

Doğu Akdeniz Havzasında Kum ve Toz Fırtınalarının (SDS) İncelenmesi

Cihan Dündar¹, Kahraman Oğuz^{1,2}, Gülen Güllü¹

cdundar@mgm.gov.tr, koguz@mgm.gov.tr, ggullu@hacettepe.edu.tr

¹Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara

²Ankara Üniversitesi, Fiziki Coğrafya Bölümü, Ankara

ÖZET

Bu çalışmada Doğu Akdeniz Havzasında (İtalya, Yunanistan, Malta, Türkiye, Libya, Mısır ve Orta Doğu), 2003-2012 yılları arası sinoptik rasat kayıtlarında yer alan kum ve toz fırtınalarının (SDS) alansal ve zamansal değişimleri incelenmiştir. Bunun yanında Orta Çözünürlüklü Spektro-radiometre Görüntüleme (MODIS) uydusu görüntüleri yıllık ortalama olarak değerlendirilmiş ve sinoptik rasat kayıtları ile birlikte karşılaştırılmıştır. Ayrıca yaşanan toz fırtınalarının diğer iklimsel ve meteorolojik parametrelerle olan ilişkisi de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Toz taşınımı, toz taşınımı modeli, aerosol optik derinliği, alansal ve zamansal toz dağılımı

Evaluation of Sand and Dust Storms (SDS) over Eastern Mediterranean Basin

SUMMARY

In this study, spatial and temporal variations of sand and dust storm events (SDS) were investigated by using synoptic observations contained in the records between the years of 2003-2012 over Eastern Mediterranean (Italy, Greece, Malta, Turkey, Libya, Egypt and Middle East). In addition, the average annual Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) satellite images were considered and compared with synoptic observations. On the other hand the dust storms were also analyzed with other climatic and meteorological parameters.

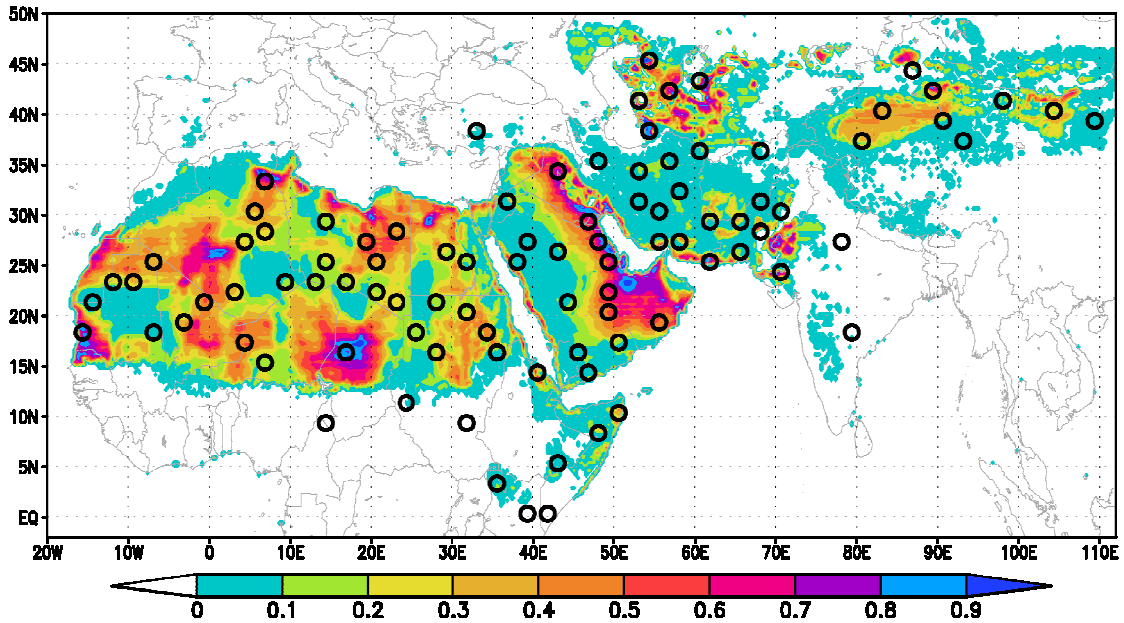
Key words

Dust transport, dust transport model, aerosol optical depth, annual and spatial dust distribution

1. GİRİŞ

Çöllerden kalkan tozlar, atmosferin üst tabakalarına yükselerek uzun mesafeler kat etmektedir. Göreceli olarak daha büyük olan toz parçacıkları, kaynak alanlarının yakınında çökerken, küçük olanlar ise binlerce kilometre yol kat edebilmektedir.

