

Çöl tozu taşınımlarının partiküler madde konsantrasyonu üzerine etkisi: Ankara İli örneği

Desert dust transportation on particulate matter concentrations: A case study in Ankara

Mehmet Tuncer ÖZDEMİR¹, Sevinç ERTAŞ¹

ÖZET

Amaç: Afrika yönünden esen rüzgârların getirdiği toz bulutları, zaman zaman etkili olarak hava kalitesini bozmaktadır. Bu çalışmada bu toz bulutlarının, Ankara ili dış ortam havasındaki Partikül madde (PM₁₀) konsantrasyonu üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Yöntem: Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Ankara Hava Kalitesi Kontrol ve Araştırma Laboratuvarına ait ölçüm istasyonunda dış ortam havasındaki PM₁₀ parametresi analiz edilmiştir. Dış ortam havasındaki partikül madde olarak çapı 10 µm PM₁₀ olan kirletici ölçümleri Environment S.A. firmasının ürettiği MP101M model PM₁₀ analizörü ile yapılmıştır. Cihazın PM₁₀ ölçüm prensibi, beta ışını absorpsiyonu yöntemine dayanmaktadır.

Bulgular: 14-15 Ocak 2009 ve 11-12 Mart 2010 tarihlerine ait saatlik PM₁₀ konsantrasyon değişimi ve meteorolojik verilerle, aynı tarihlerde şehrin üzerine yağın çöl tozları arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda toz bulutlarının dış ortam hava kalitesini önemli oranda düşürdüğü saptanmıştır.

Sonuç: Toz bulutlarının olduğu günlerde dış ortamdaki hava kalitesi önemli ve ciddi oranda

ABSTRACT

Objective: Dust clouds originating from deserts of Africa are carried by wind and lead to the deterioration of air quality seasonally. In this study, the effect of dust clouds on outdoor air quality and its impact on the concentration of ambient air particulate matter (PM₁₀) were investigated in Ankara.

Method: The ambient air particulate matter parameter was analyzed in the samples collected from the measurement stations of Ankara Refik Saydam National Public Health Agency Environmental Health Research Department Air Quality Control and Research Laboratory. Pollutants in ambient air as particulate matter in 10 µm diameter (PM₁₀) were measured by MP101M model PM₁₀ analyzers produced by Environment S.A companies based were used.

Results: The relationship between desert dusts falling over the city today and hourly variation of PM₁₀ concentration and meteorological data belonging to the dates January 14-15, 2009 and March 11-12, 2010 were studied. Results of this study showed that dust clouds substantially reduced ambient air quality.

Conclusion: Ambient air quality was impaired on the days that dust clouds were present and significantly

¹ Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, ANKARA

İletişim / Corresponding Author : Sevinç ERTAŞ

Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, ANKARA

Tel : +90 312 458 21 81

E-posta / E-mail : aircont@rshm.gov.tr

Geliş Tarihi / Received : 21.10.2010

Kabul Tarihi / Accepted : 04.01.2011

etkilenecek insan sağlığına ve çeşitli ekonomik zararlara neden olmaktadır. Bu olaylar öncesinde halk sağlığının korunması için ülke çapında, yerel yönetimler ve hatta kişisel olarak önlemler alınmasının sağlanması, Türkiye gibi toz taşınımının etkili olduğu hassas ülkeler için bir zorunluluktur.

Anahtar Sözcükler: Toz bulutu, partiküler madde, dış ortam hava kalitesi, Ankara

affect human health and cause economic damage. Reasonable precautions should be taken before the desert dust clouds appear by local authorities and even individuals to ensure the public health protection in countries that are affected by dust transportation, like Turkey. Threshold and standard values can be taken in account to perform risk assessment.

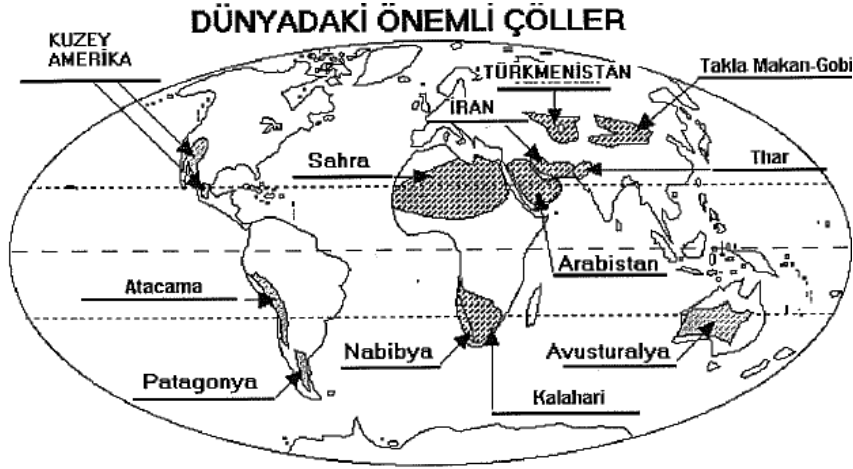
Key Words: Dust cloud, particulate matter, ambient air quality, Ankara

