

ORMAN YANGINLARININ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF FOREST FIRES IN TERMS OF CLIMATE CHANGE

Prof. Dr. Mehmet Mısır
Prof. Dr. Nuray Mısır

**Prof. Dr. Mehmet MISIR / Karadeniz Teknik Üniversitesi /
mmisir[at]ktu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-5686-9739**

Mehmet MISIR, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümünden 1991 yılında mezun oldu. Coğrafi Bilgi Sistemleri konusunda Yüksek Lisansı 1995 yılında tamamladı. 2001 yılında ise Ormanlıkta Çok Amaçlı Planlama alanında Doktora çalışmasını KTÜ Orman Mühendisliği Bölümünde tamamladı. KTÜ Orman Mühendisliği Bölümüne 2007 yılında Doçent, 2013 yılında Profesör olarak atandı. Halen aynı üniversitenin Orman Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak çalışmaktadır. Prof. Dr. MISIR, Ormanlıkta CBS ve Uzaktan Algılama, biyokütle ve karbon envanteri, ormanlıkta çok amaçlı planlama ve karar verme konularında araştırmalarına devam etmektedir.

**Prof. Dr. Mehmet MISIR / Karadeniz Technical University /
mmisir[at]ktu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-5686-9739**

Mehmet MISIR graduated from Forest Engineering Department at Karadeniz Technical University in 1991. He received his MSc degree on GIS in 1995 and received his PhD in 2001 in the field of Multi-objective Planning in Forestry with Goal Programing at Forest Engineering Department of Karadeniz Technical University. He is appointed as Assoc. Prof. Dr. in 2007, and full Professor in 2013 in Forest Engineering of KTU. He is working as full Professor in Forest Engineering of KTU. His teaching and research GIS and remote sensing in Forestry, biomass and carbon inventory, multi-objective planning and decision making in Forestry.

**Prof. Dr. Nuray MISIR / Karadeniz Teknik Üniversitesi /
nuray[at]ktu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-1686-2874**

Nuray MISIR, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümü'nden 1994 yılında bölüm ve fakülte birincisi olarak mezun olmuştur. Yüksek Lisansı 1997 yılında tamamladı. Doktorasını 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümü'nde Ormanlıkta Hasılat ve Büyüme Modelleri alanında aldı. 1995 yılından itibaren Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta olduğu aynı bölümde 2004 yılında Yardımcı Doçent olarak atanmıştır. KTÜ Orman Mühendisliği Bölümüne 2007 yılında Doçent olarak, 2013 yılında Profesör olarak atanmıştır. Araştırma alanı Biyokütle ve Karbon envanteri, ormanlıkta modelleme, hasılat ve büyüme modelleri, istatistik alanlarını kapsamaktadır.

**Prof. Dr. Nuray MISIR / Karadeniz Technical University /
nuray[at]ktu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-1686-2874**

Nuray MISIR graduated as a forest engineer from the Forest Engineering Department of Karadeniz Technical University holding the first rank both in the department and faculty in 1994. She received her MSc degree in 1997. She has received her Doctorate in 2003 in the field of Growth and Yield Models in Forestry at Forest Engineering Department of KTU. Nuray MISIR was appointed as Assistant Prof. Dr. in 2010 and then as Associate Prof. Dr. in 2007 in Forest Engineering Department of KTU. Since 2013 she is a full Professor in Forest Engineering Department of KTU University in Trabzon, Turkey. Her teaching and research cover modeling in forestry, growth and yield models, biomass and carbon inventory and statistics in environment.

ORMAN YANGINLARININ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Özet

Dünya karasal alanının yaklaşık 30'unu oluşturan ormanlar küresel iklim değişikliğinin de etkisiyle yangın riskiyle karşı karşıyadır. Özellikle Akdeniz Havzasında yer alan ormanlık alanlarda bu risk, artan sıcaklık ve azalan yağış miktarına bağlı kuraklık nedeniyle giderek artmaktadır. Orman yangınlarının yaklaşık %10 oranındaki kısmı doğal nedenlerden meydana gelirken, diğer bir kısmı da ihmal, kaza, dikkatsizlik ve kasıt gibi insan etkisiyle meydana gelmektedir. Hangi yolla meydana gelirse gelsin oluşan orman yangınları iklim değişikliği nedeniyle meteorolojik parametrelerde (sıcaklık, yağış, rüzgâr, nem gibi) oluşan değişim ile birlikte büyüklüğü değişen yangınlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle oluşacak orman yangınlarının önceden öngörülmesi ve buna göre önlemlerin alınması gerekmektedir. Dünyada bu amaçla geliştirilmiş ve meteorolojik koşullar ile yangınlar arasındaki ilişkiyi ortaya koyan yangın indeksleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada ülkemizde meydana gelen orman yangınları konusu ele alınmış, geçmişten günümüze kadar meydana gelen orman yangınlarının meteorolojik parametreler ile ilişkileri incelenmiştir. Ülkemizde 2021 yılında en büyük orman yangınlarının meydana geldiği Marmaris, Milas, Köyceğiz, Manavgat ve Gündoğmuş Temmuz 2021 verileri kullanılarak Angstorm yangın indeksleri hesaplanmıştır. Elde edilen indeks değerleri bu yörelerdeki orman yangınlarının başladığı dönem olan 25-31 Temmuz 2021 tarihlerinde yangın riskinin çok fazla olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler

Orman yangını, İklim değişikliği, Akdeniz havzası, Yangın indeksi, Angstorm indeksi

EVALUATION OF FOREST FIRES IN TERMS OF CLIMATE CHANGE

Abstract

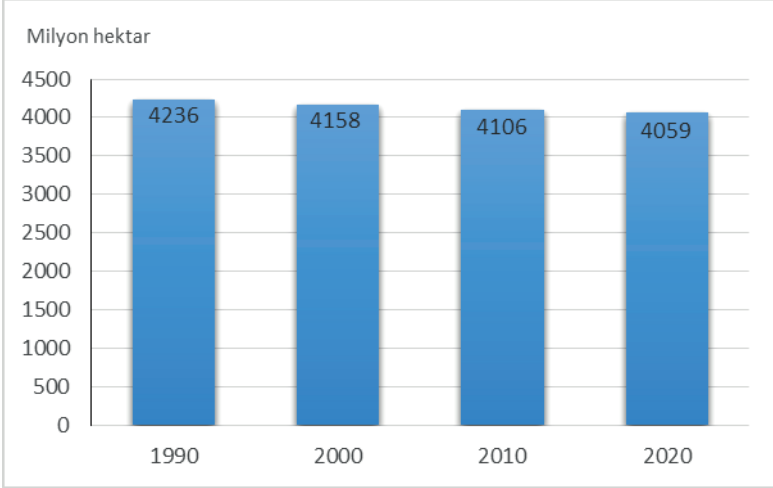
Forests, which make up approximately 26% of the world's terrestrial area, are at risk of fire due to the effect of global climate change. This risk is increasing especially for Mediterranean Basin forests due to drought, increasing temperature and decreasing precipitation. While approximately 10% of forest fires are caused by natural causes, the remaining is caused by human effects such as negligence, accident, carelessness and intent. Regardless of the way it occurs, forest fire size depends on the changes of meteorological parameters such as temperature, precipitation, wind and humidity resulting from climate change. For this reason, it is necessary to foresee the forest fires that will occur and take precautions accordingly. Fire indices, which were developed for this purpose and reveal the relationship between meteorological conditions and fires, are commonly used in the world. In this study, the subject of forest fires in Turkey was discussed, and the relationship of forest fires from past to present with meteorological parameters was examined. Angstorm fire indexes were calculated using July 2021 meteorological data of Marmaris, Milas, Köyceğiz, Manavgat and Gündoğmuş, where the largest forest fires occurred in Turkey in 2021. The index values obtained revealed that the fire risk was very high, especially between 25-31 July 2021, the period when forest fires started in these regions.

