçtür. Ayrıca topoğrafya ile çapıtli sun'î engebelikler sonucu her girdap, türbülânslı havayı oluşturduğundan, hava akımları aşağı yukarı, sağa sola

hem hızını hem de yönünü değiştirebilir. Öte yandan bütün bunların yanı sıra termal türbülans adı verilen ve arşın (homojen veya değil) ısınmasından ötürü yükselen hava ve yükselen havanın yerine etraftan gelecek havanın sebebiyet vereceği türbülans da dikkate alınmalıdır. Bu özellik ise, daha ziyade kararsız havalarda meydana gelir.

Havanın kararlı ya da kararsız olması Atmosferin termal özellikleri ile belirlenir. Bu özellik Atmosferin dikey sıcaklık gradienti ile ilgilidir.

Atmosferin kararlı ya da kararsız olma şartları için çok çeşitli kriteriyalar vardır.

Her kriteriya, Atmosferin bir değişik özelliğini ele almakta ve sonuç, buna göre alınmaktadır. En basit tarifıyla Atmosfer'in üst katları aşırı soğuk, alt katları ise nisbeten sıcak ise, bu modelde Atmosfer kararsızdır. Bir diğer tarif, belirli bir referansa göre yapılır. Eğer sıcaklık yükseklikle her 100 metrede 1°C ' den daha azalıyorsa, bu Atmosfer yine kararsızdır. Havanın potansiel sıcaklığına göre (θ) islak hazne potansiel sıcaklığına göre (θ_w), Richardson sayısına göre kararsızlık kriteriyaları ve kriteriyaları vardır. Atmosferin kararsız olması için, yere gelen güneş ışınlarınının geri kısı bir süre içinde ısıtarak, sıcaklığın artması gerekecektir. Bu ise, bulut örtüsüne, güneşin yükseklik açısına, yerin albedo değerine, toprağın cinsine ve hatta rengine bağlıdır. Öte yandan Troposfer içinde sıcak ve soğuk adveksiyonlar da kararsızlık için ayrıca dikkate alınmalıdır.

Kararsız havada, yerden yukarı doğru dikine faaliyetler, kolayca

başlıyacağından yeterli nemin de mevcudiyeti ile yağışlar görülebilir.

Kararsız hava içinde bacadan çıkan gazların yukarı doğru tırmasıyla, yerdaki kirlilik konsantrasyonu min. değere ulaşabilir.

Kararsızlığın tersi kararlılıktır. Kararlı Atmosferde, daha önce belirtilmiş kriteriyalar ters işler. Sıcaklık yükseklikle her 100 metreden 1°C den daha az azalır veya değişmez (izotermal) veya sıcaklık yükseklikle artar (inverziyon).

Inverziyon, hava kirliliğinde sözü en sık edilen bir Atmosferik olaydır. Sıcaklığın yükseklikle azalacağı yerde artması, çok nadir görülen bir husus değildir. Özellikle kış aylarında, yüksek bir basınçla birlikte görülen inverziyon kararlı havanın tipik özelliklerini taşır. Bu durumda, yer yüzü, soğuk, yerdan itibaren üst tabakalar, yere nisbetle daha sıcaktır. Yerdan yukarı doğru olan dikey hareketler görülemeyeceğinden bacadan çıkan gazlar, üst atmosfer kadar çıkamaz, genellikle inverziyon tabakası içinde adeta hapsedilir.

Inverziyon, daima yüksek basınç merkeziyle birlikte görülmeyebilir. Sübeidens (çökme) inverziyonu, cephe inverziyonu, adveksiyon inverziyonu, konveksiyon inverziyonu da çeşitli inverziyonlara verilecek örneklerdir.

Bazen inverziyon olayında, kirlilik miktarı artmayıp, konsantrasyon belli bir seviyede de sabit kalabilir.

Kirlilik konsantrasyonu, yalnız ve sadece inverziyona da bağlamak doğru değildir. Inverziyonun kalınlığı, alt ve üst tabakaların sıcaklık değerleri arasındaki fark, inverziyonun cinsi, muhtemel süresi gibi fak-

törlerin de dikkate alınması gerekeceği gibi, yer ve yer seviyesinin yukarıdaki rüzgârın şiddeti, yönü, basınç değeri, yer seviyesindeki sirkülasyon, ventilasyon faktörü, karışma yüksekliği gibi birbirinden bağımsız faktörlerin bir arada düşünülerek ele alınması gerekecektir.

