

**PROJE TABANLI DENEY UYGULAMALARI**

**KÜKÜRT OKSİTLERİN ÖZELLİKLERİ**

**ORTAÖĞRETİM KİMYA DENEYLERİ**

**DERSİN SORUMLUSU : PROF.DR. İNCİ MORGİL**

**HAZIRLAYAN : HİLAL ÖZER**

**H.Ü. ANKARA 2007**

**PROJE HEDEF SORUSU:** Kükürt Oksitlerin Özellikleri

**HEDEF DAVRANIŞLAR:**

**Hedef 1:** Kükürt Ve Kükürt Oksitlerin Özelliklerini Kavrayabilme

**Davranışlar:**

1. Kükürt elementinin özelliklerini açıklar
2. Kükürt oksitleri açıklar ve örnekler verir
3. Kükürt oksitlerden  $SO_2$  ve  $SO_3$ 'ün elde edilmelerini açıklar
4. Kükürt oksitlerden  $SO_2$  ve  $SO_3$ 'ün fiziksel özelliklerini açıklar
5. Kükürt oksitlerden  $SO_2$  ve  $SO_3$ 'ün kimyasal özelliklerini açıklar
6. Kükürt oksitlerden  $SO_2$  ve  $SO_3$ 'ün kullanım yerlerini açıklar

**Hedef 2 :** Kükürt Oksitlerin Neden Olduğu Hava Kirliliğini Kavrayabilme

**Davranışlar :**

1. Kükürt oksitlerin neden olduğu hava kirliliğini açıklar
2. Kükürt oksitlerin neden olduğu hava kirliliğinin çevre ve canlılar üzerindeki etkilerini açıklar
3. Bütün bu etkileri önlemek için alınması gereken önlemleri açıklar

## **ÖĞRETME-ÖĞRENME ETKİNLİĞİ**

Öğretme-öğrenme etkinliği olarak deney yapma seçildi. 3 deney yapıldı. Bu deneyler, kükürtdioksidin bazı özelliklerini anlatmak ve daha iyi kavratmak amaçlı yapıldı.

Öncelikle kükürt tozu yakıldı ve oluşan ürünün kükürtdioksit olduğu vurgulandı. Ve oluşan bu gaz için koku testi yapıldı. Kükürtdioksitin, keskin kokulu, batıcı, öksürten bir gaz olduğu öğrenildi.(1.deney)

Kükürtdioksit, bir ametal oksittir. Ametal oksitler asidik özelliğe sahiptirler. Bunu göstermek için de çıkan gaza su ile ıslatılmış mavi turnusol kağıdı tutuldu ve turnusol kağıdının rengi maviden kırmızıya döndü. Bu da kükürtdioksidin asidik özelliğe sahip olduğunu gösterir.(mavi turnusol kağıdının rengi asidik ortamda kırmızıya döner).(2.deney)

Son olarak da potasyum permanganat emdirilmiş süzgeç kağıdı çıkan  $SO_2$  gazına tutuldu ve oluşan değişiklik izlendi.(Süzgeç kağıdına  $KMnO_4$  damlatmadan önce seyreltik sülfürik asit damlatıldı) Potasyum permanganatın rengi başlangıçta mor iken  $SO_2$  gazına tutulduktan sonra rengi gitti. Burada bir redoks tepkimesi olmaktadır .Potasyum permanganattaki mangan +7 den +2 e indirgenirken,  $SO_2$  deki kükürt +4 den +6 a yükseltgenir. Bunu anlatmak amaçlı da bu deney yapıldı.(3.deney)

## KURAMSAL BİLGİLER

### KÜKÜRT

Kükürt, limon sarısında ametal, katı, simgesi S olan kimyasal bir elementtir . Kükürt tatsız, kokusuz bir katıdır, ısı ve elektriği iyi iletmez. Kükürt doğada yaygın olarak bulunan bir elementtir (yer kürenin % 0,06'sını oluşturur). Özellikle en önemli kükürt yataklarının yer aldığı Sicilya, Louisiana ve Japonya'da eski volkanların yakınında, alçı taşı ya da kireç taşı katmanları arasında doğal halde bulunur. Çoğunlukla metallerle birleşmiş olarak görülür; demir, bakır, kurşun, ve çinko sülfürler, bu metallerin en önemli cevherleridir kalsiyum sülfatı ya da başka deyişle alçıtaşını da saymak gerekir.

Canlıların en önemli yapıtaşları olan proteinlerde bulunan kükürt, canlı organizmaların bozunması sonucu H<sub>2</sub>S haline dönüşür. Bozunma sonucu duyulan karakteristik koku H<sub>2</sub>S ten ileri gelir. canlıların fosilleşmesi sonucu oluşan kömür ve petrol açıklanan nedenle kükürt içerir.

Doğada bulunan önemli sülfür ve sülfatla şunlardır:

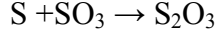
FeS <sub>2</sub>	pirit
CuFeS <sub>2</sub>	halkoprit
PbS	galen
ZnS	çinkoblend
CaSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	gips
BaSO <sub>4</sub>	barit

Kükürdün birçok kullanım alanı vardır. Ham kükürdün büyük bölümü, kükürt dioksit gazı, sülfürik asit, karbon sülfür, tiyosülfat vb. üretiminde kullanılır. Arı kükürt, kara barut ve havai fişeklerin bileşimine girer. Kükürttten ayrıca kibrit yapımında, kauçuğun kükürtlenmesinde, ebonit üretiminde yararlanır. Bu aralarda bağlarda görülen külleme hastalığına karşı yapılan kükürtleme ile deri hastalıklarının tedavisinde kullanılan pomat ve şampuanların hazırlanmasında kükürttten yararlanıldığını özellikle belirtmek gerekir.

Kükürt, hem dahilen hem de haricen kullanılan bir halk ilacıdır. Uyuz ve egzamada mangal külüyle karıştırılan kükürt, zeytin yağıyla pomat yapılarak hasta bölgeye sürülür. Alerjiye karşı toz kükürt, leblebi unu ya da balla karıştırılarak hastaya yedirilir. Yanıklarda bir miktar kükürt kireçle karıştırılıp pomat haline getirilerek deriye sürülür. Kulak hastalıklarını sağaltmak için, çocuk düşürmek içinde kullanılır. Anadolu'nun bazı yörelerinde hayvan uyuzunda ve hayvanların mide bağırsak parazitlerini düşürmek üzere dahilen kükürt kullanılır.

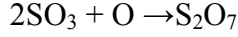
## KÜKÜRT OKSİTLER

1. **KÜKÜRT SESKİOKSİT**  $S_2O_3$  : Koyu,yeşil,katı bir maddedir. Küküdün sıvı trioksida etkisi ile elde edilir:

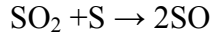


Çok dayanıksızdır ;  $2S_2O_3 \rightarrow S + 3SO_2$  şeklinde bozunur

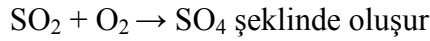
2. **DİKÜKÜRT HEPTOKSİD**  $S_2O_7$ : Persülfat asidi anhidriti,dayanıksızdır.



3. **KÜKÜRT MONOKSİT**  $SO$  : Renksiz bir gazdır, elektrik deşarjlarının kükürt dioksitle kükürt buharlarından ibaret bir karışım üzerine tesirinde oluşur:



4. **KÜKÜRT TETROKSİT**  $SO_4$  :



Katı ve beyaz bir madde olup  $3^0C$  de eirir ve bu esnada oksijen vererek dikükürt heptoksit  $S_2O_7$  haline geçer. ( $2SO_4 \rightarrow S_2O_7 + 1/2 O_2$ )Bu bileşik kuvvetli bir oksidasyon maddesidir.