Keywords

Forest fire, Climate change, Mediterranean basin, Fire indices, Angstorm indices

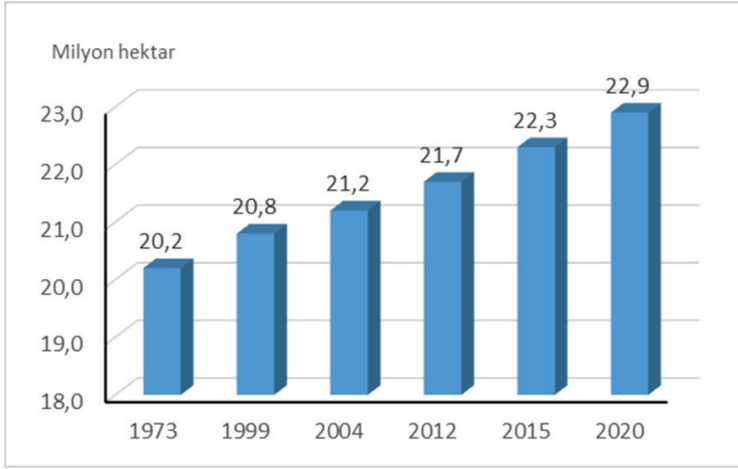
GİRİŞ

Ormanlar konusundaki en yetkin uluslararası kuruluş olan Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı, Food and Agriculture Organization (FAO) tarafından yapılan Küresel Orman Kaynakları Değerlendirmesi 2020 (Global Forest Resources 2020)'ye göre, yaklaşık 15 milyar hektarlık dünya karasal alanının, 4 milyar 58 milyon hektarı ormanlar ile kaplıdır. 1990 yılında toplam orman alanı miktarı 4 milyar 236 milyon hektar, 2000 yılında 4 milyar 158 milyon hektar ve 2010 yılında ise 4 milyar 106 milyon hektar olarak saptanmıştır (FAO, 2020). Rakamlardan da anlaşılacağı gibi orman kaybının hızı konusunda bir azalma olmasına karşın, ormansızlaşma süreci dünya genelinde devam etmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Dünya ormanlık alanının yıllara göre değişimi

Türkiye orman varlığını ise 1973 yılına kadar sağlıklı bir şekilde ortaya koyan bir orman envanteri yapılmamıştır. Devlet Planlama Teşkilatının kurulması (1960) sonrasında birinci ve ikinci kalkınma planlarını kapsayan 10 yıllık sürede tüm ülke ormanlarının amenajman planlarının tamamlanması ile orman varlığına ilişkin ilk gerçekçi bilgiler elde edilmiştir. Bu verilere göre Türkiye orman alanı 20.199.236 hektar olarak tespit edilmiştir. 2020 yılı verilerine göre ise ülkemiz orman varlığı 22.933.000 hektardır (Orman Genel Müdürlüğü (OGM), 2020). Bu açıdan değerlendirildiğinde Türkiye dünya üzerinde orman varlığını artıran nadir ülkelerden biridir (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye orman varlığı (OGM, 2020)

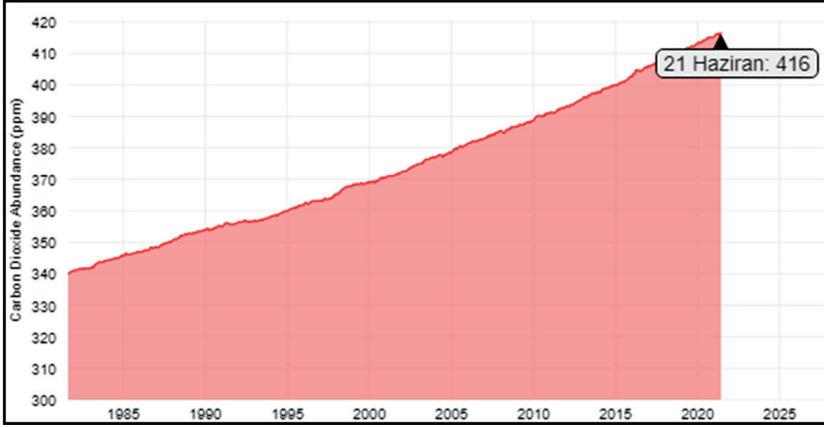
Ormanlar; odun ve odun dışı ürünler üretimi, su koruma, erozyonu önleme, ulusal savunma ve rekreasyon ile diğer ürün ve hizmetler yönünden sağladığı faydaların yanı sıra biyolojik çeşitlilik açısından en zengin alanlardır. Bunlara ek olarak atmosferdeki karbon emisyonunu indirgeyerek sera gazların etkisi ve dolayısıyla küresel iklim değişiminin olumsuz etkilerinin azalmasında da önemli rol üstlenmektedir (Görücü & Eker, 2009). İklim değişikliği “nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler” biçiminde tanımlanmaktadır. Küresel iklim değişikliği, yerkürenin uzun jeoloji tarihi boyunca yaşanan iklimin doğal değişkenliğine ek olarak insan etkinliklerinin neden olduğu bir değişikliktir (Akçakaya vd., 2015). Dünya Meteoroloji Örgütü, (World Meteorological Organization - WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (The United Nations Environment Programme - UNEP) tarafından ortaklaşa yürütülen Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC)’nin 1996 yılında hazırladığı 2. Değerlendirme Raporu’nda küresel iklim değişikliğinin tanımı, “Karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlenen doğal iklim değişkenlikleri ile, küresel atmosferin doğal yapısını doğrudan ya da dolaylı biçimde bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişikliklerin bütünü” biçiminde yapılmıştır (Houghton vd., 1996). Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere, iklimde gözlenen değişimin bir bölümü doğal olaylardan kaynaklanmaktadır. Nitekim dünya ikliminin jeolojik çağlar içinde milyonlarca

defa ısınıp soğuduğu bilimsel araştırmalar ile sabittir. Bu nedenle, yapılan tanımda iklim değişiminin bir bölümü doğal karşılanmakta ve fakat bu değişiminin temel nedeni olarak özellikle atmosfer içinde miktarı giderek yükselen sera gazları ile sonucu ormansızlaşmaya varan arazi kullanımındaki değişiklikler gösterilmektedir (URL-1, 2010).

KÜRESEL ISINMA

Atmosferimiz, sera gazı olarak da nitelendirilen karbondioksit, metan, su buharı, ozon, azot oksit vb. gazlar sayesinde yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarının bir kısmını tekrar yeryüzüne gönderir. Bir battaniye işlevi gören sera gazları sayesinde yeryüzündeki ortalama sıcaklık, insanlar, hayvanlar ve bitkilerin hayatını sürdürmesine imkân verecek bir ısı düzeyini, 15°C'yi yakalar. Sera gazlarının olmaması durumunda dünyanın, mevcut durumdaki canlıların birçoğunun yaşayamayacağı kadar soğuk olacağı belirtilmektedir (Broadmeadow & Matthews, 2003). Sera gazlarının bu doğal etkisi "sera etkisi" olarak adlandırılır. Sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan faaliyetleriyle atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzündeki ve atmosferin alt bölümlerindeki sıcaklık artışına "küresel ısınma" adı verilir. Bugün için bilim çevrelerinde küresel ısınmada başrolün atmosferdeki karbondioksit oranının artmasına bağlanmaktadır. Karbondioksit (CO₂), dünya atmosferinin ısınmasına neden olan sera gazlarından ve sera gazları arasında da en çok salımı yapılan ve küresel ısınma ile iklim değişikliğine sebep olan gazlardan biridir. Sanayi devrimi ile beraber fosil yakıtlarının kullanımının ciddi şekilde artışıyla, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu hızlı bir şekilde artış gösterdi. Yarattığı yıkıcı etkilerle iklim değişikliğine neden olduğu ve üstelik bunun insan eliyle yapılıyor oluşu bilinmesine rağmen atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu giderek daha da hızlı bir şekilde artmaya devam ediyor. Sanayi devrimi öncesi 280 ppm düzeyinde olan atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu, Bilim insanları tarafından üst güvenlik limiti olarak belirlenen 350 ppm seviyesi Ocak 1988'de aşmıştır. Haziran 2021'de ölçülen son değer ise 416 ppm'dir (Şekil 3). Aslında, atmosferik CO₂ miktarlarının bu kadar yüksek olduğu son zaman, sıcaklığın sanayi öncesi döneme göre 2°-3°C daha yüksek olduğu

3 milyon yıldan fazla bir zaman önceydi ve deniz seviyesi bugünden 15-25 metre daha yüksekti (URL-2, 2021).



Şekil 3. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun yıllara göre değişimi

Bugün, dünyanın en saygın iklim bilimi kuruluşu olan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) altındaki Çalışma Grubu I, "İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli" isimli raporu 9 Ağustos 2021 tarihinde yayınladı. 66 ülkeden 234 bilim insanı tarafından hazırlanan ve IPCC üyesi 195 hükümet tarafından onaylanan Rapor insanlığın tartışmasız, küresel ısınmaya neden olduğu ve gezegenin durumunu kalıcı olarak aşağıya çektiğini belirtiyor. Gelecek on yıllarda 1,5 °C küresel ısınma seviyesini geçme ihtimaline ilişkin yeni tahminler sunan raporda, "İklim değişikliğinde ani, hızlı ve büyük ölçekli azalmalar olmadıkça, sera gazı emisyonları, ısınmayı 1,5 °C, hatta 2 °C'ye kadar sınırlaması ulaşılmaz olacaktır" ifadesi yer almaktadır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının 1850-1900'dan bu yana yaklaşık 1,1 °C ısınmadan sorumlu olduğuna dikkat çekilen raporda, gelecek 20 yılda ortalama küresel sıcaklığın 1,5 °C'ye ulaşması veya hatta bu ısınmayı aşmasının beklendiği belirtilmektedir. Raporda ayrıca (URL-3, 2021);

- Küresel ısınmayla sıcak hava dalgalarının artacağı, sıcak mevsimlerin uzun, soğuk mevsimlerin ise kısa olacağı,
- 2 °C'lik küresel ısınmada aşırı sıcaklıkların tarım ve sağlık için kritik tolerans eşiklerine daha sık ulaşacağı,

- Dünyadaki doğal yaşamın, daha fazla ısınma nedeniyle zarar göreceği,
- Son zamanlarda yaşanan aşırı sıcakların gerçekleşmesi, insan etkisi olmadığı durumda, son derece düşük bir ihtimal olacağı,
- Akdeniz, Güney Avustralya ile Kuzey Amerika'nın batı kıyılarının artan kuraklıklarla karşı karşıya kaldığını gösteren yeterli kanıt hali hazırda elde mevcut olduğu,
- Son on yılda Arktik deniz buzunun seviyesi, 1850'den beri en düşük seviyesine gerilediği vurgulanmaktadır.

