

**Makale Türü/Article Type:** Araştırma Makalesi/Research Article

## Uzaktan Algılama Teknikleriyle Hatay Orman Yangınının Analiz Edilmesi

*Analysis of the Hatay Forest Fire Using Remote Sensing Techniques*

**Yakup KIZILELMA<sup>1</sup>**

### Öz

İklim, arazi kullanımındaki değişimleri ve antropojenik faaliyetler gibi nedenlerle son yıllarda orman yangınlarının sıklığı ve şiddetinde ciddi artışlar meydana gelmiştir. Orman yangınları, ekosistem kayıplarına, karbon salımına ve biyolojik çeşitlilikte bozulmaya yol açarak iklim ve çevre açısından kritik bir tehdit durumundadır. Orman yangınlarından sonra gerçekleşen tahribatın boyut ve şiddetinin belirlenmesi, etkilenen alanın rejenerasyon süreçlerine yönelik kararların alınmasında avantajlar sağlar. Geniş alanları etkileyen bu dinamik süreçlerin geleneksel yöntemlerle hızlı, güvenilir ve ekonomik biçimde yönetilmesi güçtür. Bu açıdan son yıllarda orman yangınlarının izlenmesi ve etkilerini ortaya koymada uzaktan algılama tekniklerinden sıklıkla yararlanılmaktadır. Uzaktan algılama, yangın öncesi sırası ve sonrası olmak üzere üç farklı aşamada etkin biçimde kullanılmaktadır. Özellikle multispektral görüntüler kullanılarak yangın öncesi ve sonrası analizlerde hızlı ve güvenilir veri üretebilme kapasitesine sahiptir. Bu çalışmada, 2018 yılı mayıs ayında Hatay'ın Arsuz ilçesinin güneybatı sınırında Işıklı ve Kale bölgelerinde yangında tahrip olan alanlar, uzaktan algılama teknikleriyle analiz edilmiştir. Çalışmada yangın öncesi ve sonra veri üreten uygun spektral ve zamansal çözünürlüğe sahip Sentinel uydusundan yararlanılmıştır. Çalışma alanındaki yangının şiddet ve boyutunu ortaya koymak için Normalize Fark Bitki İndisi (NDVI), Normalize Yanma Oranı (NBR) ve Normalize Fark Yanma Oranı (dNBR) teknikleri kullanılmıştır. Analizler sonucunda yaklaşık 1600 hektarlık alanın yangından etkilendiği belirlenmiştir. Çalışmada yangın öncesi ve sonrası elde edilen NDVI görüntüleri, yangın öncesine göre bölgede ciddi bir klorofil kaybı ve fotosentetik aktivite düşüşünü ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Orman Yangını, NBR, NDVI, dNBR*

### Abstract

In recent years, the frequency and severity of forest fires have increased significantly due to factors such as climate change, land use changes, and anthropogenic activities. Forest fires pose a critical threat to the climate and environment, causing ecosystem losses, carbon emissions, and biodiversity degradation. Determining the extent and severity of damage following forest fires provides advantages in making decisions about regeneration processes in affected areas. These dynamic processes, which affect large areas, are difficult to manage quickly, reliably, and economically using traditional methods. Therefore, remote sensing techniques have been frequently used in recent years to monitor forest fires and reveal their impacts. Remote sensing is effectively used in three different stages: before, during, and

---

<sup>1</sup>**Sorumlu Yazar:** Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Göksun Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, ykizilelma@ksu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1039-7307>

---

**Bu Yayına Atıfta Bulunmak İçin/Cite as:**

Kızılelma, Y., (2025). Uzaktan Algılama Teknikleriyle Hatay Orman Yangınının Analiz Edilmesi. *Sosyal Bilimlerde Nicel Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 180-189.

after the fire. It has the capacity to produce fast and reliable data, particularly in pre- and post-fire analyses using multispectral imagery. In this study, areas destroyed by fire in the Işıklı and Kale regions on the southwestern border of the Arsuz district of Hatay in May 2018 were analyzed using remote sensing techniques. The Sentinel satellite, which produces data before and after the fire, was utilized in this study, which has adequate spectral and temporal resolution. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Burn Rate (NBR), and Normalized Difference Burn Rate (dNBR) techniques were used to determine the severity and extent of the fire in the study area. Analysis revealed that approximately 1,600 hectares were affected by the fire. NDVI images obtained before and after the fire revealed a significant loss of chlorophyll and a decrease in photosynthetic activity in the region compared to the pre-fire period.