Toz taşınımı, Dünya ekosistemi için büyük önem taşımaktadır. Toz taşınımının temel nedeni, kuraklık ve çölleşme olarak belirtilmektedir. Dünyadaki başlıca toz kaynak alanları Afrika (Sahra çölü), Asya (Gobi ve Taklamakan), Arabistan Yarımadası, Güney Amerika ile Avustralya'da bulunan çöllerdir (Şekil 1).



Şekil 1. Afrika ve Asya'da önemli toz kaynak alanları (Ginoux et al. 2001)

Mattson ve Nilsen (1996) Sahra bölgesinin dünyada en önemli ve temel toz kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Sahra bölgesinden atmosfere salınan yıllık toz miktarı bir milyar ton civarındadır (Kwon et al. 2002). Çeşitli araştırmalar, mineral tozların Kuzey Afrika ve Arap Yarımadası için en önemli aerosol bileşeni olduğunu göstermektedir (Basart, 2011). Sahra tozlarının Akdeniz havzasına olan taşınımı konusunda yeterli çalışma bulunmaktadır (Moulin et al., 1997). Kalsiyumun Sahra tozu için iyi bir gösterge olduğu bilinmektedir. Nadir toprak elementleri de Doğu Akdeniz atmosferinin, yerel toz kaynaklarına nazaran, taşınan Sahra toz parçacıklarıyla zenginleştirilmiş olduğunu göstermiştir (Güllü et al. 2004).

Türkiye, hem Afrika hem de Orta Doğu kaynaklı çöl tozlarından etkilenmektedir. Suriye ve Irak sınırına yakın yerleşimlerimiz başta olmak üzere, Güneydoğu Anadolu bölgesi ve Konya-Karaman havzası toz taşınımından en fazla etkilenen yörelerimizdir.

Diğer taraftan, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), başlıca iklim değişkenlerinden biri olan atmosferik aerosollerin çok önemli bir bileşeni olarak tozu kabul etmektedir. Doğal ve antropojenik aerosoller aynı zamanda güneş radyasyonunu soğurarak ve yansıtarak radyasyon bütçesini etkilemektedir (IPCC, 2007; Ramanathan et al., 2007).

Bölgemizde yer alan ülkeler, toz fırtınasına yüksek derecede maruz kalmakta ve ciddi boyutta etkilenmektedir. IPCC'nin güncel iklim öngörülerine göre, kuraklık hadisesinin sıklığı ve şiddetinin artmasıyla birlikte, kum ve toz fırtınalarının daha yoğun yaşanması beklenmektedir.

Literatürde, özellikle demir içeriği açısından zengin olan çöl tozlarının okyanus ve deniz yaşamı ile karalar üzerinde etkileri olduğu belirtilmektedir. Ayrıca kum ve toz fırtınaları, maruz kalan insanların günlük yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Solunum yolu ve kalp rahatsızlığı bulunanlar ile yaşlı ve çocukların bu olaylardan en fazla etkilendiği bilinmektedir. Afrika'da yapılan çalışmalar, çocuklarda görülen menenjit vakaları ile toz fırtınaları arasında önemli bir bağ olduğunu göstermiştir (Perez, 2010).

Toz fırtınaları, hava ve deniz ulaşımını da olumsuz yönde etkilemektedir. Toz kaynak alanlarına yakın bölgelerde, fırtınaların yaşandığı dönemlerde havaalanları kapatılmakta, karayolu ulaşımında ise büyük sorunlar yaşanmaktadır.

2. AMAÇ

Atmosfer hareketleri ile çöl tozların uzak mesafelere taşındığı uzun zamandan beri bilinmektedir. Türkiye, coğrafi konumu itibariyle çöl bölgelerine olan yakınlığı ve batı rüzgârları kuşağında yer alması sebebiyle son yıllarda bol miktarda çöl tozu taşınımına uğramaktadır. Çöl tozlarının incelenmesi, önemini artırarak karşımıza

çıkan konulardan bir tanesidir, çünkü kum ve toz fırtınaları, fiziksel çevre ve canlılar üzerinde çok önemli etkilere sahiptir.

Dünya ölçeğinde toz taşınımı ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmaktadır, fakat Türkiye'de bu konu ile ilgili çalışmalar az sayıdadır. Özellikle yıllık ve mevsimsel toz taşınımı değerlendirmeleri çok azdır. Bu çalışmada, Türkiye'nin de içinde bulunduğu Doğu Akdeniz Havzasını etkileyen çöl tozlarının taşınımının analizi yapılarak, zamansal ve alansal değişimi incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Yapılan çalışmada Doğu Akdeniz Havzasında, kum ve toz fırtınalarının (SDS) alansal ve zamansal değişiminin incelenmesine yönelik olarak, 2003-2012 dönemi uluslararası sinoptik yayına giren meteorolojik rasatlar ve aynı döneme karşılık gelen MODIS-Aerosol Optik Derinliği (AOD) verileri kullanılmıştır.