Aynı şekilde Amerika Meteoroloji Derneği (AMS) 2020 iklim değişikliği raporunda atmosferdeki CO₂ oranının 412,5 ppm'e yükseldiği ve bu değerın 2019 yılına göre 2,5 ppm daha fazla olduğu belirtilerek, 2020 yılının Türkiye için 2010 ve 2018 yılından sonra en sıcak üçüncü yıl olduğu ifade edilmektedir (URL-4, 2021). 2010 yılında 15,1 °C, 2018 yılında 15,5 °C olan yıllık ortalama sıcaklık 2020 yılı için 14,9 °C olarak gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak küresel ısınma bir gerçektir ve insan faaliyetlerinin bunun üzerindeki etkisi inkâr edilemez. Küresel ısınmanın en önemli nedeni ise atmosferdeki sera gazı emisyonlarının artmasıdır. Başta kömür olmak üzere fosil yakıtların yakılması, atmosferdeki sera gazlarından en önemlisi olan karbondioksit oranının artmasındaki ana sorumludur. IPCC'ye göre 2003 yılındaki insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının %56'sı fosil yakıt kullanımından ortaya çıkan karbondioksite aittir. Ormansızlaşma da bu birikimde %17'lik bir paya sahiptir (Penman vd., 2003).

ORMAN YANGINLARI

Dünya karasal alanının yaklaşık %30'unu oluşturan ormanlara zarar veren en önemli etkenler arasında orman yangınları ilk sıralarda yer almaktadır. Orman yangınları, ormanlar ve ağaçlık alanlar için en önemli tehditlerdir. Yangınlar; böcek, mantar, hastalık gibi orman zararlıları ve diğer tüm doğal afetlerden çok daha büyük alanları etkileyebilirler. Orman yangını, doğal ya da insani sebeplerden ortaya çıkan yangınların ormanları kısmen veya tamamen yakmasıdır (URL-5, 2021). Yıldırım düşmesi, yanardağ patlaması ve yüksek sıcaklık gibi doğal sebeplerle çıkan yangınların yanı sıra sigara, ateş yakma ve tarımsal faaliyetler vb. gibi

nedenlerle çıkan insan kaynaklı orman yangınları vardır. Özellikle son yıllarda orman yangınlarıyla ilgili yapılan birçok araştırma, iklim değişikliğinin ve artan sıcaklıkların etkisini ortaya koymaktadır. Mhawej vd. (2016) büyük orman yangınlarının %43,46'sının iklim değişikliği nedeniyle çıktığını belirtmektedirler. Yapılan araştırmalar, iklim değişikliğiyle birlikte artan sıcaklığın yükselmesi, kuraklığın artması gibi meteorolojik ve iklimsel koşulların yangınların sayısında ciddi artışlara neden olduğunu göstermiştir (Peace, McCaw & Mills, 2012).

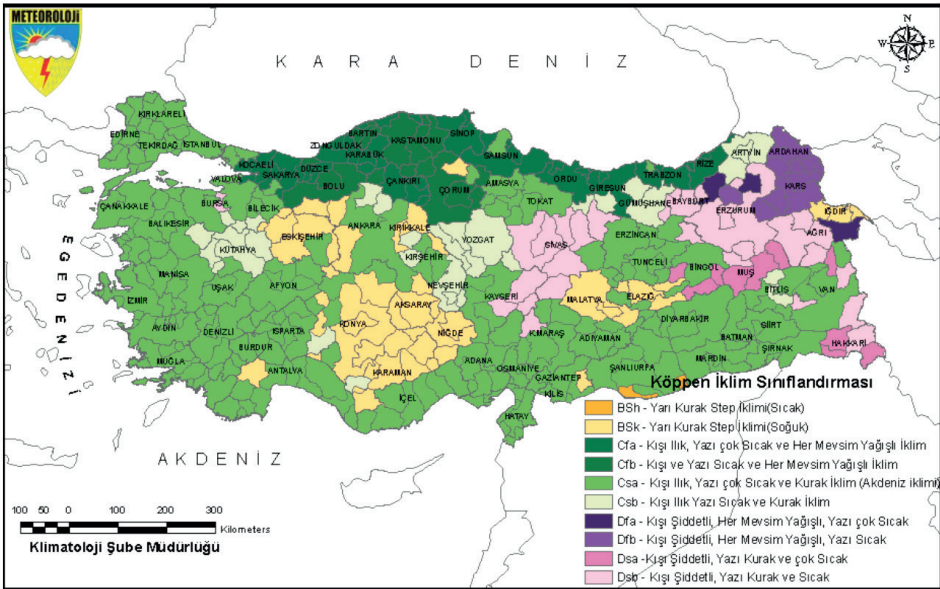
Dünyadaki orman yangınlarından söz edildiğinde en başta Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Avustralya ve Akdeniz ülkeleri akla gelmektedir. Kanada'da her yıl ortalama 8.500 civarında orman yangını çıkmakta ve gelişmiş ekipmanlar, modern teknoloji, iyi haberleşme ve iyi eğitilmiş işçiler sayesinde bunların %97'si henüz küçük yangın halindeyken söndürülmektedir. ABD'nin özellikle batı sahillerinde giderek artan sayıda orman yangınları görülmektedir. Son yıllarda yangın sayısındaki artışın yanında yanan alan miktarı da buna paralel olarak artmaktadır. Avustralya'da da yangınlar, ormanlar için en büyük tehdit unsurudur. Özellikle "Bush Fires" olarak adlandırılan çalı yangınları, kısa sürede ve çok hızlı bir şekilde müdahale edilmediği takdirde, büyük felaketlere dönüşebilmektedir. 1983 yazı süresince Melbourne ve çevresinde hava sıcaklığının çok yüksek, nemin ise fazlasıyla düşük olması gibi ekstrem koşullar, pek çok büyük yangının çıkmasına sebebiyet vermiştir (Ertuğrul, 2005).

Ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası orman yangınları açısından oldukça hassas bir bölgedir. Her yıl yaklaşık olarak 50.000'den fazla yangının 600.000-900.000 ha alanı etkilediği Akdeniz Havzası Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Sıcak Ilıman İklimler E sınıfında yer almaktadır. Dünya iklimlerinde ilk sınıflandırmalardan biri 1900 yılında Alman bilim adamı Wladimir Köppen (1846-1940) tarafından sunulmuştur. Küresel olarak hazırlanan Köppen İklim Sınıflandırması dünya haritası Rudolf Geiger (1894-1981) tarafından 1954 ve 1961 yıllarında yayınlanmıştır. Köppen'e göre beş iklim grubu vardır. Bu iklim gruplarını üç harf ile ifade etmiştir. Köppen'e göre bu iklim gruplarının ilk harfi; Ekvator bölgesi (A), kurak bölge (B), sıcak ılıman bölge (C), kar bölgesi (D) ve kutup bölgesidir (E). Sınıflandırmada ikinci harf bölgenin yağış durumunu, üçüncü harf ise bölgenin sıcaklığını ifade etmektedir (Bölük,

2016). Bu sınıflandırmaya göre Akdeniz Havzası yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı olan genel olarak Akdeniz İklimi olarak tanımlanan ve Cs ile gösterilen iklim tipine sahiptir. Akdeniz iklimi, Csa (Yazları çok sıcak ve kurak) ve Csb (yazları sıcak ve kurak) olmak üzere iki alt gruba ayrılır. Bu iklimlerin görüldüğü yerler; Fransa, İtalya, Yunanistan, Türkiye, Portekiz, İspanya, Kuzey Afrika (Fas, Tunus, Cezayir), Lübnan ve İsrail'dir (Calda vd., 2020).

Ülkemizde 2020 yılı içerisinde meydana gelen toplam 3.399 adet orman yangınının yaklaşık %72'nin görüldüğü Orman Bölge Müdürlükleri Köppen iklim sınıflandırmasına göre kışları ılık yazları çok sıcak ve kurak olarak tanımlanan Csa (Akdeniz İklimi) iklim tipi içerisinde yer almaktadır (Şekil 4).

Mevcut iklim değişikliği eğilimleri, daha uzun yaz kuraklıklarına ve diğer mevsimlerde de kuraklıkların yoğunlaşmasına yöneliktir (Tatlı & Türkeş, 2014). Ayrıca küresel ısınma ile birlikte tüm dünyada orman yangınlarının sıklığının ve şiddetinin artacağı öngörülmektedir (Solomon, Qin & Manning, 2007). Bu nedenle, yüksek sıcaklıklar ve kuraklık nedeniyle gelecekte orman yangınlarının sayısında da artış görülecektir.



