

## ARAŞTIRMA MAKALESİ

### Öne Çıkan Sonuçlar:

- Ülkemiz toplam emisyonlarının PM10 için %2,1 ve CO için %1,7'sini orman yangınları teşkil etmektedir.
- Son otuz yıl içinde en yüksek emisyonlar en çok orman alanının yandığı 1994, 2008 ve 2000 yıllarında görülmüştür.
- Orman yangını kaynaklı emisyonların daha çok Akdeniz ve Ege bölgesinde kıyı şeridindeki illerde yoğunlaştığı görülmektedir.

### Yazışma yazarı:

Tolga ELBİR,  
tolga.elbir@deu.edu.tr

### Referans:

Zafer N., Tuynun G. T., Elbir T., (2019), Türkiye'de 1988-2017 Yılları Arasında Gerçekleşen Orman Yangınlarından Kaynaklanan Hava Kirlenici Emisyonlarının Envanteri, İklim Değişikliği ve Çevre, 4, (2) 23-31

Makale Gönderimi : 10 ŞUBAT 2019  
Online Kabul : 27 MAYIS 2019  
Online Basım : 25 EKİM 2019

## Türkiye'de 1988-2017 Yılları Arasında Gerçekleşen Orman Yangınlarından Kaynaklanan Hava Kirlenici Emisyonların Envanteri

Nur ZAFER<sup>1</sup>, Gizem TUNA TUYGUN<sup>1</sup>, Tolga ELBİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir, Türkiye.

**Özet** Ormanlar doğal dengeyi sağlayan, iklim üzerine olumlu etkileri olan, canlı, dinamik ve yenilenebilir doğal kaynaklardır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede ormanların korunması evrensel hedeflerden birisidir. Orman varlığı açısından zengin sayılmayan ülkemizin Akdeniz iklim kuşağında yer almasından dolayı her yıl hektarlarca ormanımız doğal yollarla ya da insan etkisiyle yanarak yok olmakta ve bunun sonucu olarak önemli miktarlarda hava kirlenici emisyonları atmosfere verilmektedir. Bu çalışma kapsamında, 1988-2017 yılları arasında Türkiye'de gerçekleşen orman yangınlarından kaynaklanan farklı hava kirlenici (karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), partikül madde (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub>), kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), amonyak (NH<sub>3</sub>), siyah karbon (BC), toplam askıda partikül (TSP)) emisyonları belirlenmiştir. Orman yangınlarıyla ilgili istatistiksel veriler T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş olup emisyonların hesabında EMEP/CORINAIR emisyon faktörleri kullanılmıştır. Sonuçlara göre; 1988-2017 yıllarını kapsayan yaklaşık otuz yıllık dönemde orman yangınlarından kaynaklanan ortalama yıllık emisyonlar; NO<sub>x</sub> için 2.026 ton/yıl, CO için 57.573 ton/yıl, NMVOC için 5.331 ton/yıl, SO<sub>x</sub> için 405 ton/yıl, NH<sub>3</sub> için 459 ton/yıl, TSP için 27.187 ton/yıl, PM<sub>10</sub> için 17.592 ton/yıl, PM<sub>2,5</sub> için 14.393 ton/yıl ve BC için 1.295 ton/yıl olarak bulunmuştur. En büyük emisyonların sırasıyla 1994, 2008 ve 2000 yıllarında olduğu ve bu yıllık tekil emisyonların otuz yıllık dönem ortalamasının yaklaşık 2-3 katı kadar büyük olduğu görülmektedir. Örneğin; 2008 yılı Ağustos ayı içinde Antalya orman bölge müdürlüğü sınırları içinde gerçekleşen ve yaklaşık 16 bin ha'lık bir alanın etkilenmesine neden olan Serik-Taşağıl orman yangını, ülkemizde kayıt altına alınan en büyük yangın olup tek başına aynı yıl içinde toplam ülke emisyonlarının yaklaşık %53'ünü teşkil etmiştir. Orman yangını emisyonlarının ülke genelinde dağılımı incelendiğinde ise Akdeniz ve Ege Bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Emisyonların illere ve Orman Bölge Müdürlüklerine göre mekânsal dağılımı bir coğrafi bilgi sistemi yardımıyla haritalar haline sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Orman yangını, emisyon, emisyon envanteri, Türkiye

## Inventory of Air Pollutant Emissions from Forest Fires for Period of 1988-2017 in Turkey

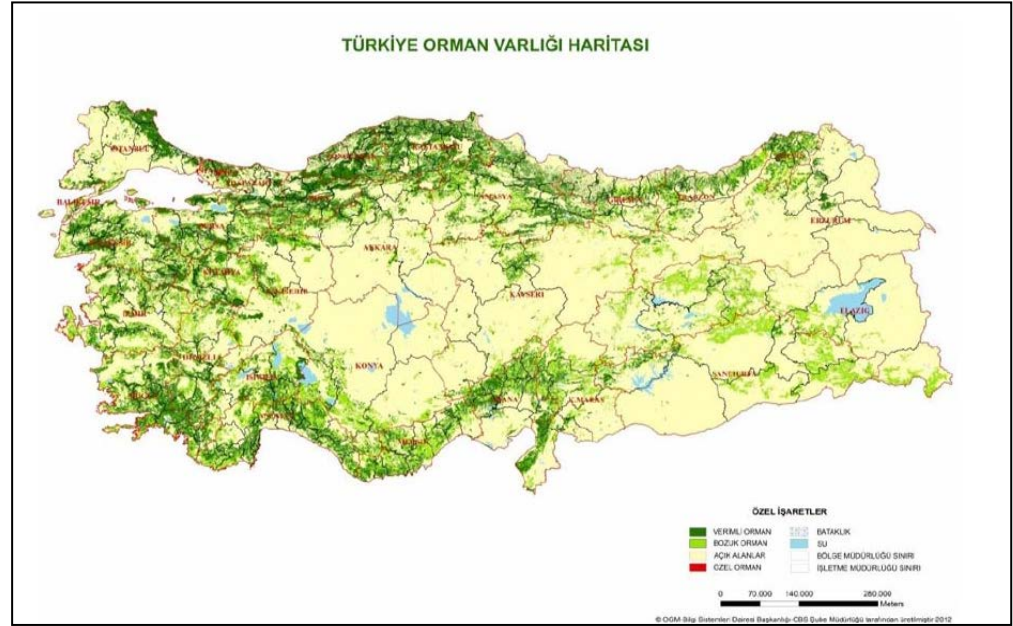
**Abstract** Forests are live, dynamic and renewable natural resources that have positive effects on climate. Protection of forests is a global priority for climate change. Hectares of forests are destroyed by burning in Turkey every year due to the fact that the country is located in the Mediterranean climate zone. In this study, emissions of different air pollutants (CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, BC, TSP) emitted from forest fires in Turkey for the period of 1988-2017 were estimated. Statistical data on forest fires was obtained from the Ministry of Agriculture and Forestry in Turkey. Emissions were calculated using EMEP/CORINAIR emission factors. The annual average emissions from forest fires between 1988 and 2016 were found as 2,026 tons/year for NO<sub>x</sub>, 57,573 tons/year for CO, 5,331 tons/year for NMVOC, 405 tons year for SO<sub>x</sub>, 459 tons/year for NH<sub>3</sub>, 27,187 tons/year for TSP, 17,592 tons/year for PM<sub>10</sub>, 14,393 tons/year for PM<sub>2,5</sub> and 1,295 tons/year for BC. The highest annual emissions in the last thirty years were observed in 1994, 2008 and 2000, respectively. These emissions were calculated about 2-3 times higher than the average period of thirty years. The Serik-Taşağıl forest fire occurred in the Antalya region in August 2008 causing the destruction of approx. 16 thousands ha is the biggest fire recorded in Turkey. It constitutes approximately 53% of the total emissions of the country in the same year. Emissions from forest fires mainly occurred in the Mediterranean and Aegean regions. Spatial distribution of the emissions according to the provinces and Regional Directorates of Forests was prepared using a geographical information system and presented as maps.

