

II. METEOROLOJİK UZAKTAN ALGILAMA SEMPOZYUMU

uzalmet2015.mgm.gov.tr



BİLDİRİ KİTAPÇIĞI

3-5 KASIM2015
ANTALYA

ISBNNO: 978-605-4610-88-4



T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



Toz-Yağış İlişkisinin Uydu Verileri ile İncelenmesi

Ayşe Gökçen Işık, Kahraman Oğuz, Esin Oğuz, Cihan Dündar

Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara

agisik@mgm.gov.tr, koguz@mgm.gov.tr, esoguz@mgm.gov.tr, cdundar@mgm.gov.tr

Gülen Güllü
Hacettepe Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
Ankara
ggullu@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada yoğunluklu olarak Kuzey Afrika (Sahara) Bölgesinden Akdeniz Bölgesine gelen tozun yağış ile olan ilişkisi uydu verileri kullanılarak incelenmiştir. Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin yıllık ve mevsimlik Aerosol Optik Derinlik (AOD) değerleri ve yağış rejimleri değerlendirilerek başlanan araştırmada; 2003-2012 yılları arasındaki AOD ve yağış verileri istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu bölgeler için, yıllık ve ilkbahar mevsimi için yapılan AOD-yağış incelemesi sonucunda, gerçekleşen yağışlarla toz taşınımı olayları arasında bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır.

***Anahtar Kelimeler** — toz-yağış ilişkisi; aerosol optik derinliği; toz taşınımı.*

1. GİRİŞ

Toz, atmosfer ve okyanus olaylarını, havayı ve iklimi etkilemektedir. Tozun, enerji bütçesine, toz-radyasyon etkisi ve toz-mikrofizik etkisi olmak üzere iki ana etkisi bulunmaktadır. Toz-radyasyon etkileşimi, direk olarak radyasyon bütçesini kısa ve uzun dalga boylu radyasyonu dağıtarak ve absorbe ederek etkilemektedir [2]. Toz-radyasyon etkisi; tozun optik özelliklerine, tozun dikey dağılımına, tozun altındaki yüzeyin albedosuna (yansıtabilirliğine) bağlıdır. Atmosferik toz içeriğinde en ufak bir değişim, enerji dağılımında ve buna bağlı kaçınılmaz olarak yüzey sıcaklığında değişikliğe sebep olur [11]. Toz taşınımı nedeniyle oluşan meridyonel sıcaklık

gradyanındaki değişiklik dikey **ani** rüzgar değişiminin **nedenidir**. **Toz-mikrofizik etkisi ise toz partiküllerinin** çaplarına ve kimyasal kompozisyonuna bağlıdır. Toz partikülleri, bulut yoğunlaşma parçacığı (CCN) ve buz parçacığı (IN) olarak **bulut-mikrofizik işlemlerini**, bulut optik özelliklerini ve enerji bütçesini etkilemektedirler. **Toz-bulut-radyasyon etkileşimi** yağışı da etkileyerek, hidrolojik döngüyü ve iklimi etkilemektedir [4].

Sahara'dan gelen tozun direk ve dolaylı etkilerinin, tropik siklon oluşumunda ve gelişiminde, kasırga ve kasırga çevresini modifiye ederek etkileme potansiyeli vardır. **Tropik** siklon oluşumu bakımından diğer yıllara göre fazla aktif olan 2005 yılı ve az sayıda oluşum gözlenen 2007 yıllarının karşılaştırılması sonucu, kasırga durumundaki yıllar arası bu farklılığın, toz taşınımının yoğunluğundaki farklılıktan olabileceğine karar verilmiştir. Atlantik okyanusu üzerinde aerosol yüklemesi, 2007 yılında 2005 yılına göre oldukça fazladır. WRF modeli ile 2007 yaz mevsimi üzerine iki farklı simülasyon (normal model simülasyonu ve toz-radyasyon etkileşiminin kapalı olduğu) oluşturularak yapılan çalışmada, toz-radyasyon etkileşiminin tropik siklon gelişimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Toz-radyasyon etkileşiminin kapalı olduğu model çalışmasında daha uzun süren, kuvvetli kasırgalar gözlenmiştir [8].