5.**KÜKÜRT DİOKSİT**  $SO_2$  :



Tehlike sembolü :

(toksik (zehirleyici) madde)

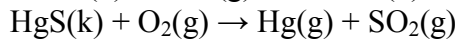
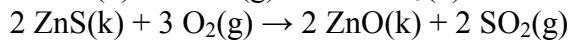
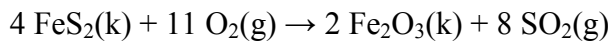
T

**ELDE EDİLMESİ :**

- Kükürt dioksit elde etmek için, sanayide ya kükürt yakılır:



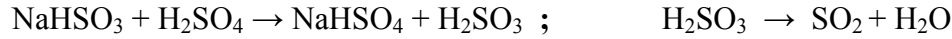
- Ya da pirit veya başka sülfürler kavrulur:



- Laboratuvarıda derişik sülfirik asit bakır rendeleri ile ısıtılır:



- Laboratuvarında diğerk bir yöntem de derişik sodyumbisülfid çözeltisine derişik sülfirik asit damlatılmasıyla olur:



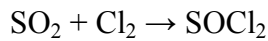
## FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Erime noktası : - 75<sup>0</sup>C  
Kaynama noktası : -10<sup>0</sup>C

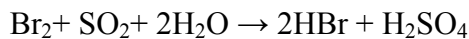
Kükürt dioksit renksiz, ekşi kokulu boğucu , yanmaz ve patlamaz bir gazdır, astım yapar. Atmosferdeki konsantrasyonu 785 µg/m<sup>3</sup>'e (300 ppb) ulaştığında (eşik değerk) tadı, 1305 µg/m<sup>3</sup> (500 ppb) değerkine (eşik değerk) geldiğinde kokusu algılanır. Kükürt dioksit ,volkan gazlarında ve fabrikaları çok büyük şehirlerin havasında bulunur. Çünkü bu gaz kükürt içeren kömürlerin yanmasından oluşur.. Bu gaz soğutulduğu zaman renksiz bir sıvı haline yoğunlaşır. Sıvı daha fazla soğutulduğu zaman beyaz billur halinde donar. En çok sülfirik asit sentezinde tüketilir.Kükürt dioksit suda oldukça fazla çözünür.

## KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

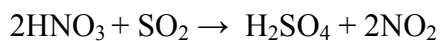
- Kükürt dioksit çok dayanıklıdır, kükürt dioksit , sülfüroz asit ve tuzları kuvvetli indirgendirler ; O<sub>2</sub> , Cl<sub>2</sub> , MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> gibi yükdeltenlerle +6 değerklikli kükürt bileşiklerini verirler.
- Güneş ışığında klor, kükürt dioksitle sülfürid klorür verir:



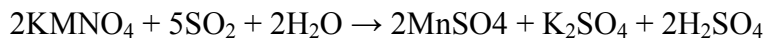
- Su beraberinde halojenler sülfat asidine yükseltgenirler.mesela kükürt dioksit bromlu suyu indirger:



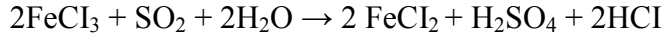
- 450<sup>0</sup>C e ısıtılmış platin süngeri üzerinden kuru SO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> karışımı geçirilirse kükürt trioksit SO<sub>3</sub> elde edilir. Kükürt trioksit sülfat asidi anhidritidir , su ile sülfat asidi verir.işte bu kontakt metodu ile H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> elde edilşinin prensibidir.
- Kükürt dioksit derişik nitrik asitten geçirilirse sülfirik asit oluşur ve NO<sub>2</sub> açığa çıkar:



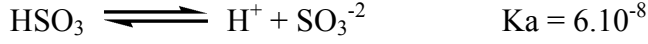
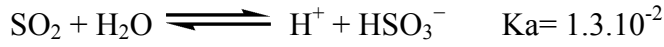
- Potasyum permanganat çözeltisi SO<sub>2</sub> çözeltisine damlatılırsa rengi gider:



- Kükürt dioksit demir(III) klorürü de indirger :



- Kükürt dioksit sülfite asidi anhidritidir :



## KÜKÜRT DİOKSİDİN KULLANILIŞI

- Teknikte kükürt dioksit sülfirik asidi elde etmek için  $\text{SO}_3$  e yükseltgemekte kullanılır.
- Kuru meyvelerin muhafazasında kullanılır.
- Kireç sütü ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) içerisinde kükürt dioksit geçirmekle elde edilen kalsiyum hidrojen sülfite  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$  odun hamurundan lignini çözündürmek için kullanılır. Bu şekilde ligninden kurtarılan selülozdan kağıt imal edilir.
- $\text{SO}_2$  organik maddelerle katılma bileşikleri vererek renklerini giderir. Bu yüzden ağartıcı olarak kullanılır. Fakat bu şekilde giderilen renk bazen geri gelebilir.
- Kükürt dioksit bakterileri öldürdüğü için şarap fıçılarında ve bulaşıcı hastalık çıkan evlerin dezenfeksiyonunda kullanılır. Her iki durumda da  $\text{SO}_2$  ancak kullanılacağı zaman kükürdü veya karbon sülfürü yakarak elde edilir.
- Sıvı kükürt dioksit reçineler ve pek çok organik maddeler için iyi bir çözügendir, petrol rafinasyonunda önemli yeri vardır.

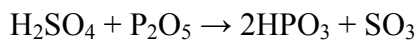
## 6.KÜKÜRT TRİOKSİT $\text{SO}_3$



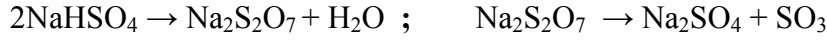
Tehlike sembolü : **C** (korozyif(aşındırıcı) madde)

### ELDE EDİLMESİ

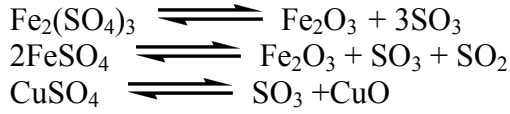
- Kükürt trioksit, sülfirik asidin anhidriti olup bu asitten su çekmek suretiyle elde edilebilir. Düşük sülfirik asitle fosfor pentoksitten oluşan bir karışım ısıtılacak olursa  $\text{SO}_3$  meydana gelir:



- Bundan başka kükürt trioksit bisülfatların ısıtılmasından elde edilir. Bu takdirde bisülfatlar önce piro-sülfatlara dönüşürler:



- Ağır metal sülfatlarının ısı ile dissosiyasyonundan  $\text{SO}_3$  oluşur:



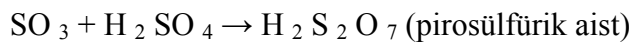
- Teknikte kükürt trioksit *kontak metodu* ile elde edilir:

Bu metodun esası  $\text{SO}_2$  i bir katalizör beraberinde hava oksijeni ile  $\text{SO}_3$  e yükseltmekten ibarettir. Bu reaksiyon çok ekzotermiktir:



Katalizör üzerinden geçirilecek gazın tozsuz, katalizörü zehirleyen özellikle  $\text{As}_2\text{O}_3$  den temizlenmiş olması gerekir. Katalizör dengenin konumunu değiştirmez., dengeye çabuk varılmasını sağlar. Katalizör olarak ince dağılmış platin (platinli asbest) kullanılabilir. Platin zamanla zehirlenerek etkisini kaybettiğinden ve pahalı olduğundan yerini vanadyum pentaoksitine ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) bırakmıştır. İki yönlü olan bu ekzoterm reaksiyon, sıcaklık derecesinin artırılması ile sola kayacağından ( $600^\circ\text{C}$ 'de  $\text{SO}_3$  'ün %24'ünü  $\text{SO}_2$  'ye parçalanır.), soğukta ise yavaş yürüyeceğinden ortalama en uygun şart olarak,  $400^\circ - 450^\circ$  de yapılır. Böylece  $\text{SO}_2$  nin %98 i  $\text{SO}_3$  haline geçer.