## 1. Giriş

Dünya ormanlarının %25'i Avrupa'da, %21'i Güney Amerika'da, %19'u Kuzey ve Orta Amerika'da, %16'sı Afrika'da, %15'i Asya'da ve geriye kalan %4'ü de Avustralya'da bulunmaktadır (FAO, 2015). Yeryüzünde 1,31 milyar hektar bütünlüğü bozulmamış orman alanı bulunmakta olup bunların yarısı Kanada, ABD, Rusya, Çin ve Brezilya gibi 5 ülkede yer almaktadır (FAO, 2015). 2010-2015 yılları arasında en fazla orman alanı kaybeden ülkeler ise sırasıyla; Brezilya, Avustralya, Endonezya, Nijerya, Tanzanya, Zimbabve, Kongo, Burma, Bolivya ve Venezuela'dır (FAO, 2015).

Türkiye orman varlığı açısından pek çok ülkeye göre yoksul bir ülkedir. Türkiye'nin toplam orman alanı yaklaşık 22,3 milyon hektar olup bu alan toplam karasal alanların %28'ine karşılık gelmektedir (OGM, 2015). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (OGM) verilerine göre Türkiye'deki ormanlık alanların %88'ini yollarla bölünerek çevrelenmiş koruluk alanlar ve %12'sini bataklık alanlar oluşturmaktadır. Aynı oranlar ağaç serveti bakımından incelendiğinde, %97'si koruluk alan ve %3'ü bataklık alan şeklinde görülmektedir (OGM, 2015).

Türkiye ormanlarının %80'i kıyı bölgelerde yer almaktadır (OGM, 2015). Bu durum kıyılarda nemlilik ve yağışın fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Türkiye'de deniz seviyesine göre ormanların yetişebildiği üst sınır, güneyden kuzeye doğru gidildikçe azalmaktadır. Orman alt sınırını belirleyen faktör nemlilik ve yağıştır. Orman alt sınırının en düşük olduğu ve aynı zamanda yağışın en yüksek olduğu bölge Karadeniz bölgesidir (OGM, 2015). Türkiye'de yüzölçümüne göre orman varlığı Şekil 1'de verilmiştir. Ormanların %25'i Karadeniz, %24'ü Akdeniz, %17'si Ege, %13'ü Marmara ve geri kalan %21'i Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde bulunmaktadır.



Şekil 1. Türkiye'de Ormanların Bölgesel Dağılımı (OGM, 2015).

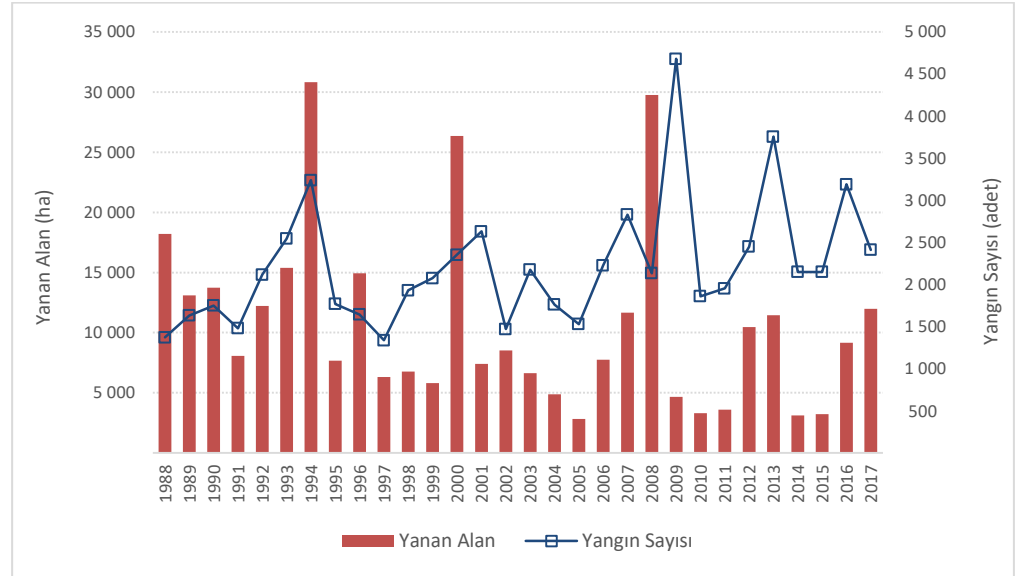
Türkiye'de ormanların %33'ünü yapraklı ağaçlar (meşe, kayın, kızılğaç, kestane, gürgen, vb.), %48'ini iğne yapraklı (ibrelili) ağaçlar (kızılçam, karaçam, sarıçam, göknar, ladin, sedir, vb.) ve %19'unu ise karışık ağaçların oluşturduğu ormanlar kaplamaktadır (OGM, 2015). En yaygın olan orman ağacı meşedir (OGM, 2015). Meşe iklim seçiciliği en az olan geniş yapraklı ağaç türlerinden birisidir. Bu nedenle Türkiye'nin her yerinde kolaylıkla yetişebilmektedir. Kızılçam, Akdeniz iklim kuşağında yaygın görülen ibrelili bir ağaç türüdür. Dünya üzerinde kızılçam ormanlarının en fazla olduğu ülke Türkiye'dir (OGM, 2015).

