



Türkiye’de toz emisyon alanlarının belirlenmesi

Kahraman Oğuz*, Muhammet Ali Pekin

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü, 06120, Kalaba, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- BSC-DREAM8b modeli kullanılarak toz emisyonunun modellenmesi
- Toz taşınımı tahmin modelinin emisyon envanterinde kullanılabilirliği
- Yerel tozların katkıları

Makale Bilgileri

Geliş: 13.07.2015

Kabul: 12.08.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.278448

Anahtar Kelimeler:

Toz emisyon oranı,
lokal toz,
Türkiye kurak bölgeleri,
toz bölgesel atmosfer modeli

ÖZET

Toz emisyonuna yönelik ölçümler sınırlıdır, çünkü dünya çapında buna yönelik geniş ölçüm ağı ve yeterli veri seti bulunmamaktadır. Toz döngüsü tahmin modelleri, tozun gerçekçi dağılımını tahmin edebilme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle, bu tarz çalışmalar için atmosferik toz modelleri kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye içerisinde toz emisyonunun değişiminin zamansal ve mekansal olarak modelleme yöntemi ile incelenmesidir. Çalışmada, toz emisyonunun simülasyonu için BSC-DREAM8b modeli kullanılmıştır. Modele başlangıç ve sınır koşulu olarak, USGS 1-km bitki örtüsü veriseti, FAO 4-km küresel toprak tekstür verisi ve ECMWF meteorolojik verisi dahil edilmiştir. Elde edilen çıktılardan, Türkiye için mevsimsel toplam toz emisyon oranları hesaplanmıştır. Sonuç olarak, simülasyonlar maksimum toz emisyon oranının Türkiye'nin iç ve güneydoğu bölgelerinde, özellikle Nevşehir, Konya ve Şırnak illeri civarında yoğunlaştığını göstermiştir. Bununla birlikte, Türkiye için en yüksek toz emisyon oranının ilkbahar mevsiminde, en düşük toz emisyon oranının ise kış mevsiminde gerçekleştiği görülmüştür.

Determination of dust emissive areas in Turkey

H I G H L I G H T S

- Modeling of dust emission by using BSC-DREAM8b model
- Availability of dust transport forecast model in emission inventory
- Effect of local dusts

Article Info

Received: 13.07.2015

Accepted: 12.08.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.278448

Keywords:

Dust emission rate,
local dust, Turkey's arid
regions,
dust regional atmospheric
model

ABSTRACT

Measurements intended for dust emission are scarce, because no significant data sets and measurements exist in the world. Dust cycle prediction models are capable of producing realistic distribution of dust for any regional area. For this reason, atmospheric dust models are widely used for such studies. The main goal of this study is to demonstrate temporal and spatial dust emission variability with modeling in Turkey. BSC-DREAM8b model has been used to simulate dust emission in this study. In the model, USGS 1-km vegetation dataset, FAO 4-km global soil texture data and ECMWF meteorological data have been included as initial and boundary condition. Seasonally aggregated dust emission rates have been calculated from obtained data for Turkey. As a result, simulations show that the locations of maximum dust emission rates are in the middle and southeastern regions of Turkey, especially around Nevşehir, Konya and Şırnak provinces. Besides, maximum total dust emission rate for the Turkey occurs in the spring, and minimum total dust emission rate occurs in the winter.