2003-2012 dönemine ait sinoptik rasatlardan, çalışma alanı içerisinde gözlemleri süreklilik arz eden 114 Meteoroloji İstasyonuna ait toplam 2.940.087 rasat değerlendirilmiştir. Belirtilen dönemde rasat edilen SDS sayılarının alansal ve zamansal değişimi ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkisi incelenmiştir.

Uydu aerosol ürünleri, genellikle toz kaynak alanları ve tipik toz taşınım paternlerinin tespiti için kullanılmaktadır. Toz aerosolleri, NASA-MODIS ve EUMETSAT-MSG gibi çeşitli uydular tarafından görüntülenmektedir. MODIS aerosol ürünleri sadece bulutsuz bölgeler için oluşturulmuştur. Temel aerosollerden birisi olan tozlar, geniş partikül büyüklüğüne ve dolayısı ile yüksek optik derinlik değerine sahiptirler. MODIS Aerosol ürünü, küresel olarak okyanusların veya kıtaların bir kısmının üzerindeki ortamın aerosol optiksel kalınlığını 10×10 km çözünürlükle görüntülemektedir. AOD birimsiz olmakla birlikte, genellikle 0-1 değerleri arasında değişim göstermektedir. Değer 0'dan 1'e doğru arttıkça, atmosferde bulunan aerosol miktarı da artmaktadır. 1'in üzerindeki değerler kuvvetli ve çok kuvvetli kum ve toz fırtınalarını ifade etmektedir.

Bu çalışmada MODIS Aqua uydusuna ait 550 nm dalga boyunda AOD verileri, NASA'nın internet sitesinden yıllık olarak indirilmiş ve analizi yapılmıştır.

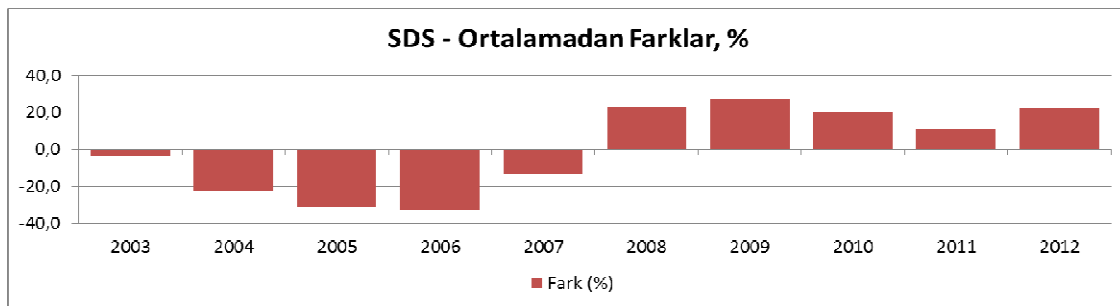
Yürütülen çalışmada ayrıca, CBS yazılımından yararlanılmıştır. Ölçüm istasyonları ve uydu gözlemleri ile ArcGIS programı yardımıyla noktasal veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra programın çeşitli araçları kullanılarak, gözlemlerin Doğu Akdeniz Havzası üzerinde dağılışı analizleri (görüntülenmesi) yapılmış ve çöl tozlarının zamansal ve alansal değişimi incelenmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çöl tozlarının küresel sistemlerdeki varlığı son zamanlarda görünür şekilde artmaktadır (Goudie and Middleton, 2006). Mineral tozlar, bir çok bölgede Aerosol Optik Derinliğini (AOD) artıran temel bileşendir (Tegen et al., 1997) ve son yıllarda toz üretimini artıran önemli kanıtlar bulunmaktadır (Mahowald et al., 2010).

Akdeniz havzasında, çöl tozlarının taşınımı farklı seviyelerde olmaktadır. Toz aerosolleri yaz mevsiminde daha yüksek irtifalara ulaşmaktadır (Perez et al., 2004; Basart, 2011). İlkbaharda en fazla toz taşınımı Doğu ve Orta Akdeniz üzerinde olurken (Pace et al., 2006), yaz aylarında bu taşınım Batı ve Orta Akdeniz'de daha fazla yaşanmaktadır (Papayannis et al., 2008).

