

ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI



HAVA KİRLİLİĞİNİ ARTIRAN SICAKLIK İNVERSİYON

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK
Müsteşar Yardımcısı
Çevre ve Orman Bakanlığı

(e-mail:mozturk@cevreorman.gov.tr)

ANKARA-2005

HAVA KİRLİLİĞİNİ ARTIRAN SICAKLIK İNVERSİYON

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK
Müsteşar Yardımcısı
Çevre ve Orman Bakanlığı

1.GİRİŞ

Yeryüzünü kuşatan atmosfer, troposfer diye adlandırılan alt tabakadan ibarettir. Deniz seviyesinden itibaren yüksekliği 10 km.dir. Bacadan ve egzozdan atılan kirleticilerin atmosferde dağılmasını etkileyen parametreler meteorolojik şartlar ile bölgenin topografik özellikleridir.

Günlük yaşamımızı etkileyen tüm meteorolojik olaylar troposferde oluşmaktadır. Troposferde düşük basınç şartları altında, sıcaklık yükseklikle azalır. Böyle durumlarda yer seviyesindeki hava kütlesi ve bacalardan atılan gazlar yükselir ve dağılır. Sıcaklık genelde yerden yükseklikle 0,65°C/100 metre oranında azalır. Hava yerden yukarı doğru yükselirken genişler ve soğur. Hava içindeki nem, bulut oluşturmak üzere yoğunlaşır. Bu şartlar altında troposferde hava kirliliği ile ilgili sorun olmaz ve gazlarda çökme meydana gelmez.

Kararsız (anstable) ve nötr şartlarda, yere yakın hava, üstteki havadan daha hızlı olarak ısınır. Isınan hava soğuk tabakaya doğru yükselir. Sıcaklığın yerden yükseklikle azalması, havayı karıştırarak bacalardan ve egzozlardan atılan kirleticilerin dağılmasına ve seyrelmesine yardımcı olur. Bir parsel hava, çevre havasından daha sıcaksa bu hava atmosferde kendi sıcaklığına, yoğunluğuna ve basıncına ulaşınca kadar yükselir. Böylece kararsız ve nötr şartlarda bacadan ve egzozdan atılan gazların atmosferde yükselmesi ve dağılması hızlı bir şekilde gerçekleşir.

2. SICAKLIK İNVERSİYONU

Sıcaklık inversiyonu, yüksek basınç şartlarının hakim olduğu günlerde, açık hava ve sakin rüzgar şartlarında meydana gelir. Özellikle açık hava (bulutsuz) ve sakin rüzgarlı (hızı düşük) gecelerde, yer infra-kızıl radyasyonu yayarak hızlı şekilde soğur. Böylece yer ve yere yakın yüzey, yukandaki yüzeyden daha soğuk olur. Bu duruma sıcaklık inversiyonu denir. Böyle zamanlarda hava kütlesi yukarı doğru değil daha soğuk ortam olan aşağı doğru hareket etme meylindeydir.

İnversiyon, atmosferik şartların en muhtemel sonucunda meydana gelir. Sıcaklık inversiyonu, bacadan veya egzozdan atılan kirleticiler olmazsa, genel olarak zararlı sonuçlar oluşturmayan normal bir meteorolojik olaydır. Sanayi bölgeleri ile şehir içi bölgelerde inversiyon olayı hava kalitesi üzerinde olumsuz etki oluşturabilir. Bacadan atılan sıcak ve hafif gazlar yükselir, genişler ve sonra soğur. İnversiyonlu günlerde bacadan atılan sıcak kirleticiler yer seviyesinde tutulabilir ve birikebilir. Bu durumda bacalardan ve egzozlardan atılan kirleticiler inversiyon tabakası içinde veya altında tutulur ve birikmeye başlar. Bacadan

atılan kirletici miktarı azaltılmıyorsa ve inversiyon süresi de uzuyorsa o bölgede ciddi hava kirliliği problemi yaşanabilir. Çünkü inversiyonlu şartlarda gazların dikey değil düşey hareketi ve birikmesi söz konusudur. Ayrıca soğuk hava, sıcak havadan daha yoğundur. Bu durum yer seviyesindeki havanın ve kirleticilerin yükselmesini ve seyrelmesini önler.