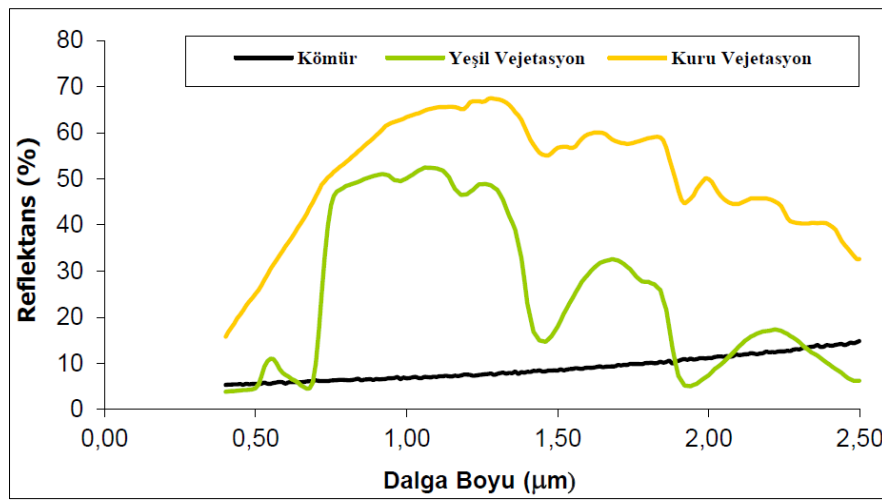
**Keywords:** *Forest Fire, NBR, NDVI, dNBR*

## 1. Giriş

Yerkürenin en önemli ekosistemlerini oluşturan ormanlar, bulunduğu bölgenin doğal zenginlikleri olarak nitelendirilmektedir. Söz konusu bu doğal kaynaklar üzerindeki en önemli tehditlerden biri yangın olarak ifade edilebilir. Yangın olgusunu ortaya çıkartan birçok faktörden bahsedilebilir. Bu faktörleri doğal ve antropojenik olarak genel bir değerlendirmeye kategorize etmek mümkündür. Beşeri faaliyetler sonucu oluşan yangınların bazı ciddi tedbirler ile minimize etmek mümkün olabilmekteyken doğa kaynaklı yangınların engellenmesi görece daha zor ve karmaşıktır. Yangınların gerçekleşmeden önce yangın açısından riskli bölgelerin belirlenmesi son yıllarda mekansal analiz araçlarıyla etkili bir biçimde yapılmaktadır. Bunun yanı sıra yangın sonrası hasar tespitinin doğru ve güvenilir olarak yapılması, zarar gören alanların yeniden canlandırılması açısından önemlidir. Son yıllarda yanan bölgelerin tespit edilmesi için uzaktan algılama teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır (Farrer, vd., 2024; Kurbanov vd., 2022; Geçen, 2021; Topuz, 2022; Soydan, 2022; Kavzoğlu vd., 2014; Karabulut, vd., 2013; Sunar ve Özkan 2001). Uydu görüntülerinde yangından etkilenen alanlar ile yanmamış alanlar arasındaki güçlü kontrast, bu alanların ayırt edilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu sayede yanık izi haritaları, yangından etkilenen alanların dağılımı ile toplam yanmış alan hakkında kantitatif bilgi elde edilir. Bu bilgiler, küresel iklim değişikliğinde etkili olan karbondioksit ve diğer gazların emisyonunun tahmin edilmesinin yanı sıra yangının ekonomiye ve çevreye verdiği zararın değerlendirilmesi için temel sağlar (Wu, vd., 2022; Liew, vd., 2001). Uzaktan algılamanın bu tip afetlerde kullanılmasının birçok sebebi olmakla beraber temelde elektromanyetik spektrumun farklı bölgeleriyle daha hızlı ve daha gerçekçi sonuçlar üretmesidir. Bilindiği üzere insan gözü elektromanyetik spektrumun görünür (visible) bölgesiyle (0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ) algılama yapmaktadır. Uydu görüntülerinin multispektral özellikleri sayesinde farklı dalga boylarıyla mekansal varlıklar hakkında daha fazla bilgi sahibi olunmaktadır. Örneğin; sağlıklı bir bitki ile stresli bir bitki ayrımını kolaylıkla ayırt edebilirken aynı zamanda yıl içerisindeki fenolojisi de takip edilebilir. Benzer biçimde yangın sonrası hasarlı alanlar uzaktan algılama ile kolaylıkla tespit edilebilirken sıcaklığa maruz kalmış ancak henüz sağlıklı bitki görünümünde olan bitkiler görünür bölgenin dışında farklı spektral aralıklar ile tespit edilmektedir. Bitki-ışık ilişkisi göz önüne alındığında bu durum daha net anlaşılabilir. Bitkiler elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi (NIR-Near infrared) ve görünür bölgelerinde (visible) farklı yansıma/yutulma davranışı göstermektedir. Görece klorofil içeriği fazla olan bir bitki, sağlıklı bir bitkiye göre daha fazla NIR enerji yansıtmaktadır (şekil 1). Bundan hareketle görünür ve kızılötesi dalga boylarında hem absorpsiyon hem de yansıma bitki

spektrumunun analizi, bitkilerin sağlığı ve üretkenliği hakkında bilgi sağlamaktadır (Liew, vd., 2001).