GİRİŞ

İnsan yaşamını idame ettirebilmek için sürekli besin, su ve havaya ihtiyaç duyar. Bu nedenle; hava kirliliği günümüzde en önemli çevre ve çevre sağlığı sorunlarından biridir. Günlük hatta saatlik olarak değişen hava koşulları yaşadığımız çevrenin hava kalitesini, yaşantımızı ve sağlıklı nefes almamızı etkilemektedir. Belirli bir noktadan doğal ve yapay (antropojenik) kaynaklarla atmosfere salınan partiküller, hakim rüzgârların vasıtasıyla atmosferde uzun mesafeler kat ederek yerel ve küresel ölçekte hava kalitesini bozmaktadır. Rüzgarlar, 50 µm'den daha küçük boyuttaki katı partiküllerin yeryüzünden havalanmasına ve atmosfer içerisinde çok uzak mesafelere taşınmasına neden olabilirler. Bunun ötesinde çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük ve atmosferdeki miktarları milyonlarca ton olabilen partiküller her yıl bu yolla kaynaklarından uzaklara taşınmaktadır (1,2). Atmosferik aerosollerin hava kütleleri ile uzun mesafeli taşınımı son 15 yıl içerisinde önem kazanmıştır. Eser elementlerin büyük bir bölümü kaynaklarından (doğal yada antropojenik) partiküller üzerinde atmosfere katılırlar ve uzak bölgelere taşınımı sırasında partiküller üzerinde kalırlar. Mevcut meteorolojik koşullar ve topoğrafik özellikler de hava kirleticilerinin dağılımını veya ikincil kirleticilerin atmosferdeki oluşumlarını önemli ölçüde etkilemektedir. İnsan sağlığı üzerinde önemli rol oynayan atmosferik partikül maddeler, özellikle aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan solunabilir

atmosferik partikül maddelerdir. Büyük nüfuslu şehirlerde sıklıkla gözlemlenen yüksek partiküler madde derişimlerinden kaynaklanan hava kirliliği, halk sağlığı üzerinde kısa veya uzun vadeli kötü sağlık etkilerine neden olmaktadır. 14-15 Ocak 2009 ve 11-12 Mart 2010 günlerinde Ankara'ya sarımsı renkli bir çamur yağmış olup, bu tür olaylar geçmişte de Ankara'da sıkça görülmüştür. Yapılan çalışmalarda Avrupa ve Türkiye'deki toz yağışlarının Afrika Sahra Çölü kaynaklı olduğu bildirilmektedir (3). Sahra, ülkemize en yakın ve yerküredeki en geniş alana sahip çöldür (Şekil 1). Sahra Çölü'nden meteorolojik koşullar nedeniyle belirli dönemlerde atmosfere kalkan tozlar uzun bir taşınım girer. Yapılan araştırmalar Sahra Çölünün rüzgar erozyonu ile senelik toprak kaybının 1,5 ila 2 milyar ton mertebesine ulaştığını göstermektedir (3). Toz kaybı etken rüzgarlar ile batıdan Atlantik Okyanusu ve ötesine, kuzeyden Avrupa Kıtasına, doğudan Asya ve Arabistan yarımadasına, güneyde ise ekvator yönünde olmakta ve tüm sene boyunca devam etmektedir (4,5). Bu çöl tozu yağışının sadece Ankara'da olmayıp, Ankara ile Akdeniz şeridi arasında da görülmesi, o günkü meteorolojik kayıtlara göre materyalin Afrika'dan getirilmiş olabileceğini kanıtlamaktadır (6,7).

Partikül madde (PM), atmosferde asılı bulunan katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımıdır. Partikül boyutları çok geniş bir aralığa sahiptir. Toz, duman, is gibi bazı partiküller gözle görülebilecek



Şekil 1. Önemli çöllerin Dünya üzerinde buldukları kıtaları gösterir harita

kadar büyüktür. Bunun yanında, ancak mikroskopla görülebilen boyutlarda partiküller de bulunmaktadır. Sıvı veya katı taneciklerin gaz ortamında askıda durmasıyla oluşan toz veya partikül madde diye adlandırılan bu kirletici türü, ister doğal isterse yapay kaynaklı olsun; çeşitli iklimsel ve hijyenik etkileriyle önem kazanmaktadır. PM çeşitli kaynaklardan oluşabilir: Yakıt tüketimi dizel motorlar, inşaat ve endüstriyel faaliyetler, ikincil aerosoller (amonyak, sülfür ve azot oksitlerinin havada reaksiyonu ile oluşur) ya da bitki polenleri ve yerden kalkan tozlar gibi doğal kaynaklar. Hızlı sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak fosil yakıt tüketiminin fazlaşması dünyanın birçok bölgesinde atmosferdeki PM konsantrasyonlarının artmasına yol açmıştır. Genellikle şehir atmosferindeki PM konsantrasyonlarının büyük bir kısmından bu tür kaynaklar sorumludur. Çöller ve aktif volkanların bulunduğu bölgelerde ise doğal kaynakların PM konsantrasyonlarına etkisi çok daha büyüktür (8). Partiküller tanecik boyutları, koyuluğu, kimyasal bileşimi ve sağlık etkileri potansiyeline göre geniş çapta değişim gösterirler. Partikül boyutu genellikle aerodinamik çap olarak ifade edilir ve birkaç nanometreden (nm) onlarca mikrometre (μm) çap aralığında değişim gösterir. $2.5 \mu\text{m}$ çaptan daha büyük çaplı “kaba partiküller (coarse)”, $2.5 \mu\text{m}$ den daha küçükler “ince partiküller (fine)” ve 100 nm

