

1.GİRİŞ

2.5 µeq/litre (yaklaşık pH 5.6) den daha yüksek hidrojen yoğunluğuna sahip sulu veya donmuş atmosferik birikim olarak tanımlanan asit yağmurları, fosil yakıtların yanması, kükürt içeren metallerin eritilmesi ve diğer sanayi işlemlerinden kökenlenen önemli bir hava kirlenmesi sorunu olarak kabul edilmektedir.

Özellikle endüstriyel faaliyetler esnasında bacalardan kontrolsüz olarak açığa çıkan gaz ve partiküller çok uzak mesafelere dahi taşınarak bitkiler ve topraklar üzerinde birirmektedir. Havaya verilen gazlar başta karbonmonoksit, kükürtdioksit, azotdioksit, hidrojenflorür ve hidrokarbonlar gibi kirlетici emisyonları içermekte ve bunların fazlalığı asit yağmurlarına neden olmaktadır.

Oluşan asit yağmurları çevreye olumsuz etkiler yapmaktadır. Bu etkiler insan, toprak, bitki göl ekosistemlerine birbirleriyle bağlantılı olarak ve kompleks bir şekilde oluşmaktadır. Asit yağmurları hava kirlетici emisyonların azaltılmasıyla önlenebilecektir. Bunun içinde fosil yakıt tüketimini azaltma, yakıtın ve enerjinin verimli kullanımını arttırmak ve alternatif enerji kaynaklarından yararlanmak gereklidir. Ayrıca asit yağmurları kontrollerinin lokal tedbirlerin yanı sıra, milletlerarası antlaşma ve tedbirleri de gereklidir.

1.1 Tarihçe

1661 de İngiliz bilimadamlar endüstriyel atıkların, insanların ve bitkilerin sağlıkları üzerindeki etkilerine değinmişler, endüstrinin kentlerin dışında yer almasını ve endüstriyel dumanı uzaklara yayacak yüksek bacaların inşa edilmesini önermişlerdir. Yetmişbeş yıl sonra İsveçli bir bilimadamı bir maden ocağının keskin kokulu ve zehirli kükürt dumanı, toprağı aşındırdığına ve daha sonra orada hiçbir bitkinin yetişmediğine dikkat çekmiştir. 1872 de bir İngiliz bilimadamı olan August Smith “Hava ve Yağmur: Kimyasal İklimlerin Başlangıcı” adlı kitabında “Asit Yağmuru” adını verdiği sorunla ilgili 20 yıllık arazi gözlemlerini ve araştırmalarını anlatmıştır. Smith, asit yağmuru sorunu üzerinde birçok konuyu tartışmış ve havadaki sülfirik asidin metalleri nasıl aşındırdığını, dokuları nasıl soldurduğunu ve analiz ettiği yağmur örnekleri üzerindeki çalışmaları anlatmıştır. Bundan otuz yıl sonra bir başka İngiliz bilimadamı asit yağmurunun bitkilerin büyümesini ve filizlenmesini ıktladığını, topraktaki azot oluşumunu etkilediğini anlatmıştır. Yüzyıllar boyunca birçok ülkede yapılan bilimsel çalışmalar aynı konuyu yinelemişler ve insanlarda havadaki kükürt bileşimlerinin bir yıkım habercisi olduğu konusunda bilgi sahibi olmuşlardır. (Fior, J., 1990)

Günümüz Avrupa’ında asidik yağış, özellikle İskandinav ülkelerinde fark edilmiştir; diğer taraftan Kanada ve ABD bu konu ile ilgilenen öncü ülkeler olmuştur.

2.ASİT YAĞMURLARI OLUŞUM MEKANİZMASI

Asit yağmurları, fosil yakıt atıklarının doğal su döngüsüne karışmasıyla oluşur. Kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yakılması sonucu atmosferde kükürt ve azot içeren gazlar birikir. Bu gazlar havadaki su buharı ile birleşince bir kimyasal tepkime meydana gelir. Bu tepkime sonucunda sülfirik asit ve nitrik asit damlaları oluşur. Güneş ışığı bu tepkimelerin hızını artırır. Bunların yeryüzüne dönüşleri kuru ve yağ asit depolanması sonucu olur. Yağ depolamada atmosferde oluşan bütün ürünler, yağmur ve kar içinde çözünmüş halde

yeryüzüne taşınırlar. Kuru depolamada ise atmosferdeki partiküllerin ve gazların yeryüzüne taşınması esnasında yağmur veya kar bulunmaz , sis içinde aerosol şeklinde bulunurlar. hiçbir yabancı maddeyle kirlenmemiş bir atmosferde bile yağmur suyu hafif asidik karakterdedir ve pH derecesi 5.6 civarındadır.