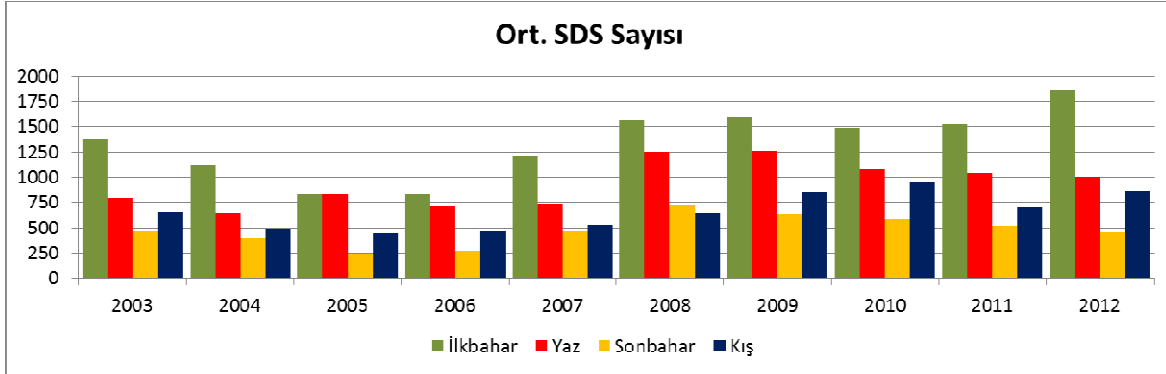
Bu çalışmada, Doğu Akdeniz Havzasında rasat edilen SDS sayısının 10 yıllık çalışma periyodunun ikinci yarısında, ilk yarısına göre önemli miktarda arttığı görülmüştür. Bu nedenle çalışma periyodu, 5'er yıllık dönemler halinde ikiye bölünerek karşılaştırmalı değerlendirme yapılmıştır. Her yıl kayıt edilen toplam SDS sayısının, 10 yıllık ortalama SDS sayısından farkları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yıllık toplam SDS sayılarının 10 yıllık ortalamadan farkları, %.

Doğu Akdeniz Havzasında yaşanan kum ve toz fırtınalarının mevsimlik dağılımı Şekil 3'te bulunmaktadır. Yapılan analizlerde, ilkbahar mevsiminde yaşanan toz

olaylarının sayısının diğer mevsimlere göre daha fazla olduğu görülmüştür. İlkbahar mevsimini sırasıyla, yaz, kış ve sonbahar mevsimleri takip etmektedir.

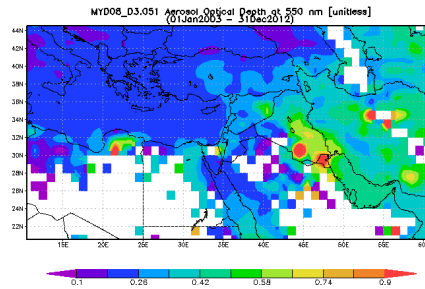
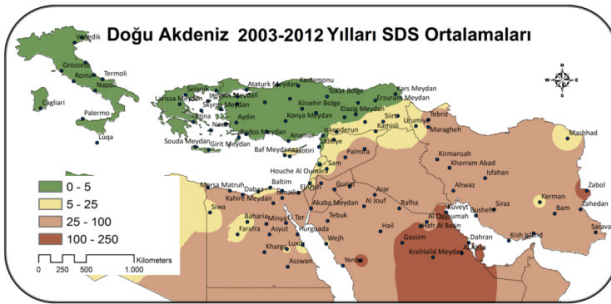


Şekil 3. Mevsimlik ortalama SDS olaylarının yıllık değişimleri

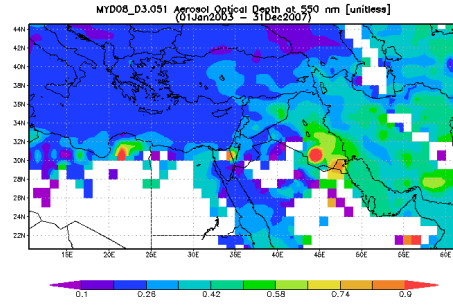
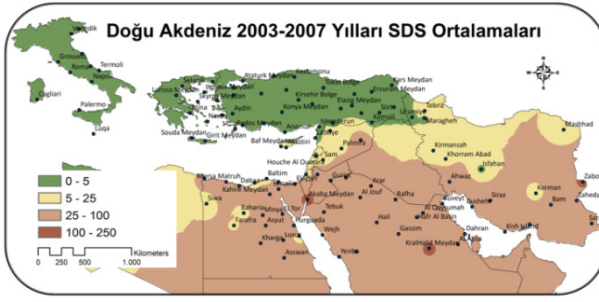
Doğu Akdeniz Havzasında 2003-2012 yılları arası gözlenen SDS olaylarının alansal dağılımı Şekil 4.a'da, bu döneme karşılık gelen MODIS-AOD ölçümlerinin ortalamaları ise Şekil 4.b'de verilmiştir. Periyodun ilk yarısına ait dağılımlar Şekil 5.a ve 5.b'de, ikinci yarısına ait dağılım ise Şekil 6.a ve 6.b'de bulunmaktadır.