* Sorumlu Yazar/Corresponding author: koguz@mgm.gov.tr / Tel: +90 312 302 2688

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

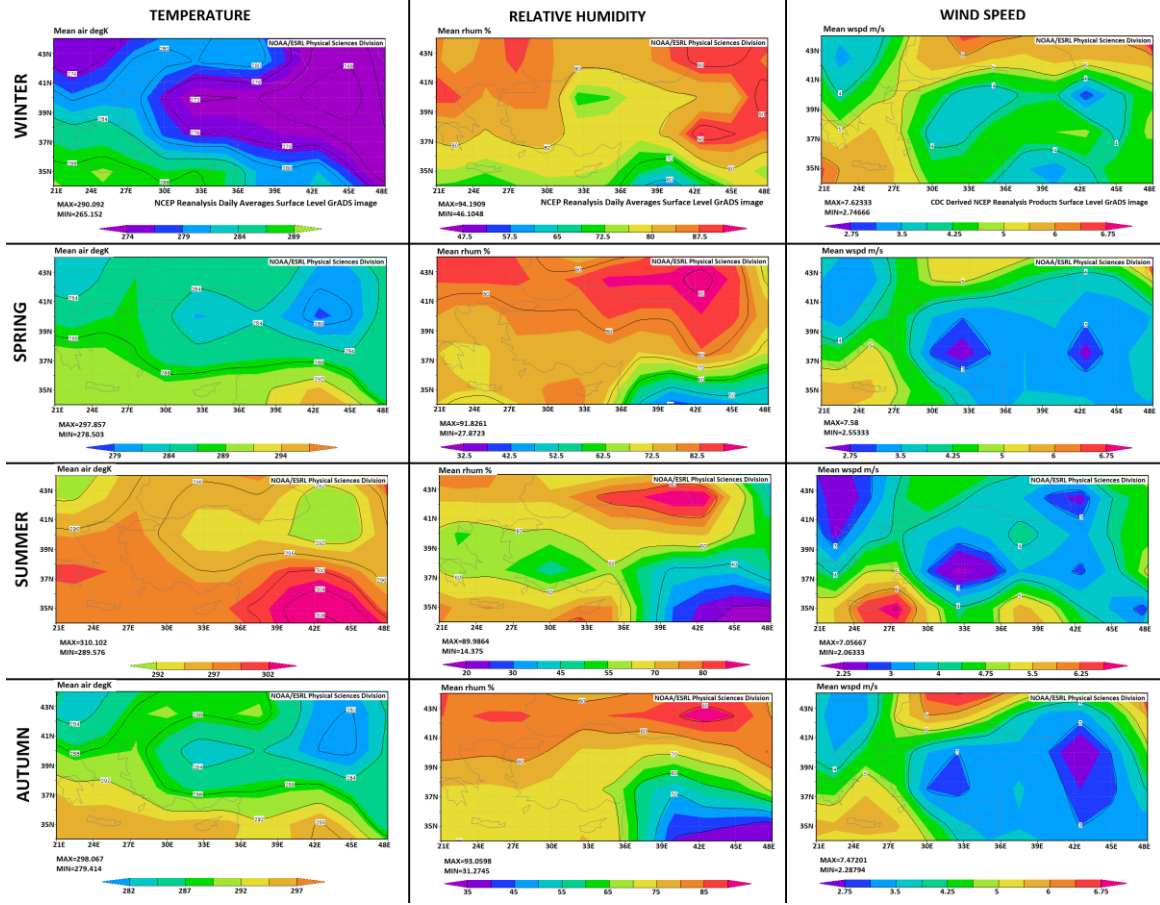
Kurak ve yarı kurak alanlardan rüzgar erozyonu ile kalkan toz partikülleri önemli çevresel problemlere sebep olmaktadır. Toz partiküllerinin insan sağlığına ciddi olumsuz etkileri bulunmaktadır [1]. Bu etkilerin başında menenjit vakaları gelmektedir. Aynı zamanda mineral tozlar atmosferik radyasyon dengesini ve bulut özelliklerini değiştirmektedir [2]. Diğer taraftan, biyojeokimyasal döngüyü değiştirme yolu ile iklim üzerinde de ciddi etkileri bulunmaktadır [3]. Bu etkiler uzun vadede ciddi problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Zamansal ve mekansal olarak heterojen dağılım gösteren toz dağılımı, direkt olarak tozun emisyonuna bağlıdır [4]. Bu ise toz emisyonuna yönelik küresel ve bölgesel çalışmaların önemini ortaya koymaktadır. Mineral toz partikülleri, temel olarak çöl bölgelerinde ve diğer kurak alanlarda toplanmış toz partiküllerinin dağılması ve atmosferin dikey yönlü hareketi ile atmosfere karışmaktadır [5]. Atmosfere karışan toz emisyonunun miktarı; temel olarak tekstür, nem ve bitki örtüsü gibi toprak özelliklerine ve yüzey rüzgarlarına bağlıdır [6]. Bu özelliklerin tanımlanması toz emisyonunun temelini oluşturmaktadır. Bu etkilerin yanında, toprağın hidrolojik içeriği ve tane boyutu [7] atmosferik sınır tabakadaki rüzgar kuvveti ve sinoptik akış paterni [8], toz emisyonunu ve taşınımını etkileyen diğer temel faktörlerdendir. Toz taşınımının ve diğer çeşitli hava olaylarının tahmininde kullanılan sayısal tahmin modelleri, herhangi bir alanda temsili verilerin oluşturulması için önemli verisetti sağlamaktadır [9]. Atmosferik toz konsantrasyonlarının temsili için toz emisyonunun modellenmesi büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, atmosferik tozun kaynağının ve hareket tarzının belirlenmesi için dünyada birçok çalışmalar yapılmıştır [10]. Tüm bu çalışmalar, matematiksel denklemler ile tozun atmosfere karışımından çekelimine kadar pek çok aşamasını açıklamaktadır. Ayrıca bu çalışmalar, toz emisyonu kaynak alanlarının belirlenmesinin önemini yanında [11], yüksek çözünürlüklü veriler sağlayan bölgesel modellerin gerekliliklerini de ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, dünyada bu amaca yönelik birçok model geliştirme çalışmaları yapılmıştır [12]. Bu modellerden bir tanesi olan DREAM modeli ve bunun geliştirilmiş hali olan BSC-DREAM8b modeli halen çeşitli ülkelerde kullanılmakta ve tutarlılıkları üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Toz taşınımının Akdeniz havzasında kaynağı, yatay ve dikey olarak taşınımına yönelik olarak yapılan bazı çalışmalar, DREAM [13] ve özellikle BSC-DREAM8b [14] modellerinin iyi sonuçlar verdiğini ve simülasyon çalışmalarında kullanılabileceğini [15] kanıtlamıştır. Bu sonuçlar yapılan çalışmaların modellemeye yönelmesine olanak sağlamıştır. Türkiye’de toz taşınımının analizi ve kaynağına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmasına karşın, toz emisyon karakteristiği ve değişkenliğine yönelik herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada, toz döngüsünü modelleyebilme yeteneğine sahip olan DREAM modelinin Barselona Süper Bilgisayar Merkezinde geliştirilmiş hali

olan BSC-DREAM8b modeli kullanılmıştır. Toz emisyonuna yönelik olarak modelden elde edilen Aralık 2013 – Aralık 2014 dönemi toz emisyon verileri mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanında, çalışma periyoduna ait meteorolojik haritalar, toz emisyonunun değişim nedenine ilişkin bilgi vermesi açısından incelenmiştir. Çalışma, Türkiye’de toz emisyonuna yönelik ilk çalışmadır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHODOLOGY)

2.1. Çalışma Konumu ve Çevresi (Research Area and Surroundings)

