

# Yangın Coğrafyası: Vejetasyon Yangınlarının ve Ekolojik Sonuçlarının Alansal Dağılımı

Çağatay TAVŞANOĞLU\*

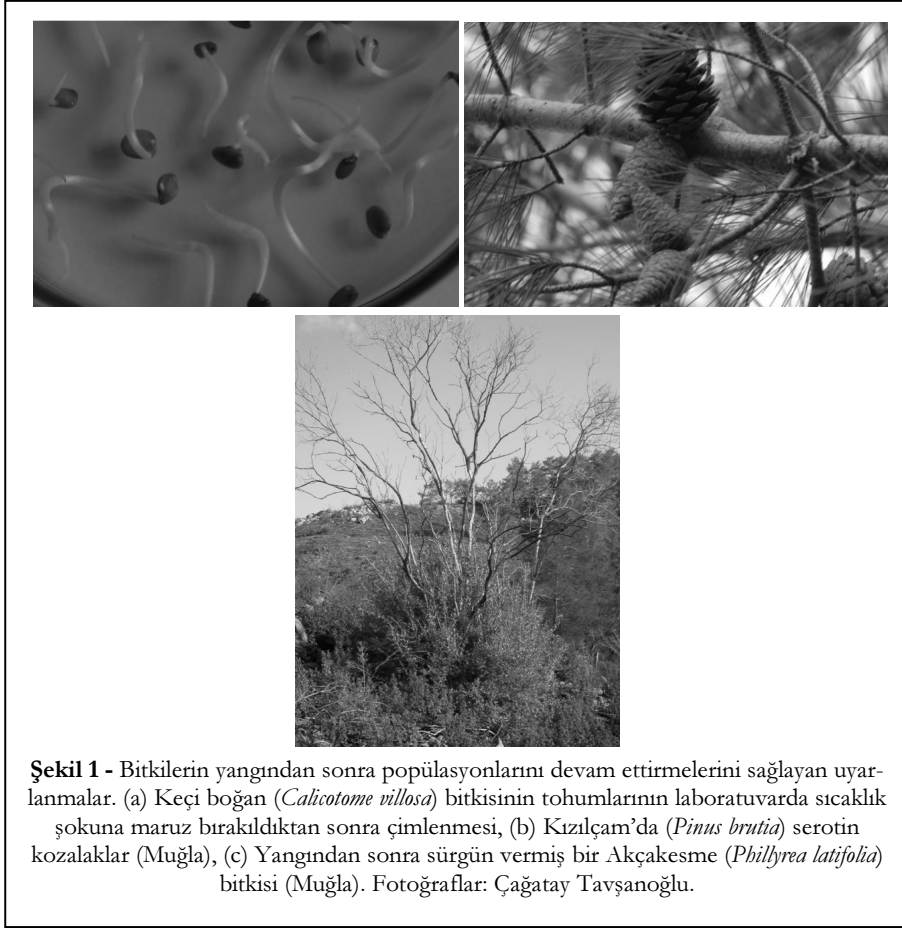
## I. Giriş

Yangın<sup>1</sup>, karasal bitkilerin ilk olarak ortaya çıktığı ve Yerküre üzerindeki karaları kapladığı Silüryen döneminden (yaklaşık 420 milyon yıl önce) beri gezegenimizdeki canlıları etkilemekte olan bir faktördür (Bowman ve diğ., 2009; Pausas ve Keeley, 2009). Oldukça eski zamanlardan beri Yerkürede faal olan yangınlar, günümüzde de buzul ve su yüzeyleri ile aşırı kurak çöller haricinde dünyada bulunan hemen hemen tüm ekosistemlerde görülmektedir (Pausas ve Ribeiro, 2013). Bu haliyle yangınlar, Yerküre üzerindeki karasal vejetasyonu şekillendiren, biyomların yayılışlarını belirleyen ve canlıların evrimini yönlendiren bir ekosistem sürecidir (Bond ve Keeley, 2005; Bond ve diğ., 2005; Higgins ve diğ., 2000; Bond, 2008; Bond ve Scott, 2010; Keeley ve diğ., 2011; Dantas ve diğ., 2016). Yangınlar, aynı zamanda, insanlar ateşi kullanmayı öğrendiğinden beri insan ekolojisinin bir parçası olmuştur ve insanlar yüz binlerce yıldır vejetasyon yangınlarını birçok amaç doğrultusunda (avcılık, savaş, doğal ortamı yeniden şekillendirmek, tarım alanı açmak vb.) kullanmıştır (Bowman ve diğ., 2011).

Şiddetli yangınların toprak üstünde yer alan tüm biyokütleyi yok ettiği göz önüne alındığında, bitkilerin yangının sık görüldüğü ekosistemlerde halen var olabildiklerini gözlemek oldukça şaşırtıcıdır. Bu noktada, yangının eski bir

\* Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Ekoloji Anabilim Dalı  
ctavsan@hacettepe.edu.tr

<sup>1</sup> Bu metinde geçen “yangın” terimi, yaygın olarak “orman yangını” olarak bilinen ve doğal vejetasyonda (orman, çalılık, çayır vb.) meydana gelen yangınları tanımlayacak şekilde kullanılmıştır.