Inversiyon tabakasının üzerinde ise sıcaklık yükseklikle azalmaya devam eder.

Bulutlarla örtülü havalar termal radyasyonu absorbe eder ve radyasyonun yeryüzüne dönmesine neden olur.

Üç temel inversiyon vardır. Bunlar; radyasyon inversiyonu, çökme inversiyonu ve adveksiyon inversiyonudur.

3. RADYASYON İNVERSİYONU

Yüksek basınç şartları altında bulutsuz ve sakin rüzgarlı günlerde radyasyon inversiyonu gerçekleşir. Radyasyon inversiyonu genel olarak geceleri başlar. Bulutsuz gecelerde yer ısını hızla şekilde yayar. Sonuç olarak hem yer ve hem de yere yakın hava tabakası hızlı şekilde soğur. Üst tabakadaki hava tabakası ise daha sıcak hale geçer. Böylece radyasyon inversiyonu oluşur. Bu durumda yer daha soğuktur. Radyasyon inversiyonu havada sis oluşumunu başlatır, aynı zamanda gazları ve partikülleri içinde tutar. Güneş ışınları sabahleyin soğuk yer tabakasına nüfuz ederek inversiyonu kırmaya çalışır. Isınan hava ile sis tabakası ortadan kalkar. Eğer hava çok sakin ve aşırı nemli ise güneş ışınlarının radyasyon inversiyonunu ortadan kaldırması zaman alabilir. Bu süre birkaç saatten birkaç güne kadar sürebilir.

Radyasyon inversiyonu sonbahar ve ilkbahar aylarında sık aralıklarla olmakla birlikte kış ve yaz aylarında da meydana gelir. Radyasyon inversiyonu genellikle gece saatlerinde başlar ve sabah saatlerinde etkisini devam ettirir. Inversiyon, hava kirliliğinin yoğun olduğu il ve ilçelerde daha uzun süre devam etmektedir.

Londra'da 1952 yılında gerçekleşen ve binlerce kişinin ölümüne neden olan inversiyon, radyasyon inversiyonudur. Yer seviyesinde ciddi sis oluşmuştur. Yüksek basınçlı, sakin havada bacadan atılan kirleticiler sis tabakası içinde tutulmuştu. Radyasyon inversiyon 5 Aralıkta başlamış 10 Aralık'a kadar devam etmiştir. Güneş ışınları sis tabakasını ısıtıp ortadan kaldıramamıştı. İngiltere'de yaşanan radyasyon inversiyonu görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. İngiltere’de Yaşanan Radyasyon İnversiyonu Görüntüleri

4. ÇÖKME İNVERSİYONU

Dağ eteği bölgeleri ile vadilerde çökme inversiyonu sık aralıklarla meydana gelmektedir. Yüksek basınç şartları altında açık havalar (bulutsuz havalarda) ile sakin rüzgarlı hallerde, bir tepe, dağ bölgesi, engel gibi yüksek bölge üzerinden dağ eteği veya vadi üzerine gelen soğuk hava tabakası yüksek bölgeden aşağı doğru inerken sıkışır. Sıkışan hava kütlesi ısınır. Böylece yerden belli bir yükseklikte sıcak hava tabakası oluşur. Yer seviyesindeki hava kütlesi inversiyon tabakasına kadar yükselir. İnversiyon tabakası bir kapak gibi hareket ederek hava kütlelerinin ve kirleticilerin daha fazla yükselmesini ve dağılmasını engeller.

Los Angeles’de bu tür inversiyon sık aralıklarla meydana gelir. Doğudan gelen sıcak çöl havası dağ üzerinden şehir üzerine eser. Pasifikten (denizden) gelen soğuk hava ise yere yakın yere yerleşir. Böylece yüksekten gelen sıcak hava tabakası denizden gelen soğuk hava tabakası üzerine yerleşerek bir tabakalaşma oluşur.