Türkiye, kuzey-doğu Akdeniz Havzasında 36°K-42°K enlemleri ve 26°D-45°D boylamları arasında yer almaktadır. Coğrafi konum olarak güneybatı Asya’da bulunmaktadır. Güneyinde Suriye, Arabistan ve Irak çölleri, güneybatısında Libya ve Sahra çölleri ve doğusunda İran çölleri bulunmaktadır. Doğu Akdeniz Havzası, aerosol çalışmaları açısından oldukça karmaşık bölgelerden birisidir, çünkü komşu alanlardan gelen mineral tozların yanında antropojenik kaynaklı kirlilik, aerosollerin incelenmesini karmaşık hale getirmektedir. Türkiye’yi etkileyen iki önemli toz kaynak alanı bulunmaktadır: 1. Rüzgar erozyonu sonucu Türkiye içerisinden kaynaklanan lokal tozlar [16], 2. Uzak kaynaklardan özellikle Doğu Akdeniz üzerinden ulaşan mineral tozlar. Yapılan çalışma, gerçekleşen lokal tozların detaylı incelenmesi ve bir envanterin çıkarılması sonucuna değinilmiştir. Akdeniz Havzası aynı zamanda meteorolojik açıdan tüm yıl boyunca siklonik aktivitelerin sık gerçekleştiği ve dolayısıyla toz taşınımı olaylarının sık gözlemlendiği bölge olarak bilinmektedir. Türkiye, ılıman iklimin hakim olduğu Akdeniz Havzasında yer almasına karşın, çeşitli bitki örtülerinin hakim olması, dağların kıyılarına paralel uzanması gibi sebepler iklimin bölgeden bölgeye önemli derecede değişmesine sebep olmaktadır. Kıyı bölgelerinde ılıman iklim hakim olurken, İç Anadolu platosunda aşırı sıcak yazlar, soğuk kışlar ve kısıtlı yağışlar hakimdir [17]. Çalışma periyodu boyunca yüzey sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar hızı haritaları mevsimlik olarak Şekil 1’de sunulmuştur. Haritaların elde edilmesinde NOAA’nin NCEP-Reanalysis verileri kullanılmıştır. Modelleme periyodunda olduğu gibi 1 Aralık 2013 – 31 Şubat 2014 aralığı kış, 1 Mart – 31 Mayıs 2014 aralığı ilkbahar, 1 Haziran – 31 Ağustos 2014 aralığı yaz ve 1 Eylül – 31 Kasım 2014 aralığı sonbahar olarak alınmıştır. Elde edilen haritalara göre, kış mevsiminde Türkiye genelinde, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise Türkiye’nin kuzey-kuzeydoğu bölgelerinde diğer bölgelere oranla daha düşük sıcaklıklar görülmektedir. Yaz döneminde kuzeydoğu bölgelerinin serin olmasına karşın, güneydoğu bölgelerinin oldukça sıcak ve kurak olduğu görülmektedir. Nemlilik ise sıcaklığın tersi şekilde güneydoğu bölgelerinde düşüktür. Bununla birlikte, güneydoğu bölgelerinin özellikle kış mevsiminde yüksek rüzgar hızı ortalamasına sahip olduğu fark edilmektedir.



Şekil 1. Çalışma periyodu boyunca mevsimsel yüzey sıcaklık (sol sütun), bağıl nem (orta sütun) ve rüzgar hızı (sağ sütun) haritaları

(Seasonal variation maps of surface temperature (left side), relative humidity (middle) and wind speed (right side) during study period)

2.2. Model Tanımı (Model Description)

BSC-DREAM8b modeli atmosferdeki toz döngüsünün tahmini için dizayn edilmiş bir modeldir [18]. Model, kurak alanlardan kaynaklanan tozun atmosferik döngüsünü tahmin etmektedir. Euler tipi kısmi diferansiyel denklemini çözmektedir. BSC-DREAM8b modeli Barcelona Süper Bilgisayar Merkezinde (BSC-CNS; www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/) operasyonel olarak çalışmakta ve geliştirilmektedir. Model aynı zamanda Kum ve Toz Fırtınaları Erken Uyarı ve Değerlendirme Sistemi'nin (SDS-WAS) bir parçası olan NA-ME-E biriminde çalıştırılan bölgesel mineral toz modellerinden bir tanesidir. Modelin geçmişi tek partikül büyüklüğünü göz önüne alan ve İtalya Dünya Laboratuvar Merkezinde geliştirilen DREAM modeline [19] dayanmaktadır. BSC-DREAM8b modelinde geliştirilen temel özellikler daha detaylı partikül büyüklüğü dağılımı ve toz radyasyon etkileşiminin dahil edilmesidir [11]. BSC-DREAM8b toz taşınımı tahmin modeli, Barcelona Süper Bilgisayar Merkezi ve İspanyol Meteoroloji Ofisi ile işbirliğinde, Avrupa Birliği TAIEX programı kapsamında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne kurulmuştur. Modelde USGS bitki örtüsü ve FAO toprak sınıflaması verisetleri,

bitki örtüsü tipinin ve toprak tekstürünün karakterizasyonunun belirlenmesi için kullanılmaktadır. Toprak veriseti enlem/boylam gridlerinde 2 dakika mekansal çözünürlükte (ekvatorla yaklaşık 4 km) iken bitki örtüsü veriseti 30 saniye mekansal çözünürlüktedir (ekvatorlarda 1 km). Model 0,1-10 mm aralığında 8 farklı parçacık büyüklüğü içermektedir. Modelde başlangıç ve sınır koşulu olarak ECMWF meteorolojik veriseti kullanılmaktadır. Çözünürlük yatayda 1/3° (~37 km) iken, dikeyde 15 km'ye kadar uzanan 24 ETA-Layers seviyesinde'dir.