İçinde  $\text{SO}_3$  bulunan gaz karışımı suya gönderirse büyük bir sis tabakası dışarı yayılır, yani su, sülfürik asit çözeltisi haline gelmez. Kükürt trioksidin suya karşı çok düşük olması ilk bakışta bağdaşmayan bu olayın nedeni şudur; suya girer girmez gaz kabarcığı içinde  $\text{H}_2\text{SO}_4$  damlacıkları oluşmuştur. Bunların kinetik hareketleri çok yavaştır, kabarcık içinin gaz fazından sıvı sınırına ulaşmadan atmosfere çıktıkları görülür. Bunun için kükürt trioksit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  içine gönderilir. Burada gaz kabarcığı içinde  $\text{SO}_3$  molekülleri vardır. Moleküllerin çok hızlı kinetik enerjileri dolayısıyla kükürt trioksidin çözünmesi yani



reaksiyonu daha kabarcık atmosfere çıkmadan gerçekleşir ve dumanlı sülfürik asit denen %40 – 60'lık bir çözelti meydana gelir. Sonradan dumanlı sülfürik asit su ile seyreltilerek istenen konsantrasyonda sülfürik asit hazırlanır.

## FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

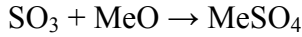
Kükürt trioksit oda sıcaklığında renksiz bir sıvı olup su musluğunun altında soğutulduğunda bile donar ve biraz ısıtılınca kaynar. Erime noktaları  $16.8^\circ\text{C}$ ,  $32.5^\circ\text{C}$  ve  $62.2^\circ\text{C}$  olan 3 şekilde bulunur. Bunlar sırasıyla,  $\gamma\text{-SO}_3$ , sıvı halde bulunur,  $\alpha\text{-SO}_3$ ,  $\beta\text{-SO}_3$  ise katı haldedir.  $\beta$ -ve  $\gamma$ -formu için kaynama noktası  $44,45^\circ\text{C}$  ,  $\alpha$ -Formu  $50^\circ\text{C}$  de ayrışır.

## KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

- Kükürt trioksidin buharı son derece nem kapıcıdır. Kendisi göze görünmezken, havadaki su buharı ile birleşerek  $H_2SO_4$  halinde yoğunlaşır. Sülfat asidi damlacıkları kalın bir sis meydana getirir.  $SO_3$  ün suda çözünmesi kızgın demirin suya batırılışı gibi bir ses çıkararak şiddetli bir reaksiyonla fazla miktarda ısı çıkışı ile olur. Sülfürik asit oluşur:

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + ısı$  ; bu esnada oluşan sülfürik asit küçük damlacıklar halinde yoğunlaşır. Çok nem kapıcı olduğundan  $SO_3$  kapalı tüplerde muhafaza edilir.

- $SO_3$  , metal oksitleri ile de reaksiyon vererek sülfatları meydana getirir.



- $SO_3$ , çok kuvvetli bir oksitleyicidir. Özellikle organik maddeler  $SO_3$  ün etkisiyle su kaybederek derhal kömürleşirler.

## KULLANIM ALANLARI

Teknikte  $SO_3$  başlıca, nitrolama ve sülfolama sanayiinde kullanılan dumanlı sülfat asidi veya oleum ve derişik sülfat asidi yapmak için elde edilir. Ve bu maksatla kontakt metodu uygulanır.

## KÜKÜRT OKSİTLERİN NEDEN OLDUĞU HAVA KİRLİLİKLERİ

Hava, yeryüzünü çevreleyen ve atmosferi oluşturan gazların bir karışımıdır. Saf hava, hacimce %21 oksijen, %78 azot, eser miktarda karbon dioksit ve su buharı içerir.

Soluduğumuz hava saf değildir. Hava, doğal kaynaklar veya insan aktiviteleri ile atmosfere bırakılan kimyasal ve biyolojik binlerce maddelerle kirlenir. Bu kirleticiler atmosferde başka kirleticiler üretmek üzere reaksiyona girebilir. Havayı kirleten maddelere kirletici denir. Bunlar, partikül madde (PM), ozon, kükürt dioksit, karbon monoksit, azot oksitler, uçucu organik bileşikler, sülfür, sülfat ve nitratdır.

**Asit yağmuru** asidik kimyasalların yağmur, kar, sis, çığ veya kuru parçacıklar halinde düşmesine verilen isimdir. Atmosfere yayılan kükürt dioksit ve azot dioksit gazlarının kimyasal dönüşümlerden geçtikten sonra bulutlardaki su damlacıkları tarafından emilmesi ile oluşur. Daha sonra bu damlacıklar yeryüzüne yağmur, kar gibi yollarla düşerler.

Asit yağışları, geçmişte sadece sınırlı bölgelerin sorunu olarak insanların sağlığını tehdit eder gibi görünürken, günümüzde geniş alanlardaki binaları, ekosistemleri ve hatta kamu sağlığını tehdit eden bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Asit yağışlarından sorumlu olan birincil kirleticiler, atmosferde kükürt ve azot dioksitler, sülfürik ve nitrik asitler gibi ikincil kirleticilere dönüşmektedir. Bunlar, çoğunlukla atmosfere atıldıkları kaynaklarından yüzlerce veya binlerce kilometre uzaktaki bölgelere kuru zerrecik veya yağmur, kar, don, sis ve çığ olarak inmektedir. Asit yağmurları bitkilere zarar vermekte, toprak ve su kirliliğini



artırmakta, binaları çürütmekte, metalik yapıları ve taşıt araçlarını paslandırmakta, her yıl milyonlarca dolarlık zararlara yol açmaktadır .

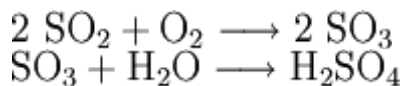
“Asit yağışı” terimi, yağmur, kar, sis-bulut, çığ veya kuru partiküllerde asidik bileşenlerin depolanması anlamında kullanılır. Asit yağışları, “asit presipitasyonu” ve “asit depozisyonu” gibi terimlerle de ifade edilmektedir. Asit depozisyonunun kuru ve yaş olmak üzere iki tipi vardır. Kuru depozisyon, asidik gaz ve partikülleri ifade eder. Atmosferdeki asiditenin yaklaşık yarısı kuru depozisyon olarak yeryüzüne geri döner. Rüzgar bu asidik partikül ve gazları binalar, arabalar, evler, ormanlar ve toprağa taşır. Yaş depozisyon ise, yağmur, kar ve çığı ifade eder. Asidik su yeryüzüne yağarken, aynı zamanda çeşitli ekosistemleri de etkiler .

Karbon dioksit içermeyen distile suyun pH'ı 7'dir. 7'den daha az pH'a sahip olan sıvılar asidikdir, büyük olanlar alkalidir. “Temiz” veya kirlenmemiş yağmur 5.6-5.7'lik pH ile hafifçe asidikdir, çünkü havadaki karbondioksit ve su birlikte reaksiyona girerek, zayıf bir asit olan karbonik asiti oluştururlar . Saf yağmurun asiditesi pH 5.6-5.7 iken; yağışlarda bulunan fazla asidite, birincil kirlenici olan sülfür ve nitrojen oksitlerin, havadaki suyla reaksiyonu sonucu oluşan ikincil kirleniciler nedeni ile meydana gelir. Yağışların asiditesinin değerini ve dağılımını bulmak için, hava durumları izlenir ve yağmur örnekleri toplanır ve pH'ı ölçülür . Kuzey Amerika ve Avrupadaki endüstriyel alanlarda yağışların pH'ının 4.5'e, hatta limon suyuyla eşit olarak 2.1'e düştüğü, en son olarak da 2000 yılında ABD'ye düşen en asidik yağışın pH'ının 4.3 olarak tespit edildiği bildirilmiştir .

Atmosfer kirlenicilerinin kaynağı, doğal ve yapay olarak ele alınmaktadır. Doğal kaynaklar; volkanlar, okyanuslar, biyolojik çürüme, orman yangınları gibi durumları içerir. Yapay kaynaklar ise, hammaddelerin insan kullanımına sunulması için geçen süreç içinde oluşan kaynaklardır. Fosil yakıtların yakılması, petrokimya endüstrisi, demir-çelik endüstrisi, gübre endüstrisi, maden eritimi, kağıt hamurunun kağıda dönüşümü, atıkların yakılması gibi, herhangi bir üretim sürecinde oluşan kirlenicileri bacalar yoluyla atmosfere atan kaynakları içeren “sabit kaynaklar” ile ulaşımda kullanılan taşıtların egzoz emisyonlarından oluşan kaynakları içeren “hareketli kaynaklar” olarak ele alınmaktadırlar .