Genel olarak kum ve toz fırtınalarının, kuzeyden güneye doğru daha etkili olduğu, 10 yıllık periyodun ikinci yarısında ise önemli ölçüde arttığı görülmektedir. MODIS-AOD gözlemleri, SDS artışını teyit etmektedir. Uydu gözlemlerine göre en yoğun AOD ortalaması Basra körfezinin kuzey batı bölümündedir.

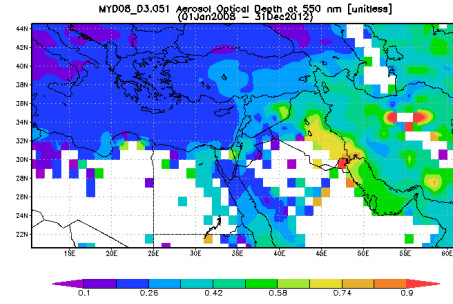
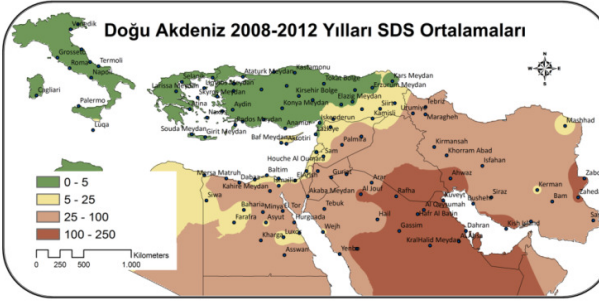
Periyodun ikinci yarısında, kum ve toz fırtınalarının yoğun olarak yaşandığı alanların, güneyden kuzeye doğru genişlediği ve buna bağlı olarak AOD değerlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4.a) 2003-2012 ortalama SDS dağılımı, **4.b)** MODIS AOD ölçümleri.



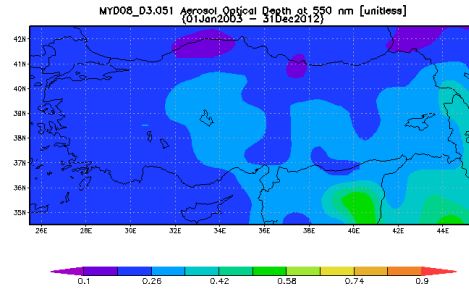
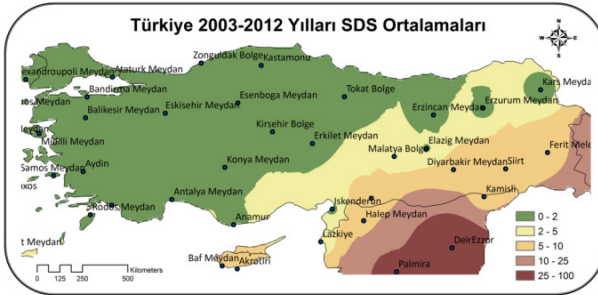
Şekil 5.a) 2003-2007 ortalama SDS dağılımı, **5.b)** MODIS AOD ölçümleri.



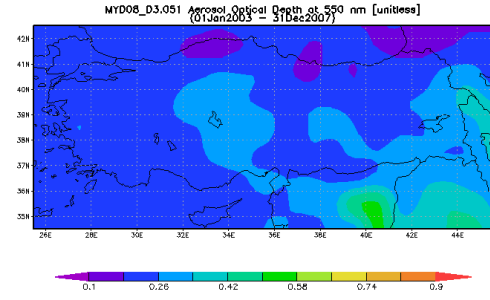
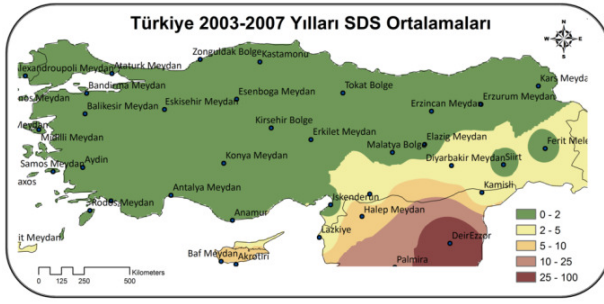
Şekil 6.a) 2008-2012 ortalama SDS dağılımı, **6.b)** MODIS AOD ölçümleri.