2.3. Model Toz Emisyonu Süreçleri (Model Dust Emission Processes)

Modelde toz emisyonu şeması, F_k düşey toz akısını her bir k parçacık büyüklüğünde, Eş. 1'deki Shao vd. (1993) formülüne bağlı olarak parametrize etmektedir [20]:

$$F_k = C \cdot S \cdot \beta_k \cdot u_*^3 \left[1 - \left(\frac{u_{*tk}}{u_*} \right)^2 \right] \quad u_* \geq u_{*tk} \quad (1)$$

Burada, C sabit katsayıyı, u_* rüzgarın sürtünme hızını, u_{*tk} toz üretiminin başlayacağı eşik sürtünme hızını, S kaynak

süresini, β_k her bir tekstür sınıfının bölümünü ve aynı zamanda k toprak kütle fraksiyonunun büyüklüğünü ifade etmektedir. Kuru toprağın eşik sürtünme hızı u_{*tkd} , Eş. 2'deki Bagnold (1941) formülüne dayanan partikül büyüklüğüne bağlıdır [21]:

$$u_{*tkd} = A_k \sqrt{2gr_k \left(\frac{\rho_k - \rho_a}{\rho_a} \right)} \quad (2)$$

Burada, g yerçekimi ivmesini, r_k parçacık yarıçapının boyutunu, ρ_k and ρ_a sırasıyla parçacığın ve çevreleyen ortamın yoğunluğunu ifade etmektedir. A_k parametresi Reynold formülünün bir fonksiyonudur [22]. Formulde u_{*tkd} , partikül büyüklüğünün düşmesi ile azalmaktadır. Uygulamada, bu emisyon şeması direkt olarak toz parçacıklarını atmosfere karıştırmaktadır ve toprak yapı etkisini ve S ve β_k parametrelerine dayanan partikül büyüklük dağılımını içermektedir. Toprak neminin eşik sürtünme hızı üzerine olan etkileri, Eş. 3'deki Fecan vd. (1999) formülü ile hesaplanmaktadır [23].

$$u_{*tk} = u_{*tkd} \sqrt{1 + 1.21(w - w')^{0.68}} \quad (3)$$

Burada, w model tarafında üretilen zemin ıslaklık değerini ve w' toprakta kil fraksiyonunun artan fonksiyonu olan adsorbe edilmiş suyun miktarını ifade etmektedir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Toz aktivitesi yıl boyunca mevsime göre değişiklik göstermektedir. Bu değişimdeki en önemli etken kuvvetli rüzgarlar ve alçak basıncın farklı bölgelere taşınımıdır [24]. Bu değişimin ve toz üretim bölgelerinin anlaşılabilmesi amacıyla toz emisyonunun modellenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu konu, özellikle Türkiye gibi kurak ve yarı kurak alanları içeren ülkeler açısından daha da önemli hale gelmektedir. Bu sebeple, toz emisyon değerleri Türkiye içerisinde Aralık 2013 – Aralık 2014 periyodunda BSC-DREAM8b modeli ile 733 grid noktasında modellenmiştir. Sonrasında elde edilen değerlerin mevsimsel olarak toplam emisyonları hesaplanmıştır. Modellenen toplam toz emisyon değerleri mevsimsel olarak Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Türkiye için modellenen maksimum ve toplam toz emisyonu oranları (mevsimsel, $\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$)

(Maximum and total dust emission rates for turkey (seasonal, $\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$))

	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Maksimum	300,62	294,88	456,09	128,47
Toplam	15826,45	37104,78	31771,60	16321,75

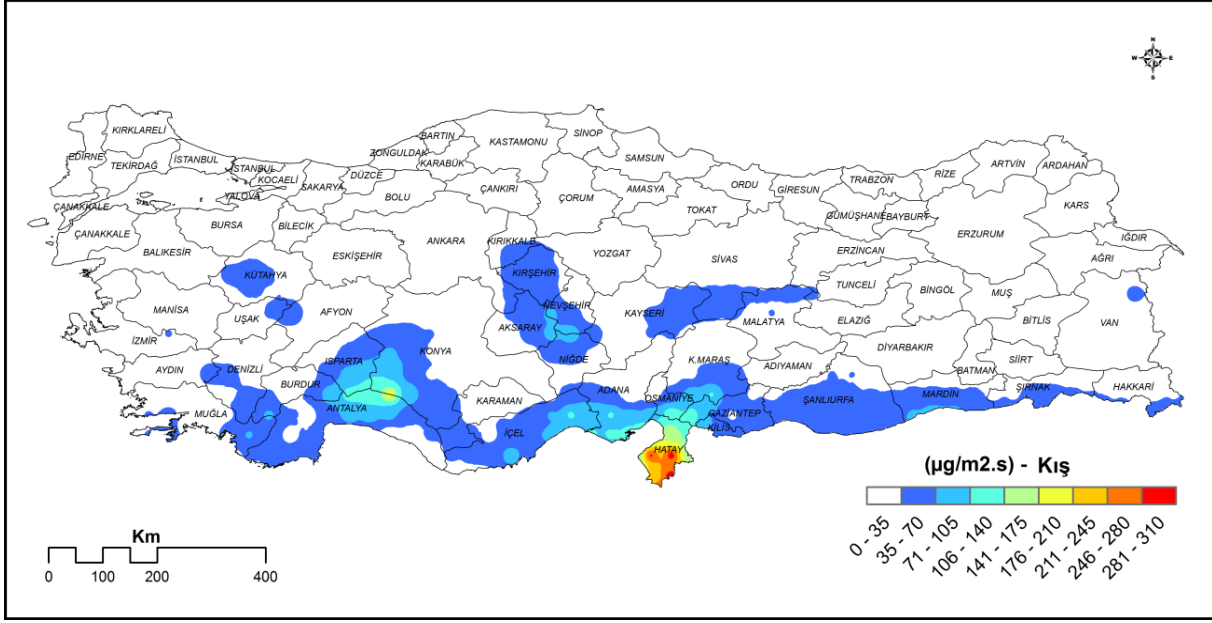
Modellenen toplam toz emisyon değerleri ilkbahar için $37104,78 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$, yaz için $31771,60 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$, sonbahar için $16321,75 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$ ve kış için $15826,45 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$ 'dir. Sonuçlara göre, ilkbahar ve yaz mevsiminin toz emisyonu açısından en etkin olduğu dönem olarak görülmektedir. Bu