Çökme inversiyonu, radyasyon inversiyonuna göre daha etkilidir. Etki süresi daha uzundur. Bu tür inversiyonlar genel olarak ilkbahar ve sonbahar aylarında daha sık aralıklarla meydana gelir.

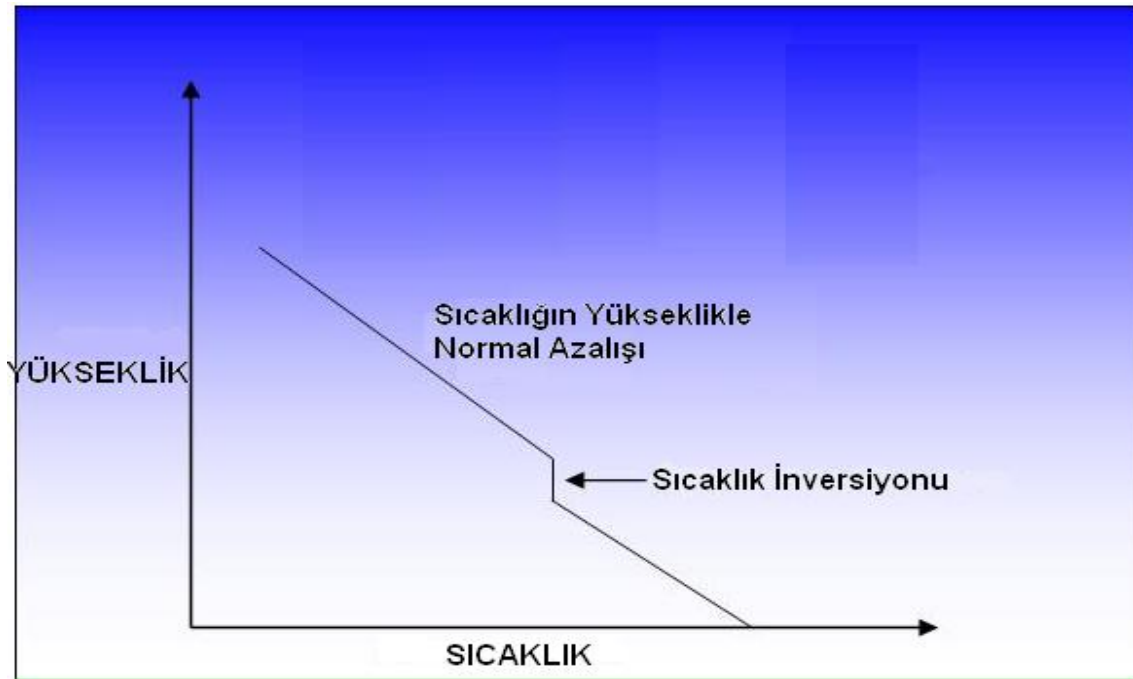
Atmosferde bir kaç km. içinde çökme inversiyonu meydana gelir. İnversiyon tabakasının yerden yüksekliği oldukça önemlidir. İnversiyon tabakası yerden ne kadar yüksekte oluşmuşsa bacadan ve egzozdan atılan kirleticilerin atmosferde seyrelmesi o kadar yüksek olur. İnversiyon tabakası yere ne kadar yakın ve ortamdan kalkma süresi uzun ise hava kirliliği bakımından etkisi o kadar şiddetlidir.