Bütün bu hususlar diffüzyon modelinde ele alınarak sonuca bir yaklaşım yapılabilir. Şimdi model çalışmalarını inceleyelim:

Hava kirliliği problemlerinde başlıca üç önemli aşama vardır: Önce, kirliliği çıkaran kaynakların tesbiti ve etüdü gelir. Bu bir nevi envanter çalışmasıdır. İkinci aşama kirli gazların atmosfer içindeki dağılımının (Diffüzyon) incelenmesidir. Üçüncü aşama ise, kirli gazların, verilen bir kaynaktan belli uzaklıktaki bir noktada, hangi meteorolojik ve topografik şartlarla ne kadarlık bir konsantrasyon miktarı bırakacağına hesaplanması söz konusudur. Üçüncü aşamayı bir fiziksel ve matematiksel model tesbiti olarak da tanımlayabiliriz. Problemin bilimsel ve teknik yönü daha ziyade son iki maddede toplanmıştır. Ancak yapılacak inceleme ve araştırmalarda birinci madde de önemli bir rol oynar. Verilen bir şehir için kirlilik kaynaklarının tesbit edilmesi ve bu kaynaklardan çıkan kirli gazların miktarının bilinmesi şarttır. Kirlilik kaynakları çok çeşitli olduğunda ve her kirlilik kaynağından çıkan kirlerin ayrı miktarlarda bulunmasından ötürü, günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık ortalamalara ihtiyaç vardır. İdeali ve detaylı bir araştırmanın sıhatli netice vermesi için, ele alınan merasimde kullanılan yakıt cinsi ile miktarı fabrika, imalatخانه, atölye gibi sanai ünitelerinin tesbiti, motorlu vasıta sayısı ve bunun gibi faktörlerinin önce teker teker sonra müştereken göz önüne

alınması gerekmektedir. Bütün bu hususların bilinmesinden sonradır ki, atmosferik diffüzyon ile model tesbiti mümkün olacaktır. Atmosferik diffüzyonda en önemli faktör ise rüzgârdır. Rüzgârın gerek hızı ve gerekse yönü atmosfere bırakılan kirlerin dağılma ve yayılmalarında etkili bir rol oynar. Meteoroloji'de rüzgâr yönü, rüzgârın estiği yön olarak tarif edilir. Örneğini yerden 10 metre yükseklikteki bir bacadan çıkan gazlar, rüzgâr tarafından sürüklenebilecek durumda ise, burada rüzgâr yönü önemle ele alınmalıdır. Rüzgâr örneğin kuzeyli ise, atmosfere bırakılmış gazların güneye doğru taşınmaları gerekir. Üte yandan, baca yüksekliğinin 10 metreden daha uzun olduğu sanayi üniteleri de mevcuttur, bu takdirde rüzgârın yükseklikle hız ve yön bakımından nasıl bir değişim gösterdiğini bilmek gerekecektir.

Herhangi bir kaynaktan çıkan kirleticilerin kaynaktan belli bir uzaklıktaki noktada kirlilik konsantrasyonunu veren formül en basit şekliyle aşağıdaki gibidir:

$$X(x,0,0,0) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u}$$

Burada, X : konsantrasyon miktarı (gm/m^3)

Q : Kaynağın şiddeti (gm/sec)

u : Rüzgârın hızı (m/sec)

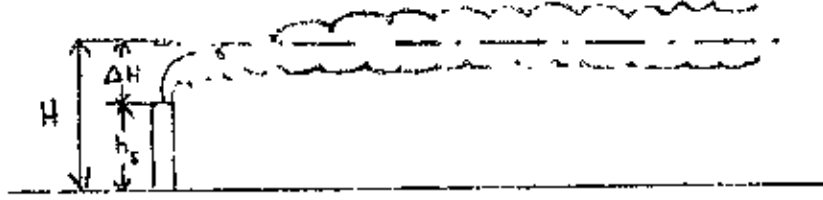
σ_y, σ_z : Meteorolojik sabitler (m) (standart sapma)

yukarıdaki formül, yer seviyesindeki bir kaynağın (bacasız) belirli bir şiddette sahip iken, belli bir uzaklıkta (σ_y, σ_z , atmosferin kararlı veya kararsız özelliklerini içeren ve uzaklığın fonksiyonu olan değerlerdir.

Böyle olarak hazırlanmış grafiklerden bulunur) bırakacağı kirliliği vermektedir.

Yukardaki formül, baca yüksekliği; efektif baca yüksekliği, yerdan belli bir mesafe yukardaki konsantrasyon, gibi daha karışık özellikler için biraz değişikliğe uğrar.

Konsantrasyon problemlerde "Effektif baca yüksekliği" tarif edilir. Effektif baca yüksekliği, böyle bir yükseklik değeridir ki, bir bacadan çıkan dumanların hava içinde düzgün olarak dağıldığı seviyenin, baca ağzından uzaklığıdır, yani,



Burada, H : Effektif baca yüksekliği

h_s : Bacanın kendi uzunluğu

$$H = \Delta H + h_s$$

Effektif baca yüksekliği, bacanın iç çapına gazların, bacadan çıkış hızına, rüzgâr hızına ve gazların bacadan çıktığı andaki sıcaklığına bağlıdır. Effektif baca yüksekliği olarak Holland formülü kullanılır. Buna göre:

$$\Delta H = \frac{V_g \cdot d}{U} \left(1,5 + 2,68 \times 10^{-3} P \frac{\Delta T}{T_g} \cdot d \right)$$

olarak verilir.