Aerosollerin radyasyon ve mikrofizik etkisi; bulut kompozisyonunu, yağışı, hidrolojik döngüyü, atmosferik sirkülasyonu ve enerji bütçesini etkiler [1]. Batı Afrika üzerinde yakın zamanda yapılan ve iklim modellerine dayanan araştırmalar, tozun Batı Afrika muson rüzgarları (WAM- West African Monsoon) gelişiminde ve Sahara yağışları üzerinde önemli etkisi olduğunu göstermiştir [14, 9, 12, 10]. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre tozdan kaynaklı atmosferik değişiklerin, Sahara alanında yağışı arttırması ya da azaltması ile ilgili **kesin bir karara** varılamamıştır [13]. Bunun nedenlerinden bir tanesi de tozun oluşturduğu radyasyon kuvvetlerinin gösterilmesi ve modellenmesindeki güçlüklerdir [2].

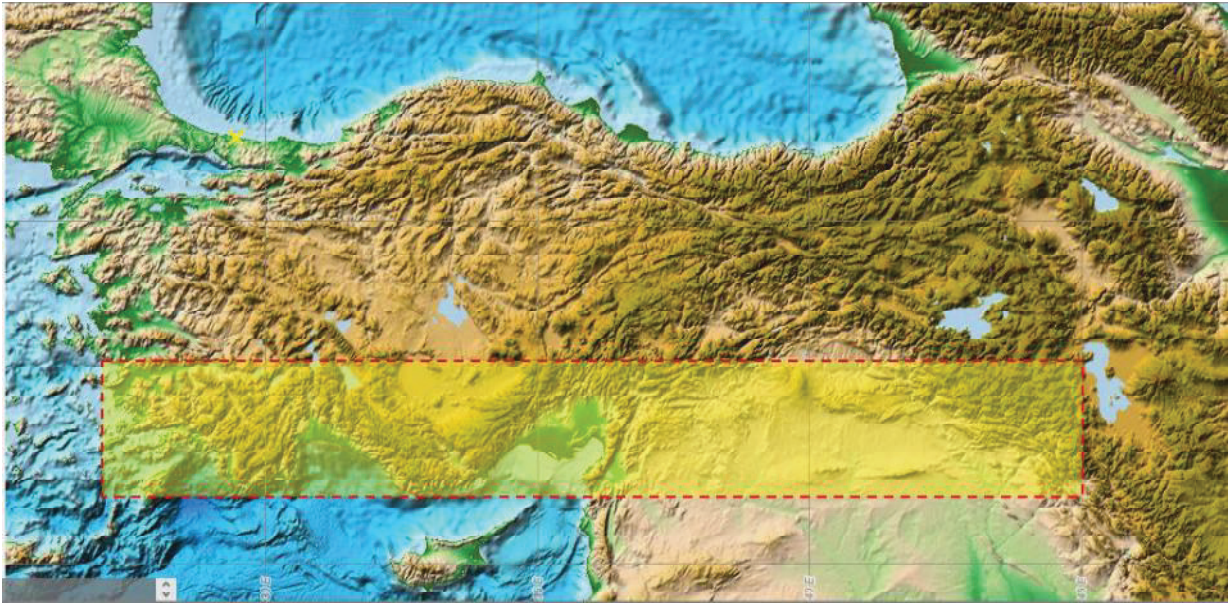
2000-2009 periyodu için De Meij ve arkadaşları tarafından MODIS ve MISR AOD küresel **verileri** kullanılarak 2012 yılında yapılan çalışmada, batı, orta ve güney Afrika'da zayıf artış eğilimleri gözlenirken, Arap Yarımadası ve Körfezi ile Doğu Çin'de dikkate değer artış eğilimleri bulunmuştur. Çalışmada, Afrika'daki pozitif artışın, çöl tozu emisyonlarının yoğunluğu ile biyokütle yakılması, Arap Yarımadası ve Körfezinde ise antropojenik emisyonlarla çöl tozu girişlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir [5].

Dünder ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmaya göre, 2003-2012 periyodu için 10 yıllık MODIS AOD ortalamaları dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda, doğu bölgelerimiz için anlamlı bir artış eğilimi elde edilirken, batı bölgelerimiz için anlamlı bir değişim görülmemiştir. Ayrıca, toz olaylarında artışın yaşandığı çalışma periyodunun ikinci yarısının, ilk yarısına göre daha sıcak ve yağışlı olması, özellikle yağış ve toz ilişkisinin araştırılması için önem taşımaktadır. Sonuç olarak çalışma periyodu boyunca, Türkiye'nin batı bölgelerinde daha etkin olan Sahra kaynaklı toz taşınımı olaylarında önemli bir değişiklik gözlenmezken, Orta Doğu ve Arabistan Yarımadası kaynaklı toz taşınımalarında büyük bir artış tespit edilmiştir [6].