Tablo-1: Yağmur Suyu Analiz Sonuçları

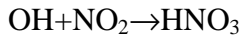
YAĞMUR SUYU ANALİZLERİ	
Element	Konsantrasyon (ppb)
Kurşun	7.005
Bakır	56.674
Kobalt	968.287
Alüminyum	190.431 * 10 ³
Nikel	1028.656
Çinko	12.361

Hazırlayan: Araştırma Şubesi, Hava Kirliliği ve Asit Yağmurları Araştırma Birimi

Bilindiği gibi; 1 m³ havanın ağırlığı 1293 gr dır. Havanın içindeki CO₂ oranı % 0.03 tür. Bu durumda normal havada 0.39 gr/m³ CO₂ bulunmaktadır. Diğer bir kaynağa göre; atmosferdeki CO₂ miktarı 19.yy ortalarında 290 ppm iken günümüzde 340 ppm e yükselmiştir. 1977-78 yıllarında CO₂ artışının 1.5 ppm/yıl olduğu gözönüne alınırsa 2000 yılında atmosferdeki CO₂ oranı daha da artacaktır. (Holdgate ve Ark. Dayanarak Smith, 1985)

Karbondioksitin molekül ağırlığı 44 gramdır. Buna karşılık bir mol. NO=30 g.,NO₂=46 g.,SO₂64 g. Dır. Bu gazlardan en ağır olan SO₂ dahi havada uzun süre kalabilmekte ve rüzgarlarla 3000 km. uzaklara kadar taşınabilmektedir. (Fischer,B.E.A. 1983) İngiltere'deki sanayi havaya kaşan SO₂ Atlas Okyanusundan kıta içine doğru esen hakim rüzgarlarının etkisi ile Avusturya'ya kadar taşınabilmektedir. Londra ile Viyana'nın arası kuş uçuşu 1200 km.dir. dünyanın sanayileşmemiş bölgelerinde de asit yağışlarının oluşumu havaya kaşan NO_x ve SO_x gibi gazların çok uzaklara taşınabileceğini göstermektedir.

Hava kirliliğine neden olan SO_x,NO_x,CO₂,CO,O₃,hidrojen florür emisyonları arasında özellikle SO₂ ve NO_x ler atmosferde su buharının yoğun olduğu bulutlar içerisinde,çeşitli karmaşık fiziksel ve kimyasal işlemler sonucunda birleşerek H₂SO₄ ve HNO₃'e dönüşürler.(Kuleli,1985;Cheng, at al 1987;Çakır,1988;Esin,1993)



SO₂ ve NO_x emisyonları yalnızca endüstriyel faaliyet sonucunda değil,aynı zamanda ulaşım,tabii olaylar ve her çeşit enerji kullanımı sonucu oluşmaktadır.

Fosil yakıtlar bünyelerinde az miktarda kükürt içerirler. Bu yakıtlar yandığında kükürt de yanar ve gaz SO₂ haline gelir. Ayrıca yanardağlar,bataklıklar ve denizler de,bacalardan yayılan kükürt gibi havaya kükürt bileşenleri yaymakta ve bu bileşenler sülfürik asit ve sülfata dönüşmektedir. Havada insanlar tarafından oluşturulan kükürt miktarının diğer doğal kaynaklarca oluşturulan emisyonlarda fazla olduğu ortaya çıkarılmıştır. (Firor,J., 1990)

NO_x ler asit yağmuru ve hava kirliliği toplam yükünün önemli bir miktarını oluştururlar. Bununla beraber SO_x ler kadar bulunmazlar. Şehir atmosferinde farklı azot oksitleri bulunur. En önemlileri diazotmonoksit (N₂O), azotoksit (NO) ve azotdioksittir (NO₂). Şehir bölgelerinde daha çok NO ve NO₂ türlerine rastlanmaktadır. Azotoksitlerin birbirleriyle etkileşim mekanizmaları değişme gösterdiğinden NO ve NO₂ atmosferik konsantrasyonları NO_x olarak bilinir. Ölçümlenen NO_x seviyeleri şehirsellerde her metre küp için 50-150 µg arasındadır ki, bu değer SO₂ ile karşılaştırılabilir bir değerdir. (Livigstone, 1985). Azotoksitlerin kaynağını ise bütün fosil yakıtların gerek elektrik santrallerinde, gerekse otomobil, otobüs ve kamyon gibi araçlarda kullanılması oluşturmaktadır. Yani azotoksitlerin kaynağı kükürtdioksit göre daha yaygındır. (Fior, J., 1990)