Türkiye için 2003-2012 yılları arası gözlenen kum ve toz fırtınalarının alansal dağılımı Şekil 7.a'da, bu döneme karşılık gelen MODIS-AOD ölçümlerinin ortalamaları ise Şekil 7.b'de verilmiştir. Periyodun ilk yarısına ait dağılımlar Şekil 8.a ve 8.b'de, ikinci yarısına ait dağılım ise Şekil 9.a ve 9.b'de bulunmaktadır.

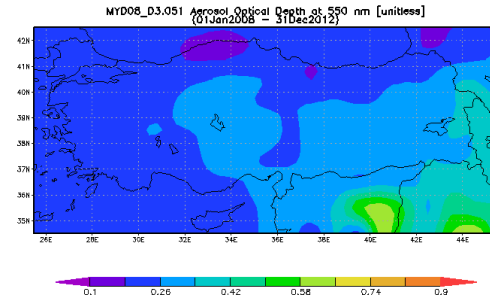
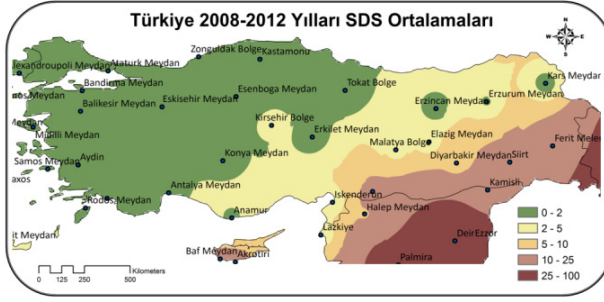
Ülkemizde rasat edilen kum ve toz fırtınalarının büyük bölümü Güneydoğu Anadolu Bölgemizde gerçekleşmiştir. 10 yıllık periyodun ikinci yarısında önemli ölçüde arttığı görülen kum ve toz fırtınalarının aynı zamanda İç Anadolu Bölgesine doğru genişlediği görülmektedir. Bu artış, benzer şekilde MODIS-AOD gözlemleri ile de desteklenmektedir. Uydu gözlemlerine göre Tuz Gölü çevresi ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi üzerinde genişleme görülmektedir.



Şekil 7.a) Türkiye 2003-2012 ortalama SDS dağılımı, **7.b)** MODIS AOD ölçümleri.



Şekil 8.a) Türkiye 2003-2007 ortalama SDS dağılımı, **8.b)** MODIS AOD ölçümleri.



Şekil 9.a) Türkiye 2008-2012 ortalama SDS dağılımı, **9.b)** MODIS AOD ölçümleri.

Doğu Akdeniz Havzasında çalışılan 114 istasyonda kayıt edilen SDS sayıları ile bazı meteorolojik parametrelerin 10 yıllık ortalamaları ile, ilk ve ikinci 5'er yıllık dönem ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir. İkinci 5 yıllık periyotta rasat edilen SDS sayıları, 10 yıllık ortalamaya göre yaklaşık % 20'lik bir artış göstermiştir. 10 yıllık periyodun her iki yarısı kıyaslandığında, ortalama ve ortalama minimum sıcaklıklarda sırasıyla 0,4 °C ve 0,6 °C artış görülürken, ortalama maksimum sıcaklıkta herhangi bir değişiklik görülmemektedir. Ortalama yatay görüş mesafesinde (rüyet) ise sadece 52 m'lik bir azalma olmuştur.

Çizelge 1. Doğu Akdeniz Havzası, 10 ve 5'er yıllık ortalamalar.

	2003-2012	2003-2007	2008-2012
SDS Sayısı	3.415	2.705	4.124
Ort. Sıcaklık, °C	19,6	19,4	19,8
Ort. Min. Sıcaklık, °C	9,2	8,9	9,5
Ort. Maks. Sıcaklık, °C	30,6	30,6	30,6
Ort. Rüyet, m	12.019	12.045	11.993

5. DEĞERLENDİRMELER

10 yıllık çalışma periyodunun ikinci yarısında Doğu Akdeniz Havzasında rasat edilen SDS olaylarının, ilk yarısına göre önemli ölçüde artış gösterdiği bulunmuştur. MODIS gözlemleri, rasat edilen SDS sayılarına paralellik göstermektedir. 2003 yılından 2006 yılına kadar azalma eğiliminde olan kum ve toz fırtınaları 2007, 2008 ve 2009 yıllarında artış eğilimine geçmiş, 2010 ve 2011 yıllarında tekrar azalma eğilimi göstermiştir. 2012 yılında ise bir önceki yıla göre artış görülmektedir.