çaptan daha küçük olanlar ise “çok ince partiküller (ultrafine)” olarak adlandırılırlar. Büyük partiküller, insan vücudunun doğal savunma mekanizması tarafından uzaklaştırılırlar. Daha küçük partiküller ($<10\mu\text{m}$) akciğerlerin derinliklerine nüfuz ederek tahriş ve tıkaçıcı etkilere sebep olabilirler (9). Küçük ve büyük partiküllerin her ikisi de solunum sisteminde birikebilir ve çeşitli sağlık etkilerine neden olabilirler. Büyük partiküller, astım gibi solunum rahatsızlıklarını kötüleştirirler. İnce partiküllere maruziyet, erken ölümü de içeren çeşitli ciddi sağlık etkilerine neden olur. Ters sağlık etkileri, PM’ye hem kısa periyotlar (bir gün gibi) hem de daha uzun periyotlar (bir yıl veya daha uzun) da maruziyet ile birleştirilir. Akciğer hastalığı ve kalp hastalığı olan kişiler PM’ye maruz kaldığında, erken ölüm riski veya acil servislere başvuruda artış olur. Mevcut akciğer hastalığı olan kişiler ve çocuklar PM’ye maruz kaldıklarında, derin ve kuvvetli olarak soluk alamayabilir ayrıca öksürük ve kesik kesik nefes alma gibi belirtiler gösterebilirler. Solunum enfeksiyonlarına hassasiyeti artırabilir, astım, kronik bronşit gibi mevcut solunum hastalıklarını kötüleştirirler. Daha küçük partiküller ($<10 \mu\text{m}$) akciğerlerin derinliklerine nüfuz ederek tahriş ve tıkaçıcı etkilere sebep olabilirler (9). Dizel dumanı gibi bazı küçük partiküller de kanserojenik olabilir (10,11). PM konsantrasyonları aynı şehrin

içinde ve şehirden şehre büyük ölçüde değişim gösterebilmektedir. Havanın tozlu olması, yani doğal veya yapay partikül maddelerle dolu olması; görüş mesafesini kısaltmakta, güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak gelen enerji akışını değiştirmekte, insan, hayvan ve bitki sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bunların dışında partiküller, yüzeyleri üzerinde adsorbladıkları diğer kirleticilerin (hava normal derişimlerinin daha yükselmesine neden olur) ve bu kirleticilerin zararlı etkilerinin daha yoğun hissedilmesine yol açarlar (12).

Bu çalışmada 14-15 Ocak 2009 ve 11-12 Mart 2010 tarihlerine ait saatlik PM_{10} konsantrasyon değişimi ve meteorolojik verilerle, toz bulutlarının Ankara ili dış ortam havasındaki Partikül madde (PM_{10}) konsantrasyonu üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

PM_{10} ve Meteoroloji Verilerinin Temini ve Ölçüm Yöntemleri:

Bu çalışmada yoğun çöl tozlarının taşındığı 14 -15 Ocak 2009 ve 11-12 Mart 2010 tarihleri arasındaki PM_{10} ölçümleri Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı (RSHMB), Çevre Sağlığı Araştırma

Müdürlüğü (ÇSAM), Hava Kalitesi Kontrolü ve Araştırma Laboratuvarına ait hava kalitesi istasyonlarında yapılmıştır (Şekil 2).

Dış ortam havasındaki PM olarak çapı $10 \mu m$ (PM_{10}) olan kirletici ölçümleri Environment S.A. firmasının ürettiği MP101M modelli PM_{10} analizörleri kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3). Cihazın PM_{10} ölçüm prensibi, Amerikan Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından da onaylanmış olan beta (β) ışını absorpsiyonu yöntemine dayanmaktadır. β ışını absorpsiyonu ölçüm cihazı, β ışınlarının absorpsiyonunun maddenin kütlesiyle orantılı olarak artması prensibini esas alarak çalışır. Bu prensibi esas alan monitörler, Beta-partikül Attenuation Monitors (BAM) olarak adlandırılır. Partiküller bir filtre kağıdı üzerinde toplanır ve üzerine β ışınları gönderilir. Absorblanan beta ışını, toplanan partiküllerle orantılı olarak artar. Madde düşük enerji seviyelerinde ışınlanır ve ışınların bir kısmı absorblanır, bir kısmı yansır. Filtre kağıdı üzerinde toplanan partikül maddelerin β ışınları tarafından ışınlanmasıyla, toplanan madde miktarı tayin edilir. Birim kütle başına β absorpsiyonu, mevcut numunedeki atomik oranına ve elementlerin kütle numarasına bağlıdır. Bu yöntemin kalibrasyonu esnasında, fiziksel özellikleri ve derişim değerleri iyi bilinen polikarbon parçacıklar cihazın kalibrasyon



Şekil 2. RSHMB Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu (25.05.2009)

diyaframına yerleştirilerek β ışınlarına maruz bırakılırlar. β yansıma oranları ve derişim değerleri esas alınarak kullanılır. Dış ortam ölçümlerinde cihaz 15 dakika boyunca dış atmosferden almış olduğu örnek havayı beta ışını ile ölçümlere tabi tutar. Cihaz, bu süre içerisindeki ölçümlerinin ortalamasını alarak bir sonraki 15 dakikalık ortalama ppm veya $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ekrana yansıtır. Cihaz 1-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında ölçüm yapabilmektedir.

Geçen β ışınının yoğunluğu ile partiküler madde miktarı arasında, aşağıdaki eşitlikle, bağıntı kurulur.

$$I=I_0 (-\mu\text{m}/X\text{m})$$

I: Filtre ve partiküller üzerinden geçen beta ışını yoğunluğu

I_0 : Sadece filtre üzerinden geçen beta ışını yoğunluğu

μm : Kütle absorpsiyon sabiti (cm^2/gr)

$X\text{m}$: Partiküler maddenin kütlesi

Bu eşitlikten APM nin kütlesi:

$X\text{m}=1/\mu\text{m} \ln(I_0/I)$ olarak hesaplanır.

APM nin konsantrasyonu da;

$C = S/V \times X\text{m} \times 103 = (S/V) \ln(I_0/I) \times 103$ olarak hesaplanır.

Burada;

C: APM nin konsantrasyonu (mg/m^3)

S: Toplama yüzeyi (cm^2)

V: Geçen hava hacmi (m^3)

Cihazların kalibrasyonları ve verilerin kalite kontrolleri, RSHMB tarafından rutin olarak yapılmıştır. Çalışma süresine ait saatlik sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, basınç, parametreleri yerleşkede bulunan otomatik meteorolojik sensörlerden alınmıştır.