Aşağıdaki tepkimeler asit çökmesinde özel bir öneme sahiptir. (Çakır, S., 1988)

- Yükseltgenme tepkimeleri; hem gaz hemde sıvı fazda oluşur ve ürün olarak C, S ve N oksitlerini oluştururlar. (CO₂, SO₂, SO₃, H₂SO₄, NO, NO₂, HNO₂, HNO₃)
- Gazların suya absorpsiyonu; Bulut, yağmur damlacıkları sis oluşumu.
- Asit-baz reaksiyonları; SO_x ve NO_x den oluşan asitlerin (H₂SO₄, HNO₃) bazik karakterdeki amonyak (NH₃) ve tozlardaki karbonatlarla etkileşmesi.
- Aerosollerin oluşması; Havadaki katı ve sıvı partiküllerin gaz fazından dispersiyonu ile oluşan ve genellikle (NH₄)₂SO₄ ve NH₄NO₃ içeren karışımlar.

3. ASİT YAĞMURLARININ ETKİLERİ

Çevre kirliliği asit yağmurlarının düştüğü yerde değil, rüzgara açık başka yerlerde görülür. Büyük Britanya adasını sanayi merkezlerinden kalkan dumanlar kuzeyde güya doğru esen rüzgarlarla İskoçya ve İskandinavya ormanlarına büyük zarar vermektedirler.

Asit yağmurları ormanları, gölleri ve nehirleri büyük derecede etkilemektedir. Birleşmiş Milletler'in yayınladığı bir rapor, İngiltere'deki ağaçların %25'inin asit yağmurlarından etkilendiğini ve bu oranın gittikçe arttığını yazmaktadır. Başka bir raporda da; yeryüzündeki 800 milyon hektar yağmur ormanının 330 milyonunun Brezilya'da olduğu, ekonomik meselelerinden dolayı insanlar tarafından son bir yılda 17 milyon hektarın yok edildiği, bu duruma devam ederse 2020 yılında dünyanın oksijen deposu olan bu yağmur ormanlarının yok olacağı yazmaktadır.

Asit yağmurunun etkisiyle Avrupa'daki göllerin ve nehirlerin sudaki asit oranlarının arttığı, özellikle İsveç'teki göllerin %25'inin asitlendiği ve canlı hayatın bittiği de yine aynı raporda belirtilmektedir. ABD'deki binaların asit yağmurundan gördüğü zararın yılda 2 milyar doları aştığı tahmin edilmektedir. Yine ABD'de bulunan 100 bin gölden yaklaşık 20 bininde ya hiç balık kalmamış ya da bu yönde olumsuz bir gelişme vardır. Ülkemizde asit yağmurları, kaynaklardan itibaren nispeten yakın çevrelerde düşerek etkili olmaktadır. Buna ilişkin iki örnek, Murgul Bakır İşletmeleri ile Samsun Bakır ve Azot Sanayii İşletmeleridir. Ayrıca sanayi şehirlerimizde yani karbondioksitin fazla olduğu yerlerde hava akımının olmadığı yerlerdedir. Buna en iyi örnek Manisa'dır.

Netice olarak bu kirlilik sonucunda ormanlar yok olmakta, sular kirlenmekte, bunun sonucunda erozyon hızlanmakta ve yeryüzünde her yıl büyük miktarda toprak yok olup gitmektedir.

3.1 Bitkilere Etkileri

Kükürtdioksit ve azotoksitler, stomalar yoluyla ibre ve yaprak dokularına girmekte, özellikle SO_2 bir yönden oksijen alımını önlemekte, diğer yönden de bünyede H_2SO_4 e dönüşerek parçalama, yakma veya kemirme etkisi yapmaktadır. Kükürtdioksitin yaprak ve ibrelerde oluşturduğu sülfirik asidin sünger mezofil hücreleri içerisinde bulunan kloroplastlardaki magnezyumu giderek kuruttuğu, klorofili ve plazmayı tahrip ettiği dolayısıyla özümlemeyi engellediği, bunlarında sonuçta ölüme neden olduğu bilinmektedir.