Şekil 4. Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi (Calda vd., 2020)

TÜRKİYE'DE ORMAN YANGINLARI

Türkiye’de orman yangınları ile ilgili istatistiklerin tutulmaya başlandığı 1937 yılından 2003 yılına kadar toplam 74.493 adet yangın kaydedilmiş olup, her yıla ortalama 1.111 adet yangın düşmektedir. Bu dönemde toplam 1.556.150 hektar orman alanı yanmıştır (Ertuğrul, 2005). Son 30 yıllık (1991-2000) dönemde ise toplam 64.812 adet orman yangını çıkmış ve bu yangınlarda toplam 300.751 hektar orman alanı yanmıştır. Bu dönemde en fazla sayıda yangının 2010-2020 yılları arasında çıktığı görülmektedir. Toplam yanan alan bakımından 1991-2000 yıllarını kapsayan 10 yıllık dönemde 20.496 adet orman yangınında 134.370 hektar ormanlık alanın zarar gördüğü tespit edilmiştir (Tablo 1). 30 yıllık bu dönemde yıllar itibarıyla bakıldığında en fazla orman yangını 3.399 adet olarak 2020 yılında, en az yangının ise 1.339 adet ile 1997 yılında olmuştur. Yanan alan bakımından değerlendirme yapıldığında ise, en fazla 1994 yılında (30.828 ha), en az ise 2005 yılında (2.821 ha) orman alanının yandığı görülmektedir. Bu dönemde yıllık ortalama yangın sayısı 2.235 adet ve ortalama yanan alan miktarı ise 10.371 hektardır (Tablo 1). 2000 yılından sonra çıkan orman yangınlarının büyük bir kısmı, %48’i ihmâl/kaza, %10’u kasıtlı olmak üzere insan kaynaklı faktörler sonucu, %11’i ise doğal nedenlerle çıkmıştır. Yangının çıkma nedeninin bulunamadığı yangınlar genel orman yangınlarının %30’luk bir kısmını oluşturmuştur (OGM, 2020).

Tablo 1. Türkiye’de orman yangınlarının son 30 yıllık durumu (OGM, 2020)

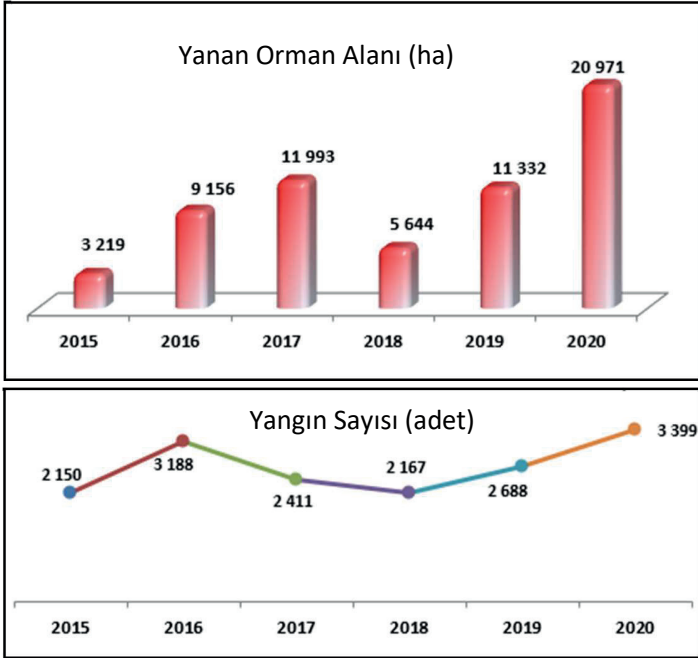
Dönem	Yangın Sayısı		Yanan Alan	
	Toplam Adet	Adet/Yıl	Toplam (ha)	Ortalama (ha/yıl)
1991 – 2000	20.496	2.050	134.370	13.437
2001 – 2010	20.416	2.042	87.420	8.742
2011 – 2020	23.900	2.390	78.961	7.896

Ülkemizde son 50 yılın (1970-2020) yıllık olarak ortalama sıcaklığı 13,2°C olarak verilmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2020a). Bu dönemin en sıcak yılı (yıllık ortalama sıcaklık: 15,6°C) olan 2010 yılında 1.861 adet orman yangınında toplam 3.317 hektar alan yanmıştır. Yine son 50 yılda yaşanan en sıcak 10 yılının 9 adedinin yaşandığı 2011-2020 döneminde çıkan orman yangınları ve yanan alan miktarları Tablo 2’de verilmiştir (OGM, 2020).

Tablo 2. Türkiye’de son 10 yılda çıkan orman yangınları ve yıllık ortalama sıcaklıklar

Yıllar	Orman Yangını Sayısı	Yanan Orman Alanı (ha)	Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)
2011	1.954	3.612	13,2
2012	2.450	10.454	14,2
2013	3.755	11.456	14,2
2014	2.149	3.117	14,9
2015	2.150	3.219	14,3
2016	3.188	9.156	14,4
2017	2.411	11.993	14,2
2018	2.167	5.644	15,5
2019	2.688	11.332	14,8
2020	3.399	20.971	14,9
Toplam	26.911	90.954	

2015-2020 yılları arasını kapsayan dönemde ise yıllık sıcaklık ortalaması 14,8°C olurken, çıkan 16.003 adet orman yangınında 62.315 hektar orman alanı yanmıştır. Bu bağlamda aynı dönemde ortalama yıllık yangın sayısı 2.718 adet ve ortalama yıllık yanan orman alanı miktarı ise 10.064 hektardır (Şekil 5) (OGM, 2020).

**Şekil 5.** 2015-2020 yıllarında ülkemizde meydana gelen orman yangınları ve yanan alan miktarı (OGM, 2020)

2021 yılı ilk 8 ayında hem çıkan orman yangını sayısında hem de yanan alan miktarında artış olduğu gözlemlenmektedir. Avrupa Orman Yangını Bilgi Sistemi (EFFIS) verileri de, orman yangınlarının yok ettiği alan miktarı bakımından 2021'in olağanüstü boyutta yıkıcı yıl olduğunu göstermektedir. Türkiye'de 2021'in Ocak ile Ağustos ayları arasında kül olan ormanlık alan 177 bin 476 hektara ulaşmıştır (URL-6, 2021). Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre sadece 28 Temmuz-12 Ağustos 2021 tarihleri arasındaki 16 günlük sürede 299 adet orman yangını çıkmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. 28 Temmuz-12 Ağustos 2021 tarihleri arasında çıkan orman yangınları (OGM, 2021)

Ülkemiz ormancılığında 1 Mayıs ile 31 Ekim tarihleri arası yangın sezonu olarak tanımlanmaktadır. Yıl içerisinde çıkan orman yangınlarının ortalama olarak %88'i bu dönem içerisinde meydana gelmektedir. 2011-2019 yılları arasında en fazla sayıda yangının çıktığı 2013 yılında ise yıl içerisinde çıkan toplam 3.755 adet orman yangınının 3.511 adedi yani %93,5'i yangın sezonunda çıkmıştır (Tablo 3) (URL-7, 2021).

Tablo 3. 2011-2019 dönemi orman yangınlarının yangın sezonuna dağılımı

Yangın Dönemi Aylar	Yıllar								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Mayıs	36	69	181	80	75	105	123	117	98
Haziran	120	250	449	192	204	297	150	227	273
Temmuz	332	444	782	395	420	653	442	391	403
Ağustos	482	667	836	468	500	604	429	482	523
Eylül	518	455	697	430	410	474	572	453	461
Ekim	188	267	374	200	180	264	182	181	296
Kasım	92	41	192	115	95	336	82	80	253
Dönem Toplamı	1768	2193	3511	1880	1884	2733	1980	1931	2307
Yıl Toplamı	1954	2450	3755	2149	2150	3188	2411	2167	2688
%	90,5	89,5	93,5	87,5	87,6	85,7	82,1	89,1	85,8

Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre 2004-2020 yılları arası dönem dikkate alındığında en fazla sayıda orman yangını Muğla Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde meydana gelmiştir. Yine aynı dönemde çıkan orman yangınlarında en fazla miktarda alan Antalya Orman Bölge Müdürlüğü ormanlık alanlarında çıkan yangınlarda zarar görmüştür. Ülkemizde 2004-2020 döneminde en fazla sayıda yangının meydana geldiği üç Orman Bölge Müdürlüğüne ilişkin veriler Tablo 4'te verilmiştir (OGM, 2020).