BULGULAR

Bu çalışmaların yapıldığı günlerde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden yapılan uyarılara göre Türkiye'nin değişik noktalarında güneybatıdan kuvvetli esen lodos rüzgarlarıyla birlikte, Afrika üzerinden gelen çok yoğun toz taşınımı olduğu belirtilmiştir. Toz taşınımı ve çamur yağışına karşı vatandaşlar ile ilgililerin dikkatli olması istenmiştir. Ülkemize taşınan tozlar son senelerde yoğunluklarını daha da arttırmış ve artık herkesin görebileceği



Şekil 3. MP101M Analizörleri

boyuta gelmiş olup, toz taşınım süreçleri uydular aracılığı ile anında izlemek mümkün olabilmektedir.

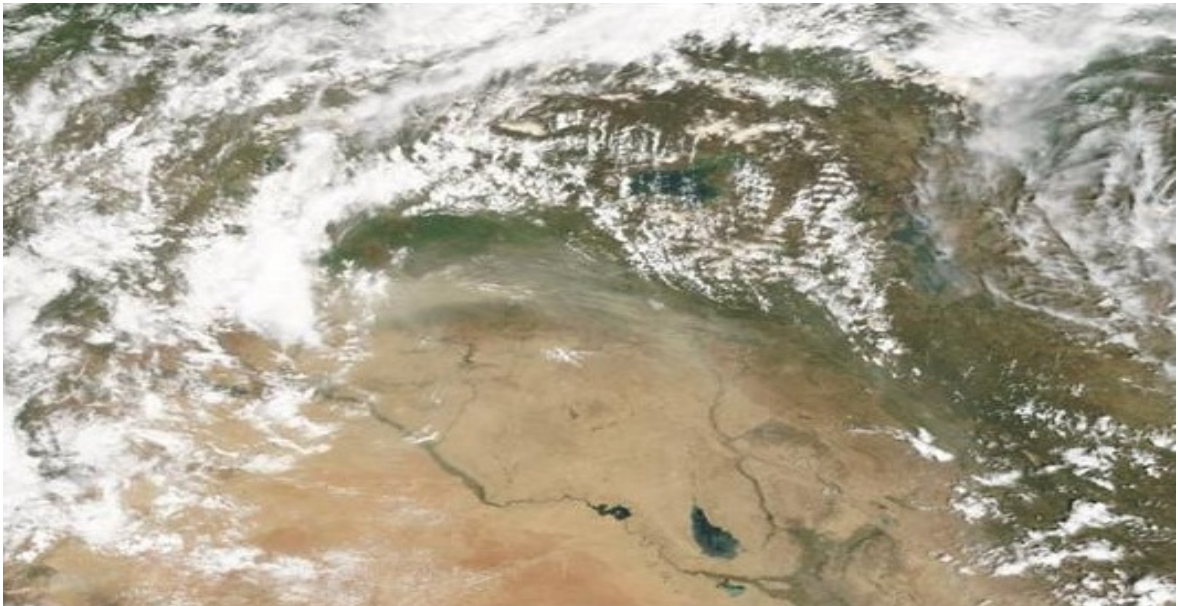
Toz bulutları genellikle güneyden esen rüzgârlarla bölge illerini bir veya iki gün etkisi altında bırakmaktadır. Toz bulutlarının oluşumu ve etkisi, rüzgar hızı ve yönü, yağış gibi meteorolojik faktörlerin yanı sıra bölgenin jeomorfolojik, jeolojik ve pedolojik yapısıyla da yakından ilgilidir. Genellikle yılın ilk yarısında periyodik olarak Ankara'da yağışlarla birlikte toz yağdığını tüm Ankaralılar hatırlayabilirler. Elde edilen kayıtlara göre, bugüne kadar Ankara'da saptanmış olan ilk toz yağmuru 1957 tarihinde olmuştur (13). Ankara'da daha sonraları Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce saptanan önemli toz yağmurları olmuştur. Bu çalışma dış ortam havasındaki PM_{10} örneklerinin analizleriyle, taşınan materyallerin PM_{10} konsantrasyonu üzerindeki etkisini saptamak amacı ile yapılmıştır. Bu amaçla artan PM_{10} konsantrasyonlarının ölçüldüğü tarihlerdeki uydu fotoğrafları incelenmiştir (14). Uydu fotoğraflarında Afrika kıtasından ülkemize 11-12 Mart 2010 ve 14-15 Ocak 2009 tarihlerinde toz taşınımının olduğu görülmektedir (Şekil 4,5). Bu doğrultuda ölçülen PM_{10} konsantrasyonundaki artışın toz taşınımını ile ilgisi olabileceği

belirlenmiştir. Tablo 1'de toz bulutlarının etkili olduğu günlerde Ankara'da sekiz ölçüm istasyonunda yapılan saatlik dış ortam PM_{10} sonuçları verilmiş, 11-12 Mart 2010 ve 14-15 Ocak 2009 tarihlerinde dış ortamdaki PM_{10} konsantrasyonunun normal günlere göre ortalama değerlerin çok üzerinde olduğu görülmüş, konsantrasyonların özellikle Cebeci, Demetevler, Sıhhiye ve Sincan bölgelerinde çok arttığı saptanmıştır.

Meteorolojik faktörler PM_{10} konsantrasyonunu değiştirmektedir. Tablo 2'de ölçümün yapıldığı bölgedeki meteorolojik parametrelerin değerleri verilmiştir. Bu verilere göre rüzgar hızının bu günlerde yüksek olduğu görülmüştür.