2. METODOLOJİ

Yıllık ve ilkbahar AOD-yağış verilerinin incelenmesi amacıyla Türkiye üzerinde Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerini kapsayacak şekilde 36° ve 38° enlemleri ile 27° ve 45° boylamları arasında kalan bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). AOD verileri NASA'ya ait Giovanni sitesinden, yağış verileri ise MGM'den temin edilmiştir.

Uyduyan elde edilen veriler, sadece bölgesel çözünürlük açısından değil, günlük olarak da zamansal çözünürlüğe büyük katkı sağlamaktadır. Yer ölçüm istasyonları ise saatlik olarak veri üretmesine karşın, bölgesel olarak yeterli sonuç verememektedir [7].



Şekil 1: Yıllık ve İlkbahar mevsimi karşılaştırmaları için çalışma alanı

2.1. Toz Taşınım Olaylarının (KTF) Saptanması

Literatürde, aerosol olaylarını belirleyecek iyi tanımlanmış bir metodoloji yoktur. Bu nedenle, birkaç araştırmacı AOD'nin eşik değerlerini kullanarak aerosol olaylarını belirlemeye çalışmıştır. Gkikas ve arkadaşları tarafından aerosol olayları kuvvet ve sıklık bakımından, Akdeniz Havzası'nda 7 yıllık süreç için (2000-2007) MODIS AOD verileri kullanılarak incelenmiştir. Kuvvetli olaylar (14 aerosol olayı/yıl) çoğunlukla Batı ve Orta Akdeniz havzasında gerçekleşirken; ekstrem olaylar (5'e kadar ulaşan AOD değerleri) ise bütün yıl boyunca, sistematik olarak Doğu Akdeniz havzasında gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Mevsimsel olarak incelendiğinde de Batı Akdeniz'de kuvvetli toz olayları yazın, doğu Akdeniz'de de ekstrem toz olayları ilkbahar mevsimi boyunca gerçekleşmektedir [7].

Kullanılan metotta öncelikle, ortalama AOD değeri ve standart sapma değeri hesaplanmıştır. Eşik değeri 1 nolu denklemde belirtildiği gibi ortalama AOD değerine standart sapmanın farklı katlarda eklenmesi ile elde edilmiştir. Kuvvetli aerosol olayı ve ekstrem aerosol olayları için AOD değer aralıkları 2 ve 3 nolu denklemde ifade edilmiştir [7].

$$AOD_{Threshold} = \overline{AOD} + i \times \sigma_{AOD} \text{ with } i = 1, 2, 3, 4 \quad (1)$$

$$\overline{AOD} + 2 \times \sigma_{AOD} \leq AOD < \overline{AOD} + 4 \times \sigma_{AOD} \quad \text{kuvvetli aer} \quad (2)$$

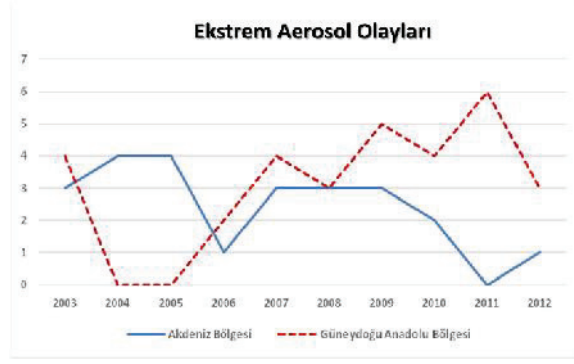
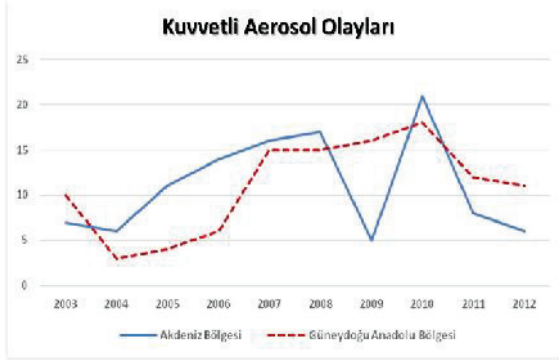
$$AOD \geq \overline{AOD} + 4 \times \sigma_{AOD} \quad \text{ek} \quad (3)$$

Çalışmada, ekstrem aerosol olaylarının genellikle toz taşınım olayları oldukları, kuvvetli aerosol olaylarının ise genel olarak deniz tuzu, biokütle yakımı (orman yangınları) ve antropojenik aktiviteler ile ilgili olduğu sonucuna varılmıştır [7].