Asit yağmurlarının ormanın toprağına, toprak suyuna ve orman vejetasyonun bizzat kendisine yapmış olduğu olumsuz etkiler sonucu orman ağaçları hastalanmakta, sağlığı bozulmuş ağaçların kuraklığa, dona, zararlı böcek ve mantarlara karşı dirençleri kırılmaktadır. Bu çok sayıdaki ve çeşitteki etmenlerin birbirlerini güçlendiren etkileri ile meydana gelen hastalığa “Kompleks Orman Hastalığı” ve bu hastalığın sonunda meydana gelen ölüme de “Orman Ölümü” denilmektedir. En çok zarar gören ağaçlar köknar, ladin ve kayındır.

Dünyamızı yaşanabilir kılan öğelerin pek çoğunun yaratıcısı, varlığını sürdürebilmesinin öncelikli koşulu olan bitki örtüsünün, özellikle ormanların süratle yok edilmesi, dünyamızın yaşanabilir bir gezegen olmaktan çıkmasına neden olabilecektir.

3.2 Göllere Etkileri

Göller ve akarsular gibi yüzey sularının asitliğini açıklayan çok sayıda modeller geliştirilmiştir. Yüzey sularında gözlenen pH değerlerini açıklayabilmek için bilinen tüm analitik kavramların uygulanması gerekmektedir.

Sulu sistemler incelendiğinde bazı değişiklikler gözlenmiştir. Bu şüphesiz beklenen bir sonuçtur, çünkü sulu sistemlerde kirleticiler daha kısa zaman kalabilirler ve toprağına göre kirleticileri yapılarına alma kapasiteleri daha düşüktür. Sulu sistemde bu amaç için gerçekleştirilen çalışmaların başlıca ilgi alanları şunlar olabilir:

- 1- Biyolojik, kimyasal ve sulu sistemde değişiklikler.
- 2- Bu değişikliklerin biyolojik, kimyasal ve sulu sistemle ilgili indikatörleri.
- 3- Sulu sistemlerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişikliklerin belirli bir tarih dilimi içinde incelenmesi.
- 4- Felaket durumu (episod) ve uzun dönemler için duyarlı bölgelerin saptanması.
- 5- Sulu sistemler için tanımlar ve sulu sistemlerin özümleme kapasiteleri.

Asit depolaması göllerin kimyasal biçimine etkiyerek asitliğini artırır. Bu ise asitliğe duyarlı balıklar ve yumuşak canlıların tür ve miktarlarında azalmaya sebep olmaktadır. (Carter, 1979). Örneğin asitli göllerde yaşayan balıkların solungaçları ve vücutları asitten doğrudan etkilenmekte, aynı zamanda da bu balıklar asitlerin dolaylı etkisine dolaylı maruz kalmaktadırlar. Eğer asitli yağmur göle toprak altından ulaşıyorsa, bu yağmur suyu akarken topraktaki alüminyumunu da çözmekte ve göle taşımaktadır. Çözünen alüminyumun suya ulaşan kısmı ise bazı sualtı yaşam biçimlerini de zehirlemektedir. Bunun yanında asidik yağışlar gölün nötrale kapasitesini de yok etmekte ve gölleri asit yağmurlarına karşı korumasız bırakmaktadır. (Fior, J., 1990)

Halen birçok göle aşırı asitliği gidermek üzere kalsiyumhidroksit püskürtülmektedir. İsveç'te bu amaçla her yıl 40 milyon dolar harcanmaktadır.

3.3 Toprağa Etkileri

Asit yağışları toprağın yapısındaki Ca, Mg gibi elementleri yıkayarak taban suyuna taşımaktadır, toprağın zayıflamasına ve zirai verimin düşmesine neden olmaktadır. Japon laboratuvar etütlerine göre; hava kirliliği ve asit yağmuru buğday ve pirinç ürününde %30 a kadar varan bir azalmaya yol açabilecektir.