Şekil 6 ve 7'de tozlu günlerdeki PM_{10} konsantrasyonun normal günlerdeki konsantrasyonlara göre yüksek olduğu izlenmektedir. RSHMB, ÇSAM, Ankara İli Hava Kalitesi İstasyonlarında toz bulutlarının sürdüğü günlerdeki PM_{10} ortalama konsantrasyonlarının yıllara göre karşılaştırılmasında (Şekil 8,9) da PM_{10} konsantrasyonları arasında belirgin oranda farklılıklar olduğu görülmektedir.

Çöl tozlarının etkileri, Ankara atmosferindeki PM_{10} konsantrasyonlarının artış günlerine ait verilerin



Şekil 4. 15.01.2009 tarihli toz taşınımının uydu fotoğrafı



Şekil 5. 11.03.2010 tarihli toz taşınımlarının uydu fotoğrafı

değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkmış olup, Ankara'da yüksek PM_{10} değerlerinin kaynağının tek başına yerel emisyonlarla açıklanmasının doğru olmayacağı görülmüştür. Sahra tozları doğal kaynaklarla atmosfere salınan partiküller olup hakim rüzgârların vasıtasıyla atmosferde uzun mesafeler kat ederler. Bu tozların yerel ve küresel ölçekte herkesin görebileceği boyutlara gelmesi ile hava kalitesini bozduğu elde ettiğimiz verilerle gösterilmiştir. Gün içinde artan emisyon faaliyetleri (trafik), yüksek nüfus, kaçak gazlar vb. yerel etkilerin belirlenen bu artışa etkisinin daha net olarak anlaşılabilmesi için saatlik verilerin detaylı incelenmesi yapılmıştır. Öte yandan bu dönemin bir kaç gün sürmesi ve tüm istasyonlarda aynı anda gözlenmesi bunun yerel ve anlık etkilerden ziyade bölgesel etkilerden kaynaklandığı düşüncesini kuvvetlendirmektedir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan sonuç uzun süreli etkin olabilen atmosferik toz taşınımı özellikle solunabilir yapıdaki PM_{10} kirliliği açısından olumsuz yönde etkilemekte ve hedeflenen ulusal saatlik PM_{10} sınır değerinin aşılmasına neden olmaktadır.

TARTIŞMA

Kirleticilerin atmosfere olan etkilerinin sadece endüstriyel veya evsel kirliliklerle değil doğal katkılardan da meydana geldiğini göstermekte ve özel izlemelerle tanımlanmasının yapılması gerekliliğini zorunlu hale getirmektedir. Ancak bu amaçla yapılacak çalışmalar bu olaylara bilimsel kanıt oluşturabilecektir. Yaptığımız çalışmada PM_{10} konsantrasyonunun özellikle Cebeci istasyonunda $566 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Sıhhiye istasyonunda $452 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerlere ulaştığı ve bu günlere ait uydu fotoğrafları ve meteorolojik verilerin hava hareketlerini destekler nitelikte olduğu gösterilmiştir. Afrika'dan kaynaklanan toz taşınımları nedeni ile sınır değerler aşılarak insan sağlığı için tehlikeli bir durum ortaya çıkmıştır.

Toz bulutları ve PM konsantrasyonuna etkileri ile ilgili çalışmalar yeterli sayıda değildir. Bu alanda yapılan bazı araştırmalarda; Sahra kaynaklı taşınan tozların okyanuslara ve denizlere ulaşan atmosferik toz içeriklerinin, yaz ve sonbahar aylarında nehirlerin akış hızlarını düşürdüğü, buna bağlı olarak nehir girdileri ile fosfat miktarlarının düştüğü dönemlerde kıyıl ekosistemde bütün fitoplanktonik grupları

Tablo 1. Ankara İli Hava Kalitesi İstasyonlarındaki saatlik maximum PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) konsantrasyonları

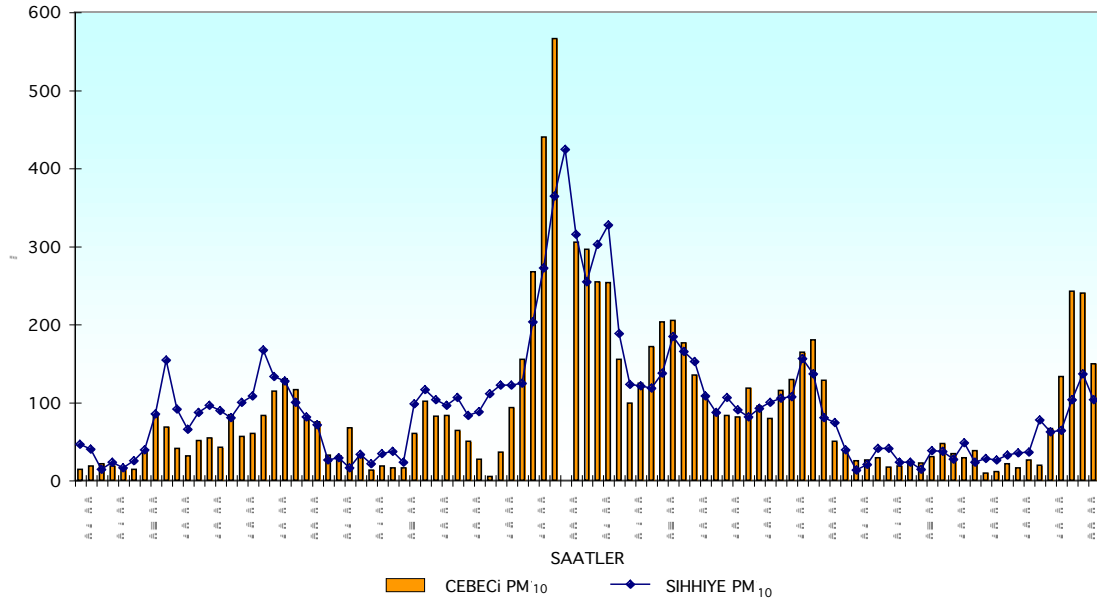
İstasyon	Tarih	Saat	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Bahçelievler	14.01.2009	02:00	183
	15.01.2009	20:00	209
	15.01.2009	23:00	213
	11.03.2010	23:00	156
	11.03.2010	24:00	181
	12.03.2010	01:00	163
Kayaş	11.03.2010	21:00	223
	11.03.2010	22:00	231
	12.03.2010	22:00	281
Keçiören	14.01.2009	09:00	166
	15.01.2009	20:00	151
	11.03.2010	23:00	271
	11.03.2010	24:00	310
	12.03.2010	01:00	277
Sincan	14.01.2009	19:00	143
	15.01.2009	22:00	229
	15.01.2009	23:00	265
	12.03.2010	01:00	206
	11.03.2010	21:00	325
	11.03.2010	22:00	390
Cebeci	11.03.2010	20:00	440
	11.03.2010	21:00	566
	11.03.2010	23:00	305
	12.03.2010	01:00	254
Demetevler	14.01.2009	24:00	130
	15.01.2009	18:00	407
	15.01.2009	19:00	351
	11.03.2010	09:00	433
	12.03.2010	01:00	175
Dikmen	11.03.2010	20:00	180
	11.03.2010	21:00	182
Sıhhiye	11.03.2010	21:00	364
	11.03.2010	22:00	424
	14.01.2009	20:00	413
	15.01.2009	19:00	441
	15.01.2009	20:00	452
	15.01.2009	21:00	409
	15.01.2009	22:00	406