3. SONUÇLAR

3.1. Kum ve Toz Fırtınalarının (KTF) Analizi

2003-2012 yılları arasında Akdeniz ve Güneydoğu Bölgelerinde oluşan kuvvetli ve ekstrem aerosol olaylarının sayısı yıllık olarak yukarıda anlatılan metot ile hesaplanmıştır (Şekil 2.a ve 2.b). Akdeniz Bölgesinde her yıl ortalama 11 kuvvetli aerosol olayı gerçekleşirken, 2 ekstrem olay gözlemlenmiştir. Bu sayısal veriler, Gkikas'ın araştırmasında elde ettiği yıllık 10 kuvvetli ve 2 ekstrem aerosol olayı sonuçlarını desteklemektedir.

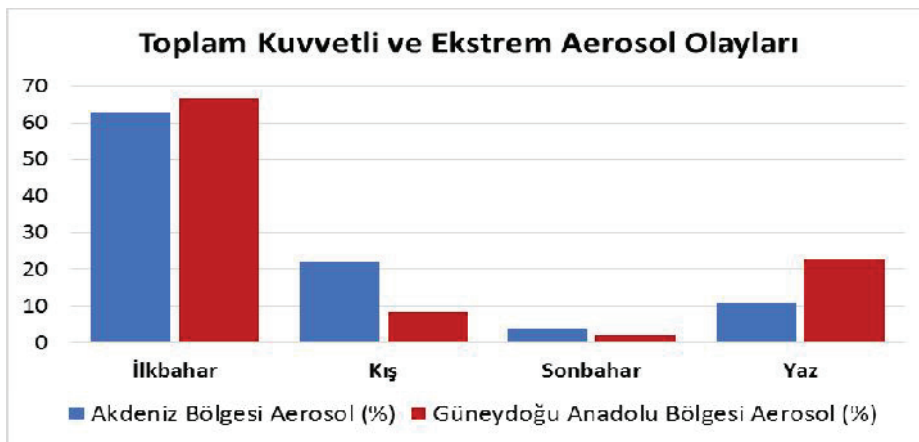


Şekil 2.a: Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri için yıllık kuvvetli aerosol olayları

Şekil 2.b: Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri için yıllık ekstrem aerosol olayları

Şekil 2.a'da görüldüğü üzere Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuvvetli aerosol olaylarının sayısında 2004-2010 yılları arasında artış tespit edilmiştir. Ekstrem aerosol olayları ise 2006 yılından itibaren artışa geçerek 2011 yılında 6 ekstrem aerosol olayı gerçekleşerek tavan değerine ulaşmıştır (Şekil 2.b). Akdeniz Bölgesinde kuvvetli aerosol olayları sayısında 2004-2008 yılları arasında artış gözlenirken, ekstrem olaylar için belirgin bir trend gözlenmemiştir.

Kuvvetli ve ekstrem aerosol olaylarının ilkbahar mevsiminde hem Akdeniz Bölgesinde, hem de Güneydoğu Anadolu Bölgesinde çok yoğun yaşandığı görülmektedir (Şekil 3). Kış mevsiminde Akdeniz Bölgesinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesine göre daha fazla olay yaşanırken, yaz mevsiminde Güneydoğu Anadolu Bölgesinde daha fazla olay yaşanmaktadır. Basra Alçak Basıncının yaz aylarında Güneydoğu Anadolu Bölgesini daha yoğun etkilemesi nedeniyle Orta Doğu kaynaklı toz olaylarının yaşanması olağandır.

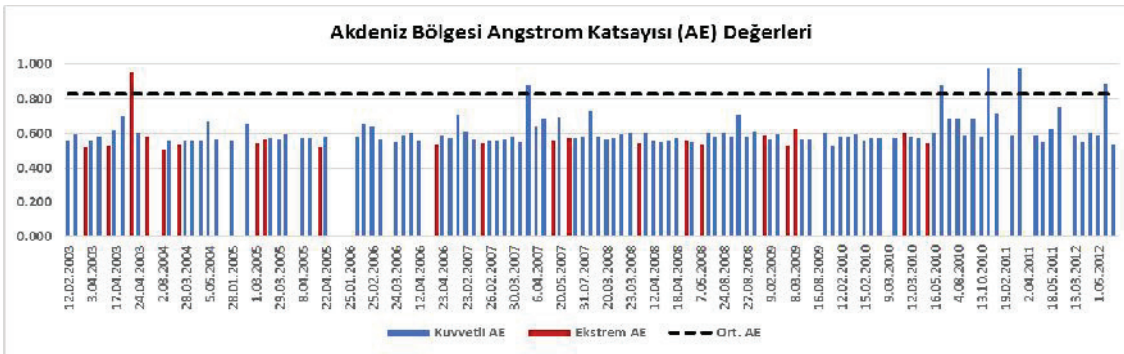


Şekil 3. Kuvvetli ve ekstrem aerosol olaylarının mevsimsel dağılımı.