Türkiye'de her yıl ortalama 2.000 orman yangını görülmektedir (Hirschberger, 2016). Yangınlar, çoğunlukla güneydeki Suriye sınırından İstanbul'a kadar olan kıyı bölgesinde görülmektedir. Bu alan, Türkiye'nin orman alanının yaklaşık %57'si olan 12,5 milyon hektarı kapsamaktadır (JRC, 2018). Orman örtüsünün kaybı, 1994, 2000 ve 2008 yıllarındaki aşırı yangın olayları haricinde, 1990'lardan bu yana yıllık ortalama 15.000 hektarın altındadır. Türkiye'de ormanlık alanların yüzölçümü Yunanistan'ın neredeyse üç katı büyüklükte olup, yıllık kayıp alan yaklaşık olarak komşu Yunanistan ile aynıdır. Örneğin, önemli yangınların yaşandığı 2008 yılında Türkiye'de toplam 29.749 hektar orman yanmışken, Yunanistan'da 29.153 hektar ile neredeyse aynı büyüklükte bir alan yanmıştır (Hirschberger, 2016). Ülkelerin toplam orman varlığı dikkate alındığında Türkiye'deki orman kaybı çok daha azdır. Son yıllarda ülkemizde ormanların gençleştirilmesinde yangına dayanıklı ağaç türlerinin tercih edilmesi, orman yangınları için erken uyarı sistemlerinin oluşturulması ve bu sistemler sayesinde hızlı müdahale kabiliyetinin kazandırılması gibi bir dizi önleyici tedbirin alınması önemli katkı sağlamaktadır.

Türkiye ormanlarında çıkan yangınlar hakkındaki istatistiklere 1937 yılından sonra rastlanmaktadır. Bu nedenle 1937'den önce çıkan yangınlar hakkında bilgi mevcut değildir (Bilgili, 2014). 1937 yılından itibaren orman yangınlarının alan ve sayıları incelendiğinde en çok artışın ormanların devletleştirildiği yıllarda meydana geldiği görülmektedir.

Türkiye'de meydana gelen orman yangınlarının çıkış nedenleri %92 insan kaynaklıdır (OGM, 2018). Örneğin, 2017 yılında çıkan yangınların sebepleri analiz edildiğinde %60'ı faili meçhul, %25'i ihmal, %9'u doğal ve %6'sı kasıttan kaynaklandığı görülmektedir (OGM, 2018).

Son otuz yılda (1988-2017) gerçekleşen orman yangınları sayıca incelendiğinde 2009 yılında gerçekleşen yangınların en fazla olduğu görülmektedir (OGM, 2018). Yangınların en az görüldüğü yıllar ise 1988 ve 1997 yıllarıdır. Ancak, yangın sayısı ile yanan orman alanları eşleştirildiğinde aralarında lineer bir ilişki olmadığı görülmektedir. 1988-2017 yılları arasında gerçekleşen yangınlarda en fazla orman alanı kaybedilen yıl 1994'tür. Daha sonra 2008, 2000 ve 1998 yılları gelmektedir. Son otuz yılda ülke genelinde toplam yanan orman alanı ve yangın sayıları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. 1988-2017 yılları arasında yanan orman alanları ve yangın sayıları (OGM, 2018).

Orman yangınları atmosfere salınan kirletici gazlar bakımından önemli kaynaklardır. Makilik alanların ve ormanların yanması sonrası atmosfere yıllık olarak 1,7 ila 4,1 milyar ton karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) salınmaktadır (Lovarel vd., 2006). Karbon dioksitin yanısıra, yılda yaklaşık 39 milyon ton metan (CH<sub>4</sub>), 20,7 milyon ton azot oksit (NO<sub>x</sub>) ve 3,5 milyon ton kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) de salınmaktadır. Küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %15'i orman yangınlarından, çoğu da tropik yağmur ormanlarındaki yangınlardan ve arazi dönüşümlerinden kaynaklanmaktadır. Orman yangınları, küresel karbon monoksitin (CO) %32'sine ve CH<sub>4</sub> emisyonlarının %10'una neden olmaktadır (Lovarel vd., 2006).

Akdeniz Bölgesinde orman yangınlarından kaynaklanan emisyonların belirlenmesine yönelik çalışmalara uluslararası literatürde sıkça rastlanmaktadır (Simon vd., 2004; Vilen ve Fernandes, 2011; Chiriaco vd., 2013; Garcia-Hurtado vd., 2013). Simon ve arkadaşları (2004) Akdeniz bölgesinde doğal kaynaklardan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonlarını hesaplamışlardır. Çalışmada orman yangınlarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları da hesaplanmış olup orman yangınları ile birlikte sulak alanların ve hayvanların önemli doğal kaynaklar olduğu belirlenmiştir. Vilen ve Fernandes (2011) Fransa, Yunanistan, İtalya, Portekiz ve İspanya gibi Akdeniz ülkelerinde orman yangınlarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarını hesaplamışlardır. IPCC metodolojisini kullanan araştırmacılar yangın etkilerini dört ayrı senaryo halinde çalışmış ve emisyonların arazi kullanımına, bitki örtüsü yoğunluğuna ve bitki çeşidine göre değiştiğini ortaya koymuşlardır. Chiriaco ve arkadaşları (2013) ise aynı ülkelerde başta CO<sub>2</sub> olmak üzere diğer sera gazı emisyonlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemleri karşılaştırmış ve bu yöntemlerin belirsizlik kaynaklarını ortaya koymuştur. Garcia-Hurtado ve arkadaşları (2013) ise Akdeniz bölgesinde makilik alanların yanması sonucu oluşan CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> ve PM<sub>2.5</sub> emisyonlarının ölçümlerle belirlenmişler ve emisyon faktörleri geliştirerek bölgesel emisyonları hesaplamışlardır.