Burada, ΔH : Effektif baca yüksekliği (m)

V_g : Bacadan çıkan gazların çıkış hızı (m/sn)

d : Baca iç çapı (m)

U : Rüzgâr hızı (m/sn)

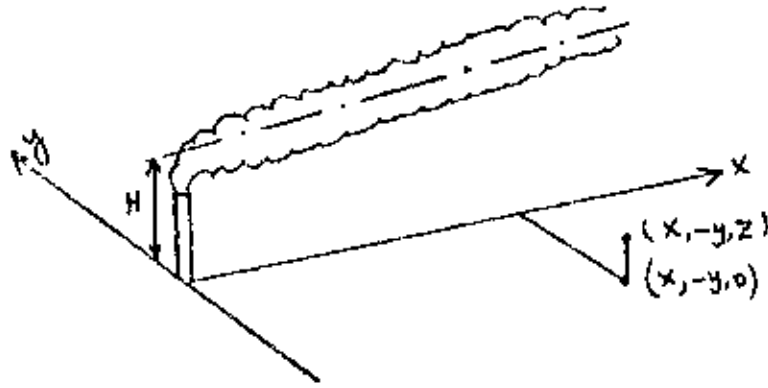
P : Atmosferik basınç (mb)

T_p : Bacadan çıkan gazların sıcaklığı ($^{\circ}K$)

$T = T_p - T_a$ (T_a : hava sıcaklığı ($^{\circ}K$) dir.

Holland formülü, atmosferin nötr karar sıcaklık şartları için oldukça iyi neticeler verir. Formül kararlı ve kararsız şartları için ufak bir değişikliğe uğrar (1,2 ilâ 0,9 arasında değişen katsayılarla çarpılır)

Buna göre bir bacadan çıkan gazların vereceği konsantrasyon ana genel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir.



Yerdeki bir noktadaki konsantrasyon :

Buna göre,

$$\chi(x, y, 0, H) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} e^{-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}}$$

şeklinde verilir

En genel yakınlarda şiddeti belli bir kaynaktan, belli uzaklıktaki bir noktadaki konsantrasyon bu formülle bulunduğundan sonra, ortaya bir matematiksel model koyup, formülde bazı ayarlamalarla en sıhhatli bir görünüm yolu bulmaya çalışmak model çalışmalarının temel konusudur.

Böyle bir modelde :

- 1) Belli bir period için gerekli meteorolojik parametreleri bulmak (lapse-rate, rüzgâr, mixing height)

- 2) Kaynak şiddet değerlerini yansıtacak bir envanter çalışması yapmak.
- 3) Modelin doğru çalışmasını ve sıhhatli netice vermesini sağlamak için aynı periyot için cihazlarla ölçülen konsantrasyonu, hesapla bulunan konsantrasyon değerleri ile mukayese etmek.
- 4) Teori ile tecrübe arasında ortaya çıkacak aşırı farkları önleyecek şekilde matematiksel modelde gerekli düzeltmeleri yapmak.
- 5) Modeli uzun bir periyot için (ay, mevsim, yıl) çalışabilir hale getirmek. Bunun için meteorolojik değişkenlerin ortalamalarından faydalanmak.

Böyle bir araştırma neticesinde şehrin her sokağına kirliliği ölçen bir alet kullanmak külfetinden kurtulunulacak, dolayısıyla probleme daha ekonomik bir açıdan bakmak kolaylığı doğacaktır.

Model sonucunda, şehrin hangi semtlerinin hangi meteorolojik değişkenlerle, hangi mevsimde ne kadar kirliliğe ulaşacağı ortaya çıkacaktır. Bu ise önleyici tedbirlerin alınmasında en doğru ve en güvenilir yolun isabetli bir yolla bulunmasına yardımcı olacaktır.

Model çalışmalarının yalnız bir iki formül ve birkaç değişkenle tamamlanmayacağı şüphesizdir. Model çalışmalarının en etkili yönü, çözüm için gerekli olabilecek her çeşit envanter çalışmalarının, model sonunda gösterecekleri ekonomik bulgular olmalıdır. Şehrin hangi bölgesinin, hangi partilerde niçin daha kirliliğe uğradığının bulunması, kirliliği önleyecek tedbirlerin alınması somunda bir ekonomik göstergesi olarak elbetteki faydalı olacaktır.

Model çalışmaları basit değildir. Yukarda verilen formüller en genel şekliyle ifadeye çalışılmıştır. Çok komplike formül ve denklemlerin kullanılması ve gerektiğinde bu formüller üzerinde değişiklik yapılması zorunlu olabilir.

Sonuç olarak tekrarlamak gerekirse: Atmosferik kirlilik, çevremizi ve bu çevrenin bir üyesi olarak kabul edilmiş insanları tehdit etmektedir. Çıkarıda çevrenin tamamen temizlenmesi artık mümkün değildir, amaç, kirlilik düzeyini en asgari düzeyde tutabilmek hususundaki gayretlerdir. Bu gayretlerin başarıya ulaşması meteorolojik faktörlerin dikkatle ve titizlikle ele alınmasına bağlı olacaktır.