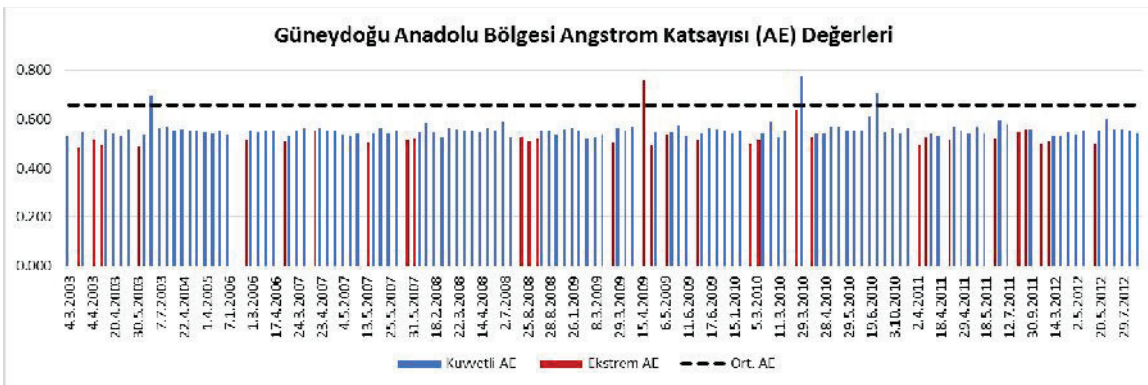
Diğer taraftan, Angstrom Katsayısının (AE) düşük olduğu zamanlarda, ortamdaki aerosol tipinin büyük çaplı partikül (toz) olduğu düşünüldüğünde, AE katsayısının incelenmesi, aerosol olaylarının türünün tespitinde önem arz etmektedir. Tablo 1’de Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri için AOD ve AE değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri ile kuvvetli ve ekstrem aerosol olaylarının sayıları verilmiştir. Buna göre kuvvetli ve ekstrem aerosol olayları için ortalama AE değerlerine baktığımızda, her iki bölge için sayısal değerlerin genel ortalama değerinin altında olduğunu görmekteyiz. Yaptığımız analizler sonucunda, AE katsayısının, kuvvetli ve ekstrem aerosol olayları periyodu boyunca düşük olduğu (Şekil 4.a-b, dolayısı ile bu olayların çoğunun toz aerosolü sebebiyle gerçekleştiği sonucuna varılmaktadır.

Tablo 1: Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri için ortalama AOD ve AE değerleri

	Akdeniz Bölgesi		Güneydoğu Anadolu Bölgesi	
	AOD	AE	AOD	AE
Ortalama	0,233	0,830	0,291	0,657
Standart Sapma	0,133	0,246	0,170	0,120
Kuvvetli aerosol olayı sayısı	111		110	
Ekstrem aerosol olayı sayısı	24		31	



Şekil 4.a. Akdeniz Bölgesi kuvvetli ve ekstrem aerosol olayları.



Şekil 4.b. Güneydoğu Anadolu Bölgesi kuvvetli ve ekstrem aerosol olayları.

3.2. Yağış Analizi

Akdeniz ve Güneydoğu bölgelerinde 1999-2015 yılları arası yağış değişimleri ve ilkbahar dönemlerinde meydana gelen yağışların değişimleri incelenmiştir.

3.2.1. Akdeniz Bölgesi

Akdeniz Bölgesinde 1999-2015 yılları arasında toplam yağışların ortalaması 736,5 mm'dir. Gözlem periyodunda yıllık toplam yağışların maksimumu 2001 yılı Aralık ayında 327,2 mm, yıllık toplam yağışların minimumu 2000 yılı Temmuz ayında 0,34 mm'dir. Gözlem periyodunda maksimum toplam yağış 2009 yılında 1020,2 mm olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.a). Akdeniz Bölgesinde gerçekleşen İlkbahar dönemi yağışları incelendiğinde, yıllık toplam yağışların ortalaması 167,24 mm olarak hesaplanmıştır. İlkbahar dönemimde en çok yağış 2003 yılında 246,3 mm'dir (Şekil 5.b).