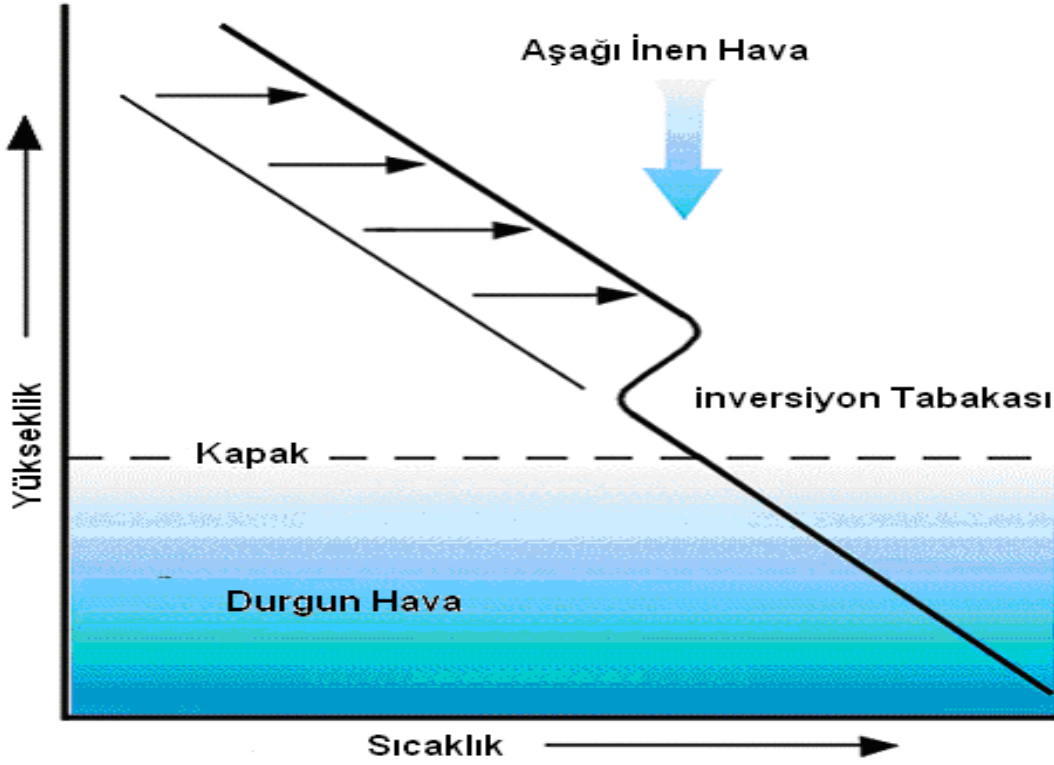
Dağlarla veya yüksek tepelerle çevrili şehirlerimizde yüksek basınç şartlarının hakim olduğu açık hava ve sakin kış aylarında bu tür inversiyon sık aralıklarla meydana gelebilir.

Eğer bu tür bölgelerde kış aylarında kalitesiz yakıtlar (kükürdü, külü ve nemi yüksek, kalorisi düşük) ısınma amaçlı olarak kullanılıyorsa bacadan atılan kirleticilerin çevre üzerinde etkisi inversiyonlu günlerde fevkalade ölümcül olabilir.

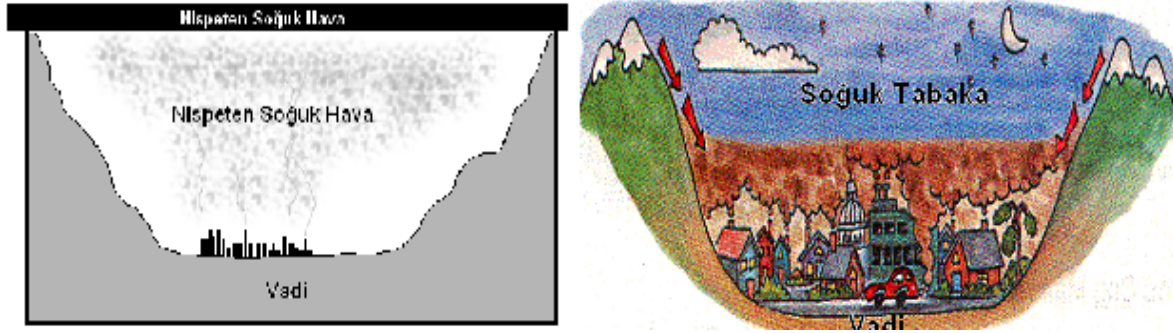
Yüksek tepe veya dağlarla çevrili bölgelerde oluşan çökme inversiyonuna ait detaylar Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’de görüldüğü gibi yerden belli yüksekliğe kadar sıcaklık yerden yükseklikle azalmaktadır. Belli bir yükseklikte ise sıcaklık yükseklikle artmaktadır. Bu tabakanın üzerinde de sıcaklık yine yükseklikle azalmaktadır. İnversiyon tabakası bir kapak gibi hareket ederek yer seviyesindeki gazların daha fazla yükselmesini ve dağılmasını engellemektedir.