Asit yağışlarının primer nedenleri kükürt dioksit ve nitrojen oksitlerdir. Sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>); renksizdir, suda çözünür ve havadan gelen su damlacıklarıyla okside olabilir, yağışlardaki asiditenin çoğunluğundan sorumludur. Atmosferde kükürt dioksit su buharıyla birleşir ve sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) oluşur. Bu, yağmur ve kar içinde yer alabileceği gibi, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içeren partiküller kuru hava dışında yerleşir. Böylece, asit yağışı problemi ıslak olduğu kadar kuru havada da birikebilmektedir .Termik santraller; demir-çelik, çinko, nikel ve bakır cevheri işleyen fabrikalardan, petrokimya-gübre endüstrilerinden, fosil yakıtlardan enerji elde eden tüm sanayi tesislerinden, fosil yakıtlarla yapılan ısıtmadan atmosfere bol miktarda SO<sub>2</sub> atılmaktadır .

Atmosferde biriken SO<sub>2</sub>, havanın suyu ile birleşerek sülfürik asit/ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> haline dönüşmekte ve tekrar yeryüzüne dönmektedir. Tüm SO<sub>2</sub> emisyonunun yaklaşık %10'u volkanlar, okyanuslar, plankton ve bitki çürümesi gibi doğal olaylardan; %69.4'ü endüstriden, %3.7'si ise ulaşımdan kaynaklanmaktadır.



## **ASİT YAĞMURLARININ ETKİLERİ**

Asit yağmurlarının sonucuysa, yok olan ormanlar, hiçbir canlının yaşamadığı ölü göller, zarar gören sanatsal yapılar ve sağlıklarını yitiren insanlardır. Yer yüzeyine ulaşan asit, birçok bitki ve hayvana zarar verir. Sonbahar yağmurlarıyla birlikte toprak üzerinde biriken su, ya akarsulara ve göllere akar ya da toprağın içine sızar. Yağmurla gelen asit toprakta birikir. Asitli su, topraktaki bitkiler için besin kaynağı olan önemli minerallerin çözünmesine yol açar ve bitkilerin bunları alabilmesini engeller. Aynı zamanda, asit yağmurları, toprakta bulunan, ancak asit etkisiyle serbest hale geçtiğinde bitkilere zararlı olan alüminyum gibi maddelerin miktarının artmasına da neden olur. Örneğin, toprakta biriken alüminyum, ağaç köklerinin gerekli besinleri almalarını engeller. Besin eksikliği oluşur ve ağaçların büyümesi yavaşlar, hatta tamamen durur. Zamanla, yaprakların dökülmesi gibi daha gözle görülebilir zararlar ortaya çıkmaya başlar. Asit, yalnızca canlılara değil, aynı zamanda binalara ve arabalara da zarar verir. Asit özelliğindeki maddeler kimyasal ayrışmayı artırır. Bu, asidin herhangi bir yüzeye değdiğinde, onun özelliklerini değiştirmesi anlamına gelir. Bu nedenle asit yağmuru oluşan bölgelerde bulunan bronz, mermer ve kireçtaşıdan heykellerin bozulmasına da neden olur.

Asit yağmurlarının zararları, bu kadarla bitmiyor, insan sağlığını da doğrudan etkiliyor. Toprağın asitliğinin artması, yalnızca alüminyum ve cıva benzeri bileşiklerin sulara karışıp, kirlenmeye değil, aynı zamanda yediğimiz balıklar yoluyla da sağlığımızın bozulmasına neden olur.

## **ASİT YAĞIŞLARINI ÖNLEME YÖNTEMLERİ**

### **A. Asit yağışlarının nedenini ve etkilerini anlama**

Küresel boyut kazanmış olan asit yağışları probleminin çözümünde, asit yağışlarının çevreye nasıl zarar verdiğinin ve probleme neden olan kirleticilerin kaynaklarında ne gibi değişiklikler yapılabileceğinin anlaşılması en önemli basamaktır.

### **B. Tesis kaynaklı emisyonların azaltılması**

Asit yağışları probleminin çözümünde bir diğer yöntem, kirleticilerin kaynaklarından atmosfere çıkışını sınırlamaktır. Bu amaçla, endüstride kullanılacak uygun teknolojiler vardır ve bunlar yanma öncesi, yanma sırasında ve sonrasında uygulanabilirler

### **C. Taşıt kaynaklı emisyonların azaltılması**

Endüstrileşmiş ülkelerde 1970'lerden beri yollardaki araç sayıları giderek artmıştır. Trafikteki bu büyük artışla, kirletici emisyonları minimumda tutmak artan bir önem kazanmıştır. Bunun için, emisyon kontrol teknolojilerinin kullanımı gibi pek çok yol vardır

Nitrojen oksit azaltılması, daha zor bir problemdir, çünkü asidik kirliliğin bu tipinin ana sorumlusu taşıtların egzozudur. Bu kaynaklardan gelen emisyonlar özel olarak tasarlanan katalitik konverter ile düzenlenerek kontrol edilebilir. Bu yöntem, araç performansı ve yakıt tüketimini oldukça az miktarda etkileyen görece daha düşük maliyetli bir yöntemdir. Avrupa Birliğine üye ülkelerde, Ocak 1993'ten beri satılan yeni arabalar katalitik konverterlidir. Yine, egzoz çıkışı kısıtlamaları, denetimleri de önemlidir. Daha küçük, daha hafif taşıtlar daha az

yakıt kullanır ve daha az kirletici üretir. Yapımda daha hafif malzemeler kullanan teknolojik gelişim emisyonları azaltabilir

#### **D.Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı**

Tesisler için fosil yakıtların alternatifi olarak; nükleer, su, rüzgar, jeotermal ve solar enerji tipleri mevcuttur. Benzer şekilde taşıtlar için de doğal gaz, benzin ve pil gibi güç kaynakları kullanımı mümkün olabilir. Ancak bu kaynakların çevreye sağlayacakları yarar kadar, oldukça önemli derecede maliyetleri de vardır. Fakat teknolojiye ilerlemeler ve çevre düzenlemeleri bu durumu gelecekte değiştirebilir

#### **E.Bireysel çabalar**

Tek bir kişinin kendi başına asit depozisyonunu önleyemeyeceği düşünülebilir, ancak pek çok çevre problemi gibi asit yağışları da büyük oranda, tek tek insanların oluşturduğu ve milyonların toplu eylemleriyle meydana gelmektedir. Her bir birey bu problemin çözümü için, kendisinin probleme katkısını azaltabilir ve çözümün bir parçası olabilir .

Asit depozisyonu probleminin en geniş kısmını enerji üretimi oluşturduğu için, bireyler tüketici olarak enerji tasarrufu yapabilirler. Örneğin; kullanılmadığı zamanlarda ışıklar, bilgisayarlar ve diğer elektrikli cihazlar kapatılabilir, sadece ihtiyacı karşılama ölçüsünde açık tutulabilir; aydınlatmada, havalandırmada, ısıtıcılarda, buzdolabı ve çamaşır makineleri gibi cihazla seçerken, enerjiyi randımanlı kullanan cihazlar tercih edilebilir; kışın 20 C<sup>0</sup> ve yazın 22 C<sup>0</sup> sıcaklığın korunması yeterli olabilir, evde olunmadığı zamanlarda da bu sıcaklıklar kışın daha düşük ve yazın daha yüksek tutulabilir; toplu taşıma araçları kullanmak, hatta yürümek veya bisiklete binmek tercih edilebilir, iyi bilgilenecek ve bilgilendirmek de çok önemlidir.