Türkiye'de orman yangınlarından kaynaklanan emisyonlar hakkında yapılan çalışmalar sınırlıdır. Ergan (2010) tarafından yapılan çalışmada, orman yangını emisyonları Türkiye genelinde 2003-2009 yılları arasındaki verilere göre, Dinçer (2014) tarafından yapılan çalışmada ise 2000-2009 yılları arasındaki yangın verilerine göre hesaplanmıştır. Her iki çalışmada da hesaplamalar, emisyon faktörü ile birim alandaki ortalama yanan ağaç kütlelerinin ilişkilendirilmesi ile yapılmış olup çok sayıda kirletici için emisyonlar hesaplanmıştır. Diğer bir çalışmada ise Türkiye'nin Antalya ilinde seçilen bir bölgede orman yangını incelenerek hava kirliliği örnekleme yapılmıştır (Kaya, 2010). Kaya (2010) tarafından yapılan bu çalışmada, Antalya-Serik bölgesinde meydana gelen bir yangın incelenerek, orman yangınlarından atmosfere salınan kirleticiler ile ilgili emisyon envanteri çalışması gerçekleştirilmiştir. Kurt (2014) tarafından yapılan çalışmada ise Türkiye'deki orman yangınlarının zamansal ve mekânsal dağılışını ortaya koyarak bu değişimin nedenlerin neler olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, daha önceki çalışmalardan farklı olarak çok daha geniş ve güncel bir zaman aralığını (1988-2017) dikkate alarak ve çok daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip (orman bölge müdürlükleri ve iller bazında) orman yangını verileri ile farklı hava kirleticilerin (CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, BC, TSP) emisyonlarının yaklaşık olarak hesaplanmasıdır. Orman yangınlarıyla ilgili istatistiksel veriler T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş olup emisyonların hesabında EMEP/CORINAIR emisyon faktörleri kullanılmıştır. Yangınlarından kaynaklanan emisyonların yıllara ve illere göre zamansal ve mekansal dağılımları bir coğrafi bilgi sistemi (ArcGIS) yardımıyla haritalar olarak hazırlanmıştır.

## 2. Yöntem

1988-2017 yılları arasında Türkiye'de gerçekleşen orman yangınlarına ilişkin istatistiksel veriler T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (OGM, 2018). Elde edilen yangın sayısı ve yanan alan verileri yıllara, illere ve bölge müdürlüklerine göre sınıflandırılarak emisyon hesaplarında kullanılmıştır. Yangınlardan kaynaklı emisyonları hesaplamak için EMEP/EEA veri tabanından emisyon faktörleri temin edilmiştir (EMEP/EEA, 2016). Bu veri tabanında, orman yangınlarından kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında üç ayrı yaklaşım önerilmektedir. Birinci yöntem (Tier-1), en genel olanı olup, sadece yanan orman alanlarının yüzölçümlerinin bilinmesi durumunda kullanılmaktadır. İkinci yaklaşım aynı zamanda bu çalışmada kullanılan yöntem (Tier-2) olup, ormanların arazi yapısına, birim alandaki biyomas miktarına ve yanma verimine göre değişen emisyon faktörlerini içermektedir. Üçüncü yaklaşımda (Tier-3) ise hesaplar, yangının farklı fraksiyonlarına göre (tutuşma, alevlenme, için için yanma ve tam yanma) ve her fraksiyon için yanma süresi, ağacın türü ve ne kadarının yandığı, vb. faktörlere göre değişmektedir. OGM tarafından paylaşılan veriler, üçüncü yaklaşım ile hesap yapmaya yetecek detayda değildir. Bu nedenle bu çalışmada ikinci yaklaşım (Tier-2) kullanılmış olup, Akdeniz ve Ege kıyı şeridi boyunca yer alan illerdeki ormanlar için Akdeniz ormanı (Mediterranean Forest), geriye kalan iller için ise ılıman orman (Temperate Forest) türü seçilmiştir. Bu orman türlerine bağlı olarak, Akdeniz ormanları için biyomas miktarı 15 kg/m<sup>2</sup>, biyomas fraksiyonu (yer seviyesindeki bitki örtüsünün üzerinde kalan biyomas miktarının toplam biyomas miktarına oranı) 0,75 ve yanma verimi (yer seviyesindeki bitki örtüsünün üzerinde kalan biyomas için) 0,25 olarak kabul edilmiştir. Bu standart değerler, ılıman ormanlar için sırasıyla 35 kg/m<sup>2</sup>, 0,75 ve 0,20'dir. Bu katsayılara göre düzenlenmiş ve hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri Tablo 1 de verilmiştir. Bu faktörler, yanan orman alanı verileri ile ilişkilendirilerek 9 farklı kirleticisi (NO<sub>x</sub>, CO, metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), SO<sub>x</sub>, amonyak (NH<sub>3</sub>), toplam askıda partikül (TSP), PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve siyah karbon (BC)) için emisyon miktarları hesaplanmıştır.

Hesaplanan emisyonların yıllara, illere ve orman bölge müdürlüklerine göre zamansal ve mekansal değişimleri bir coğrafi bilgi sistemi yardımıyla (ArcGIS) belirlenmiştir.

Tablo 1. Orman Yangınlarında Kullanılan Emisyon faktörleri (EMEP/EEA, 2016).

Kirleticisi Parametreler	Emisyon Faktörleri (kg/ha)	
	Akdeniz ve İliman Ormanlar	
NO <sub>x</sub>	190	
CO	5.400	
NMVOC	500	
SO <sub>x</sub>	38	
NH <sub>3</sub>	43	
TSP	2.550	
PM <sub>10</sub>	1.650	
PM <sub>2.5</sub>	1.350	
BC	121,5*	

\* Emisyon faktörü veri tabanında "PM<sub>2.5</sub> x %9" şeklinde tanımlanmıştır.