Çökme inversiyonu kalitesiz yakıt ve yakma sistemlerinin kullanıldığı il ve ilçelerde daha etkili olmaktadır.





Şekil 2. Çökme İnversiyonunda Sıcaklığın Yükseklikle Değişimi

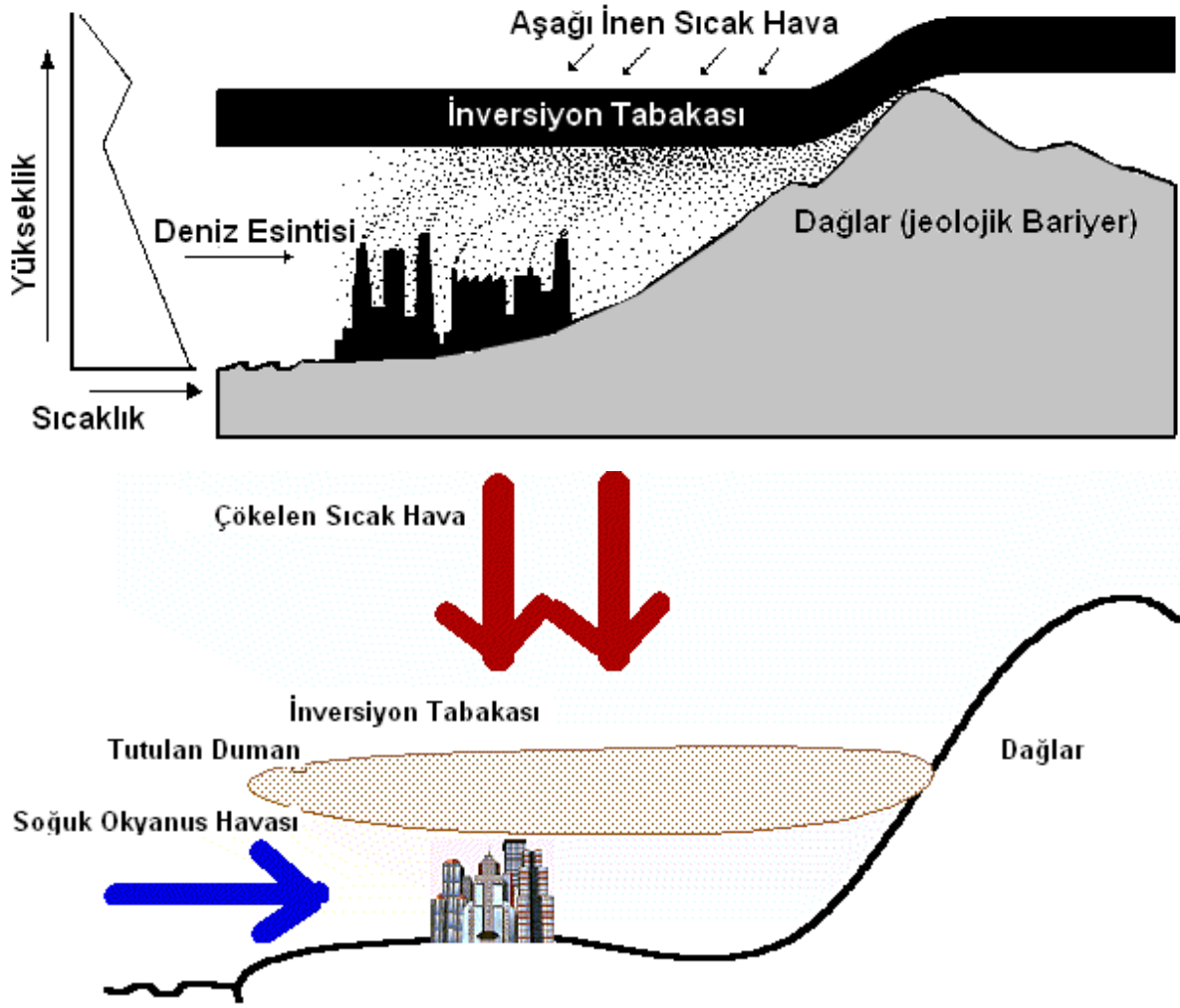


Şekil 3. Vadide Gerçekleşen Çökme İnversiyonun Etkileri

5. ADVEKSİYON İNVERSİYONU

Yüksek basınçlı günlerde, sakin ve açık atmosferik şartlarda, sıcak deniz esintileri, karaya ulaşmadan önce soğuk hava akımları üzerinden geçtiği sahillerde (şehirlerde) bu tür adveksiyon inversiyonu meydana gelir. Bu durumlarda yer seviyesindeki soğuk hava tabakası üzerine sıcak hava tabakası yerleşir. Kararlı (stabil) tabaka olarak adlandırılan inversiyon tabakası bir kapak gibi hareket ederek tabaka altında bacadan veya egzozdan atılan kirleticilerin tutulmasına ve birikmesine neden olur. Bu tür inversiyon oluşumu ile ilgili örnekler Şekil 4’de verilmiştir.

Adveksiyon inversiyonu, genel olarak arkasında yüksek tepe veya dağ olan sahil bölgelerinde kurulan şehirlerde meydana gelmektedir.