etkilediği belirtilmiştir (15). Çöl tozlarını oluşturan parçacıkların içerisinde kaynaklandığı yöreye özgü kil minerallerinin bulunduğu ayrıca tozların yerden kalkmasına neden olan meteorolojik olaylarla bakteri ve mantarların da atmosferik taşınımına girebildiği tespit edilmiştir (16). Tozların içerisinde +3 değerlikli demir iyonlarının bulunduğu, bu demirin sucul ortamdaki fitoplankton için son derece gerekli elementlerden biri olduğu ve yetersiz demir fitoplankton büyümesinin sınırlandırılmasından sorumlu olduğu, atmosferik tozlar içerisinde bulunan ve okyanuslara taşınan Fe, fitoplankton artışına neden olmaktadır. Dolayısı ile karbon dioksit alımını bu da küresel karbon bütçesini etkileyip sonuçta, denizlerdeki verimlilik etkilenmektedir (17).

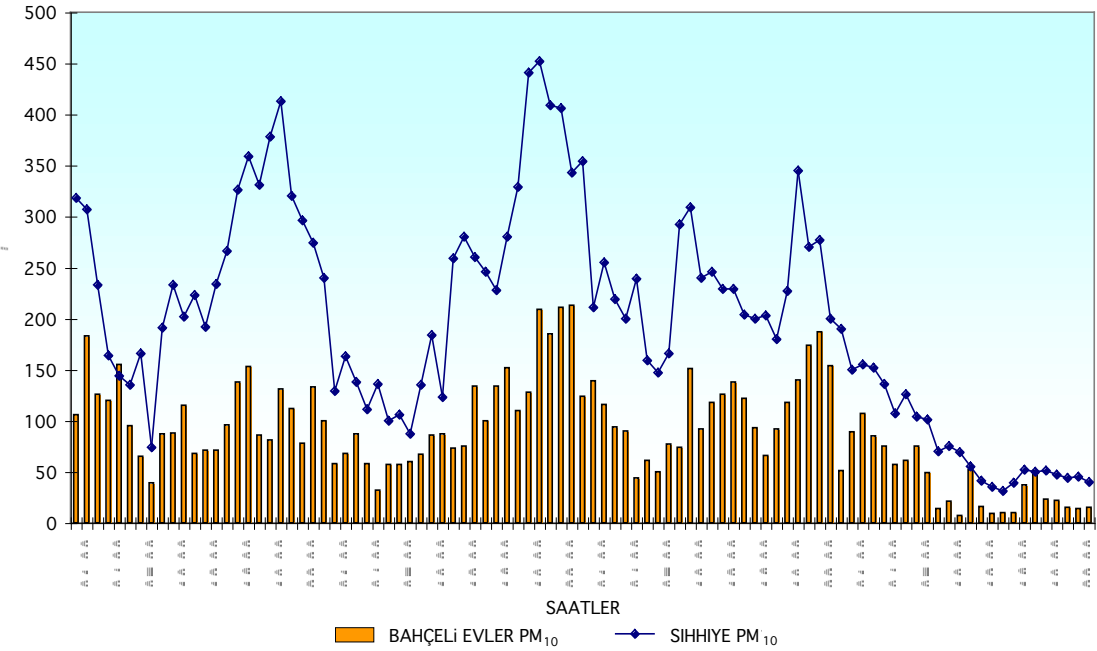
Bir başka çalışmada Ankara toprağında Sahra tozu ile beslenen buğdayların diğer uygulamalarla göreceli olarak karşılaştırılması yapılmıştır. Sahra tozu ile iklim dolaplarında, perlit ortamında beslenen sertifikalı Gönen tipi buğday türlerinin Sahra tozlarının kendi başına, buğday bitkisinin en ideal büyüme yapmasını sağladığı varsayılan ve kontrol olarak kullanılan Hewitt çözültüsü kadar büyüme yapabildiği net bir şekilde izlenmiştir (3). Bu tozların belirli koşullarda ortama kullanılabilir demir ve amino asitler meydana getirdiği ve alıcı ortamın da bu hazır besin maddelerini anında kullanıp geliştiğini göstermektedir (3).