## 3. Tartışma

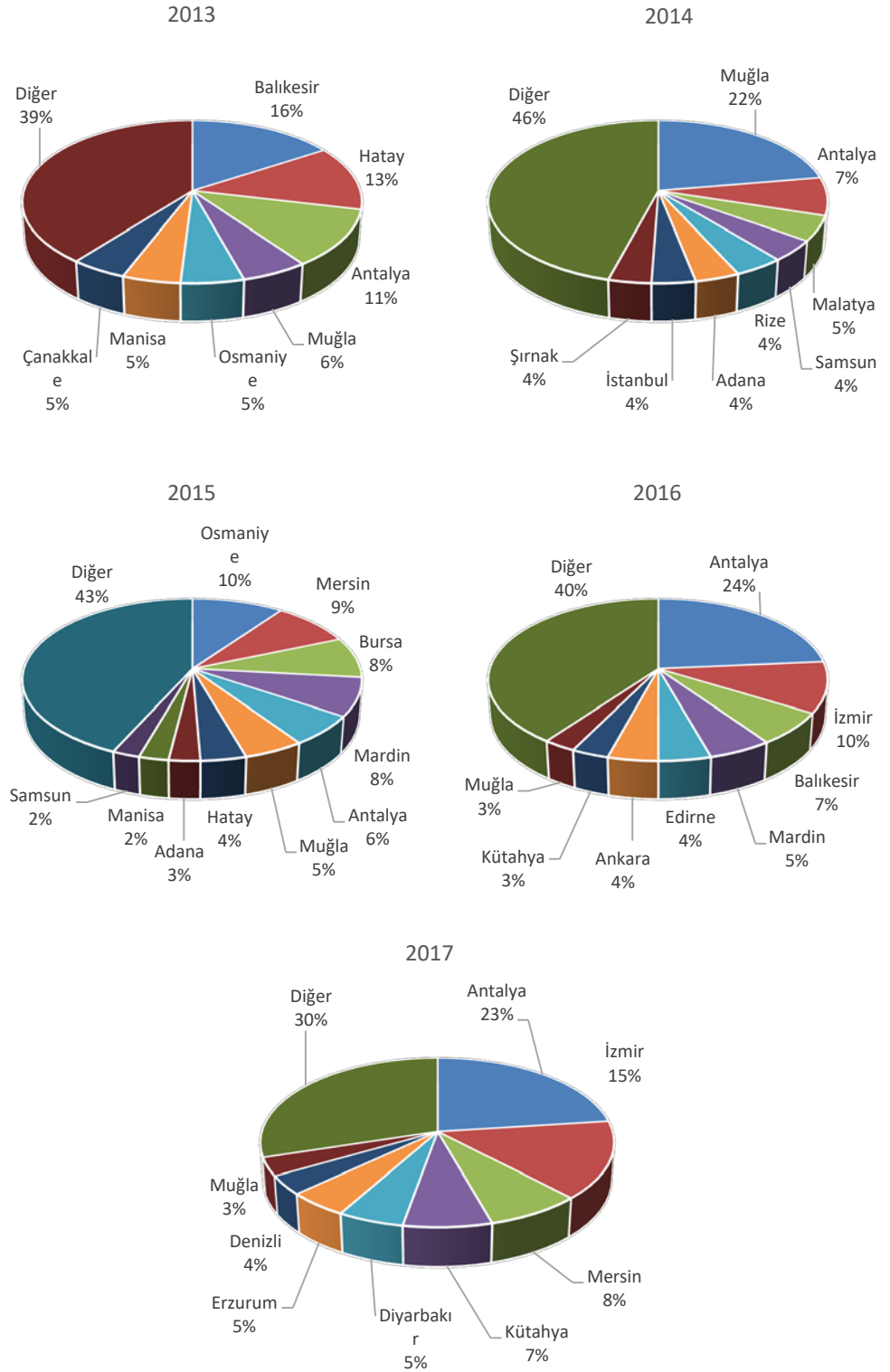
Yıllara göre orman yangınlarından kaynaklanan emisyonlar Tablo 2'de verilmiştir. Yıllar bazında yangın sayıları çok değişmemekle birlikte bazı yıllarda emisyonların çok yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni tamamen büyük alan kaybına neden olan tekil yangınlardır. Örneğin, 2008 yılı Ağustos ayı başında Antalya Bölge Müdürlüğü sınırları içinde gerçekleşen ve yaklaşık 15.795 hektarlık bir orman alanının etkilenmesine neden olan Serik-Taşağıl orman yangını tek başına 2008 yılı emisyonlarını belirleyen yangın olmuştur (Bilgili vd., 2010). Bu yangın, ülkemizde kayıt altına alınan en büyük orman yangını olup, aynı yıl için ülkenin orman yangınlarından kaynaklanan toplam emisyonlarının yaklaşık %53'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 2. Yıllara göre orman yangınlarından kaynaklanan toplam emisyonlar, ton/yıl.

Yıllar	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOOC	SO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	BC
1988	3.460	98.334	9.105	692	783	46.436	30.047	24.584	2.213
1989	2.489	70.735	6.550	498	563	33.402	21.613	17.684	1.592
1990	2.611	74.207	6.871	522	591	35.042	22.674	18.552	1.670
1991	1.535	43.637	4.041	307	347	20.607	13.334	10.909	982
1992	2.324	66.053	6.116	465	526	31.192	20.183	16.513	1.486
1993	2.925	83.122	7.697	585	662	39.252	25.398	20.781	1.870
1994	5.857	166.471	15.414	1.171	1.326	78.611	50.866	41.618	3.746
1995	1.458	41.450	3.838	292	330	19.574	12.665	10.363	933
1996	2.835	80.579	7.461	567	642	38.051	24.621	20.145	1.813
1997	1.200	34.112	3.159	240	272	16.108	10.423	8.528	768
1998	1.285	36.526	3.382	257	291	17.248	11.161	9.131	822
1999	1.103	31.342	2.902	221	250	14.800	9.577	7.835	705
2000	5.007	142.306	13.177	1.001	1.133	67.200	43.482	35.577	3.202
2001	1.405	39.928	3.697	281	318	18.855	12.200	9.982	898
2002	1.618	45.976	4.257	324	366	21.711	14.048	11.494	1.034
2003	1.262	35.878	3.322	252	286	16.942	10.963	8.969	807
2004	926	26.330	2.438	185	210	12.434	8.045	6.583	592
2005	536	15.233	1.411	107	121	7.194	4.655	3.808	343
2006	1.475	41.915	3.881	295	334	19.793	12.807	10.479	943
2007	2.216	62.986	5.832	443	502	29.743	19.246	15.746	1.417
2008	5.652	160.645	14.875	1.130	1.279	75.860	49.086	40.161	3.614
2009	889	25.267	2.340	178	201	11.931	7.720	6.317	569
2010	630	17.912	1.659	126	143	8.458	5.473	4.478	403
2011	686	19.505	1.806	137	155	9.211	5.960	4.876	439
2012	1.986	56.452	5.227	397	450	26.658	17.249	14.113	1.270
2013	2.177	61.862	5.728	435	493	29.213	18.902	15.466	1.392
2014	592	16.832	1.559	118	134	7.948	5.143	4.208	379
2015	612	17.383	1.610	122	138	8.208	5.311	4.346	391
2016	1.740	49.442	4.578	348	394	23.348	15.107	12.361	1.112
2017	2.279	64.762	5.997	456	516	30.582	19.788	16.191	1.457
<b>TOPLAM</b>	<b>60.770</b>	<b>1.727.182</b>	<b>159.930</b>	<b>12.152</b>	<b>13.736</b>	<b>815.612</b>	<b>527.747</b>	<b>431.798</b>	<b>38.862</b>