Şekil 4. Adveksiyon İnversiyonu Oluşumu

6. İNVERSİYON ETKİLERİ

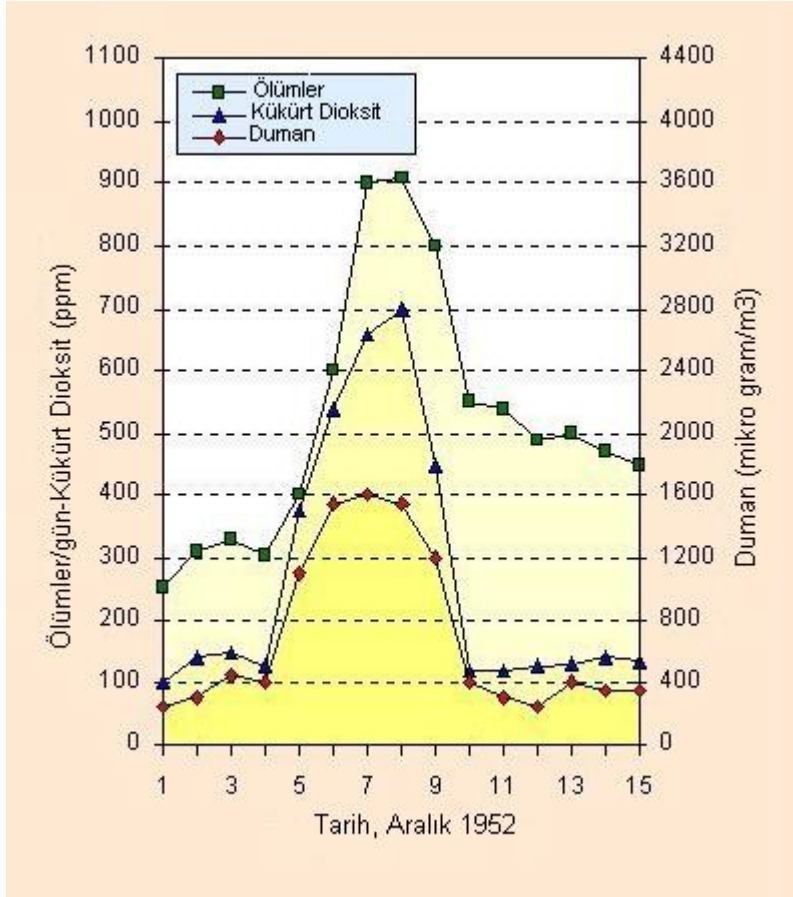
İnversiyonlu sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında, şehir içi bölgelerinde ciddi hava kirlenmesi sonucu ölümcül atmosferik şartlar oluşmaktadır. Bazı şehirler dağ eteklerine veya vadiye kurulmuştur. Ağaçlarla, tepelerle veya dağlarla çevrili şehirlerde hava hareketi çok yavaştır. Bu tür şehirlerde yüksek binaların bulunması da hava sirkülasyonunu ayrıca önemli ölçüde engellemektedir. Yüksek basınç şartlarının hüküm sürdüğü açık hava ve düşük rüzgarlı günlerde, bu tür şehirlerde rüzgar hızı durma noktasına gelmektedir. Özellikle ısınma amaçlı olarak kalitesiz katı ve sıvı yakıt kullanılan şehirlerde bacadan atılan kirleticiler havadan daha ağır olduklarından yere doğru çökme eğilimindedirler. Meteorolojik şartların katkılarıyla yere doğru çökelen ve biriken kirleticiler ölümcül etkilere sahiptirler.