Tablo 4. 2004-2020 döneminde en fazla yangın görülen Orman Bölge Müdürlükleri

Orman Bölge Müdürlükleri	Toplam		Yıllık Ortalama	
	Yangın Sayısı	Yanan Alan (Ha)	Yangın Sayısı	Yanan Alan (Ha)
Antalya	3.807	30.144	224	1.773
İzmir	4.067	21.813	239	1.283
Muğla	5.340	12.452	314	732

Sadece 2020 yılında Antalya Orman Bölge Müdürlüğü'nde 260, İzmir Orman Bölge Müdürlüğü'nde 285 ve Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'nde ise 329 adet orman yangını meydana gelmiştir.

ORMAN YANGINLARININ METEOROLOJİK VERİLER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Büyük orman yangınlarının çıkış nedenleri ele alındığında, yangınların bir kısmı iklimsel koşullardan dolayı başlarken diğer kısmının insan kaynaklı olarak başladığı gözlenmiştir. Orman yangınlarının iklim ile ilişkisinin belirlenmesinde geliştirilmiş yangın indeksleri kullanılmaktadır. Haines indeksi (HI), Kanada Orman Yangınları İndeksi (FWI), Entegre Yangın İndeksi (IFI) ve Forsberg Yangın Hava İndeksi (FFWI) bunlardan bazılarıdır. Bu yangın indekslerinin hesaplanmasında, yıllık ortalama sıcaklık (°C), bağıl nem (%), rüzgâr hızı (km/h) ve yağış miktarı (mm) gibi meteorolojik veriler kullanılmaktadır. Hesaplamalarda sadece bağıl nem ve hava sıcaklığı verilerinden yararlanılması açısından uzun dönem meteorolojik parametreler ile orman yangınları arasındaki ilişkinin belirlenmesinde ve risk analizlerinin yapılmasında ise Angstörn İndeksi tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır (Calda vd., 2020).

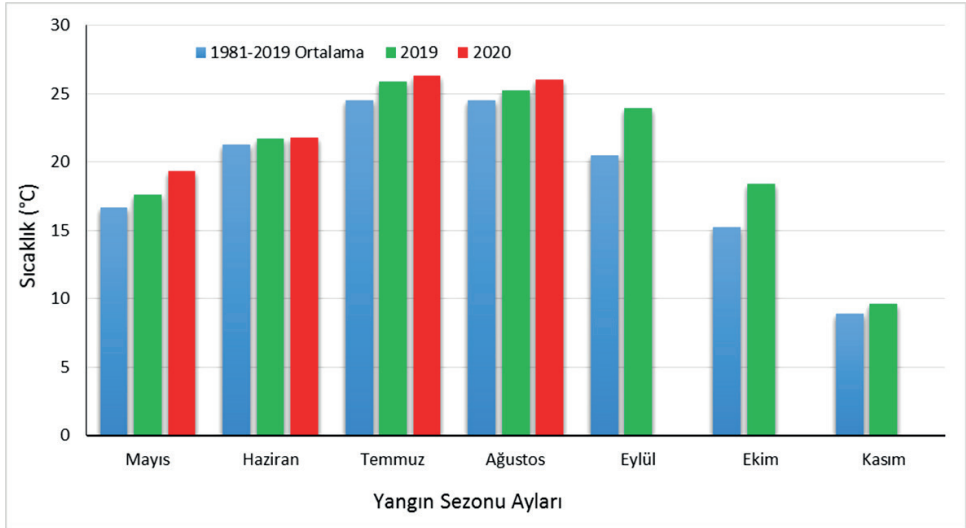
Hava Sıcaklığı

Ülkemizde son 50 yıl baz alındığında yıllık ortalama sıcaklık $13,2^{\circ}\text{C}$ 'dir. Yangın sezonu olarak tanımlanan Mayıs-Ekim ayları arası dönem için yıllık ortalama sıcaklıklar Tablo 6'da verilmiştir (MGM, 2020a).

Tablo 6. Yangın sezonu yıllık ortalama sıcaklıklar

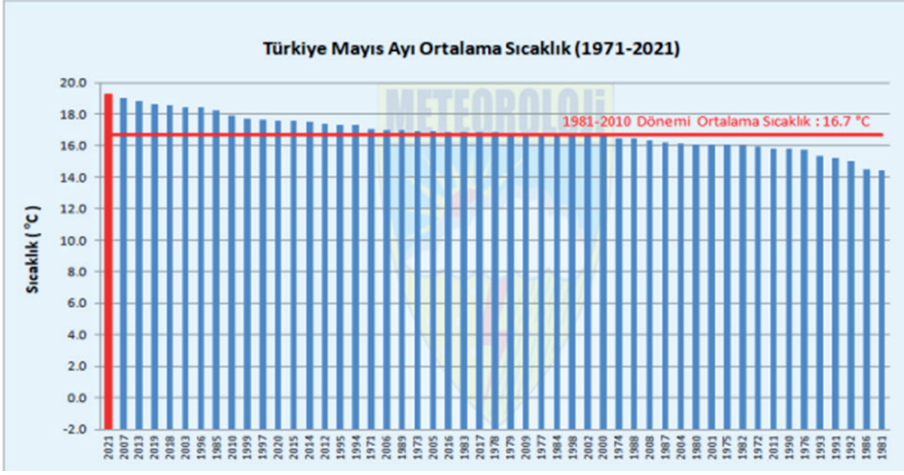
Aylar	1981-2010 Ortalaması	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Mayıs	16,7	15,6	17,1	18,6	17,3	17,3	16,4	16,4	18,2	18,2	17,6	19,3
Haziran	21,3	20,9	23,2	22,0	21,4	20,9	22,3	21,6	21,9	23,1	21,7	21,8
Temmuz	24,5	25,5	26,0	24,5	25,5	25,1	25,0	25,7	25,4	24,0	25,9	26,3
Ağustos	24,5	24,4	25,0	24,8	26,0	25,5	25,7	25,4	25,3	25,0	25,2	26,0
Eylül	20,5	20,8	21,6	19,8	20,4	23,0	20,0	22,5	21,6	20,8	23,9	-
Ekim	15,2	12,9	16,6	13,9	14,7	15,7	15,3	14,3	16,0	17,1	18,4	-
Kasım	8,9	5,0	10,8	10,1	8,5	10,0	8,5	8,9	10,0	11,0	9,6	-

Tablo 6 incelendiğinde, 2021 yılı yangın sezonu aylık ortalama sıcaklık değerlerinin uzun yıllar Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 6).



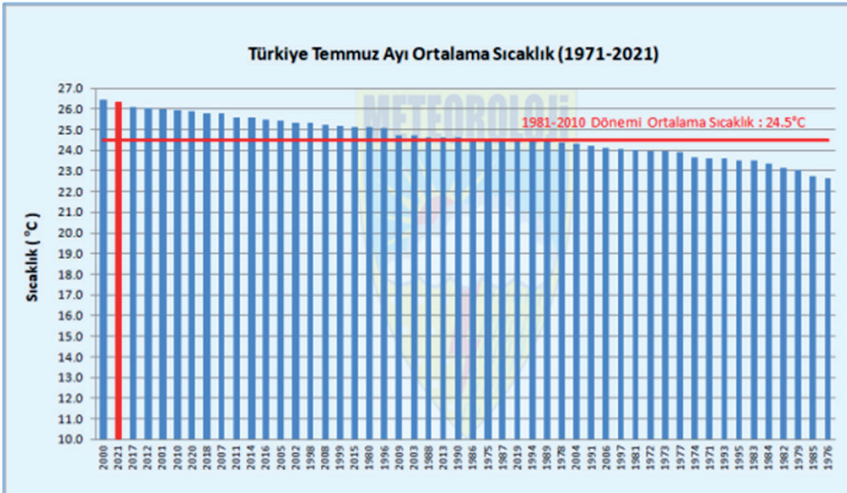
Şekil 6. Uzun yıllar Türkiye ortalamasına göre 2020 ve 2021 yılları Mayıs-Kasım dönemi aylık sıcaklık ortalamaları

1971-2021 yılları arası Mayıs ayı ortalama sıcaklıkları dikkate alındığında 2021 yılının son elli yılın en sıcak Mayıs ayı olduğu görülmektedir (Şekil 7) (MGM, 2021a).



Şekil 7. Yıllara göre Mayıs ayı ortalama sıcaklık sıralaması

Aynı şekilde Temmuz ayı sıcaklık ortalamaları dikkate alındığında da 2021 yılı Temmuz ayının 26,3 °C ile son elli yılın en sıcak ikinci Temmuz ayı olduğu görülmektedir (Şekil 8) (MGM, 2021b).