Genel olarak çeşitli elementlerin dönüşümünden sorumlu olan ve C, N, P ve S döngüsünde merkezi bir etkenliğe sahip olan toprak mikroorganizmaları büyük önem taşımaktadır. Enerji korunumu, besin döngüsü, primer verimlilik ve döküntünün ortadan kaldırılması gibi ekosistem kısımları üzerinde mikrobiyal parçalanma asit yağmuru tarafından engellendiğinden, bu durum ekosistem verimliliğinde bir azalmaya neden olabilir. Mikrobiyal gelişme topraktaki asiditeye bağlı olarak azalmaktadır (Franchis v.d,1980). Ekosistem içerisinde yer alan çeşitli birimler de asit yağmuru sonucu topraktaki pH değişimi ile etkilenmektedir.

Toprağın asitleşmesi aynı zamanda alüminyum ve diğer ağırmetallerin salınması anlamına gelmektedir. ABD de yapılan bir çalışmada topraktaki H^+ iyonu konsantrasyonunun artmasıyla Al^{+3} gibi metalik katyonların çözünürlüğünün artmasının bitkilere çok zararlı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, topraktaki baz doygunluğunu azalttığı, organik maddelerin ayrışmasını nitrifikasyon olayı ile toprağın sülfat adsorpsiyonunu etkilediği bilinmektedir. (Acar,1986; Çakır,1988)

Toprağın asitlenmesinde ençok katkıda bulunan maddeler, atmosferde birikme sonucunda toprağa geçen kükürt bileşikleridir. Azot bileşikleri ise bitkilerin özümleyeceği miktardan fazla olduğu zaman toprağın asitlenmesinde rol oynamaktadır (Çakır,S.,1988).

Türkiye'nin toprak yapısı incelendiğinde özellikle Karadeniz bölgesi dışındaki toprakların genellikle kireçli ve bazik karakterli olması nedeniyle asit kirlenmesinin diğer ülkelere göre şimdilik ciddi boyutlarda olmadığı görülmektedir.

3.4 İnsana Etkileri

Asidik zerrecikler genellikle sülfür dioksit ve nitrik oksitlerin atmosferdeki yayılması ile oluşur. Sonuçta oluşan nitrik ve sülfürik asit diğer partiküller (toz,is,kurum,duman vs) üzerine yapışır. Bu partiküllerin direk olarak solunması bu asidik yapıların doğrudan akciğerlere kadar gitmesine neden olmaktadır. Bu asidik yapıdaki tozlar ve gazlar nemli ve sıcak akciğer alveollerinde kimyasal olarak kana geçebilirler. Bu da astım ve bronşit gibi solunum yolu hastalıklarına neden olur.

Asit yağmurlarının insanlar üzerindeki dolaylı etkileri yüzey ve içme suları, yer altı suları, toprak, ağırmetaller, bitkiler ve balıklar üzerindeki etkilerine bağlı olarak unsurların kullanılması sonucu uzun vadede insan bünyesinde asidik depolanmaya neden olur.

Asitleşen topraktan kaynaklanan asitliği yükselmiş sular mide asiditesini artırarak mide ülserine neden olmaktadır. Ayrıca asit yağmurları topraktaki iyotu eriterek o toprakta yetişen meyve ve sebzelerin içme sulamının iyot miktarlarının azalmasına neden olmaktadır. Bunları yiyen ve özellikle iyotu eksik sular içen insanlarda guatr denilen troid bezi hastalıklarına neden olmaktadır (Alnacı,1991;Peker,1992). Asit depolanması insan sağlığını su kaynakları ile dolaylı olarak etkilemektedir. Asitli sular su şebekesinde borulardaki kurşun,bakır ve asbesti çözmekte ve bu suların kullanılması ciddi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Hatta toprakta bulunan kadmiyum, civa gibi ağır metalleri çözerek içme suyu kaynaklarına ve yüzey sularına taşımaktadır (Çakır,1988).

3.5 Yapı Malzemelerine Etkisi

Asit,yalnızca canlılara değil,aynı zamanda binalara da zarar verir. Asit özelliğindeki maddeler kimyasal ayrışmayı arttırmırlar. Bu,asidin herhangi bir yüzeye değdiğinde, onun özelliklerini değıştirmesi anlamına gelir.

Genellikle yüksek oranda karbonat içeren yapı taşlarında kimyasal bozunma sonucu $\text{Ca,HCO}_3,\text{SO}_4$ çözünmesi ilk olarak asit yağmurlarının yüksek Ca^{+2} çözebilirlik özelliğine,ikinci olarak da asit öncülerinin (asit oluşumuna neden olan SO_x, NO_x kirleticileri) taş yüzeyinde kuru depolanmasıyla,taş yüzeyinde kalsiyum tuzlarının formasyonuna neden olur.