### **KÜKÜRT DİOKSİT VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ**

Kükürt dioksit özellikle katı ve sıvı yakıtlarda bulunan kükürdün yanması sonucu oluşur. Kükürt dioksit suda oldukça fazla çözünür. Atmosferde kalış süresi 2 ila 4 gün arasında değiştiğinden çok uzun mesafelere taşınabilmektedir. Dolayısıyla kükürt dioksit sadece bulunduğu bölgelerde değil taşındığı yerlerde de önemli olumsuzluğa neden olmaktadır. Kükürt dioksit, bazı kimyasallar ve güneş ışığının katkısı ile asit yağmuruna dönüşmektedir. Kükürt dioksit, asit aeroselleri oluşturmak üzere okside olabilir. Atmosferde kükürt dioksit tespiti, sülfat aerosellerinin ve partiküllerinin bir habercisidir. Kükürt dioksitten oluşan sülfat partikülleri atmosferde rüzgarla çok uzun mesafelere taşınabilir. Bunun anlamı; SO<sub>2</sub> sadece çıktığı alana zarar vermez.

Kükürt dioksit konsantrasyonunun yüksek olduğu illerde ısınmada kullanılan kalitesiz katı ve sıvı yakıt satış yerleri, sülfürik asit üretim tesisleri, termik santraller, gübre üretim tesisleri, pigment üretim tesisleri, seramik ve briket tesisleri, sıcak asfalt üretim tesisleri, zararlı atık yakma tesisleri, klor alkali tesisleri, demir çelik sanayisi ve atık yakma tesisleri sıkı şekilde denetlenmelidir. Isınmada kalitesiz katı ve sıvı yakıt satışına izin verilmemelidir.

Isınma kaynaklı kirleticiler, ısınmada kullanılan yakıtın ve yakma sisteminin türüne bağlı olarak değişmektedir. Kükürt oksit bileşikleri katı, sıvı ve gaz yakıtta bulunan kükürt bileşiklerinin yanması sonucu meydana gelir. Ülkemizde çıkarılmakta olan kömürlerde kükürt

içeriği genellikle %1'in üzerindedir. Kömürdeki kükürt, yanma esnasında önemli oranda (yaklaşık %90-99) kükürt dioksite (SO<sub>2</sub> gazı) ve az bir oranda da (yaklaşık %1-10) kükürt trioksite (SO<sub>3</sub> gazı) dönüşmektedir. Oluşan SO<sub>3</sub> gazı yüzdesi çok düşük olduğu için toplam kükürt oksitler, genelde kükürt dioksit olarak ifade edilmektedir. Bacadan atılan kükürt oksit miktarı yakıt içinde bulunan kükürt miktarına bağlı olarak değişmektedir. Kükürt dioksit doğal olarak havada 5 µm/m<sup>3</sup> konsantrasyonundan daha düşük miktarlarda bulunabilir.

Yanma esnasında oluşan kükürt oksitler, ülkemizde özellikle büyük şehirlerde, son yıllara kadar yaşanmış olan genel hava kirliliği probleminin de temelini oluşturmaktaydı. Fakat son yıllarda yapılan düzenlemelerle, özellikle ülkemizde çıkarılmakta olan kömürlerin çeşitli proseslerle iyileştirilmesi sonucu, kükürt içeriği %1.5 veya daha aşağı seviyelere çekilmiştir. Çoğu ithal kömürlerdeki kükürt içeriği ise zaten %0.9'in altında bulunmakta veya kükürt içeriği %0.9'in altında olan kömürlerin ithalatına izin verilmektedir.

Kömürün yanması sonucu oluşabilecek kükürt oksit miktarı, emisyon faktörleri ile hesaplanabilir. Tablo 1'de ifade edilen emisyon faktörleri incelendiğinde, birim miktar kömürün yanması sonucu oluşabilecek kükürt dioksit kirletici gazı emisyonu, doğrudan kömür içindeki kükürt miktarına bağlı olduğu görülmektedir. Bu açıdan ısınma veya enerji üretimi maksadıyla kullanılacak kömürlerde kükürt içeriği bakımından yüzdesel bir sınırlama getirmek zorunlu olmaktadır.

Isınmada kullanılan sıvı yakıtlar içindeki kükürt için de benzer sınırlamalar getirmek gereklidir.

**Tablo 1.** Kömür yanması sonucu oluşabilecek SO<sub>2</sub> için emisyon faktörleri

Sektör (Yanma prosesi)	Emisyon Faktörleri (kg SO <sub>2</sub> / ton yakılan kömür)	
	Taş kömürü	Linyit kömürü
Evsel/ Endüstriyel/ Enerji santralleri	19.5×S	15×S

S: Kömürdeki kükürt yüzdesi

İnsan günde ortalama 13.000- 16.000 litre veya ömrü boyunca 400-450 milyon litre hava solumaktadır. Dolayısıyla temiz veya kirli hava insan sağlığı için oldukça önemlidir.

Kükürt dioksit asidik bir gazdır. Nemle birleşme meylinindedir. Kükürt dioksitle kirlenmiş hava bulunduğu zaman; kükürt dioksit burun, geniz ve boğazdaki nemle reaksiyona girerek solunum sistemindeki sinirleri tahrip eder. Solunun yolu tahriş edildiğinde, refleks öksürük krizleri, göğüs sıkışması olur. Özellikle astım, kronik akciğer hastalığı bulunan kişilerde solunum yollarının daralmasına ve kronik solunum hastalığına neden olur.

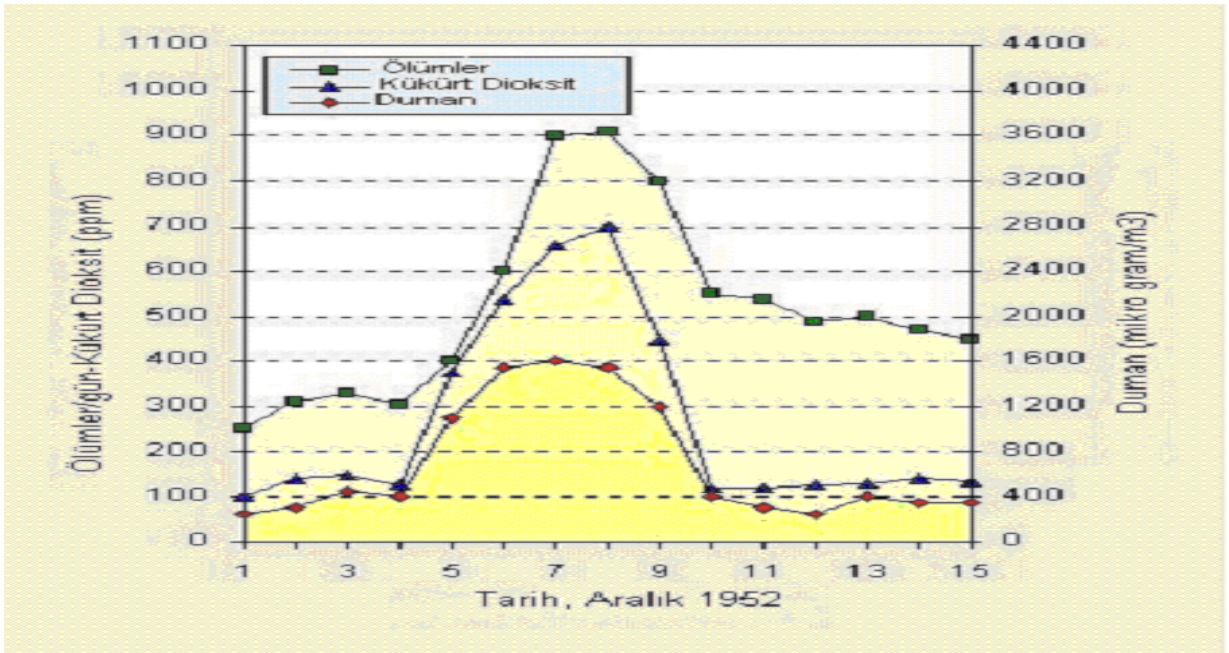
Kükürt dioksit konsantrasyonu sınır değerinin üzerinde olduğu zaman özellikle astımlı, bronşitli, kalp ve akciğer hastalarının sağlığını olumsuz etkiler.

Atmosferdeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonu pik değere ulaştığında özellikle astımlı kişilerde geçici solunum zorluğu görülür. Kalp ve solunum hastası kişiler uzun süre SO<sub>2</sub> ve partikül madde kirliliğine maruz kaldıklarında sağlıklarında kötüleşmeler olur.

Havadaki 0.25 ppm (655 µg/m<sup>3</sup>) SO<sub>2</sub>'e 10 dakika maruz kalındığında astımlı kişilerin solunum sistemi mukavemetinde önemli zararlar, soluk alma kapasitesinde önemli düşüşler olduğu tespit edilmiştir.

Havadaki kükürt dioksit konsantrasyonu 357 µg/m<sup>3</sup> (saatlik değer) üzerine çıktığında astımlı kişilerde göğüs daralması, öksürme ve akciğer fonksiyonunda değişme dahil semptomlar görülür.

Özellikle inversiyonlu günlerde şehir içi bölgelerde hava kirliliği artmaktadır. Türkiye'de inversiyonlu günler genel olarak Ekim-Kasım ile Mart-Nisan ayları arasında sık aralıklarla görülmektedir. 1952 yılında Londra'da yaşanan inversiyon olayında 5000 kişi ölmüş, binlerce kişi solunum sistemi hastalığına maruz kalmıştır. 1952 yılında İngiltere'de inversiyonlu günlerde kükürt dioksit ve dumanın insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etki Şekil 1'de verilmiştir.

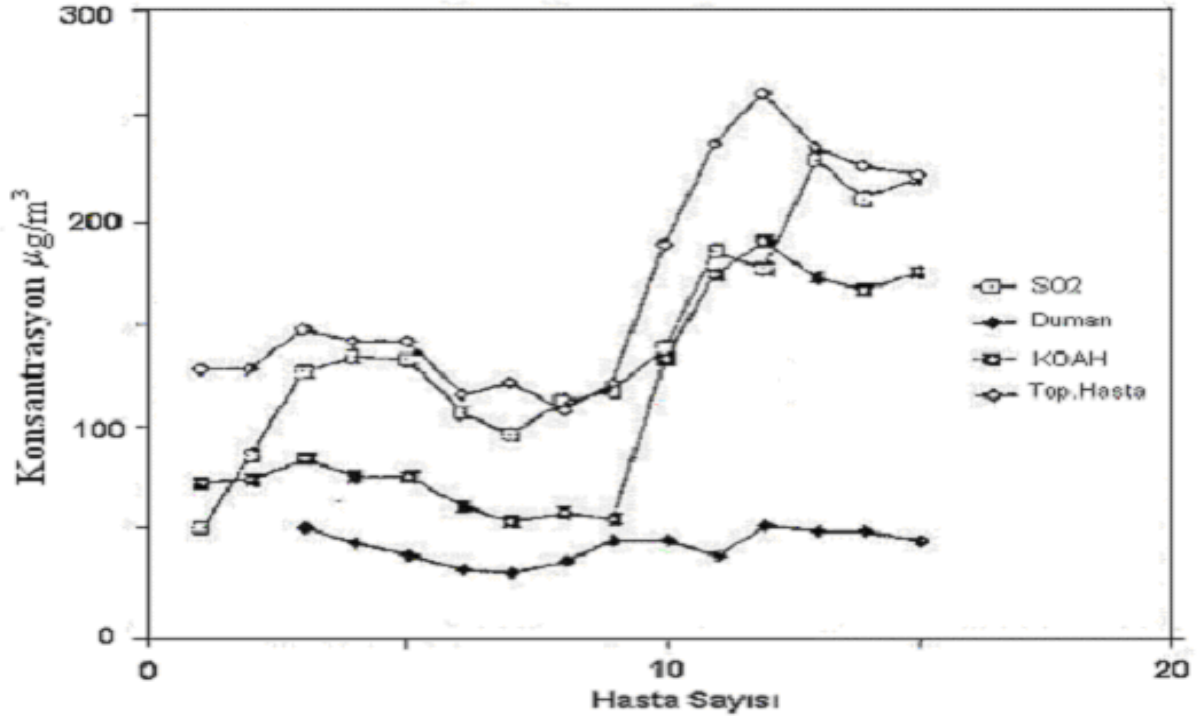


Şekil 1. 1952 Yılında Londra'da Yaşanan Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkisi

Şekil 1'de görüldüğü gibi bacadan atılan kirleticilerin ölümcül etkisi, inversiyonun başladığı gün değil de özellikle müteakip günlerde daha şiddetli olmuştur. Çünkü hem atmosferde inversiyon olayı hem de bacadan kirletici atılmaya devam ettiği için havada kirletici konsantrasyonu sürekli olarak artmıştır. Belirli süreden sonra kirletici konsantrasyonu sınır değerlerinin fevkalade üzerine çıkmıştır. Bu olayda 5.000 kişi ölmüş ve 12.000 kişi hastalanmıştır. Bu olay sonucu İngiltere'de temiz hava kanunu yayınlanmış ve ısınmada kullanılan yakıt özelliğinde ve yakma sistemlerinde ciddi iyileştirmeler yapılmıştır. 1970 ve

1980'li yıllarda Ankara'da hava kirliliği ciddi boyutlara ulaşmıştır. 1993 yılı kış ayında İstanbul Fatih ilçesinde kükürt dioksit değeri birkaç gün  $2.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  olmuştur. Bu değer sağlık açısından fevkalade yüksek değerdir.

İstanbul'da yapılan bir çalışmada, kükürt dioksit ve partikül madde konsantrasyonları ile akciğer ve solunum yolları hastalıkları nedeni ile hastanelere yapılan müracaat sayısı arasındaki korelasyon Şekil 2'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi,  $\text{SO}_2$  konsantrasyonlarındaki artışa paralel olarak akciğer ve solunum yolları hastalıkları sayısında da artışlar gözlenmiştir. Isınmada katı ve sıvı yakıt kullanan tüm iller ve ilçeler, hava kirliliğinin yoğun olduğu inversiyonlu günlerde, partikül madde ve kükürt dioksit konsantrasyonu ile solunum ve akciğer şikayeti ile ilgili hastanelere başvuru ve ölüm sayısı arasında bir değerlendirme yapmalıdırlar. İllerde hava kirliliğinden sorumlu kurumlar bu çalışmalarını halka duyurmalıdırlar.



Şekil 2. Kükürt Dioksit Konsantrasyonu ile Akciğer Hastaları Arasında İlişki

Kükürt dioksitin insan sağlığı üzerine yaptığı olumsuz etkiler Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Kükürt Dioksitin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

SO <sub>2</sub> (ppm)	Maruz Kalma Süresi	Etkileri
0.037- 0.092	Yıllık ortalama	185 µg/m <sup>3</sup> duman konsantrasyonu ile birlikte, solunum yolları ve akciğer hastalıklarında artışlar.
0.007	Yıllık ortalama	Yüksek partikül konsantrasyonu ile birlikte, çocuklarda solunum yolları hastalıklarında ilerleme.
0.11-0.19	24 saat	Düşük partikül konsantrasyonunda, yaşlı kimselerde solunum yolları hastalıklarında artış.
0.19	24 saat	Büyüklerde kronik solunum yolları hastalıklarında ilerleme.
0.19	24 saat	Düşük partikül konsantrasyonunda, ölüm oranlarında artış görülebilir.
0.25	24 saat	750 µg/m <sup>3</sup> duman konsantrasyonu ile birlikte, günlük ölüm oranlarında artış görülebilir (İngiltere). Hastalanmalarda ani artış.
0.5	10 dakika	Astım hastalarında egzersiz (hareket) halinde solunum direncinin artması.
5	24 saat	Sağlıklı kimselerde solunum direncinin artması.
10	10 dakika	Bronkospasm.
20		Göz tahriři, öksürme.