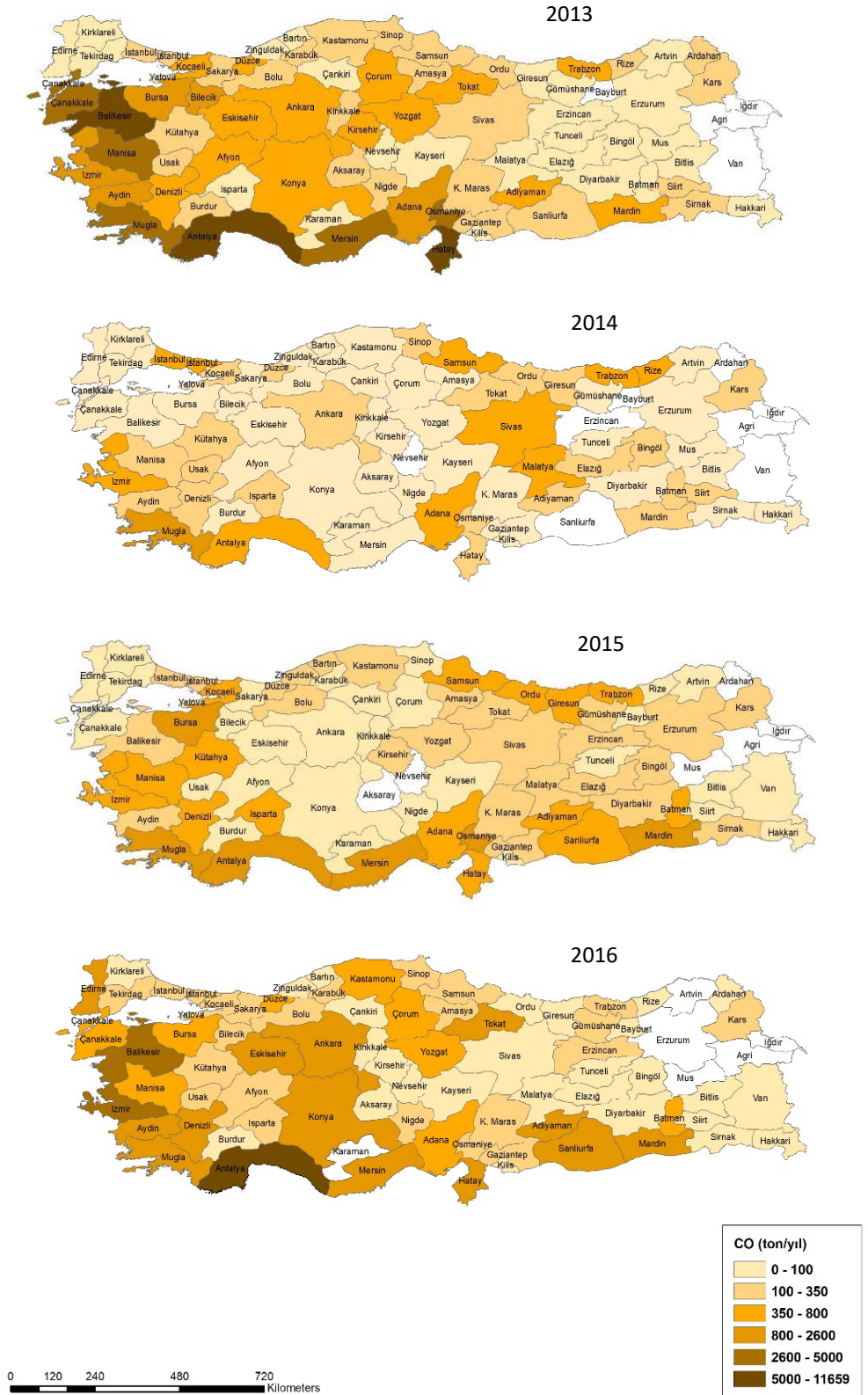
Son otuz yıl içinde en yüksek kirletici emisyonlarının görüldüğü yıl, en çok orman alanının yandığı 1994 yılıdır. Bu yılda yaklaşık 31 bin ha orman alanının yanması sonucunda, en az orman yangının yaşandığı 2005 yılına göre yaklaşık 11 kat daha fazla yıllık emisyon oluşmuştur. Otuz yıllık dönem boyunca yılda ortalama 2.220 yangın gerçekleşmiş ve 10.662 ha orman alanı yanmıştır. Bunun sonucunda NO<sub>x</sub> için 2.026 ton/yıl, CO için 57.573 ton/yıl, NMVOC için 5.331 ton/yıl, SO<sub>x</sub> için 405 ton/yıl, NH<sub>3</sub> için 459 ton/yıl, TSP için 27.187 ton/yıl, PM<sub>10</sub> için 17.592 ton/yıl, PM<sub>2.5</sub> için 14.393 ton/yıl ve BC için 1.295 ton/yıl emisyon oluşmuştur.

İllere göre yanan orman alanlarından kaynaklanan emisyonlar incelendiğinde, 2013-2017 yılları arasındaki emisyonların yaklaşık %60'lık bir kısmının genellikle 8 ilden kaynaklandığı belirlenmiştir. 2013 yılındaki toplam emisyonlara en fazla katkı koyan il, %15 katkı oranı ile Balıkesir olurken, 2014 yılında %22 katkı oranı ile Muğla, 2015 yılında %10 ile Osmaniye, 2016 ve 2017 yıllarında ise sırasıyla %24 ve %23 katkı oranları ile Antalya olmuştur. Şekil 3'te Türkiye'de 2013-2017 yılları arasında orman yangınlarından kaynaklanan toplam emisyonların illere göre dağılımı PM<sub>2.5</sub> için örnek olarak verilmiştir. Emisyonlar ile yanan orman alanları arasında doğrusal bir ilişki olması nedeniyle aynı katkı oranları diğer kirleticiler için de geçerlidir.