iki mevsim yıllık toplam emisyon değerinin %68'ini oluşturmaktadır. Prospero vd. (2002)'e göre Orta Doğu'da toz aktivitesi ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artışa, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise azalışa geçmektedir [25]. Benzer şekilde Türkiye üzerindeki toz aktivitesinin de ilkbahar ve yaz mevsiminde artış göstermesi beklenmektedir. Şekil 2-5'de sunulduğu üzere, tüm mevsimler için toz emisyonunun çoğunlukla Türkiye'nin iç ve güneydoğu bölgelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Bundaki en önemli etken iklimsel kuraklık ve toprak tekstür türü nedeniyedir. Ayrıca, Türkiye'nin kuzey ve batı bölgeleri çok düşük emisyon değerlerine sahiptir. Yapılan çalışmalar, yarı kurak alanların çoğunlukla Orta Platolarda yoğunlaştığını göstermiştir. Orta bölgelerin dışında bulunan yarı kurak alanlar, Suriye ve İran sınırlarına yakın bölgelerde yoğunlaşmıştır. Yarı nemli alanlar ise genellikle Akdeniz ve Ege denizinin kıyı bölgelerindedir. Geniş coğrafyaya yayılmamış diğer yarı nemli alanlar ise Doğu Anadolu'nun iç kesimlerinde yer almaktadır. Nemli bölgeler ise Karadeniz'in kuzey sahillerinde yer almaktadır [26]. Dolayısıyla Türkiye içerisinde toz aktivitesinin yarı kurak alanlarda (Suriye-İran sınırı) yoğun, Karadeniz sahillerinde düşük olması normaldir.

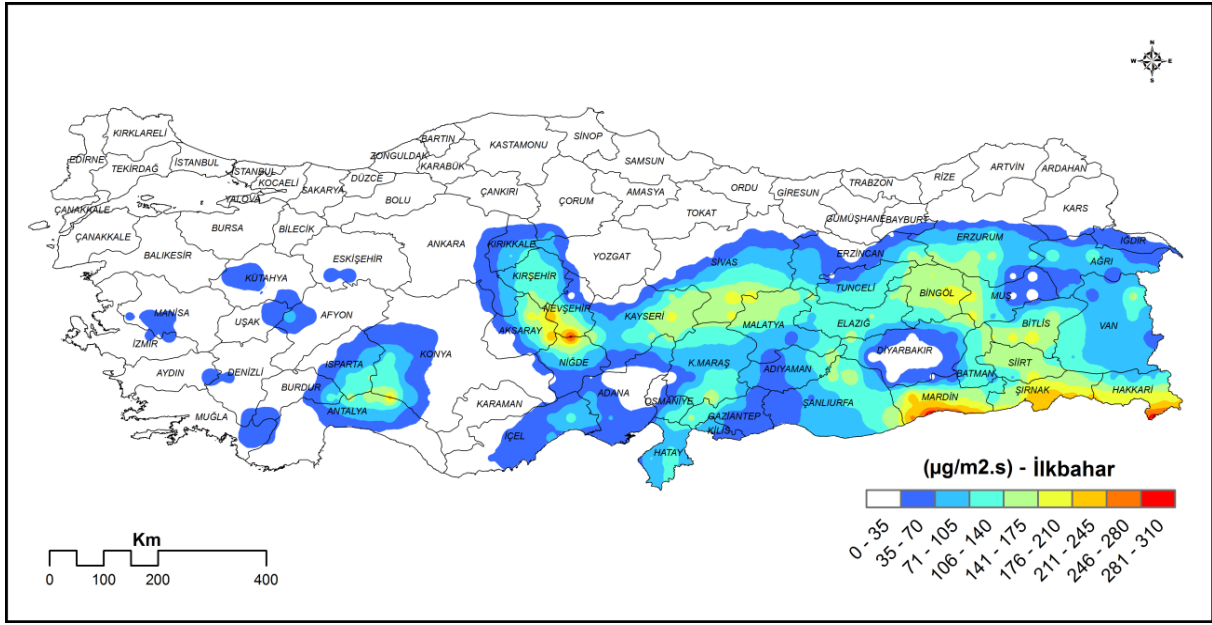
Kış mevsimi için toplam toz emisyonunu Şekil 2'de göstermektedir. Haritaya göre maksimum emisyon değeri $300,62 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$ 'dir ve emisyonun yoğunlaştığı iki bölge bulunmaktadır. Bunlardan birisi Konya ilinin güneybatısı, ikincisi Hatay ilinin güney kesimleridir. Hatay ilinin güney kesimleri yoğun tarım alanlarının bulunduğu bölgelerdir ve 2014 yılı kış mevsimi de Kuraklık İzleme Sistemi verilerine [27] göre meteorolojik olarak kurak geçmiştir. Bu nedenle, bölge kışın toz emisyonu için müsait bir zamandır ve dolayısıyla yüksek emisyon değerleri görülmektedir. Aynı zamanda, Batı Toroslar'ın Konya sınırı yalnızca kışın değil diğer mevsimlerde de çok yüksek olmamasına karşın toz emisyonu açısından hareketlilik göstermektedir. Kumlutaş vd. (2004)'e göre, Batı Toroslar Akdeniz iklimine sahip Türk kıyılarını, kurak iklimle sahip İç Anadolu'dan ayıran özel bir öneme sahiptir [28]. Bu nedenle Batı Toroslar, iki bölgenin iklimini sert bir biçimde ayıran sınır olarak düşünülebilir.