Yapılan analizlerde ilkbahar mevsiminde yaşanan toz olayı sayısı diğer mevsimlere göre daha fazladır. İlkbahar mevsimini sırasıyla, yaz, kış ve sonbahar mevsimleri takip etmektedir.

Gkikas ve arkadaşları (2009) tarafından 2000-2007 yılları MODIS verileri analiz edilerek yapılan çalışmada; bütün Akdeniz havzasında kuru mevsimlerde meydana gelen SDS olaylarının, toplam SDS olaylarının %71-72'sini oluşturduğu, daha fazla yağışın meydana geldiği kış mevsiminde ise %10-12 oranında gerçekleştiği bulunmuştur. Aynı çalışmada, Afrika kökenli toz taşınımının ilkbaharda Doğu Akdeniz Havzasında, yaz aylarında ise Batı Akdeniz Havzasında daha etkili olduğu belirtilmiştir. 2000-2007 zaman serisi analizi sonucuna göre aerosol olaylarının frekansında, bu çalışmaya benzer şekilde bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Doğu Akdeniz Havzasında yaşanan kum ve toz fırtınalarının kuzeyden güneye doğru artış gösterdiği hem sinoptik istasyon rasatlarında, hem de uydu gözlemlerinde görülmektedir. Ülkemizde ise; 10 yıllık periyodun ikinci yarısında önemli ölçüde arttığı görülen kum ve toz fırtınalarının aynı zamanda İç Anadolu Bölgesine doğru genişlediği görülmektedir. Bu artış, benzer şekilde MODIS-AOD gözlemleri ile de desteklenmektedir. Uydu gözlemlerine göre Tuz Gölü çevresi ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi üzerinde genişleme görülmektedir.

İkinci 5 yıllık periyodda rasat edilen SDS sayıları, 10 yıllık ortalamaya göre yaklaşık % 20'lik bir artış göstermiştir. 10 yıllık periyodun her iki yarısı kıyaslandığında, ortalama ve ortalama minimum sıcaklıklarda sırasıyla 0,4 °C ve

0,6 °C artış görülürken, ortalama maksimum sıcaklıkta herhangi bir değişiklik görülmemektedir. Ortalama yatay görüş mesafesinde (rüyet) ise sadece 52 m'lik bir azalma olmuştur.

Türkeş (2011) tarafından yapılan çalışmada, küresel ölçüm sonuçlarına göre, ortalama minimum (gece en düşük) hava sıcaklıklarında yaklaşık her on yılda 0.2 °C olarak gerçekleşen artışın, ortalama maksimum (gündüz en yüksek) hava sıcaklıklarındaki artışın yaklaşık iki katı olduğu belirtilmektedir.

WMO küresel iklim 2001-2010 raporuna (2013) göre, 2001-2010 dönemi modern meteorolojik kayıtların başladığı 1850 yılından itibaren yaşanan en sıcak 10 yıl olmuştur. Yeryüzünün küresel ortalama sıcaklığı bu on yıllık süreçte, 1961-1990 küresel ortalamasının $0.47^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ üzerinde gerçekleşmiştir. Bu artış 1991-2000 küresel ortalama sıcaklık artışının da ($0.21^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$) üzerindedir.

Kuraklık, büyük ölçekli ve uzun süreli olması nedeniyle, diğer doğal afetlere göre daha fazla insanı etkilemektedir. 2001-2010 döneminde tüm dünyada yaygın olarak kuraklık yaşanmıştır.

IPCC (2007) çoklu-model (ortalama) sonuçları, özellikle kuzey Afrika, Akdeniz Havzası ve Türkiye'de gözlenen yağış azalmalarının başka bir deyişle kuraklaşma eğilimlerinin gelecekte de süreceğini açıkça göstermektedir (Türkeş, 2011).