**Şekil 1** - Bitkilerin yangından sonra popülasyonlarını devam ettirmelerini sağlayan uyarlanmalar. (a) Keçi boğan (*Calicotome villosa*) bitkisinin tohumlarının laboratuvarında sıcaklık şokuna maruz bırakıldıktan sonra çimlenmesi, (b) Kızılcam’da (*Pinus brutia*) serotin kozalaklar (Muğla), (c) Yangından sonra sürgün vermiş bir Akçakesme (*Phillyrea latifolia*) bitkisi (Muğla). Fotoğraflar: Çağatay Tavşanoğlu.

faktör olduğunu ve doğal seçilim yoluyla evrim kuramının mekanizmalarını akla getirmek, bitkilerin yüz milyonlarca yıllık evrimsel süreç içerisinde yangınla başa çıkmayı bir şekilde “öğrenebilecekleri” düşüncesini daha akla yakın kılacaktır. Gerçekten de, günümüzde yangına eğilimli ekosistemlerde karşımıza çıkan bazı uyarlanmalar<sup>2</sup>, bitkilere bu ortamlarda yangınla birlikte yaşama ve hatta yangın sayesinde hayatta kalma olanağı sunmaktadır (Tavşanoğlu ve Gürkan, 2004; Paula ve diğ., 2009; Keeley ve diğ., 2011).

Örneğin, bazı bitkiler tohumlarını uyku halinde tutarak uzun yıllar boyunca çimlenmeden ve canlılıklarını yitirmeden toprakta biriktirmekte, yangın meydana geldiğinde ise bu tohumlar yangın sırasında ortaya çıkan sıcaklıklardan ya da dumandaki kimyasallardan etkilenerek çimlenmeye hazır hale gelmektedir. “Yangınla uyarılan çimlenme” olarak bilinen bu uyarlanma, çok sayıda odunsu

<sup>2</sup> “Uyarlanma” terimi İng. “*adaptation*” teriminin Türkçe karşılığı olarak kullanılmıştır (Türkçedeki alternatifi; “adaptasyon”).



ve otsu bitki türünün tepe yangınının<sup>3</sup> sık görüldüğü ekosistemlerde popülasyonlarının devamını sağlaması için gereklidir (Moreira ve diğ., 2010; Ergan, 2017; Tavşanoğlu ve diğ., 2017, Şekil 1a). Akdeniz Havzası'nda yalnızca bazı kozalaklı ağaç türlerinde (örn; Kızılçam, Halep çamı, Servi) görülmele birlikte, güney yarımkürede daha yaygın olan serotinlik<sup>4</sup> de yangından sonra popülasyonun devamını sağlayan uyarlanmalardan bir diğeridir. Serotinlik, bitkilerin tohumlarını kozalaklar ya da sertleşmiş kabuklu meyveler içerisinde uzun yıllar kapalı bir şekilde saklamasını ve bir yangından hemen sonra yangını canlı olarak atlatan tohumların kozalakların açılması ile salınmasını içerir (Lamont ve diğ., 1991, Şekil 1b). Özellikle geofit<sup>5</sup> yaşam şekline sahip olan birçok bitki türü, yangından sonra çiçeklenirler ve bu türlerin üremeleri yangına bağımlıdır (Lamont ve Downes, 2011). Örtü yangınlarının<sup>6</sup> görüldüğü ekosistemlerde yer alan birçok odunsu bitki türü kendilerini düşük şiddetli yangınlardan koruyacak kalın bir kabuğa sahiptir (Pausas, 2015). Bu yangın uyarlanmaları arasında bitkiler âleminde en yaygın ve kullanışlı olanı yangın sırasında toprak üstündeki organlarının yanması sonrasında, toprak altında yer alan tomurcukları yoluyla sürgün vermektir (Paula ve diğ., 2016, Şekil 1c). Son iki örnekteki kalın kabuğa sahip olma ve sürgün verme, yangını bireylerin canlı olarak atlatmasını sağlayan uyarlanmalarla, daha önce değinilen örnekler yangından sonra popülasyonun devam edebilmesini sağlamaya yönelik uyarlanmalardır.

Bu uyarlanmalar, yangının bitkiler üzerindeki seçici etkisinin bir sonucudur ve aynı zamanda bitkilerin yangına eğilimli ekosistemlerde nasıl yaşamaya devam edebildiklerini de açıklamaktadır. Özellikle zamansal olarak öngörülebilir tepe yangınlarının<sup>7</sup> meydana geldiği ekosistemlerde, bu uyarlanmalar sayesinde birçok bitki yangın sonrasında yeniden alanda var olmaya devam eder (Keeley ve diğ., 2012). Bu durum, yangın gibi güçlü bir müdahale sonrasında, kendi içerisinde kaynaklanan dinamikler ile alanın rejenere olmasını sağlamaktadır (Tavşanoğlu ve Gürkan, 2014). Birçok hayvan topluluğu da bitkilerin yanmış alanda zamanla yeniden yer almalarını takip ederek zaman içerisinde alana geri dönerler (Kaynaş ve Gürkan, 2008; Soyumert ve diğ., 2010).

Bu rejenerasyon dinamikleri ve uyarlanmalar sayesinde, günümüzde yangın ekosistemlerin doğal bir parçası olarak kabul edilir ve yangınların ekosistem süreçleri ile bitkilerin evriminin bir parçası olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, bilim insanları olarak yangınların ekolojik ve evrimsel bir faktör olduğuna ilişkin algımızın ortaya çıkışı oldukça yenidir.

<sup>3</sup> Tepe yangını, ağaç tabakası dâhil toprak üstündeki tüm biyokütlenin yandığı yüksek şiddetli yangınlardır.

<sup>4</sup> Serotinlik (İng. *Serotiny*).