Tablo 2. Ankara ilinden muhtelif zamanlarda meteorolojik veriler

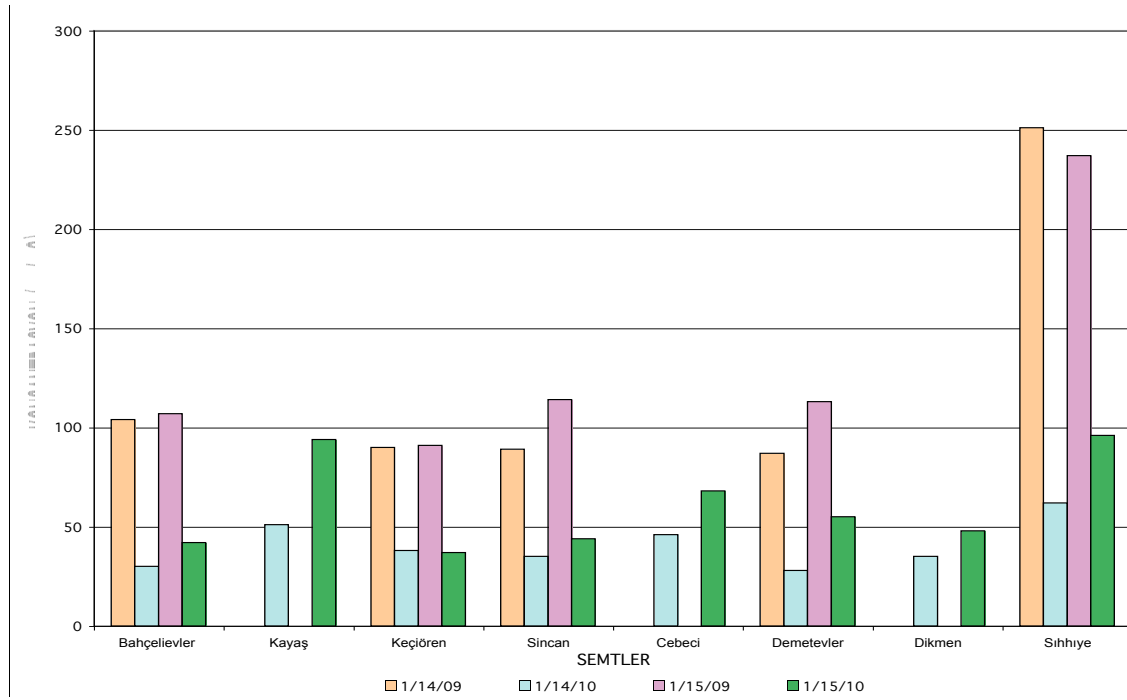
Tarih	Sıcaklık [C°]	Bağıl Nem [%]	Rüzgar Hızı [m/s]	Basınç [mb]	Yağış [cm]
14.01.2009	-2	81	6	1030	0.0
15.01.2009	3	77	7	1026	0.0
11.03.2010	10	76	9	1013	0.0
12.03.2010	10	70	11	1012	0.0



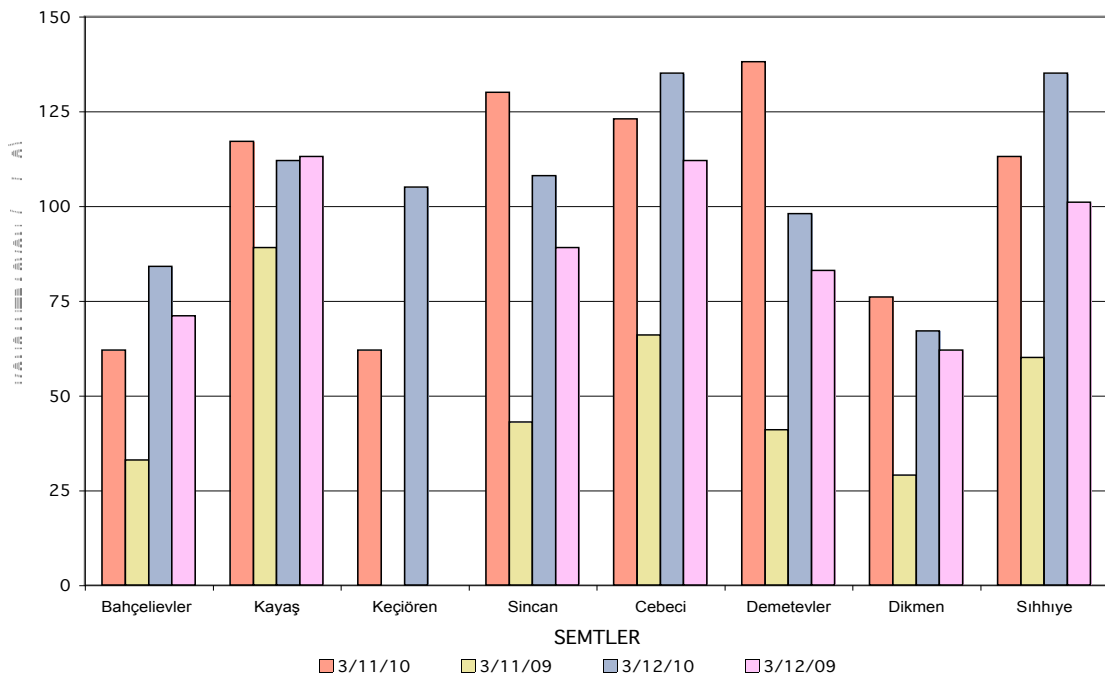
Şekil 6. Sıhıye ve Cebeci istasyonlarında 10-13 Mart 2010 PM₁₀ konsantrasyonları