Şekil 8. Yıllara göre Temmuz ayı ortalama sıcaklık sıralaması

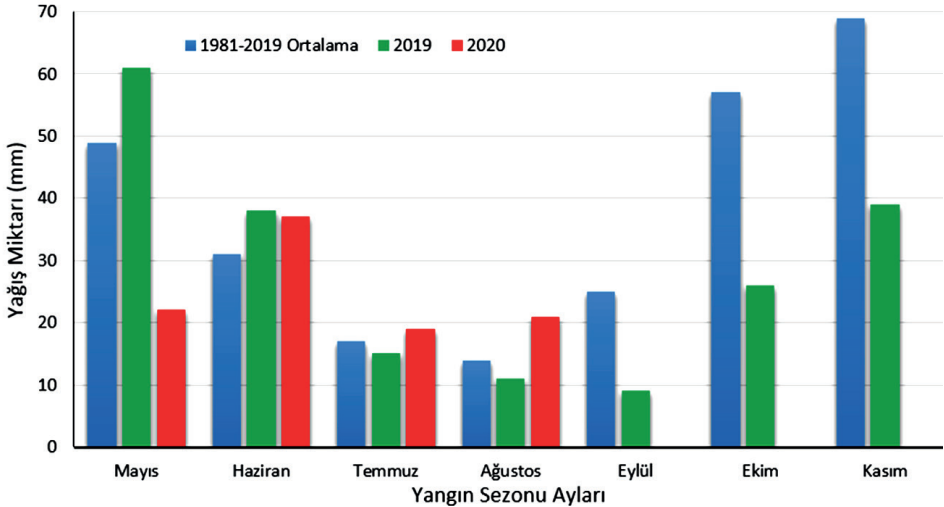
Ülkemizde yangın sezonu içerisinde en fazla sayıda orman yangının meydana geldiği Antalya, İzmir ve Muğla Orman Bölge Müdürlüklerinin sınırları içerisinde kalan illerimizin yıllık ortalama sıcaklıkları (1970-2020 dönemi için) Tablo 7'de verilmiştir (MGM, 2021c).

Tablo 7. Antalya, İzmir ve Muğla Orman Bölge Müdürlükleri yangın sezonu ortalama sıcaklıkları (°C)

Aylar	Antalya OBM	İzmir Orman Bölge Müdürlüğü		Muğla Orman Bölge Müdürlüğü	
	Antalya	İzmir	Manisa	Muğla	Aydın
Mayıs	20,6	20,7	20,3	17,7	20,8
Haziran	25,3	25,3	25,2	22,8	25,6
Temmuz	28,5	27,9	27,9	26,4	28,2
Ağustos	28,4	27,6	27,6	26,2	27,6
Eylül	25,2	23,7	23,3	21,9	23,7
Ekim	20,5	18,9	17,8	16,2	18,6
Kasım	15,5	14,2	12,1	10,8	13,5

Yağış Miktarı

1970-2020 yılları arası dönemde ülkemizde yıllık toplam yağış miktarı ortalaması 621,4 mm'dir. Aynı dönemde en yağışlı yıl 793,8 mm ile 2009 yılı, en kurak yıl ise 493,1 mm ile 2008 yılıdır. 2020 yılı yağış miktarı ise 507,6 mm olarak son elli yılın en kurak dördüncü yılıdır. 2020 yılı aylık yağışları Şubat, Mart, Mayıs ve Haziran aylarında normallerinin üzerinde, diğer aylarda ise normallerinin altında gerçekleşmiştir. Mayıs-Kasım ayları arasını kapsayan yangın sezonu için 1981-2009 yılları arası aylık ortalama yağış miktarı 35,4 mm, 2020 yılı için ise aynı değer 28,4 mm'dir (Şekil 9) (MGM, 2020b).

**Şekil 9.** Yangın sezonu yıllara göre aylık yağış miktarları

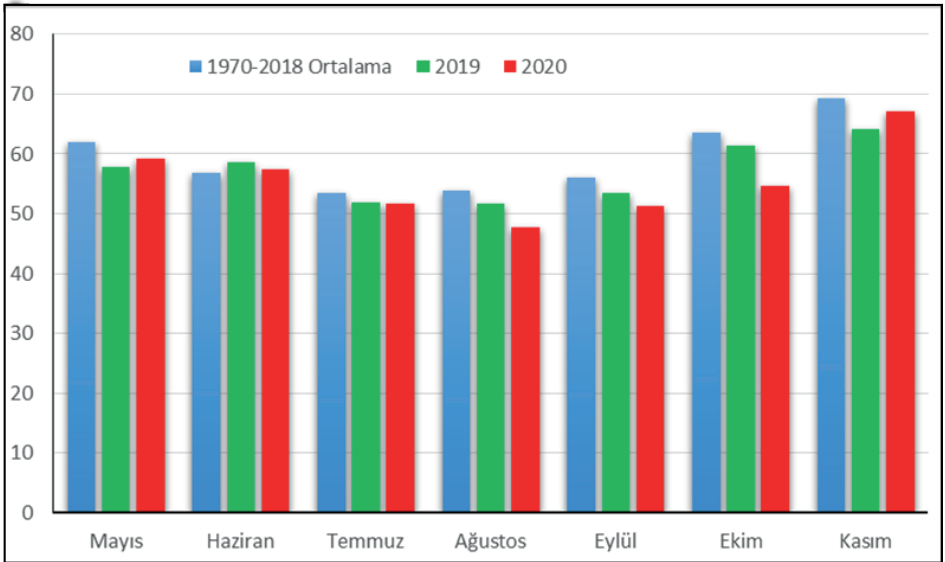
En fazla orman yangını meydana gelen 3 Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan 5 ilimize ait yangın sezonu aylık yağış miktarları uzun yıllar ortalaması olarak Tablo 8'de verilmiştir (MGM, 2021c).

Tablo 8. Antalya, İzmir ve Muğla Orman Bölge Müdürlükleri yangın sezonu yağış miktarları (mm)

Aylar	Antalya OBM		İzmir Orman Bölge Müdürlüğü		Muğla Orman Bölge Müdürlüğü	
	Antalya	İzmir	Manisa	Muğla	Aydın	
Mayıs	32,1	31,8	39,7	50,9	36,3	
Haziran	10,8	12,0	19,6	24,5	16,2	
Temmuz	4,5	4,1	9,9	11,7	7,6	
Ağustos	4,6	5,6	9,3	14,7	5,8	
Eylül	16,8	15,5	19,8	23,3	17,4	
Ekim	68,7	44,8	51,8	73,4	44,1	
Kasım	131,6	92,6	89,2	136,5	81,5	

Bağıl Nem

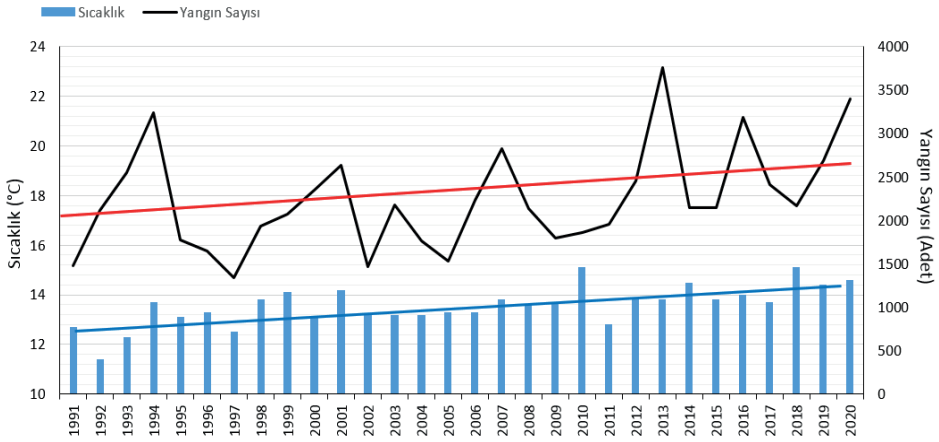
Bağıl nem, havanın belirli bir sıcaklıkta taşıyabileceği nem miktarıdır ve yüzde olarak ifade edilir. Bağıl nemin %100 olması, havanın artık suyla doymun olduğu ve yağış olma ihtimalinin olduğu anlamına gelmektedir. 1970-2020 yılları arasındaki son elli yılda Türkiye’de ortalama bağıl nem oranı %63,7’dir. Bu dönemde bağıl nemin en düşük olduğu yıl %59,6 ile 2013, en yüksek olduğu yıl ise %66,7 bağıl nem oranı ile 1991 yılıdır. 2013 yılında 3.755 adet, 1991 yılında ise toplam 1.481 adet orman yangını meydana gelmiştir. Yangın sezonunda yıllara göre bağıl nemin değişimi Şekil 10’deki gibidir (MGM, 2020c).