<sup>5</sup> Geofit, bahar aylarında yumru ve soğan gibi yer altı organlarından çıkarak toprak üzerinde görünür hale gelen çok yıllık bitkiler.

<sup>6</sup> Örtü yangını, tepe yangınından farklı olarak, ağaç tabakasının yanmadığı ancak toprak yüzeyine yakın olarak bulunan biyokütlenin yandığı daha düşük şiddetli yangınlardır.

<sup>7</sup> Öngörülebilir yangın, belirli bir yangın döngüsüne sahip olan alanlarda gerçekleşen ve zamansal olarak yeniden ne zaman olacağı az çok tahmin edilebilen yangınlar.

## II. Yangının ekolojik ve evrimsel bir güç olarak tanınması

“Charles Darwin, hiçbir zaman yangını olası bir evrimsel güç olarak değerlendirmemişti” (Pausas, 2017). Bununla birlikte, o zamandan beri yangının Yerküredeki evrimsel ve ekolojik etkilerini anlamak konusunda çok yol kat etmiş bulunmaktayız. Yangının doğadaki rolü konusundaki anlayışımızda geçmişten günümüze doğru gerçekleşen değişimlerin bazıları devrimsel sıçramalar ve paradigma değişiklikleri şeklinde gerçekleşmiş, bazıları ise bilimsel bilgi birikiminin hızlanarak artmasıyla daha kademeli olarak ortaya çıkmıştır.

Darwin ile aynı çağda yaşamış olan Alexander von Humboldt ve Alfred Russel Wallace gibi diğer bitki coğrafyacılarının da yangının vejetasyonu şekillendirmede bir rolü olabileceği konusunda fikirleri olmadığını biliyoruz. Benzer şekilde, ileride yangından sonra vejetasyonun yenilenme süreçlerini de içerecek şekilde kapsamı genişletilecek olan süksesyon<sup>8</sup> kavramını ortaya çıkaran ilk bitki ekologlarından Frederic Clements ve Henry Gleason da yirminci yüzyılın ilk yarısındaki makale ve kitaplarında yangının bitkiler için önemli bir ekolojik faktör olabileceğini belirtmemişlerdir.

Her ne kadar Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) orman ağaçlarının yangına dayanıklılıkları konusundaki çalışmalar 1899 yılına kadar geriye uzansa da<sup>9</sup>, ilk kez 1947 yılında bir ekoloji kitabında bitkilerin yangın uyarlanmalarından ve yangının bir çevre faktörü olduğundan bahsedilmişti<sup>10</sup> (Agee, 1993). Böylece yangın, yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren Kuzey Amerika’da ormancılık ve bitki ekolojisi çalışmalarında dikkate alınmaya başlanmıştır. Buna ek olarak, ABD’de 1960’ların sonuna kadar yalnızca yangın söndürmeye yönelik olarak sürdürülen orman politikasından, Milli Parklar İdaresi’nin<sup>11</sup> yangını doğal bir faktör olarak tanımlaması ile birlikte o dönemden sonra yangın yönetimi politikasına geçilmiştir (van Wagtenonk, 2007). Bunu takiben ABD Orman İdaresi<sup>12</sup> de 1974’de yangın söndürmeden yangın yönetimi politikasına geçtiğini duyurmuştur. Bu yangın yönetimi politikası, yıldırım kaynaklı yangınları söndürmeme ve doğal alanlarda yayılmasına izin vermeyi içermektedir. Bununla birlikte, her iki idarenin personelinin yangınların sadece kontrollü koşullar altında devam etmesine alışık olmasından dolayı, bu politika değişikliklerinin uygulamaya yansımaları yavaş bir şekilde gerçekleşmiştir (van Wagtenonk, 2007). Dolayısıyla yüzyılın başından beri bir norm olarak yerleşmiş olan yangının baskılanması ve engellenmesi anlayışının ABD’de 1980’lere kadar yaygın bir şekilde devam ettiğini söyleyebiliriz.

<sup>8</sup> Süksesyon (Sıralı değişim, İng. *Succession*), bir müdahale sonrasında vejetasyonun alanda yeniden oluşmasının dinamiklerini tanımlayan bir terimdir.

<sup>9</sup> Gorman, M. W. “*The Eastern Part of the Washington Forest Reserve*”. US Government Printing Office, (1899).

<sup>10</sup> Daubenmire, R. F. “*Plant and Environment: A Textbook of Plant Autecology*”. Wiley, New York, 424 pp., (1947).

<sup>11</sup> The National Park Service (United States).

<sup>12</sup> United States Forest Service.



Yangınların baskılanması için çabalamanın doğal yangın rejimlerini etkileyerek daha kötü sonuçlar doğurabileceği gerçeği ilk kez 1988 yılında gerçekleşen Yellowstone Milli Parkı (ABD) yangınları ile anlaşılmıştır. Dünyanın ilk milli parkı olması nedeniyle, doğa korumada öncü bir yere sahip olan Yellowstone Milli Parkı içerisinde, 100 yıl boyunca oldukça etkili bir yangın önleme ve engelleme çabası gösterilmiştir. Bunun sonucunda alan milli park ilan edildikten sonra çıkan her bir yangın daha büyümeden söndürülmüş ve alanın büyük bir kısmının 20. yüzyıl içerisinde yanması engellenmiştir. Büyük Yellowstone yangınları, 1988 yılının Temmuz ayında başlamış, milli parkın % 36'sını oluşturan 570.000 hektarlık orman alanının yanmasına neden olmuş, yangınlar yoğun yangın önleme çabasına karşın ancak serin ve nemli havanın gelmesi ile Eylül ayında son bulabilmiştir (Romme ve diğ., 2011).