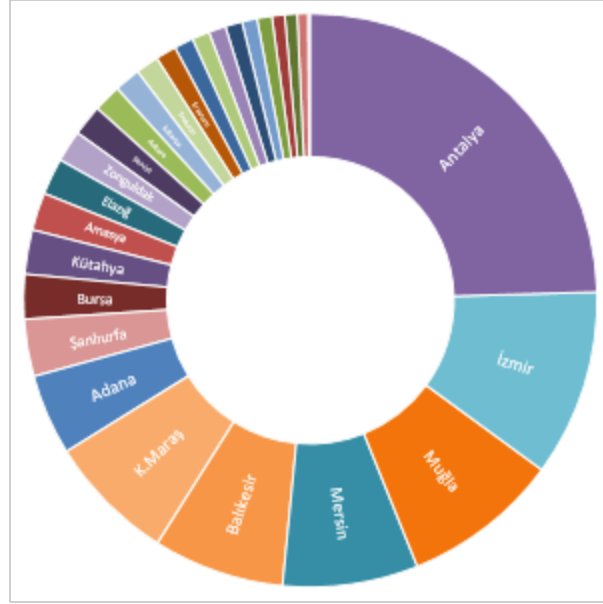
Şekil 3. Türkiye'de 2013-2017 yılları arasında orman yangınlarından kaynaklanan PM<sub>2.5</sub> emisyonlarının illere göre dağılımı

İllere ve yıllara göre emisyonların mekânsal dağılımı incelendiğinde son dört yıl içinde en büyük emisyonların 2013 ve 2016 yıllarında Antalya'da olduğu görülmektedir. Ülke genelindeki yüksek emisyonların Akdeniz ve Ege bölgeleri kıyı şeridindeki illerde yoğunlaştığı görülmektedir. Şekil 4'te örnek olarak CO emisyonlarının 2013-2016 yılları arasında illere ve yıllara göre değişimi haritalar halinde verilmiştir. Emisyonlar ile yanan orman alanları arasında doğrusal bir ilişki olması nedeniyle diğer kirlenmeler için de benzeri mekânsal dağılımlar söz konusudur.



Şekil 4. 2013-2016 yılları arasında orman yangınlarından kaynaklanan CO emisyonlarının illere göre dağılımı.

Bölge müdürlükleri bazındaki orman yangını verileri OGM tarafından sadece 2004-2017 yılları arası için paylaşılmaktadır. Bu dönem aralığında en çok orman alanı kaybeden bölge müdürlükleri sırasıyla Antalya, İzmir, Muğla, Mersin, Balıkesir ve Kahramanmaraş olup Şekil 5'te tüm bölge müdürlüklerinin oransal dağılımı görülmektedir.



Şekil 5. 2004-2017 yılları arasındaki orman yangını emisyonlarının bölge müdürlüklerine göre dağılımı

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında, 1988-2017 yılları arasında Türkiye’de gerçekleşen orman yangınlarından kaynaklanan hava kirletici (CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, BC, TSP) emisyonları belirlenmiştir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü’nün orman yangınlarına ilişkin resmi ulusal istatistiksel verileri kullanılmış ve emisyonların zamansal ve mekânsal değişimleri detaylı olarak incelenmiştir.

Orman yangınlarından kaynaklanan ulusal emisyonların önemli miktarlarda olduğu görülmektedir. Avrupa Birliği CEIP (Centre on Emission Inventories and Projections) tarafından hazırlanan UNECE/EMEP emisyon veritabanına (WebDab) göre ülkemiz için yayınlanan en son ulusal emisyon envanteri 2012 yılına aittir (CEIP, 2018). Bu envantere tüm kirletici kaynaklardan (sanayi, trafik, evsel ısınma, doğal kaynaklar, vb.) atmosfere atılan emisyonlar topluca verilmektedir. Bu envanterin hazırlandığı yıl olan 2012 yılında ülkemiz ormanlarında çıkan yangınlardan kaynaklanan emisyonlar dikkate alındığında; orman yangınlarının tüm kirletici kaynaklar içindeki payının PM<sub>10</sub> için %2,1, CO için %1,7, NMVOC için %0,5, NO<sub>x</sub> için %0,2 ve NH<sub>3</sub> için %0,08 ve SO<sub>2</sub> için %0,01 olduğu görülmektedir. Özellikle PM<sub>10</sub> ve CO emisyonları açısından orman yangınlarının ulusal emisyonlara önemli katkı getirdiği dikkat çekicidir.

Türkiye’de 1988-2017 yılları arasında en fazla orman alanının yandığı yıllar 1994, 2008 ve 2000 yıllarıdır. Buna karşın, en az orman alanının yandığı yıllar ise 2005, 2014 ve 2015 olarak kayıtlara girmiştir. Tekil bazı büyük yangınların ülke emisyonlarını tek başına belirleyebildikleri görülmüştür. En çok yangınların görüldüğü dolayısıyla en yüksek emisyonların görüldüğü iller Antalya, Muğla, İzmir, Balıkesir, vb. gibi Ege ve Akdeniz bölgelerinde kıyı şeridinde yer alan iller olurken Ağrı, Iğdır, Muş ve Van gibi Doğu Anadolu Bölgesi’ndeki illerde hemen hemen hiç yangın olmadığı görülmektedir.

Orman yangınlarının sayısı ve etkili oldukları alanlar; ülkenin coğrafi ve iklim açısından konumuna, ülke içinde bitki örtüsünün bölgesel değişimine, bu bölgelerde yaşayan insanların farkındalık durumuna ve alınan tedbirlerin yeterli olup olmamasına bağlı olarak değişmektedir. Ülkemizde orman yangınlarının çıkış nedeninin %92 oranında insan kaynaklı olduğunu bilinmektedir. Ulusal ve bölgesel olarak alınan ormancılık tedbirlerinin yanısıra sadece toplumu bilinçlendirerek dahi orman yangınlarının azaltılabilmesi mümkündür. Bu nedenle, alınacak tedbirlerle azaltılacak orman yangınları çevresel açıdan daha az ulusal emisyonların oluşacağı anlamına gelmektedir.