Türkiye, Dünya Sağlık Teşkilatı ve A.B.'nin kükürt dioksit için koyduğu sınır değerler Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Kükürt Dioksitle İlgili Sınır Değerleri

Ülkeler	Koruma Gerekçesi	Ortalama Süre	Limit Değer	Marjinal Tolerans
Türkiye		24	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Avrupa Topluluğu (A.B.)	İnsan Sağlığını Korumak	1 saat	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bir yıl içinde 24 defadan fazla olamaz
	Halk sağlığını Korumak	24 saat	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bir yıl içinde üç defadan fazla bu değer aşılamaz
	Ekosistem	Yıllık Kış ayı	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO)		10 dakika 24 saat yıllık	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
A.B.D. EPA		Yıllık	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		24 saat	365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

Havadaki kükürt dioksit değeri, saatlik ortalama sınır değerini aştığında halk uyarılmalıdır. 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  saatlik sınır değerini art arda 3 saat içinde de aştığında alarm verilmelidir. Müteakip 3 saat içinde kirleticilerin sınır değerlerini aşıp aşmayacağı meteorolojik verilerle de tespit edilebilir. Kükürt dioksit sınır değerini aştığında alınması gerekli önlemler devreye konmalıdır. Bu durumda bir dizi hava kirliliğini azaltıcı ev, iş yerleri ve sanayide ısınma ve üretim amacı ile kullanılacak katı ve sıvı yakıt kullanımında kısıtlamalar devreye sokulmalıdır. Katı ve sıvı yakıt kalitesinde yeni düzenlemeler yapılmalıdır.

Meteorolojik ve topografik özellikler yanında, kullanılan yakıtlardan dolayı kükürt dioksitten ileri gelen hava kirliliğinin sık yaşandığı illerde ve ilçelerde ısınmada kaliteli yakıt kullanımı zorunlu hale getirilmelidir. Katı ve sıvı yakıt satış yerleri, yakma sistemleri üreticileri ve satıcıları sık aralıklarla denetlenmelidir.



Bazı büyük şehirler (Ankara, Bursa, İstanbul) coğrafik konumları sonucu duman (=smoke) ve sis (=fog)in karışımı ile oluşan **SMOG** un etkisi altındadır. Yerin üzerindeki soğuk ve ağır hava, yukarıdaki hafif ve sıcak hava tabakası nedeniyle yükselemiyor. Rüzgâr olmadığı için soğuk hava tabakasındaki zararlı maddelerin dozu da artıyor. Bu durumun uzun sürmesi halinde egzoz gazları, kalorifer ve fabrika bacalarından çıkan zararlı maddeler zemine yakın hava tabakalarında birikiyor. Bunlar kalp, damar ve solunum hastalıklarında öldürücü etki yapabiliyor.

İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Bölümü ve Afet Yönetim Merkezi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Mikdat Kadioğlu, 'smog' kirliliğinin ölümcül zehirlenmelere yol açtığına dikkat çekti. Kadioğlu, kirliliğin oluşumunu şöyle anlattı: "Smog, yani sis dumanı, yerin üzerindeki soğuk ve ağır hava, yukarıda bulunan hafif ve sıcak hava tabakası nedeniyle yükselemeyince oluşur. Kış aylarında meydana gelen bu durum oluştuğunda üst ve alt hava tabakaları arasında sirkülasyon olmaz. Havanın bu tabakalı yapısı **inverziyonu** oluşturur. Böylece soğuk hava tabakasındaki zararlı maddelerin dozu artar." Bu maddelerin insan sağlığına zararlı olduğunu kaydeden Kadioğlu, "Havadaki bu durum uzun sürerse; egzoz gazları, kalorifer ve fabrika bacalarından çıkan sağlığa zararlı maddeler zemine yakın hava tabakalarında birikir. Bu maddeler özellikle kalp, damar ve solunum yolları hastalarında öldürücü etki yapabilir." uyarısında bulundu. Smog sonucu solunum zorluğu, baş ağrıları ve bulantı görülür. küçük çocuklarda da boğmaca türü öksürük ve soluk alamama gibi tehlikeli durumlar izlenir. bu hastalığa yalancı kuşpalazı denir.

### **Dünya Sağlık Örgütü, Tedbirler Öneriyor**

Havadaki zararlı maddeler Dünya Sağlık Örgütü'nün 'kabul edilebilir' değerlerini aşarsa, 'smog alarmı' adı altında bir dizi önlemler alınır. Smog alarmı verilirken; araçların kullanılmaması, yakıtların kontrolü ya da yakılmaması, fabrikaların bacalarındaki filtrelerin kontrolü, daha ciddi durumlarda fabrikaların çalıştırılmaması gibi önlemler gündeme gelebiliyor.

### **SMOG, Hayatı Etkiliyor**

- Almanya Ruhr Bölgesi'nde 17 Ocak 1985'te okullar ve resmi kurumlar 3 gün boyunca tatil edildi.
- İran'ın başkenti Tahran'da 6 Aralık 2005'te 1600 kişi hastanelere kaldırıldı. 2 gün boyunca şehirdeki tüm okul ve resmi kurumlar kapatıldı.
- Londra'da 1952 yılında 5500 kişi hayatını kaybetti

### **YAPILMASI GEREKENLER**

- Yaz aylarına göre kış aylarında kükürt dioksit konsantrasyonunda önemli artışlar gözleniyorsa, ısınmada kullanılan yakıt türü özellikleri değerlendirmeye alınmalıdır.
- Şehirde ısınma amacı ile katı ve sıvı yakıt satış yerleri sık aralıklarla denetlenmelidir.
- Kirliliğin arttığı illerde mutlaka kükürdü düşük ve kalorisi yüksek kaliteli yakıt kullanılmalıdır.
- Bacasından duman püskürten ve kontrol dışı yakıt tüketimine neden olan standart dışı ısıtıcıların satışına izin verilmemelidir.
- Isıtıcı satış yerleri sürekli denetim altında tutulmalıdır.

- Vatandaşlar eğitilmelidir. Vatandaşların kalitesiz yakıt ve yakma sistemleri kullanarak hem sağlıklarına hem de bütçelerine zarar verdikleri öğretilmelidir.
- İllerde ve ilçelerde hava kalitesinin iyileştirilmesinden sorumlu idareler, şehirlerinin topografik özelliklerini incelemeliler. Dağlar veya tepelerle çevrili veya vadide kurulmuş şehirlerde çökme inversiyonu, deniz veya sahil kenarında kurulmuş olanlarda ise adveksiyon inversiyonu oluşması kuvvetle muhtemeldir. Radyasyon inversiyonu her yerleşim bölgesinde oluşmaktadır.
- Meteorolojik şartlar ile topografik özelliklerin bacadan veya egzozdan atılan kirleticilerin dağılımının uygun olmadığı bölgelerde mutlaka kaliteli yakıt ve yakma sistemleri kullanılmalıdır. Isınma amacı ile kalitesiz yakıt ve yakma sistemleri kesinlikle kullanılmamalıdır. Hava kalitesi anlık ölçüm aletleri ile sürekli izlenmelidir. Hava kalitesi ölçüm değerleri halka duyurulmalıdır.
- Özellikle ısınma amacı ile katı ve sıvı yakıtların kullanıldığı illerde kış aylarında yüksek basınç şartlarının hüküm süreceği günler içinde rüzgar hızı ve açık hava durumu meteorolojiden alınmalıdır. Olumsuz meteorolojik şartların hüküm süreceği günler önceden tahmin edilerek ısınmada kullanılacak yakıtlar ve yakma sistemleri ile ilgili düzenlemeler yapılmalıdır. Hava kirliliğinin yoğun olduğu illerde, yüksek basınçlı şartların hüküm sürdüğü günlerde, sisin kalktığı saatlerde sadece ısıtma sistemlerinin yakılmasına izin verilmelidir. Halk bu konuda uyarılmalıdır. Böylece muhtemel hava kirliliğinin etkisi minimize edilmelidir.
- Kış aylarında, inversiyonlu günlerde ısıtma sistemlerinin baca çekişlerinde ciddi düşüşler olur. Bu ise yakma sisteminde eksik yanmaya neden olur. Eksik yanma sonucu daha fazla zehirli ve zararlı kirletici bacadan atmosfere atılır. Bu durumda hava kirliliği daha fazla artar. Dolayısıyla inversiyonlu günlerde ısınmada kullanılan özellikle katı ve sıvı yakıt kullanımı azaltılmalıdır.
- Kış aylarında, inversiyonlu günlerin sık aralıklarla hüküm sürdüğü hava kirliliğinin yoğun olduğu il ve ilçelerde hava kalitesinin bozulmaması için kaliteli yakıt ve yakma sistemlerinin kullanılması zorunlu hale getirilmelidir. Bu tür illerde kesinlikle kalitesiz yakıt kullanımına izin verilmemelidir. Hava kirliliğinin sağlık üzerinde yaptığı tahribat sonucu tedavisinin çok daha pahalıya mal olduğu halka anlatılmalıdır.
- Hava kirliliği özellikle çocukların ve solunum şikayeti olan yaşlıların sağlığını ciddi şekilde olumsuz şekilde etkilemektedir. İllerden başlayarak hava kirliliği ölçüm değerleri halka sürekli olarak duyurulmalıdır. Herkes soluduğu havanın kalitesini bilmelidir.
- Hava Kalitesi Kontrolü Yönetmeliğindeki kirleticilerle ilgili değerler yeniden düzenlenmeli ve kademeli olarak A.B. standartları ile uyumlu hale getirilmelidir.
- Ayrıca , sağlığa zararlı havanın etkisini azaltmak için kurşunsuz benzin ve katalizör kullanılmalı, ısınma merkezi sistem ve elektrikle ya da doğal gazla yapılmalı, fabrika bacalarına %98-99 randımanlı elektrofilitre takılması zorunlu tutulmalı ,kitle ulaşım vasıtalarının artırılıp yer altı geçidi tramvay ve benzeri sistemlerin getirilmesi ve geliştirilmesi gibi önlemleri de sayabiliriz.