Yellowstone 1988 yangınları, ABD'de vejetasyon yangınlarına bakış açısında ciddi bir değişime yol açmıştır. Yangının çıktığı dönemde, bu yangınların doğal yangınlar mı olduğu yoksa insanın 100 yıldır yangınları milli park içerisinde baskılamasından mı kaynaklandığı yoğun bir şekilde tartışılmıştır (van Wagtenonk, 2007). O dönemde bu yangınların sebebi konusundaki genel kanı, uzun yıllar gerçekleştirilen yangın önleme politikalarının yoğun yanıcı madde birikimine yol açması sonucu bu kadar büyük yangınların gerçekleşmiş olması yönünde olmuştur (Romme ve diğ., 2011). Bu dönemden sonra yangın yönetimi anlayışı tüm ABD'de yaygın politika olarak benimsenmiştir ve bugün halen aktif olarak uygulanmaktadır.

Bununla birlikte, yapılan yangın tarihi çalışmaları Yellowstone Milli Parkı içerisinde, 20. yüzyıldaki yangın söndürme çalışmalarından çok öncesine dayanan dönemlerde (~190 yıldır), alanda bu kadar büyük yangın olmadığını göstermiştir (Romme, 1982). Daha sonra, geçmiş yangın kayıtlarının daha detaylı incelemeleri, aslında milli parkın yangın döngüsünün birkaç yüzyılda bir patlama yapacak şekilde olduğunu, dolayısıyla büyük 1988 yangınlarının da aslında bu bölgedeki doğal yangın döngüsünün bir parçası olduğunu ortaya koymuştur (Romme ve diğ., 2011). Dolayısıyla, aslında yüz yıllık yangın önleme faaliyetlerinin bu bölgede yer alan ormanların yangın rejimini dünyanın diğer bölgelerindeki birçok yere göre daha az etkilemiş olduğu sonucuna varılmıştır (Turner ve diğ., 2003). Her ne kadar, 1988 Yellowstone yangınlarının, uzun dönem yangın önlemeden kaynaklanmadığı sonradan anlaşılrsa da, bu yangınların yarattığı algısal kırılma, yangınların doğadaki rolü konusunda paradigma değişimine neden olmuştur. ABD'nde gerçekleşen yangın politikası değişiklikleri, bu dönemden sonra dünyanın başka bölgelerini de etkilemiş ve birçok ülkede sadece yangın söndürmeye dayalı bir orman yönetiminden, yangını bir ekosistem bileşeni olarak ele alan ve yangın rejimlerini gözetten bir yangın yönetimi anlayışına geçilmeye başlanmıştır.

Yellowstone Milli Parkı yangınları, yangın ekolojisi konusunda yapılan çalışmaları da etkilemiş ve daha çok sayıda araştırmacı bu konuya yönelerek yangınların doğal ekosistemler üzerindeki etkisini anlamaya çalışmışlardır. Bunun en belirgin göstergesi, dünyanın önde gelen bilimsel ekoloji dergilerinde 1990-1995

yılları arasında yangın ekolojisi konusunda yayımlanan çalışmaların geçmişe göre dört kat artmış olmasıdır (Pausas ve Keeley, 2009).

Ekoloji biliminde de uzun yıllar boyunca, yangının doğanın bir bileşeni olduğu değil, ekosistemleri yıkıcı ve zarar verici bir faktör olduğu anlayışı hâkim olarak kalmıştır. 1990'lardan itibaren artan yangın ekolojisi konusundaki bilimsel çalışmalar, bu hâkim görüşün yavaş da olsa değişmeye başlamasına yol açmıştır (Pausas ve diğ., 2008). Sık yangına maruz kalan bölgelerde, vejetasyonun yangın sonrasında hızlı bir şekilde yenilenebilmesi üzerine gözlemler (Tavşanoğlu ve Gürkan, 2014) ve daha çok sayıda bitkinin yangınla ilişkili karakterlere sahip olduğunun ortaya konması (Paula ve diğ., 2009) ekoloji biliminde yangının göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir ekosistem süreci olduğu anlayışını yerleştirmeye başlamıştır. Özellikle, yangınla ilişkili bitki karakterlerin evrimsel tarihini ortaya koyan ve yangının bu karakterleri şekillendiren önemli bir evrimsel güç olduğuna ilişkin son yıllarda elde edilen bulgular, yangının ekolojik ve evrimsel rolünü çarpıcı bir şekilde göstermiştir (Bytebier ve diğ., 2011; He ve diğ., 2011; Keeley ve diğ., 2011; Lamont ve He, 2012). Ayrıca, yangınla ilişkili bitki karakterlerinin genetik bir altyapıya sahip olduğunun kanıtlanmasıyla da (Budde ve diğ., 2014; Castellanos ve diğ., 2015), yangın ekolojisi alanında yeni bir keşif çağı açılmış ve bitki türlerinin farklı popülasyonlarının ya da farklı coğrafyalarda yer alan bitki türlerinin farklı yangın rejimlerine nasıl cevaplar verdikleri konusunda çalışmaların sayısı da artmaya başlamıştır (Moreira ve diğ., 2012; Pausas ve diğ., 2012; Pausas, 2015). Her ne kadar halen ekoloji literatüründe ara sıra yangının bitkileri ve vejetasyonu şekillendirici rolünü yadsıyan ve kabul etmeyen makaleler yayınlansa da (örn; Bradshaw ve diğ., 2011; Jaganathan, 2015), bu çalışmalar sıklıkla yangın ile ilgili önyargılar ve bilgi eksiklikleri ile yazılmıştır (Keeley ve diğ., 2011) ve dolayısıyla günümüzde yangına eğilimli, ekosistemlerde yangının ekolojik ve evrimsel rolü konusunda hemen hemen bir konsensüs oluşmuştur denebilir.