**Şekil 10.** Yangın sezonu yıllara göre aylık ortalama bağıl nem oranı (%)

ORMAN YANGINLARINDA METEOROLOJİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

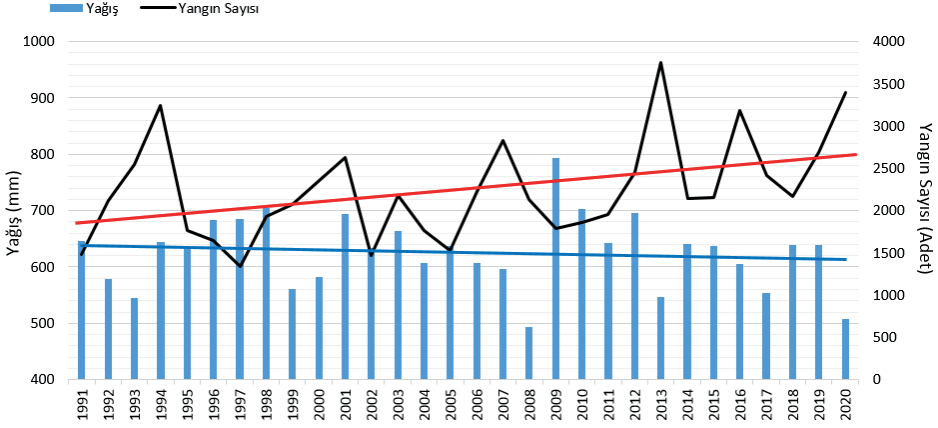
Meteorolojik verilerin orman yangınları açısından değerlendirilmesinde 1991-2020 yılları arası 30 yıllık dönem esas alınmıştır. Öncelikle, bu dönem için yıllık orman yangını sayısı ile yıllık ortalama sıcaklık, yağış miktarı ve bağıl nem arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Ülkemizde özellikle son 10 yıllık dönem içerisinde meteorolojik parametrelerde olumsuz yönde eğilim gözlenmektedir. Yıllık sıcaklık ortalamalarının son 50 yılda görülen en sıcak 10 yılın 9 yılı 2011-2020 dönemini içerisindedir. Yıllık ortalama sıcaklıklardaki bu artışa paralel olarak orman yangını sayısında da artış gözlemlenmektedir (Şekil 11).



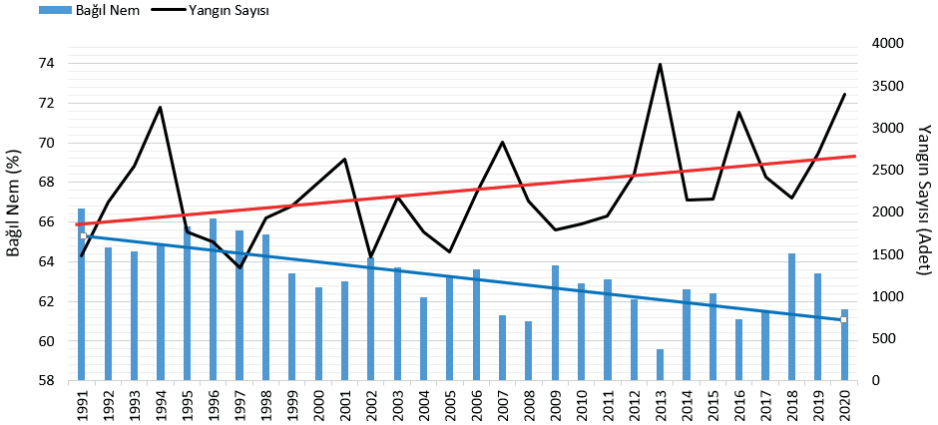
Şekil 11. 1991-2020 yılları arası yıllık ortalama sıcaklık-orman yangını sayısı ilişkisi

1991-2020 yılları arası dönemde yağış miktarı olarak azalım eğilimi gözlemlenmektedir. Bu dönem içerisinde 2020 yılı 2008 yılından sonra yağış miktarının en az olduğu yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Bu dönem içerisinde 2020 yılı orman yangını sayısı bakımından da 2013 yılından sonra en fazla yangın çıkan ikinci yıl olmuştur (Şekil 12).



Şekil 12. 1991-2020 yılları arası yıllık yağış miktarı-orman yangını sayısı ilişkisi

Son 30 yıllık dönemde bağıl nem miktarı da diğer meteorolojik parametrelerde olduğu gibi kötüye gidiş açık olarak görülmektedir. Bağıl nem miktarındaki azalmaya paralel olarak orman yangını sayısında artış görülmektedir. Son 30 yıl içerisindeki en sıcak yıl olan 2018 (15,5 °C) bağıl nem miktarının yüksek olmasına paralel olarak yangın sayısında ise azalma vardır (Şekil 13).



Şekil 13. 1991-2020 yılları arası bağıl nem oranı-orman yangını sayısı ilişkisi

2021 yılında Türkiye’de oldukça fazla sayıda orman yangını çıkmış ve bu yangınlarda çok büyük alanlar zarar görmüştür. Yangınların kontrol altına alınması ve söndürülmesi günler almıştır. Bu yangınlardan

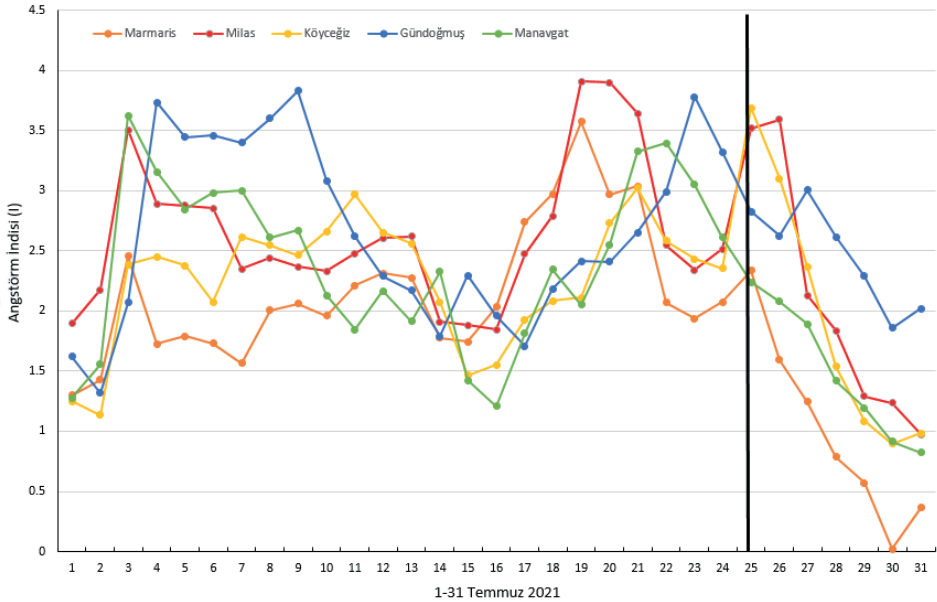
en önemlileri, Muğla'nın Milas, Marmaris ve Köyceğiz ilçeleri ile Antalya'nın Manavgat ve Gündoğmuş ilçelerinde meydana gelen yangınlardır. Meteorolojik verilerin orman yangınları ile ilişkisinin belirlenmesinde bu yörelerden elde edilen meteorolojik veriler yardımıyla hesaplanan Angstörn İndeksi kullanılmıştır. Angstörn indeksi:

$$I = \left(\frac{R}{20}\right) + \left(\frac{27-T}{10}\right) \text{ eşitliği ile hesaplanmaktadır.}$$

Eşitlikte I Angstörn indeksi (I), R bağımlı nemi (%), T ise hava sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) göstermektedir. Eşitlikten elde edilen sonuçlara göre;

- $I > 4$: Yangın çıkma olasılığı çok düşük (yok denecek kadar az).
- $4,0 > I > 2,5$: Yangın çıkma olasılığı düşük (yangın koşulları elverişsiz)
- $2,5 > I > 2,0$: Yangın çıkma olasılığı var (yangın koşulları elverişli)
- $I < 2,0$: Yangın çıkma olasılığı yüksek (çok muhtemel orman yangını)

şeklinde yorumlanır. Marmaris, Milas, Köyceğiz, Manavgat ve Gündoğmuş yangın bölgeleri için Temmuz ayı sıcaklık ve bağımlı nem verileri kullanarak Angstörn yangın indeksleri hesaplanmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Marmaris, Milas, Köyceğiz, Manavgat ve Gündoğmuş yangın bölgeleri Temmuz 2021 Angstörn indeksleri

2021 yılı Temmuz-Ağustos aylarında çok büyük orman yangınlarının meydana geldiği, Marmaris, Milas, Köyceğiz, Manavgat ve Gündoğmuş ilçelerinin Temmuz ayı meteorolojik verileri kullanılarak hesaplanan yangın indekslerine göre bu yörelerinin her biri için özellikle 25 Temmuz 2021 tarihinden sonra yangın riskinin oldukça arttığı görülmektedir. Angstörn indeks değeri 2'den küçük olduğu durumlarda "Yangın çıkma olasılığı yüksek (çok muhtemel orman yangını)" olarak değerlendirilmektedir.

İklim değişikliği ülkemizin de yer aldığı Akdeniz Havzası oldukça önemlidir. İklim değişikliği ile birlikte kışları ılık yazları çok sıcak ve kurak olarak Akdeniz ikliminde yıllık ortalama sıcaklıklar giderek artmakta yazlar daha sıcak ve kurak geçmeye başlamıştır. Buna bağlı olarak Akdeniz Havzasındaki orman yangınlarının sayısında da artış görülmektedir. Akdeniz Havzasında orman yangınlarının artışı ile ilgili yapılan tüm çalışmalar, bu artışa iklim değişikliği ile artan sıcak ve kurak havanın neden olduğunu doğrulamakta ve gelecekte olası yangın sayısının artabileceği ifade edilmektedir (Calda vd., 2020). Haines (1988) tarafından geliştirilen orman yangını hava durumu indeksi kullanılarak yapılan bir başka çalışma, Akdeniz Havzası ve Türkiye üzerinden uygulanmıştır. Çalışma sonucunda yüksek sıcaklık ve istikrarsızlık nedeniyle Akdeniz havzası üzerinde maksimum değerlere ulaşıldığı belirtilmektedir (Tatlı & Türkes, 2014).