Sonuç olarak, iklim değişikliğine en duyarlı bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz Havzasında kuraklık ve çölleşmenin artmasıyla birlikte, toz kaynak alanlarının genişlemesi ve bölgede yaşanan kum ve toz fırtınalarının alansal ve sayısal olarak daha etkili olması beklenmelidir. Türkiye'nin özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesiyle, Tuz Gölünün güneyinde yer alan kurak ve yarı kurak alanlardan daha fazla toz kalkışının görülmesi, Afrika ve Suudi Arabistan çöllerinden kaynaklanan taşınımların ise sıklığının ve etkisinin artarak devam etmesi sürpriz olmayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Al-Momani I. F., Gullu G., Olmez I., Elef U., Ortel E., Sirin G., Tuncel G., Chemical composition of eastern Mediterranean aerosol and precipitation: Indications of long-range transport, *Pure and App. Chem.*, Vol. 69, No. 1, pp. 41-46, 1997.
- Basart S., Desert dust characterization in Northern Africa, Middle East and Europe through regional dust modelling, and satellite-borne and ground-based observations, Ph.D. Thesis, Technical University of Catalonia, Barcelona, 2011.
- Basart, S., Perez C., Nickovic S., Cuevas E. and Baldasano J. M., Development and evaluation of the BSC-DREAM8b dust regional model over Northern Africa, the Mediterranean and the Middle East, *Tellus B* 2012, 64, 18539, 2012.
- Ginoux, P., Chin, M., Tegen, I., Prospero, J. M., Holben, B., Dubovik, O. and Lin, S.: Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model, *J. Geophys. Res.*, 106, 20255–20274, doi:10.1029/2000JD000053, 2001.
- Gkikas A., Hatzianastassiou N. and Mihalopoulos N., Aerosol events in the broader Mediterranean basin based on 7-year (2000–2007) MODIS C005 data, *Ann. Geophys.*, 27, 3509–3522, 2009
- Goudie, A. S. and Middleton, N. J.: *Desert Dust in the Global System*, Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- Gullu, G., Olmez, I., Tuncel G., Source apportionment of trace elements in the Eastern Mediterranean atmosphere, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 259, 163, 2004.
- IPCC: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis; 4th Assessment Report*, Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2007.
- Kwon, H. J., Cho, S. H., Chun, Y., Lagarde, F. and Pershagen, G., Effects of the Asian dust events on daily mortality in Seoul, Korea. *Environmental Research*, 90, 1–5, 2002.
- Mahowald, N. M., Kloster, S., Engelstaedter, S., Moore, J. K., Mukhopadhyay, S., McConnell, J. R., Albani, S., Doney, S. C., Bhattacharya, A., Curran, M. A. J., Flanner, M. G., Hoffman, F. M., Lawrence, D. M., Lindsay, K., Mayewski, P. A., Neff, J., Rothenberg, D., Thomas, E., Thornton, P. E., and Zender, C. S.: Observed 20th century desert dust variability: impact on climate and biogeochemistry, *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 10875-10893, doi:10.5194/acp-10-10875-2010, 2010.
- Mattson, J.O. and Nilsen, J. The transport of Saharan dust to southern Europe: a scenario. *Journal of Arid Environments*; 32: 111- 119, 1996.
- Moulin C., Guillard F., Dulac F., Lambert C.E., Long-term daily monitoring of Saharan dust load over ocean using Meteosat ISCCP-B2 data .1. Methodology and preliminary results for 1983–1994 in the Mediterranean, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 102, 16947, 1997.
- Pace, G., Sarra, A. d., Meloni, D., Piacentino, S., and Chamard, P.: Aerosol optical properties at Lampedusa (Central Mediterranean). 1. Influence of transport and identification of different aerosol types, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 697–713, 2006.
- Papanastasiou, D. K., Poupkou, A., Katragkou, E., Amiridis, V., Melas, D., Mihalopoulos, N., Basart, S., Pérez, C., and Baldasano, J. M.: An Assessment of the Efficiency of Dust Regional Modelling to Predict Saharan Dust Transport Episodes, *Advances in Meteorology*, 2010, doi:10.1155/2010/154368, 2010.
- Pérez, C., Sicard, M., Jorba, O., Comerón, A. and Baldasano, J. M.: Summertime re-circulations of air pollutants over the north-eastern Iberian coast observed from systematic EARLINET lidar measurements in Barcelona, *Atmos. Environ.*, 38, 3983–4000, 2004.
- Pérez, C.: How does climate influence infectious diseases? Unraveling the effects of dust and climate on meningitis epidemics in the Sahel. *The Earth Institute Fellows Symposium*. Columbia University, New York, May 10th, 2010.
- Ramanathan, V., Muvva, V., Ramana, G., Roberts, G., Kim, D., Corrigan, C., Chung, C., and Winker, D.: Warming trends in Asia amplified by brown cloud solar absorption, *Nature*, 448, 575–578, 2007.
- Tegen, I., Hollrig, P., Chin, M., Fung, I., Jacob, D., and Penner, J.: Contribution of different aerosol species to the global aerosol extinction optical thickness: Estimates from model results. *J. Geophys. Res.* 102(D20), 23.895-23.915, doi:10.1029/97JD01864, 23895-23915, 1997.
- Türkeş, M. *Dünyada ve Türkiye’de İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme*, II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi Bildiri Kitabı, Ankara, 2011.
- WMO: *The Global Climate, 2001–2010: a decade of climate extremes summary report*, WMO-No. 1119, Geneva, 2013.