### III. Yangın coğrafyası

Yangın coğrafyası<sup>13</sup>, yangınların nedenlerinin ve ekolojik sonuçlarının coğrafi alanlardaki benzerlik ve farklılıklarını araştıran (Krawchuk ve diğ., 2009; Smithwick, 2011), yangın ekolojisi disiplininin altında yeni ortaya çıkmış bir bilim alanıdır. “Yeni gelişmekte olan yangın coğrafyası disiplini, yerel ekolojik etkileşimler kadar küresel sistem süreçlerini de anlayabilmemiz için yangının dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır” (Keeley ve diğ., 2012).

Yangın ekolojisinin en temel kavramlarından birisini “yangın rejimi” oluşturur. Yangın rejimi kavramı, bir bölgede çıkan yangınların tipi, şiddeti, sıklığı, mevsimi ve büyüklüğünü içermektedir (Keeley ve diğ., 2012). Yangın coğrafyası, bu noktada, Yerküre üzerinde yangın aktivitesinin dağılımının da ötesinde yangın rejimlerinin dağılımı ile de ilgilenmektedir. Dolayısıyla yangın coğrafyası,

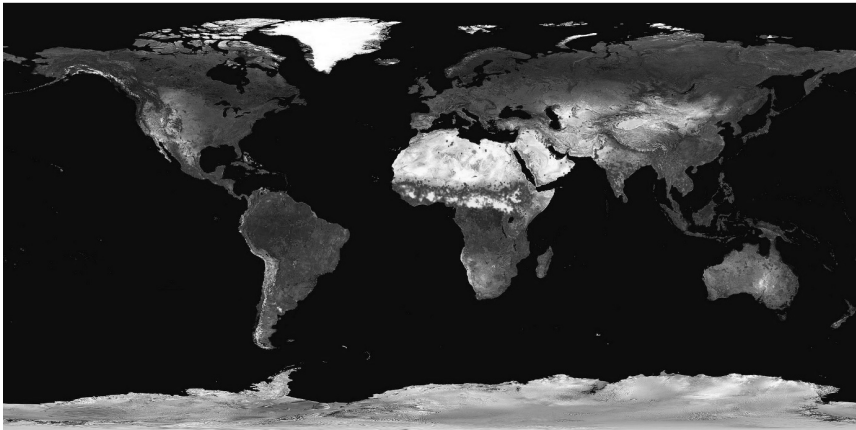
<sup>13</sup> İng. *Pyrogeography*.



alansal bir bakış açısıyla, günümüzde Yerkürenin farklı bölgelerinde yangın rejimlerinin özelliklerini, bu özellikleri ortaya çıkaran nedenleri ve farklı yangın rejimlerinin canlılar için sonuçlarını irdelemektedir.

Yangın coğrafyası çalışmalarının son 10 yılda hız kazanmasında, NASA'nın dünya yörüngesine göndermiş olduğu iki uydunun 2000 ve 2002 yıllarından beri dünya üzerindeki yangınları izliyor olmasının önemli bir rolü vardır (Şekil 2). Bu uydular sayesinde, dünyanın yangın rejimleri iyi bir şekilde bilinmeyen bölgelerinin daha iyi bilinen bölgelerle aynı çözünürlükte ve karşılaştırılabilir bir yangın aktivitesi verisi elde edilmiştir (Justice ve diğ., 2002; Giglio ve diğ., 2003; Giglio ve diğ., 2006). Bu verilerin bilim insanları tarafından kullanılması ise küresel ve bölgesel ölçeklerde yangın rejimlerinin tanımlanmasına ve yangın rejimlerini ortaya çıkaran faktörlerin araştırılmasına olanak vermiştir.

Yangın coğrafyası bilim alanının ortaya çıkışına yön veren önemli araştırmalardan birkaçı da, iki binli yılların ortasında gerçekleştirilmiş olan bazı modelleme çalışmalarıdır. Bu modelleme çalışmalarında, küresel ölçekte yangının olmadığı bir Yerkürede doğal vejetasyonun hatta biyomların sınırlarının nasıl şekilleneceği soruları sorulmuş ve çarpıcı bir şekilde günümüzdeki hâkim vejetasyonu iklimin etkisi ile açıklanamayan birçok bölgede yangının en önemli alternatif açıklayıcı olduğu ortaya konmuştur (Bond, 2005; Bond ve Keeley, 2005; Bond ve diğ., 2005). Örneğin, bu modellerde Afrika savanalarının birçoğunun, çok sık gerçekleşen düşük şiddetli yangınların olmadığı durumda tropik ormanlarla kaplı olacağı öngörülmüş ve bu model çıktılarının yangının engellendiği uzun dönemli deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular ile örtüşmekte olduğu açık bir şekilde gösterilmiştir (Bond ve Keeley, 2005; Bond ve diğ., 2005).



**Şekil 1** - NASA'nın uydularının 2017 yılının ilk 10 günü içerisinde (01.01.2017 – 10.01.2017) saptadığı yangınların Yerküre üzerindeki dağılımı.  
<https://lance3.modaps.eosdis.nasa.gov/cgi-bin/imagery/firemaps.cgi> (Giglio ve diğ., 2003; Davies ve diğ., 2004).