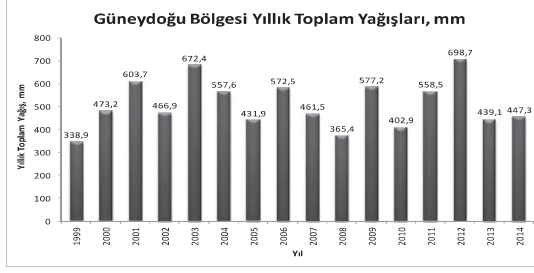


Şekil 5.a. Akdeniz Bölgesi yıllık toplam yağış miktarları, mm

Şekil 5.b. Akdeniz Bölgesi ilkbahar dönemi yıllık toplam yağış miktarları, mm

3.2.2. Güneydoğu Bölgesi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1999-2015 yılları arasında toplam yağışların ortalaması 504,2 mm'dir. Gözlem periyodunda yıllık toplam yağışların maksimumu 2001 yılı Aralık ayında 168,7 mm'dir. Gözlem periyodunda maksimum toplam yağış 2012 yılında 698,7 mm olarak hesaplanmıştır (Şekil 6.a). Güneydoğu Anadolu Bölgesi gerçekleşen İlkbahar dönemi yağışları incelendiğinde, yıllık toplam yağışların ortalaması 148,7 mm olarak hesaplanmıştır. İlkbahar dönemimde en çok yağış 2011 yılında 259,4 mm'dir (Şekil 6.b).



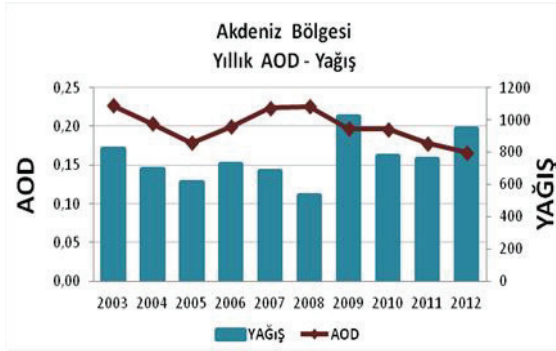
Şekil 6.a. Güneydoğu Anadolu Bölgesi yıllık toplam yağış miktarları, mm



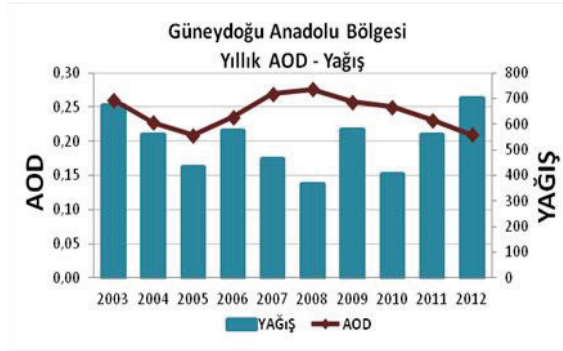
Şekil 6.b. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ilkbahar dönemi yıllık toplam yağış miktarları, mm

3.3. AOD-Yağış İlişkisi

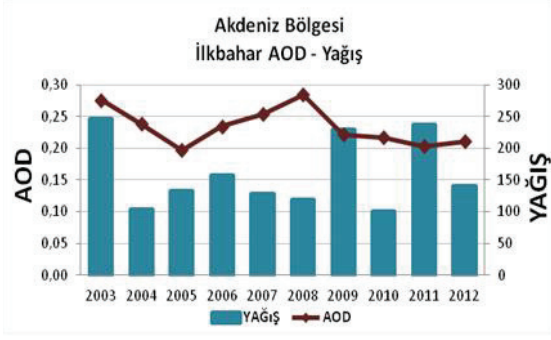
Akdeniz ve Güneydoğu bölgeleri için yıllık ve ilkbahar mevsimi için AOD ve yağış verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır. AOD değeri 2003-2012 yılları arasında yıllık grafiklerde 0.25'i aşan değerlere ulaşmıştır (Şekil 7.a-7.b). Akdeniz Bölgesinin yıllık (Şekil 7.a) ve Güneydoğu Bölgesinin yıllık (Şekil 7.b) grafiklerinde 2003-2006 yılları arasında AOD-yağış arasında benzer bir trend gözlenirken, 2007-2012 yılları arasında AOD-yağış arasında ilişki gözlenmemiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesine bakıldığında da ilkbahar verilerde 2003-2007 yılları arasında aynı AOD-yağış trendi gözlenmiştir (Şekil 8.b).