Toz emisyonu kış mevsiminden ilkbahar mevsimine doğru ani bir artış göstermektedir. İlkbahar mevsimi boyunca toplam toz emisyonu Türkiye'de maksimum değerler almaktadır. Şekil 3'de görüldüğü gibi Türkiye'de ilkbahar mevsiminde iki önemli toz emisyon bölgesi bulunmaktadır. Bunlarda birisi Türkiye'nin güneydoğu kesimleri ve diğeri Nevşehir ilinin güney kesimleridir. Toplam toz emisyonu $37104,78 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$ iken, maksimum toz emisyon değeri $294,88 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$ 'dir.

Sonuçlara göre, ilkbahar mevsimi toplam toz emisyon değeri kış ve sonbahar mevsimi değerlerinden 2 kat daha fazladır. Aradaki bu fark samyeli ve fön rüzgarlarının görülme sıklığındaki artış ve atmosferik kararsızlık ile açıklanabilir.



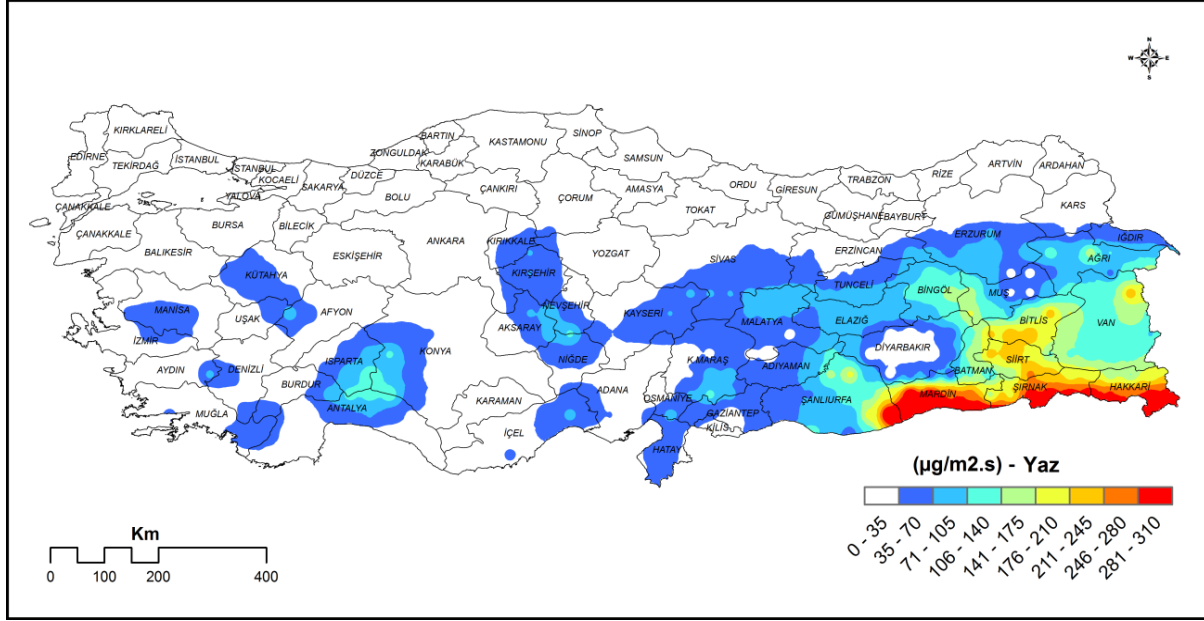
Şekil 2. Kış mevsimi için modellenen toplam toz emisyonu oranı (Modelled total dust emission rates for winter season)



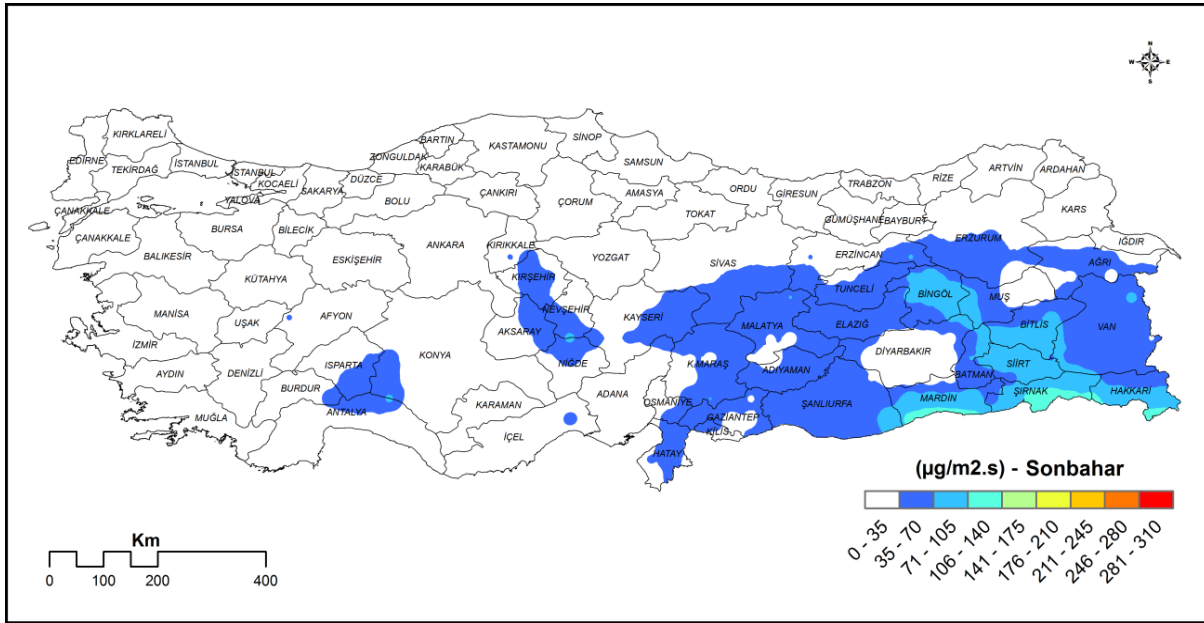
Şekil 3. İlkbahar mevsimi için modellenen toplam toz emisyonu oranı (Modelled total dust emission rates for spring season)