Son yıllarda yapılan çok sayıda araştırma, gerek küresel ölçekte gerekse bölgesel ölçeklerde yangın rejimlerinin dağılımını ortaya koymuş ve bunun iklimsel, topoğrafik ve antropojen etkenler ile ilişkilerini göstermiştir (Krawchuk ve diğ., 2009; Murphy ve diğ., 2013; Pausas ve Ribeiro, 2013; Bekar, 2016). Net birincil üretim<sup>14</sup> ve mevsimsellik<sup>15</sup> küresel ölçekte yangın rejimlerini belirleyen ana etmen olarak karşımıza çıkmaktadır (Bowman ve diğ., 2009; Pausas ve Paula, 2012; Archibald ve diğ., 2013; Pausas ve Ribeiro, 2013). Bununla birlikte, yangın-üretkenlik ilişkisi bölgesel ölçeklerde gözlenmemektedir ve başka faktörler yangın rejimlerinin ana belirleyicisi olarak tanımlanmıştır (Murphy ve diğ., 2013; Bekar, 2016). İklimsel değişkenler (sıcaklık ve yağış) hemen hemen tüm ölçeklerde yangın aktivitesini etkilerken, küresel ölçekten yerel ölçeğe doğru ilerlerken, özellikle topoğrafya ve toprak verimliliği gibi faktörlerin etkisi de artmaktadır (Ojeda ve diğ., 2010; Bekar, 2016).

Günümüzde Yerküre üzerindeki yangınların dağılımlarını ortaya çıkaran sebepleri bilmek, küresel iklim değişikliği dahil insan kaynaklı küresel değişikliklerin gelecekte yangın rejimlerini ve dolayısıyla biyolojik çeşitliliği nasıl etkileyebileceğini tahmin edebilmek ve bunun en az zararlı atlatılabilmesi için gerekli önlemleri şimdiden almak için gereklidir (Bowman ve diğ., 2009; Krawchuk ve diğ., 2009). Gerçekten de gerek iklim değişimi (Pausas, 2004), gerekse antropojen kaynaklı diğer değişimler (Pausas ve Keeley, 2014) bölgesel yangın rejimlerini belirgin olarak değiştirmektedir. Bununla birlikte, insan faaliyetlerinin günümüz yangın rejimleri üzerindeki doğrudan ve dolaylı yoldan etkisinin giderek artması, gelecekte gerçekleşecek olan yangın rejimi değişiklikleri öngörmeyi zorlaştırmaktadır (Archibald ve diğ., 2013).

Oldukça yeni bir bilim alanı olan yangın coğrafyası konusunda yapılan bilimsel çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmakta ve elde edilen bulgular yangınların doğadaki rolünü anlamamızda ekologlara ve coğrafyacılar yeni pencereler açmaktadır. Yangınların ekolojik ve evrimsel rolünün her geçen gün daha ayrıntılı bir şekilde ortaya konması, birçok farklı ekosistemde işlemekte olan yangın rejimlerinin tanımlanması ve yangının gezegenimizdeki karasal ekosistemlerdeki doğal süreçleri şekillendiren önemli bir güç olarak kabul edilmesi, her geçen gün daha fazla sayıda ekolog ve coğrafyacının yangının doğadaki rolüne geçmişteki olumsuz önyargılarından sıyrılarak bakmasını sağlamaktadır. Bilimin doğayı anlamamıza ve yeni bilgiler ışığında yeniden yorumlamamıza yönelik çabasına çarpıcı bir örnek teşkil eden yangın ekolojisi araştırmaları, yangın coğrafyası bilim alanı sayesinde son dönemde yeni bir heyecan dalgası yakalamıştır. Bu araştırma ivmesi, gelecekte gezegenimizde gerçekleşmesi beklenen yangın rejimi değişikliklerine ekosistemlerin daha kolay uyum sağlayabilmesini hedefleyen yönetim stratejilerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

<sup>14</sup> Net birincil üretim, fotosentez yoluyla bitki organik maddesi haline çevrilen güneş enerjisi miktarını ifade eder.

<sup>15</sup> Mevsimsellik, bir bölgedeki sıcaklık ya da yağış gibi iklimsel faktörlerin yıl içerisinde göstermekte olduğu değişkenliğin bir ölçütüdür.