Asit yağmurları taş yüzeyinde hem tuz zenginleşmesine hem de hava kirleticilerin taş malzemelerin reaktif birleşimine olan saldırısından kaynaklanan reaksiyon ürünleri yıkamasına sebep olur (Steiger, at al.1993)

Asit yağmurlarının binalarda meydana getirdiği diğer bir zararda, binalarda çatı örtüsü olarak kullanılan çinko gibi metal levhalarda görülen yıpranmalardır.

Örneğin,Hindistan'da bulunan Taç Mahal, çevredeki çevre kirletici fabrikalardan dolayı meydana gelen asit yağmuru ile tahrip olma noktasına gelmiştir. Bu 350 yıllık sanat eseri yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Muğla- Yatağan termik santralinin etkisindeki Stratonikeia Antik Kenti Kazı Başkanı Prof. Dr. M. Çetin Şahin, santralden çıkan asit yağmurlarının yazıtları giderek okunmaz hale getirdiğini belirtmiştir.

3.6 Ekonomik Zararları

Asit yağmurlarının verdiği ekonomik zararları şöyle sıralayabiliriz:

- Ağaçların henüz olgunlaşmadan kesilmesinden doğan zarar.
- Arazi gelirlerinden yoksun kalmaktan doğan zarar:Bu zarar orman ölümü ile üretimden uzaklaşan arazinin zarar süresince sağlayabileceği gelirden oluşur.
- Toprak koruma önlemlerinden doğan zarar:Orman rejimi içine giren ve fakat çeşitli nedenlerle aşınmaya uğrayan toprakların korunması ve özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılan harcamalardır.
- Ek ağaçlandırma giderlerinden doğan zarar:Zarara uğrayan alanlarda gaz etkisinin geçmesi ile yeniden ormanlık üretimine geçilmesi gerekli olan ağaçlandırma giderleridir.
- Ormanların azalması ve toprağın çoraklaşması sonucu oluşan erozyon büyük miktarlarda toprak kaybına neden olur.
- İnsan sağlığı açısından doğan zararlar:Ormanlar hava kirliliği için bazen doktor bazen de hasta durumundadırlar. Olgun iri yapraklı 100 yaşındaki bir kayın ağacı saatte yaklaşık olarak 1.7 kg O_2 üretmekte,2.35 kg CO_2 tüketmektedir. Ayrıca aynı kayın ağacı yılda 1 ton tozu süzmekte,baca gazları,bakteri ve virüsleri bağlamaktadır. Bu nedenle orman havası havadaki partiküllerin,özellikle solunumla akciğere giden tozların sayısı bakımından kent havasına göre %90-99 oranında daha temizdir. Bu durumda termik santrallerinin etkileriyle ortaya çıkan orman ölümlerinin insan sağlığını ne derece olumsuz etkilediğini tahmin etmek pek de zor değildir

AT ülkelerinde geri kalan kükürt emisyonlarını 1980-2000 yılları arasında %55-65 azaltmanın yılda 4.6 milyar ile 6.7 milyar dolar (1982 değeri) maliyet getireceği tahmin edilmektedir. 2000 yılına kadar azot düzeylerini yılda yalnızca %10 düşürmek için sabit kazanlarda uygulanacak kontrollerin 100.000-400.000 dolar (1982 değeri) maliyet getireceği hesaplanmaktadır. Bu rakamlar,elektriğin tüketiciye ulaşma fiyatında bir defalık yaklaşık %6 lık bir artış anlamına gelmektedir. Etüdlere göre yalnızca madde kaybı ve balık kaybı sebebiyle zarar maliyeti yılda 3 milyar dolar olmakta; tam ürünlerine, ormanlara ve sağlığa verilen zarar ise yılda 10 milyar dolar olarak tahmin edilmektedir. Otomobil egzozundaki azot oksit ve hidro karbon gazlarının büyük ölçüde azaltılması için kullanılan teknolojiler ABD ve Japonya da yaygın olmakla birlikte Avrupa da yaygın değildir.