Yaz boyunca, toz emisyonu yaz kuraklıkları ile ilişkili olarak yüksek değerlerini sürdürmektedir. Komuscu (2001)'e göre Basra alçak basıncının güçlenmesi ve kuzey bölgelere doğru hareketi nedeniyle, yaz kuraklıkları özellikle doğu ve güneydoğu bölgelerinde gerçekleşmektedir [29]. Şekil 4'e göre, yaz mevsiminde, Basra alçak basıncı ile ilişkili olarak çok yüksek sıcaklıklar, çok fazla buharlaşma ve az alanı kaplayan bitki örtüsü sebebiyle yüksek toz emisyon değerleri Türkiye'nin güneybatısında, özellikle Mardin, Şırnak ve Hakkari şehirlerinde yoğunlaşmaktadır. Yaz mevsimi ilkbahar

mevsiminden sonra en yüksek toplam toz emisyonuna sahip ikinci mevsimdir. Bu mevsimde maksimum emisyon değeri $456,09 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$ iken toplam emisyon değeri $31771,60 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$ 'dir. Yaz mevsimi sonrası toz emisyonu ani düşüşe geçmekte ve dolayısıyla sonbahar mevsiminde Türkiye içerisinde düşük değerler vermektedir. Şekil 5, sonbahar mevsiminde toz emisyonu dağılımının yoğun olmadığını göstermektedir. Ayrıca, sonbahar mevsiminde maksimum toz emisyonunun düşük ($128,47 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$) olduğu ve güneydoğu bölgesi civarında gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 4. Yaz mevsimi için modellenen toplam toz emisyonu oranı (Modelled total dust emission rates for summer season)



Şekil 5. Sonbahar mevsimi için modellenen toplam toz emisyonu oranı (Modelled total dust emission rates for autumn season)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Toz emisyonuna yönelik olarak, gözlem istasyonlarının eksikliği sebebiyle, tek bilgi kaynağı modelleme bilgileri olarak görülmektedir. Bu çalışmada, BSC-DREAM8b modeli ile elde edilen toz emisyonu çıktıları Aralık 2013 – Aralık 2014 periyodu için analiz edilmiştir. Toz emisyonunun mevsimsel değişimi, meteorolojik koşullar ile birlikte incelenmiştir. Sonuçlara göre; Konya'nın güneybatısı, Nevşehir-Niğde il sınırı, Mardin-Şırnak-Hakkari şehirleri (Türkiye'nin güneydoğusu) tozun yoğun olarak atmosfere karıştığı bölgeler olarak görülmektedir.

Bölgedeki kuraklık göstergelerindeki artış eğilimi buna sebep olarak gösterilebilir [30]. Çalışma periyodu boyunca, en yüksek toz emisyon değerinin yoğun olmayan bitki örtüsü, yüksek hava sıcaklığı, şiddetli kuraklık koşulları sebebiyle Türkiye'nin Suriye'ye olan sınır illerinde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, mevsimsel değişime bakıldığında, toz emisyonu açısından en ciddi mevsimin, toplam emisyon oranının %36,73'ünü oluşturan ilkbahar mevsimi olduğu görülmektedir. Emisyondaki bu değişim, rüzgar, nem gibi meteorolojik faktörlerin ve yüzey kuraklığının mevsimsel olarak ciddi oranda değişiklik göstermesi olarak açıklanabilir. Bununla birlikte, bilinçsiz