Ulusal literatürde bu çalışma sonuçları ile kıyaslanabilecek iki referans çalışma bulunmaktadır. Bunlar Ergen (2010) ve Dincer (2014)’tür. Ergen (2010) tarafından yapılan çalışmada, orman yangını emisyonları Türkiye genelinde 2003-2009 yılları arasındaki verilere göre, Dincer (2014) tarafından yapılan çalışmada ise 2000-2009 yılları arasındaki yangın verilerine göre hesaplanmıştır. Ergen (2010) çalışmasında EMEP/EEA’nın birinci yaklaşımını (Tier-1) kullanmış olup bu çalışmada kullanılan yöntemden farklıdır. Dincer (2014) çalışmasında ise, bu çalışmada kullanılan ikinci yaklaşımı kullanmış olup, emisyon faktörlerini EMEP/EEA’nın bir önceki versiyonu (2013)’ten kullanmıştır. O versiyonda, Akdeniz ormanları ile ılıman bölgelerdeki ormanlar için emisyon faktörleri birbirinden farklı olarak verilmiş ve Dincer (2014) çalışmasında, Akdeniz ve Ege Denizi kıyı şeridindeki illerde görülen orman yangınlarını Akdeniz ormanları, geriye kalan illerdeki ormanları da ılıman orman kategorisinde değerlendirip hesaplamalarını buna göre yapmıştır. Ancak en son yayınlanan EEP/EEA (2016) veri tabanında bu iki orman türü için farklılık ortadan kaldırılmış ve Akdeniz/ılıman ormanlar



aynı emisyon faktörleri ile tanımlanmıştır. Bu nedenle bu çalışma, daha önceki çalışmalara göre hem bu yönetsel güncellemeyi içermekte hem de Dinçer (2014) ve Ergan (2010)'un çalışmalarında yer alan çalışma yıllarından daha güncel ve geniş bir zaman dilimini (1988-2017) kapsamaktadır.

Bu çalışmada, orman yangınlarından kaynaklanan emisyonlar, OGM'nün paylaştığı istatistiksel veriler çerçevesinde yanan orman alanlarının yüzölçümleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. OGM'nün yanan orman alanlarına ilişkin meşcere tipi, ağaç türü çeşitliliği, yanan alanların coğrafi konumları, yangınların zamanları, vb. bilgileri geçmişe yönelik paylaşmaması, hesaplanan emisyonların zamansal olarak yıllık bazda ve mekânsal olarak ta bölge müdürlükleri ve iller bazında sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Bahsi geçen verilere sahip olunması durumunda ağaç bazlı emisyon faktörlerinin kullanılması ile meşcere bazında daha detaylı hesaplamalar yapmak ve hem coğrafi olarak daha yüksek çözünürlükte hem de yıl içindeki aylar ve mevsimler bazında emisyonları detaylandırmak mümkün olabilecektir.

### 6. Teşekkür

Orman yangınlarına ilişkin verileri temin ettiğimiz T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

### 7. Kaynaklar

- Bilgili, E., İ. Baysal, B. Dinç Durmaz, B. Sağlam, and Ö. Küçük (2010), Türkiye'de 2008 yılında çıkan büyük orman yangınlarının değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Orman Kongresi Bildiri Kitabı, Cilt III, 1270-1279, 20-22 Mayıs 2010, Artvin.
- Bilgili, E., (2014), Orman Koruma ve Orman Yangınları, [http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15\\_01\\_02\\_1a809.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_02_1a809.pdf), erişim: Ocak 2019.
- CEIP (European Centre on Emission Inventories and Projections) (2018), [http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/webdab\\_emepdatabase/reported\\_emissiondata/](http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/reported_emissiondata/), erişim: Aralık 2018.
- Dimitrakopoulos, A.P. and I.D. Mitsopoulos (2006). Global Forest Resources Assessment 2005 – Report on fires in the Mediterranean Region, Forestry Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Working Paper FM/8/E, 38 pages, FAO, Rome, Italy.
- Dincer, F. (2014), Estimating national wildfire emissions for the last decade in Turkey, Environmental Engineering and Management Journal 13 (12), 2907-2916.
- EMEP/EEA (European Environment Agency) (2016), Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 11.B Forest fires, 21 sayfa.
- Ergan, O. (2010), Türkiye'de orman yangınlarından kaynaklanan hava kirletici emisyonlar, Lisans tezi, 106 sayfa, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2015), Global Forest Resources Assessment 2015, 49 pages, Rome, Italy.
- Garcia-Hurtado, E., J. Pey, M.J. Baeza, A. Carrara, J. Llovet, X. Querol, A. Alastuey and V.R. Vallejo (2013), Carbon emissions in Mediterranean shrubland wildfires: An experimental approach, Atmospheric Environment 69, 86-93.
- Hirschberger, P. (2016), Forests Ablaze - Causes and effects of global forest fires, World Wildlife Fund (WWF), 107 pages, WWF Deutschland, Berlin.
- Joint Research Centre (JRC) (2018), Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2017, European Union, 139 pages, Ispra (VA), Italy.
- Kaya, M. (2010), Orman Yangınları ve Hava Kirliliği: Serik-Antalya Örneği, Yüksek Lisans tezi, 57 sayfa, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.
- Kurt, B. (2014), Türkiye'de Orman Yangınlarının Coğrafi Dağılışı, Yüksek Lisans tezi, 204 sayfa, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- OGM (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü) (2015), Türkiye Orman Varlığı 2015, 32 sayfa, Ankara.
- OGM (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü) (2018), <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/istatistikler/Orman%C4%B1%C4%B1k%20%C4%B0statistikleri/Orman%C4%B1%C4%B1k%20%C4%B0statistikleri%202017.rar>, erişim: Aralık 2018.
- Lavorel, S., M.D. Flannigan, E.F. Lambin, and M.C. Scholes (2006), Vulnerability of land systems to fire: Interactions among humans, climate, the atmosphere, and ecosystems, Mitig Adapt Strat Glob Change 12, 33–53.
- Simon, V., L. Dumergues, and L. Torres (2004), Emission inventory of the main natural methane sources in a Mediterranean area, Advances in Air Pollution Series 14, 463-474.
- Vilen, T., and P.M. Fernandes (2011), Forest Fires in Mediterranean Countries: CO2 Emissions and Mitigation Possibilities Through Prescribed Burning, Environmental Management, 48 (3), 558-567.