Asit yağmurlarının 1980 yılında Fransa da verdiği zarar 2 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. Bu, sadece Fransız ulusal sınırları içinde kalan fabrikaların dumanlarının verdiği zarar değildir. Komşu ülkelere rüzgarlarla sürüklenen dumanlarda Fransa ormanlarını, çayır ve otlaklarını zarara uğratmaktadır. 1980 yılında Kanada da asit yağmurları 18.8 milyar dolar zarara yol açmıştır.

4.Sonuç ve Öneriler

Hava kirlenmesi ve neden olduğu asit yağmurları, toplumların modernleşme hedefleri için tükettikleri doğal kaynaklarla, aşırı üretim ve tüketimin ortaya çıkardığı çevresel problemlerden biridir. Teknolojinin gelişmeye başlamasıyla birlikte üretim-tüketim zincirinde meydana gelen aşırı atıklar ekolojik dengeyi bozarak çevreyi yaşanmaz hale getirmiştir. Tüm bu sorunlar kaynaklandığı ülke veya bölge sınırlarını aşarak uluslar arası nitelik kazanmakta ve gittikçe artan boyutlara ulaşmaktadır. Çözümler için alınacak tedbirler ve yaptırımlarda uluslar arası antlaşmaları ve katkılar şart koşmaktadır.

Enerji üretim, endüstri, ısınma ve trafik gibi faaliyetler sonucu kirlenici emisyonlar sebep olduğu hava kirliliği, lokal olarak alınacak tedbirlerle olumsuz etkileri azaltılabilir. Özellikle nüfusun, sanayiinin ve trafiğin yoğunlaştığı, topografik ve meteorolojik koşulların hava sirkülasyonunu zorlaştırdığı bölgelerde hava kirliliğini azaltıcı tedbirler zorunlu hale gelmektedir.

Lokal olarak alınacak tedbirlerin başında; temiz ve ıslah edilmiş yakıtların kullanılmasıyla SO₂ emisyonu ile diğer kirlenici emisyonlar azaltmak düşünülebilir. Kömürün ıslahı;uygun boyutlu kömür sağlamak için gereken basit kırma ve eyleme,kömürün yıkanarak mineral maddesinin azaltılmasına ve geliştirilmekte olan çeşitli kükürt giderme yöntemlerini kapsamaktadır. (Culfaz;1994). Kazan ve sobaların kullanılmasında tam yanma ve maksimum enerji verimliliği,kalorifer ve ateşçi eğitimi ile sağlanabilir (Yılmaz,1991). Ayrıca,doğalgaza geçişin yaygınlaştırılması,daha düşük kükürt içeren yakıtların kullanılması kirlenici emisyonlar lokal olarak azaltılabilecektir.

Büyük kapasiteli sanayi tesislerinde hava kirliliği emisyonları,enerji tasarrufu sağlayacak ve verimliliği yükseltecek teknoloji kullanılarak azaltılabilir. Kirlenicilerin yeterli dağılımını sağlayabilecek baca yüksekliği seçilmesi,toz ve gaz emisyonları monitör yardımıyla sürekli izlenmesi ve gerekli elektro filtre,torba filtre veya siklon sistemleri,baca gazı arıtma tesisleri kurulması gerekmektedir.

Motorlu araçların emisyon kontrolü; akaryakıt kalitesinin artırılmasıyla motorlu araç performansı artırılarak, kurşunlu benzin kullanımı yaygınlaştırılarak sağlanabilir. (İçingör,1991). Periyodik muayene,yanma kusurlarının giderilmesiyle araç emisyonları düşürülebilir.

Fiziki planlamalar,hava kirliliğinin azaltılmasında büyük rol oynamaktadır. Bu planlar;

- Binalarda ısı yalıtımının sağlanması,
- Ormanların ve yeşil alanların korunması,yaygınlaştırılıp,geliştirilmesi
- Trafik yoğunluğunu azaltacak metro,çevre yolları,alt geçit gibi altyapı ve toplu taşıma sistemlerinin yaygınlaştırılması,
- Nazım planlarda şehirlerin gelişmesinde topografik ve meteorolojik şartların gözönüne alınması,
- Sanayi tesisi için doğru yer seçimi,

gibi temel faktörlerin değerlendirilmesi gerekmektedir (Culfaz,1994).

Sonuç itibariyle hava kirliliği probleminin etkilerini azaltmak için bulunacak çözüm yolları ve alınacak tedbirler,yerel uygulamalar zorunlu kılmakla beraber sorunu çözmeye yetmeyecektir.