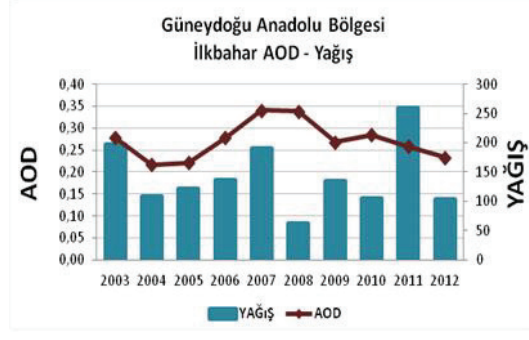
Şekil 7.a. Akdeniz Bölgesi yıllık AOD ve yağış (mm) verileri



Şekil 7.b. Güneydoğu Anadolu Bölgesi yıllık AOD ve yağış (mm) verileri

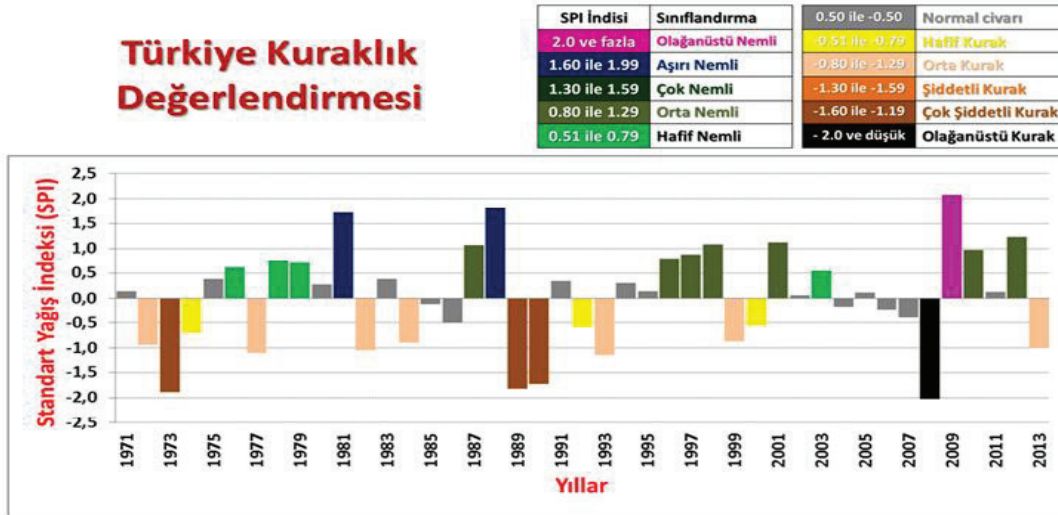


Şekil 8.a. Akdeniz Bölgesi ilkbahar AOD ve yağış (mm) verileri



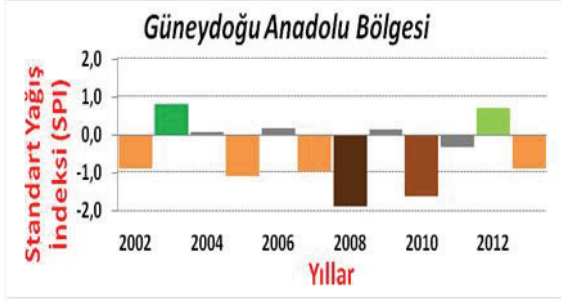
Şekil 8.b. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ilkbahar AOD ve yağış (mm) verileri

Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yıllık ve ilkbahar mevsimi için AOD-yağış ilişkisi incelendiğinde belirgin bir ilişki gözlenmemiştir (Şekil 9, 10.a, 10.b).

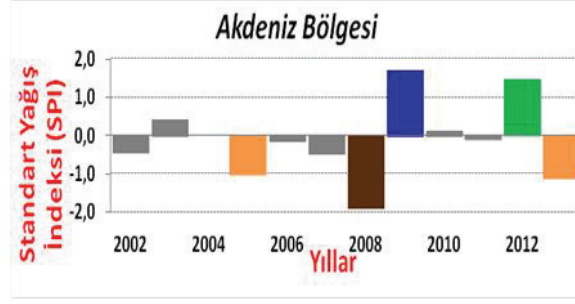


Şekil 9: SPI İndeksine göre Türkiye kuraklık değerlendirilmesi

2003-2006 yılları arasında gözlenen AOD-yağış arasındaki benzer trend, özellikle 2007 ve 2008 yıllarında yıllık ve ilkbahar grafiklerinde gözlenmemiştir. Bu nedenle, kuraklık incelemesi amaçlı Türkiye yağış indekslerine bakılmıştır. Türkiye için genel kuraklık değerlendirilmesi yapıldığında, (Şekil 9) 2008 yılında olağanüstü kuraklık olduğu tespit edilmiştir. Bölgesel olarak incelediğimiz zaman ise, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 2007 yılında orta şiddette, 2008 yılında ise çok şiddetli kuraklık gerçekleşmiştir (Şekil 10.a). Akdeniz Bölgesinde de 2008 yılında çok şiddetli kuraklık olmuştur (Şekil 10.b).