## Kaynakça

- Agee, J. K. “*Fire Ecology of Pacific Northwest Forests*”. Island Press (1993).
- Archibald, S., Lehmann, C. E. R., Gómez-Dans, J. L., Bradstock, R. A. “Defining pyromes and global syndromes of fire regimes”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110:6442–6447, (2013).
- Bekar, İ., *Akdeniz Ekosistemlerinde Günümüz Yangın Rejimlerinin Şekillenmesinde Doğal ve Antropojen Faktörlerin Rolü*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2016).
- Bond, W. J. “Large parts of the world are brown or black : A different view on the “ Green World ” hypothesis”, *Journal of Vegetation Science* 16:261–266, (2005).
- Bond, W. J. “What limits trees in C<sub>4</sub> grasslands and savannas? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39:641–659, (2008).
- Bond, W. J., Keeley, J. E. “Fire as a global herbivore: the ecology and evolution of flammable ecosystems”, *Trends in Ecology and Evolution* 20:387–394, (2005).
- Bond, W. J., Scott, A. C. “Fire and the spread of flowering plants in the Cretaceous”, *New Phytologist* 188:1137–1150, (2010).
- Bond, W. J., Woodward, F. I., Midgley, G. F. “The global distribution of ecosystems in a world without fire”, *New Phytologist* 165:525–538, (2005).
- Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M., Antonio, C. M., Defries, R., Doyle, J. C., Harrison, S. P., Johnston, F. H. Keeley, J. E., Krawchuk, M. “Fire in the Earth System” *Science* 324:481–484, (2009).
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W. J., Cochrane, M. A., D’Antonio, C. M., DeFries, R., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M., Kull, C. A., Mack, M., Moritz, M. A., Pyne, S., Roos, C. I., Scott, A. C., Sodhi, N. S., Swetnam, T. W. “The human dimension of fire regimes on Earth”, *Journal of Biogeography* 38:2223–2236, (2011).
- Bradshaw, S. D., Dixon, K. W., Hopper, S. D., Lambers, H., Turner, S. R. “Little evidence for fire-adapted plant traits in Mediterranean climate regions”, *Trends in Plant Science* 16:69–76, (2011).
- Budde, K. B., Heuertz, M., Hernández-Serrano, A., Pausas, J. G., Vendramin, G. G., Verdú, M., González-Martínez, S. C. “In situ genetic association for serotiny, a fire-related trait, in Mediterranean maritime pine (*Pinus pinaster*)”, *New Phytologist* 201:230–241, (2014).
- Bytebier, B., Antonelli, A., Bellstedt, D. U., Linder, H. P. “Estimating the age of fire in the Cape flora of South Africa from an orchid phylogeny”, *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 278:188–195, (2011).
- Castellanos, M. C., González-Martínez, S. C., Pausas, J. G. “Field heritability of a plant adaptation to fire in heterogeneous landscapes”, *Molecular Ecology* 24:5633–5642, (2015).
- Dantas V. L., Hirota M., Oliveira R. S., Pausas J. G. “Disturbance maintains alternative biome states”, *Ecology Letters* 19:12–19, (2016).
- Ergan, G. *Akdeniz bitkilerinin yangınla olan ilişkisinin incelenmesi ve yangın efemerallerinin tespiti*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2017).
- Giglio, L., Desclotres, J., Justice, C. O., Kaufman, Y. “An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS” *Remote Sensing of Environment* 87:273–282, (2003).
- Giglio, L., van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Collatz, G. J., Kasibhatla, P. “Global estimation of burned area using MODIS active fire observations”, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 5:11091–11141, (2006).

- He, T., Lamont, B. B., Downes, K. S. “*Banksia* born to burn”, *New Phytologist* 191:184–196, (2011).
- Higgins, S. I., Bond, W. J., Trollope, W. S. W. “Fire, resprouting and variability: a recipe for grass–tree coexistence in savana”, *Journal of Ecology* 88:213–229, (2000).
- Jaganathan, G. K. “Are wildfires an adapted ecological cue breaking physical dormancy in the Mediterranean basin?”, *Seed Science Research* 25:120–126, (2015).
- Justice, C. O., Giglio, L., Korontzi, S., Owens, J., Morisette, J. T., Roy, D. P., Descloitres, J., Alleaume, S., Petitcolin, F., Kaufman, Y. “The MODIS fire products”, *Remote Sensing of Environment* 83:244–262, (2002).
- Kaynaş, B. Y., Gürkan, B. “Species richness and abundance of insects during post-fire succession of *Pinus brutia* forest in Mediterranean region”, *Polish Journal of Ecology* 56:165–172, (2008).
- Keeley, J. E., Pausas, J. G., Rundel, P. W., Bond, W. J., Bradstock, R. A. “Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits”, *Trends in Plant Science* 16:406–411, (2011).
- Keeley, J. E., Bond, W. J., Bradstock, R. A., Pausas, J. G., Rundel, P. W. “*Fire in Mediterranean Ecosystems: Ecology, Evolution and Management*”, Cambridge University Press, (2012).
- Krawchuk, M. A., Moritz, M. A. “Fire regimes of China: Inference from statistical comparison with the United States”, *Global Ecology and Biogeography* 18:626–639, (2009).
- Krawchuk, M. A., Moritz, M. A., Parisien, M. A., Van Dorn, J., Hayhoe, K. “Global pyrogeography: the current and future distribution of wildfire”. *PLoS One* 4:e5102, (2009).
- Lamont, B., Downes, K. “Fire-stimulated flowering among resprouters and geophytes in Australia and South Africa”, *Plant Ecology* 212:2111–2125, (2011).
- Lamont, B., He, T. “Fire-adapted Gondwanan Angiosperm floras evolved in the Cretaceous”, *BMC Evolutionary Biology* 12:223, (2012).
- Lamont, B. B., Le Maitre, D. C., Cowling, R. M., Enright, N. J. “Canopy seed storage in woody plants”, *The Botanical Review* 57:277–317, (1991).
- Moreira, B., Tormo, J., Estrelles, E., Pausas, J. G. “Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora”, *Annals of Botany* 105:627–635, (2010).
- Moreira B., Tavsanoglu Ç., Pausas J. G. “Local versus regional intraspecific variability in regeneration traits”, *Oecologia* 168:671–677, (2012).
- Murphy, B. P., Bradstock, R. A., Boer, M. M., Carter, J., Cary, G. J., Cochrane, M. A., Fensham, R. J., Russell-Smith, J., Williamson, G. J., Bowman, D. M. J. S. “Fire regimes of Australia: a pyrogeographic model system”, *Journal of Biogeography* 40:1048–1058, (2013).
- Ojeda, F., Pausas, J. G., Verdú, M. “Soil shapes community structure through fire”, *Oecologia* 163:729–735, (2010).
- Paula, S., Arianoutsou, M., Kazanis, D., Tavsanoglu, Ç., Lloret, F., Buhk, C., Ojeda, F., Luna, B., Moreno, J. M., Rodrigo, A., Espelta, J. M., Palacio, S., Fernández-Santos, B., Fernandes, P. M., Pausas, J. G. “Fire-related traits for plant species of the Mediterranean Basin”, *Ecology* 90:1420, (2009).
- Paula, S., Naulin, P. I., Arce, C., Galaz, C., Pausas, J. G. “Lignotubers in Mediterranean basin plants”, *Plant Ecology* 217:661–676, (2016).
- Pausas, J. G. “Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin)”, *Climatic Change* 63:337–350, (2004).
- Pausas, J. G. “Bark thickness and fire regime”, *Functional Ecology* 29:315–327, (2015).
- Pausas, J. G. “Homage to L. M. Coutinho: fire adaptations in cerrado plants”, *International Journal of Wildland Fire*. doi: 10.1071/WF17017 (2017).