## DENEYLER

### Deney I: Kükürt tozunun yanması

**Amaç:** Kükürdün oksijenli ortamda yakıldığında  $SO_2$  gazının oluştuğunu ve oluşan bu gazın asidik özelliğe sahip olduğunu göstermek

#### Araç-gereçler:

- Kükürt tozu
- Deney tüpü
- Bunzen beki veya ispiro ocağı
- Mavi turnusol kağıdı
- Amyant tel
- Üç ayak
- Spatül
- Pens

#### Deney düzeneği:



#### Deneyin yapılışı:

Deney tüpüne kükürt tozu konulur. Deney tüpü ağzı açık bir şekilde altından bunzen beki veya ispiro ocağı ile ısıtılır.

**a)** Çıkan gaz için koku testi yapılır (keskin kokulu, batıcı, öksürten bir gaz çıkar)

**b)** Deney tüpünün ağzına çeşme suyu ile ıslatılmış mavi turnusol kağıdı tutulur ve renk değişimi gözlemlenir. (mavi turnusol kağıdı kırmızıya döner)

## UYARILAR

SO<sub>2</sub> gazının özelliklerinden dolayı bu deney, iyi havalandırılmış bir odada veya çeker ocakta yapılmalıdır. SO<sub>2</sub>, zehirli ve tahriş edici bir gazdır. Gaz solunmamalı ve koku testi yapılırken burun deney tüpüne değil, çıkan gaz yelpazelenme ile burna getirilmelidir.

**Deney II :** Kükürt tozunun yakılması ve oluşan SO<sub>2</sub> nin KMnO<sub>4</sub> ile tepkimesi

**Amaç :** Kükürt tozunun yanması ile oluşan SO<sub>2</sub> nin KMnO<sub>4</sub> ile tepkimeye girdiğini göstermek

**Araç ve gereçler:**

- Kükürt tozu
- Spatül
- İspirto ocağı ya da bunzen beki
- Süzgeç kağıdı
- Amyant tel
- Deney tüpü
- Üç ayak
- 0.1m kmno<sub>4</sub> çözeltisi
- Seyreltik sülfirik asit çözeltisi
- Pens

**Deneyin yapılışı :**

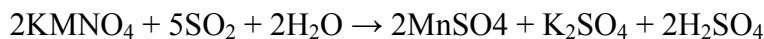
- Deney tüpüne spatül ile bir miktar kükürt tozu konulur.
- İspirto ocağı yakılarak deney tüpü ısıtılır, çıkan gaz gözlemlenir.(çıkan gazı koklamayınız)
- Süzgeç kağıdına önce birkaç damla seyreltik sülfirik asit damlatılır. Daha sonra onun üzerine de KMnO<sub>4</sub> çözeltisi damlatıp, süzgeç kağıdı pens yardımıyla çıkan gazın üzerine tutulur.

## SONUÇ

I. deney, kükürdün oksijenli ortamda yakıldığında SO<sub>2</sub> gazının oluştuğunu göstermek ve ametal oksit bileşiklerinin asidik özelliğe sahip olduğunu göstermek amacıyla yapılmıştır. Oluşan SO<sub>2</sub> gazı için koku testi yapıldı ve bu gazın keskin kokulu, batıcı ve öksürten bir gaz olduğu öğrenildi. Daha sonra çıkan bu gazın üzerine su ile ıslatılmış mavi turnusol kağıdı tutuldu ve turnusol kağıdının rengi kırmızıya döndü. Bu da bize SO<sub>2</sub> gazının asidik özellikte olduğunu gösterdi.(mavi turnusolun rengi asidik ortamda maviden kırmızıya döner)

II. deneyde de yine kükürt yakılıp SO<sub>2</sub> gazı oluşturuldu. Süzgeç kağıdına önce birkaç damla seyreltik sülfirik asit damlatıldı. Bunun üzerine de potasyum permanganat çözeltisi damlatıldı ve çıkan SO<sub>2</sub> gazına tutuldu. Mor olan potasyum permanganatın rengi gitti. Burada SO<sub>2</sub> KMnO<sub>4</sub> ile tepkimeye girmekte ve bir redoks tepkimesi olmaktadır. Potasyum permanganattaki mangan +7 den +2 e indirgenirken, SO<sub>2</sub> 'deki kükürt +4 den +6 a yükseltgenir.

Potasyum permanganat çözeltisi SO<sub>2</sub> çözeltisine damlatılırsa rengi gider:



## KAYNAKLAR

1. <http://www.ekimya.com>
2. <http://de.wikipedia.org/wiki>
3. <http://www.odevarsivi.com/dosya>
4. <http://www.cevreorman.gov.tr/BELGELER1/HK.DOC/> Prof Dr. Mustafa ÖZTÜRK  
,Müsteşar Yardımcısı
5. [http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_ettikleriniz/index](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/index)
6. <http://www.mehtap.tv>
7. Lise Kimya Ders Kitabı 3 /MEB /Ankara 2004
8. Genel Biyoloji Canlılar Bilimi /Prof. Dr. İlhami Kızıroğlu/5. baskı /Ankara 2004
9. Temel Kimya /Prof.Dr. A. Salim Saraçoğlu /1975
10. Anorganik Kimya /A.F.Holleman-E.Wibeg/ 24 Ve 25. Baskı /Çeviren :Dr.Avni Refik Bekman
11. Temel Kimya Dersleri/Prof. Dr. Halit Keskin /İ.Ü. Fen Fakültesi /1965
12. Anorganik Kimya 1. Cilt /Dr. Avni Refik Bekman /1944, İstanbul
13. Anorganik Kimya /Doç. Dr. Esin Çurgunlu /İstanbul 1987
14. [www.egitimdergisi.hacettepe.edu.tr/200223SONER%20ERGÜL.pdf](http://www.egitimdergisi.hacettepe.edu.tr/200223SONER%20ERGÜL.pdf)
15. [www.sabem.saglik.gov.tr/akademik\\_metinler/görünmeyen\\_tehlike;asit\\_yağmurları\\_kopular\\_açıklama/yazar Dr. Oya Özdemir](http://www.sabem.saglik.gov.tr/akademik_metinler/görünmeyen_tehlike;asit_yağmurları_kopular_açıklama/yazar_Dr._Oya_Özdemir)
16. [www.greenpeace.org/.../photos/smog-in-hong-kong](http://www.greenpeace.org/.../photos/smog-in-hong-kong)