Şekil 10.a: SPI İndeksine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi kuraklık değerlendirme



Şekil 10.b: SPI İndeksine göre Akdeniz Bölgesi kuraklık değerlendirme

Bulunan sonuçlar araştırmanın başlangıcı niteliğinde olup, toz-yağış ilişkisi daha detaylı olarak incelenecektir. Bölgelerdeki kuraklık birçok etkene bağlı olabileceğinden 2007-2008 yılları için daha detaylı bir çalışma yapılabilir. İleriki çalışmalarda tozun yağış üzerindeki etkisini daha iyi anlayabilmek ve çevresel diğer etkenlerin etkilerini minimuma indirmek için model çalışması yapılarak incelemeye devam edilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Andreae, M O., and D. Rosenfeld (2008), Aerosol-cloud-precipitation interactions. Part 1. The nature and sources of cloud-active aerosols, *Earth-Science Reviews*, 89(1-2), 13-41.
- [2] Balkanski, Y., M Schulz, T. Claquin, and S. Guibert (2007), Reevaluation of mineral aerosol radiative forcings suggests a better agreement with satellite and AERONET data, *Atmos. Chem Phys.*, 7, 81-95.
- [3] Bangert M, Nenes A, Vogel B, Vogel H, Barahona D, Karydis V, Kumar P, Kottmeier C, Blahak U. Saharan dust event impacts on cloud formation and radiation over Western Europe. *ATMOS CHEMPHYS.* 2012;12 (9):4045-4063.
- [4] Bretl, S., Reutter, P., Raible, C. C., Ferrachat, S., Poberaj, C. S., Revell, L. E. and Lohmann, U. (2015), The influence of absorbed solar radiation by Saharan dust on hurricane genesis. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120: 1902-1917. doi: 10.1002/2014JD022441.
- [5] De Meij, A., Pozzer, A., & Lelieveld, J. (2012). Trend analysis in aerosol optical depths and pollutant emission estimates between 2000 and 2009. *Atmospheric Environment*, 51, 75-85.
- [6] Dündar C., Oğuz K., Öz N., Güllü G., Aerosol Optik Derinliği Verilerinin Türkiye İçin Alansal Ve Zamansal Değişimlerinin İncelenmesi, VII. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

- [7] 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, doi:10.5194/angeo-27-3509-2009, 2009
- [8] Isik, A.G (2015), Link Between Saharan Air Layer And Atlantic Tropical Cyclone Activity (Unpublished master's thesis), University of California, Davis
- [9] Konare, A., A. S. Zakey, F. Solmon, F. Giorgi, S. Rauscher, S. Ibrah, and X. Bi (2008), A regional climate modeling study of the effect of desert dust on the West African monsoon, *J. Geophys. Res.*, 113, D12206, doi:10.1029/2007JD009322.
- [10] Lau, K. M, *and* K. M Kim (2006), Observational relationships between aerosol and Asian monsoon rainfall, and circulation, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L21810, doi:10.1029/2006GL027546
- [11] Liao H, Seinfeld JH. Radiative forcing by mineral dust aerosols: Sensitivity to key variables. *J Geophys Res* 1998; 103: 31637-45.
- [12] Miller, R. L., I. Tegen, and J. Perlwitz (2004), Surface radiative forcing by soil dust aerosols and the hydrologic cycle, *J. Geophys. Res.*, 109, D04203, doi:10.1029/2003JD004085.
- [13] Solmon, F., M Mallet, N. Elguindi, F. Giorgi, A. Zakey, *and* A. Konaré (2008), Dust aerosol impact on regional precipitation over western Africa, mechanisms and sensitivity to absorption properties, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L24705, doi:10.1029/2008GL035900.
- [14] Yoshioka, M, N.MMahowald, A. J. Conley,W. D. Collins, D.W. Fillmore, C. S. Zender, and D. B. Coleman (2007), Impact of desert dust radiative forcing on sahel precipitation: Relative importance of dust compared to sea surface temperature variations, vegetation changes, and greenhouse gaswarming, *J. Clim.*, 20, 1445– 1467.