1930'da Belçika'nın oldukça büyük endüstri havzası olan Mense vadisinde duman ortalığı alt üst etmiştir. Bunun sonucunda 63 kişi ölmüş ve binlerce kişi hastalanmıştır.

1948 yılında Pensilvanya Donarda yaşanan inversiyon olayında 6000 kişi solunum sistemi hastalığına maruz kalmış ve 20 kişi ölmüştür.

1948 yılında hava kirlenmesinden Londra’da 700-800 kişinin öldüğü kayıtlara geçmiştir.

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 5’de verilmiştir.



Şekil 5. 1952 Yılında Londra Yaşan Hava Kirliliği Etkisi

Şekilde 5’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 artmıştır. Belirli süreden sonra kirletici konsantrasyonu sınır değerlerinin fevkalade üzerine çıkmıştır. Bu olay sonucu 5.000 kişi ölmüş ve 12.000 kişi hastalanmıştır. Bu olay sonucu İngiltere’de temiz hava kanunu düzenlemesi ile ısınmada kullanılan yakıt özelliğinde ve yakma sistemlerinde ciddi düzenlemeler getirilmiştir.

1984 yılında Hindistan Bhopal’da endüstrinin oluşturduğu metil iso siyanat kirleticisi inversiyonlu şartların da etkisiyle 3.300 kişinin ölmesine ve 22.000 kişinin hastalanmasına neden olmuştur.

1970 ve 1980’li yıllarda Ankara’da hava kirliliği ciddi boyutlara ulaşmıştır. 1993 yılı kış ayında İstanbul Fatih ilçesinde kükürt dioksit değerinin birkaç günlük ortalaması 2.000 mg/Nm³ dir. Bu değer sağlık açısından fevkalade yüksek değerdir.

7. YAPILMASI GEREKENLER

İllerde ve ilçelerde hava kalitesinin iyileştirilmesinden sorumlu idareler şehirlerinin topografik özelliklerini inceletmelidirler. Dağlar veya tepelerle çevrili veya vadide kurulmuş şehirlerde çökme inversiyonunun, deniz veya sahil kenarında kurulmuş olanlarda ise adveksiyon inversiyonu oluşması kuvvetle muhtemeldir. Radyasyon inversiyonu her yerleşim bölgesinde oluşmaktadır.

İdareler ikinci olarak bölgelerinin meteorolojik özelliğini iyi bilmelidirler. Özellikle kış aylarında yüksek basınç şartlarının oluştuğu sıklığı, havanın bulutluluk durumunu ve rüzgar hızının ne aralıkta değiştiğini tespit ettirmeliler. Daha önceki yıllarda yüksek basınç şartlarında gerçekleşen gece saatlerindeki sakin ve açık hava sıklığı tespit edilmelidir.

Meteorolojik şartlar ile topografik özelliklerin bacadan veya egzozdan atılan kirleticilerin dağılımı için 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 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 yakıt kullanımı ya azaltılmalı veya yasaklanmalıdır.

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.