İklim değişikliği tek başına bir yangın sebebi değildir. Bir orman yangının başlaması için gerekli olan faktörler; yüksek sıcaklık, düşük bağıl nem, şiddetli rüzgarlar ve kısa süreli şiddetli yağış ile oluşan ani fırtınalar gibi giderek sıklaşmaya başlayan sert hava koşullarıdır (Calda vd., 2020). Daha önce de belirtildiği gibi yangının başlaması için iklim koşulları yeterli değildir. Ancak iklim değişikliği nedeni ile meteorolojik koşullarda meydana gelen değişiklikler ve meteorolojik koşullardaki bu değişikliklerin yangın üçgeni olarak adlandırılan havadaki oksijen, sıcaklık ve yanıcı madde üzerindeki etkileri hem yangının başlangıcı hem de hem de davranışı üzerinde etkili olmaktadır.

Tüm dünyada orman yangınlarının çıkış sebepleri kasıt, ihmal/dikkatsizlik, doğal ve sebebi belirlenemeyenler olarak gruplandırılabilir. Doğal yangın nedenleri yıldırım, yanardağ faaliyetleri vb. olaylardır. Bunların da toplam çıkan orman yangınları içerisindeki payı %10-12 arasındadır. Doğal olarak meydana gelmeyen orman yangınları ise, kuru

havalarda ve kuraklıkta ortaya çıkmaktadır. Bu koşullarda, yeşil bitki örtüsü ve onların döküntüleri (ölü örtü) kuru ve yanıcı yakıt dönüşümüne ve kuvvetli rüzgârlar ateşin hızla yayılmasına neden olmaktadır. Bu koşullar altında, düşen bir elektrik hattı, sigara veya ormanda yakılan bir ateş, yangının şiddetini artırmaktadır. İklim değişikliğinin sıcaklıkları ve kuraklığı artıracacağı, yağışları dengesizleştireceği, rüzgârın yön ve şiddetinde önemli farklılıklara yol açacağı, buna bağlı olarak da gelecekte orman yangınları açısından olumsuz etkilerin gözlemleneceği öngörülmektedir. Yağışların azalması ve hava sıcaklıklarındaki artışlar bitki örtülerini kurutmakta, kuvvetli rüzgârların da artmasıyla birlikte orman yangınları kontrol edilemez bir hâle gelmektedir (URL-8, 2021).

SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliğinin Akdeniz Havzasında meydana gelen orman yangınları üzerindeki etkisi göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Yapılan iklim senaryolarına göre ve IPCC'nin 2021 yılı Ağustos ayında açıkladığı "İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli" isimli raporda da belirtildiği gibi yıllık sıcaklık ortalamalarında bugüne kadar öngörülen 1,5°C'lik artışın artış gerçekleşebilir olduğu hatta bunun 2°C'yi de geçebileceği vurgulanmaktadır (URL-3, 2021). Dolayısıyla iklim değişikliği ile beraber oluşacak sıcaklık artışının getireceği kuraklık ve aşırı hava koşulları özellikle Akdeniz Havzasında yangın sayısının ve bununla birlikte çıkan yangınlarda zarar gören orman alanının artmasına neden olacaktır. Bu nedenle yangına hassas bölgelerde yangın risklerinin yöreye uygun yangın indeksleri kullanılarak önceden belirlenmesi hem meydana gelebilecek yangınların önlenmesine hem de alınacak gerekli tedbirlerle birlikte yangınlarda oluşacak zarar miktarının azaltılmasında etkili olacaktır.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Akçakaya, A., Sümer, U., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., ... & Çukurçayır, F. (2015). *Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği*, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Bölük, E., (2016). *Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi*, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.

- Broadmeadow, M.J., & Matthews, R.W. (2003). *Forests, Carbon and Climate Change: The UK Contribution*. Forestry Commission Information Note 48. Edinburgh: Forestry Commission ([http://www.forestresearch.gov.uk/pdf/fcin048.pdf/\\$FILE/fcin048.pdf](http://www.forestresearch.gov.uk/pdf/fcin048.pdf/$FILE/fcin048.pdf)).
- Calda, B., An, N., Turp, M.T., & Kurnaz, M.L. (2020). Effects of climate change on the wildfires in the Mediterranean basin. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 1, 15-32. doi:10.7240/jeps.571001
- Ertuğrul, M. (2005). Orman yangınlarının dünyadaki ve Türkiye'deki durumu, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 5(7), 43-50.
- FAO, (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 Main Report, Rome, Italy.
- Görücü, Ö., & Eker, Ö. (2009). Kahramanmaraş Ayvalı Baraj Havzasında Karbon Emisyonu ve Ekonomisi Üzerine Araştırmalar, II. *Ormanlıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, SDÜ, Isparta*.
- Haines, D.A. (1988). A lower atmosphere severity index for wild-land fires. *National Weather Digest*, 13(2), 23-27.
- Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. & Maskell, K. (1996). *Climate Change 1995, The Science of Climate Change*. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- MGM (2020a). *Türkiye Ortalama Sıcaklık*, TC Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Ortalama-Sicaklik-2020.pdf> (20.09.2021).
- MGM (2020b). *Türkiye Yağış Verileri*, TC Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yagis-2020.pdf> (20.09.2021).
- MGM (2020c). *Türkiye Ortalama Nem Verileri*, TC Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Ortalama-Nem-2020.pdf> (20.09.2021).
- MGM (2021a). *2021 Yılı Mayıs Ayı Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi*, İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Haziran 2021, Ankara. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2021/Mayis_SicaklikYagis_Bulten.pdf (20.09.2021).
- MGM (2021b). *2021 Yılı Temmuz Ayı Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi*, İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ağustos 2021, Ankara. https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2021/temmuz_SicaklikYagis_Bulten.pdf adresinden alınmıştır (20.09.2021).
- MGM, (2021c). İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A> (Erişim Tarihi:20.09.2021).
- Mhawej, M., Faour, G., Abdallah, C., & Adjizian-Gerard, J. (2016). Towards an establishment of a wildfire risk system in a Mediterranean country. *Ecological informatics*, 32, 167-184. doi:10.1016/j.ecoinf.2016.02.003
- OGM (2020). *2020 Yılı Ormanlık İstatistikleri*, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>

- OGM (2021). Orman Genel Müdürlüğü Resmi Facebook Hesabı, 12 Ağustos 2021 paylaşımı, <https://www.facebook.com/OGMgovtr> (Erişim Tarihi: 15.05.2021).
- Peace, M., McCaw, L., & Mills, G. (2012). Meteorological dynamics in a fire environment: A case study of the Layman prescribed burn in Western Australia. *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, 62(3),127-141.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., ... & Ngara, T. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Solomon, S., Qin, D., & Manning, M. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- Tatlı, H., & Türkeş, M. (2014). Climatological evaluation of Haines forest fire weather index over the Mediterranean Basin, *Meteorological Applications*, 21(3), 545-552. doi:10.1002/met.1367
- URL-1: www.ogm.gov.tr/iklim/karbon_birikim.doc (16 Aralık 2010).
- URL-2: İklim değişikliğinin atmosferdeki karbon dioksit salınımıyla tarihsel ilişkisi. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide> (29.09.2021).
- URL-3: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli resmi internet sitesi. <https://www.ipcc.ch/> (29.09.2021).
- URL-4: Amerika Meteoroloji Birliği internet sitesi. <https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/> (29.09.2021).
- URL-5: Vikipedi Orman Yangınları başlığı altındaki bilgi sayfası. https://tr.wikipedia.org/wiki/Orman_yang%C4%B1n%C4%B1 (29.09.2021)
- URL-6: Euronews haberi "Türkiye'de 2021'de ne kadar ormanlık alan yandı?" <https://tr.euronews.com/2021/08/15/turkiye-de-2021-de-yanan-ormanl-k-alan-miktar-gecen-y-llara-gore-yuzde-755-artt> (29.09.2021)
- URL-7: *Yıllık yangın raporları*, Avrupa Birliği Copernicus Programı sayfası. <https://effis.jrc.ec.europa.eu/reports-and-publications/annual-fire-reports> (29.09.2021)
- URL-8: "Kapıdaki İklim Krizi: Orman Yangınları" başlıklı haber bağlantı linki https://www.dogrulukpayi.com/bulten/kapidaki-iklim-krizi-orman-yanginlari?gclid=CjwKCAjwndCKBhAkEiwAgSDKQsBgyQ81zp32ZcnCI0ZEABeGhtpAgujyTwua2Khz9Zdo1lIdZBn0uRoC8L0QAvD_BwE (29.09.2021)