Şekil 7. Sıhıye ve Bahçelievler istasyonlarında 14-17 Ocak 2009 PM₁₀ konsantrasyonları



Şekil 8. RSHMB, ÇSAM, Ankara İli Hava Kalitesi İstasyonlarındaki 14-15 Ocak 2009-2010 ortalama PM_{10} konsantrasyon değişimi



Şekil 9. RSHMB, ÇSAM, Ankara İli Hava Kalitesi İstasyonlarındaki 11-12 Mart 2009-2010 ortalama PM_{10} konsantrasyon değişimi

Bu ve benzeri birçok çalışma Sahra toprağının bulut içerisinde geçirdiği bir takım değişikliklerle oluşan yağmurun, tabiatın ana uyarıcı kaynağı olduğunu vurgulamaktadır.

Araştırmalarda toz bulutlarının yaşadığımız çevreyi önemli oranda etkilediği, yağışla birlikte yüzeye inmekte olup oluşan çamur özellikle yerleşim yerlerinde ciddi çevre kirliliğine, ekonomik ve sağlık sorunlarına da neden olduğu ortaya çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, en ufak olumsuz bir meteorolojik olayda erken uyarı ve önlem ile yerel halk uyarılmasına rağmen, ülkemizde bu gibi vakalarda halk sadece medyadan bilgilendirilmeye çalışılmaktadır.

Kıtalararası toz taşınımı tamamen doğal bir olaydır ve kontrol edilmesi neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle

bu olayların önceden tahminini sağlayabilecek modellerin geliştirilmesi ve bu modeller kullanılarak bu olaylar öncesinde halkın sağlık açısından ülke çapında, yerel yönetimler ve hatta kişisel çapta önlemler alınmasının sağlanması Türkiye gibi toz taşınımının etkin olduğu hassas ülkeler için bir zorunluluktur. Bu kapsamda ulusal destekli bir Çevre Bilgi Sistemi oluşturulmalı ve yaygın medya unsurları ile (TV, radyo ve internet) epizot öncesi uyarılar yapılabilmelidir. Havaaların giderek kuraklaşmasının yağış oranlarının azalması ve iklimin ısınmasının bu tür sorunları arttıracığı öngörülmektedir. Bu nedenle, konuya daha fazla duyarlılık gösterilmesi ve gereken önlemlerin alınması gerekmektedir. Çünkü "toz bulutu sağlık açısından doğal bir afettir".

KAYNAKLAR

1. Wark, K., Warner, CF. Air pollution its origin and control. Harper and Row Publishers, 1981 New York.
2. Ridgwell, AJ. Dust in the earth system. The biochemical kting of land, Phil Trans R Soc, 2002; 114:3.
3. Saydam AC. Sahra çöl tozları ve ulusal hava kalitesi. Konya Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Konya Büyükşehir Belediyesi, 30-31 Mayıs 2008, s:39-144.
4. Anıl İ, Karaca F, Alagha O. İstanbul'a uzun mesafeli atmosferik taşınım etkilerinin araştırılması: "solunabilen partikül madde epizotları. Ekoloji, 2009; 19(73): 86-97.
5. Bulut H, Yeşilnacar Mİ, Rastgeldi M, Aslan M, Uçar D. Toz bulutlarının iç ve dış ortam hava kalitesine etkileri: Şanlıurfa örneği. Konya Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 2008, s:369-77.
6. Mermut A, Cangır C, Kapur S. Ankara'da periyodik olarak yağışla birlikte yağın toprakların (tozların) özellikleri ve kökeni üzerinde bir çalışma. MTA Enst Derg, 1978;(91): 109-16.
7. Koçak M, Mihalopoulos N, Kubilay N. Contributions of natural sources to high PM₁₀ and PM_{2.5} events in the eastern Mediterranean atmosphere. JGR-Atmospheres, 2003; 108(10): 167-75.
8. Yatkın S, Bayram A. The air borne particulate matter pollution in İzmir. DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 2007; 9(2): 1527
9. Tasić M, Rajšić S, Novaković V, Mijić Z. Atmospheric aerosols and their influence on air quality in urban areas. Physics, Chemistry and Technology, 2002; 4(1): 83-91.
10. Brockton J, Hefflin BJ, McClure NC, Johnson CA, et al. Surveillance for dust storms and respiratory diseases in Washington State. Arch Environ Health, 1994; 43(3): 170-4.
11. Gordian ME, Özkaynak H, Xue J, Morris SS, Spangler JD. Particulate air pollution and respiratory disease in Anchorage, Alaska. Environ Health Perspect, 1996; 104(3): 290-7.
12. Aydınlar B, Güven H, Kırksekiz S. Hava kirliliği ve modellenmesi. Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Dergisi, 2009.

13. Akalan İ. Uçan topraklar (1957 toz fırtınası dolayısıyla). Ziraat Dergisi, 1957;158: 8-12.
14. <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php> (Erişim:22 Nisan 2010).
15. Fevzioğlu MA, Ögüt H. Sahra tozları: Güneydoğu Karadeniz’de Temmuz 2001 yılındaki *Gymnodinium sanguineum* bloomundan sorumlu olabilir mi? KTÜ Deniz Bilimleri Fakültesi, 2001, Trabzon.
16. Güllü G, Ulutaş F, Belli D, Erduran, S, Keskin S, Tuncel G. The Black Sea aerosol a long range atmospheric transport. Tr J Engineer Envir Sci, 1998; 22: 289-303.
17. Saydam AC, Şenyuva Z. Deserts: can they be the potential suppliers of bioavailable iron? Geophysical Research Letters, 2002; 29(11): 1-3.