tarım faaliyetleri, bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı kurak ve yarı kurak alanların artışına sebep olmaktadır, ki bu da toz emisyonunda artışa sebebiyet vermektedir. Bu nedenle, bölgenin ağaçlandırılması ve tarımın kontrollü yapılması, buharlaşmayı ve rüzgar şiddetini de azaltacağından toz emisyonuna karşı önlem olarak alınabilir. Toz emisyon oranı, meteorolojik koşulların, toprak tekstür yapısının ve bitki örtüsünün çeşitliliğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle, bölgelerin yerinde incelenerek daha yüksek çözünürlüklü toprak, bitki örtüsü ve topoğrafya haritalarının oluşturulması ve modelin bu haritalarla çalıştırılması, çıktılarının daha tutarlı olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Sokolik I.N., Winker D.M., Bergametti G., Gillette D.A., Carmichael G., Kaufman Y.J., Gomes L., Schuetz L., Penner J.E., Introduction to special section: Outstanding problems in quantifying the radiative impacts of mineral dust, *J. Geophys. Res.*, 106, 18015–18027, 2001.
- DeMott P.J., Sassen K., Poellot M.R., Baumgardner D., Rogers D.C., Brooks S.C., Prenni A.J., Kreidenweis S.M., African dust aerosols as atmospheric ice nuclei, *Geophys. Res. Lett.*, 30 (14), 1732, 2003.
- Jickells T.D., An Z.S., Andersen K.K., Baker A.R., Bergametti G., Brooks N., Cao N.N., Boyd P.W., Duce R.A., Hunter K.A., Kawahata H., Kubilay N., LaRoche J., Liss P.J., Mahowald N.M., Prospero J.M., Ridgwell A.J., Tegen I., Torres R., Global iron connections between desert dust, ocean biogeochemistry and climate, *Science*, 308, 67–71, 2005.
- Menut L., Perez C., Haustein K., Bessagnet B., Prigent C., Alfaro S., Impact of surface roughness and soil texture on mineral dust emission fluxes modeling, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 6505–6520, 2013.
- Kok J.F., A scaling theory for the size distribution of emitted dust aerosols suggests climate models underestimate the size of the global dust cycle, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 108, 1016–1021, 2011.
- IPCC, 2013: Boucher O., Randall D., Artaxo P., Bretherton C., Feingold G., Forster P.V., Kerminen M., Kondo Y., Liao H., Lohmann U., Rasch P., Satheesh S.K., Sherwood S., Stevens B., Zhang X Y (2013). Clouds and Aerosols. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Zhao X., Zhuang G., Wang Z., Sun Y., Wang W., Yuan H., Variation of sources and mixing mechanism of mineral dust with pollution aerosol – revealed by the two peaks of a super dust storm in Beijing, *Atmospheric Research*, 84 (3), 265–279, 2007.
- Aoki I., Kurosaki Y., Osada R., Sato T., Kimura F., Dust storms generated by mesoscale cold fronts in the Tarim Basin, northwest China, *Geophysical Research Letters*, 32 (6), 2005.
- Tegen I., Heinold B., Todd M., Helmert J., Washington R., Dubovik O., Modelling soil dust aerosol in the Bodélé depression during the BoDEx campaign, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 4345–4359, 2006.
- Ashrafi K., Shafiepour-Motlagh M., Aslemam A., Ghader S., Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT, *J Environ Health Sci Eng.*, 12 (9), 2014.
- Basart S., Perez C., Nickovic S., Cuevas E., Baldasano J.M., Development and evaluation of the BSC-DREAM8b dust regional model over Northern Africa, the Mediterranean and the Middle East, *Tellus B*, 64, 18539, 2012.
- Pasqui M., Taramelli A., Barbour J., Kirschbaum D., Bottai L., Busillo C., Calatrini F., Gualtieri G., Guarnieri F., Small C., Dust emission in northern China: atmospheric emission–dispersion modelling of a major dust event, *Earth Surface Processes And Landforms*, 38 (12), 1354–1368, 2012.
- Balis D., Amiridis V., Kazadzis S., Papayannis A., Tsaknakis G., co-authors, Optical characteristics of desert dust over the East Mediterranean during summer: a case study, *Ann. Geophys.*, 24, 807–821, 2006.
- Perez C., Nickovic S., Pejanovic G., Baldasano J.M., Ozsoy E., Interactive dust-radiation modeling: a step to improve weather forecasts, *J. Geophys. Res.*, 11 (D16206), 2006.
- Papanastasiou D.K., Poupkou A., Katragkou E., Amiridis V., Melas D., co-authors, An assessment of the efficiency of dust regional modelling to predict Saharan dust transport episodes, *Adv. Meteorol.*, 9, 2010.
- Oğuz K., Dündar C., Mineral Tozların Türkiye’ye Taşımının ve Yerel Katkıların Değerlendirilmesi, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 3, 61–67, 2014.
- Sensoy S., Demircan M., Ulupınar Y., Balta I., Climate of Turkey. <http://www.mgm.gov.tr/files/en-US/climateofturkey.pdf>. Yayın tarihi 2012. Erişim tarihi Temmuz 1, 2015.
- Nickovic S., Kallos G., Papadopoulos A., Kakaliagou O., A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 106, 18113–18130, 2001.
- Nickovic S., Dobricic S., A model for long-range transport of desert dust, *Mon. Weather Rev.*, 124, 2537–2544, 1996.
- Shao Y., Raupach M.R., Findlater P.A., Effect of saltation bombardment on the entrainment of dust by wind, *J. Geophys. Res.*, 98, 12719–12726, 1993.
- Bagnold R.A., *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. Morrow, New York, A.B.D., 1941.

22. White B.R., Soil transport by winds on Mars, *J. Geophys. Res.*, 84, 4643–4651, 1979.
23. Fecan F., Marticorena B., Bergametti G., Parameterization of the increase of the Aeolian erosion threshold wind friction velocity due to soil moisture for arid and semi-arid areas, *Ann. Geophys.*, 17, 149–157, 1999.
24. 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, Polytechnic University of Catalonia, Barcelona, Spain, 2014.
25. Prospero J.M., Ginoux P., Torres O., Nicholson S.E., Gill T.E., Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the nimbus 7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product, *Rev. Geophys.*, 40 (1), 1002, 2002.
26. Önder D., Aydın M., Berberoğlu S., Önder S., Yano T., The use of aridity index to assess implications of climatic change for land cover in Turkey, *Turk J Agric for*, 33, 305-314, 2009.
27. MGM Kuraklık İzleme Sistemi, <http://212.175.180.197/bitkidon/kuraklikizleme.aspx>, Yayın tarihi 2014. Erişim tarihi Aralık 22, 2015.
28. Kumlutaş Y., Öz M., Durmuş H., Tunç M.R., Özdemir A., Düşen S., On some lizard species of the western taurus range, *Turk J Zool*, 28, 225-236, 2004.
29. Komuscu A.U., An analysis of recent drought conditions in Turkey in relation to circulation patterns, *Drought Network News (1994-2001)*, 22, 2001.
30. Hınıs M.A., Hydrometeorological drought analysis in Aksaray by aggregate drought index, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28 (4), 711-721, 2013.