- Pausas, J. G., Keeley, J. E. "A burning story: the role of fire in the history of life", *BioScience* 59:593-601, (2009).
- Pausas, J. G., Keeley, J. E. "Abrupt climate-independent fire regime changes", *Ecosystems* 17:1109-1120, (2014).
- Pausas, J. G., Paula, S. "Fuel shapes the fire-climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems", *Global Ecology and Biogeography* 21:1074-1082, (2012).
- Pausas, J. G., Ribeiro, E. "The global fire-productivity relationship", *Global Ecology and Biogeography* 22:728-736, (2013).
- Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A., Vallejo, R. "Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? - A review", *International Journal of Wildland Fire* 17:713-723, (2008).
- Pausas, J. G., Alessio, G. A., Moreira, B., Corcobado, G. "Fires enhance flammability in *Ulex parviflorus*", *New Phytologist* 193: 18-23, (2012).
- Romme, W. H. "Fire and landscape diversity in subalpine forests of Yellowstone National Park", *Ecological Monographs* 52:199-221, (1982).
- Romme, W. H., Boyce, M. S., Gresswell, R., Merrill, E. H., Minshall, G. W., Whitlock, C., Turner, M. G. "Twenty years after the 1988 Yellowstone fires: Lessons about disturbance and ecosystems", *Ecosystems* 14:1196-1215, (2011).
- Soyumert, A., Tavşanoğlu, Ç., Macar, O., Kaynaş, B. Y., Gürkan, B. "Presence of large and medium-sized mammals in a burned pine forest in southwestern Turkey", *Hystrix Italian Journal of Mammalogy* 21:97-102, (2010).
- Smithwick, E. A. H. "Pyrogeography and biogeochemical resilience", *The Landscape Ecology of Fire (Ecological Studies 213)*, ed. McKenzie, D., Miller, C., Falk, D., (Springer, 2011), 143-163.
- Tavşanoğlu, Ç., Gürkan, B. "Akdeniz Havzası'nda bitkilerin kuraklık ve yangına uyumları", *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 11:119-132, (2004).
- Tavşanoğlu, Ç., Gürkan, B. "Long-term post-fire dynamics of co-occurring woody species in *Pinus brutia* forests: the role of regeneration mode", *Plant Ecology* 215:355-365, (2014).
- Tavşanoğlu, Ç., Ergan, G., Çatav, Ş. S., Zare, G., Küçükakyüz, K., Özüdoğru, B. "Multiple fire-related cues stimulate germination in *Chaenorbinum rubrifolium* (Plantaginaceae), a rare annual in the Mediterranean Basin", *Seed Science Research*. doi: 10.1017/S0960258516000283 (2017).
- van Wagtendonk, J. W. "The history and evolution of wildland fire use", *Fire Ecology* 3:3-17, (2007).

**Öz:** Bu yazıda, vejetasyon yangınlarının ekolojik rolüne değinilerek son dönemde ortaya çıkan yangın coğrafyası alanındaki çalışmalar özetlenmiştir. Yangının doğadaki rolü konusunda geçmişten günümüze yaşadığımız paradigma değişiklikleri ve bu değişimlerin gerek ormancılık uygulamalarında gerekse ekoloji biliminde nasıl gerçekleştiği tarihsel bir bakış açısı ile anlatılmıştır. Yangın coğrafyasının, yangının ekolojik ve evrimsel öneminin yaygın olarak kabulüne katkı yaptığı belirtilerek doğadaki yangınların alansal örüntülerinin sebepleri ve sonuçları güncel bilimsel çalışmalar ile irdelenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Coğrafya, ekoloji, evrim, orman yangını, vejetasyon, yangın ekolojisi.

### Pyrogeography: The Distribution of Wildfires and Their Ecological Consequences

**Abstract:** In this manuscript, the ecological role of wildfire is addressed, and the studies in pyrogeography, a recently emerged science branch, are summarized. Paradigm shifts in our understanding of the role of fire in natural ecosystems are mentioned, and the outcomes of

these shifts in forestry applications and in ecological sciences are explained from a historical perspective. It is indicated that pyrogeography has contributed to the recognition of ecological and evolutionary importance of fires, and the reasons and consequences of the spatial distribution patterns of fires on Earth are also discussed on the basis of up-to-date scientific studies.

**Keywords:** Geography, ecology, evolution, forest fire, vegetation, fire ecology