Akdeniz bölgesi gibi karmaşık topoğrafyaya sahip alanlarda yangının şiddet düzeylerini geleneksel yöntemlerle haritalamak çok zordur. Yangın sonrası, bitki örtüsünün tahribatı dolayısıyla klorofil ortadan kaldırılması, bitki köklerinin kömürleşmesi, toprak neminin değişmesi gibi ciddi spektrum değişimleri gerçekleşmektedir. Örneğin klorofildeki azalma, elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde bir artışa ve yakın kızılötesi bölgesinde bir azalmaya neden olur (Şekil 1). Bununla birlikte yangın sonrası ağaç kanopisi ve toprak nemindeki azalmaya bağlı olarak elektromanyetik spektrumun orta-kızılötesi bölgesinde bir artma gerçekleşmektedir (Escuin vd., 2008). Bu nedenle uygun spektral çözünürlüğe sahip görüntüler uzaktan algılama teknikleriyle yangın sonrası haritalamada işlevsel sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir.



**Şekil 1.** Saf odun kömürü, yeşil bitki örtüsü ve kuru bitki örtüsünün tipik spektral yansıma imzaları (Pereira, vd., 2013)

Uzun süreli gerçekleşen yangınlarda kullanılan uydu platformunun zamansal çözünürlüğü yangının izlenebilmesi açısından önemlidir. Burada yangın anı ve sonrasında izlenmesi ve mücadele stratejilerinin belirlenebilmesi görüntünün çözünürlüğüyle (zamansal ve spektral) doğrudan ilişkilidir. Özellikle uzun süreli yangınlarda uygun zamansal/mekansal çözünürlüğe sahip görüntüyü elde etmek önemlidir. Yangın fenomeni, uzaydan gözlemlenebilen dört tür sinyal üretir (Szpakowski ve Jensen, 2019; Sefercik ve Kavzoglu, 2021; Güney vd., 2023):

- Yangın Cephesinden Doğrudan Gelen Radyasyon (ısı ve ışık)
- Aerosoller (duman)
- Katı Tortu (kül ve yanmış malzeme)
- Değişmiş Vegetasyon Yapısı (bitki yara izi)

Aktif yangın analizleri termal sinyaller ile analiz edilirken yanmış alanlar daha çok kül, yanmış malzeme ve bitki yara izleriyle tespit edilir. Burada yangın sonrası kalan kömür kalıntısı ve bitki yara izi uzun süreli spektral sinyaller üretmesi nedeniyle tahrip olan alanların tahmin edilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle yanan alanlarda ekolojik ve ekonomik zararları değerlendirmek ve atmosferik emisyonları tahmin etmek daha kolaydır. Fakat burada başka

spektral problemler de ortaya çıkabilmektedir. Özellikle yanan arazi yüzeyleri diğer mekansal varlıklarla karıştırılmaya eğilimlidir. Bu noktada uydu görüntülerinin multispektral özelliği avantaj sağlayabilmektedir. Farklı bant kombinasyonları ve uzaktan algılama indisleriyle bu biyofiziksel karışıklıklar ortadan kaldırılabilir (Szapkowski ve Jensen, 2019; Pereira, vd., 2013).

Bu çalışmada, 2018 Mayıs ayında Hatay’ın Arsuz ilçesinin güneybatı sınırında Işıklı ve Kale bölgelerinde yangında tahrip olan alanlar, uzaktan algılama teknikleriyle analiz edilmiştir. Çalışmada yangın öncesi ve sonra veri üreten uygun spektral ve zamansal çözünürlüğe sahip Sentinel uydusundan yararlanılmıştır. Çalışma alanı Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü sorumluluk sahasında yer almaktadır (Ek 1). Bölge yangın açısından hassas lokasyonlar arasında yer almaktadır. Akdeniz iklim kuşağında yer alan bölge 2013-2017 yılları arasında gerçekleşen 992 orman yangınında 2481 ha’nı yandı ifade edilmektedir (Geçen ve Topuz, 2021; Eker ve Abdurrahmanoğlu, 2018). Bu açıdan değerlendirildiğinde bölgenin sürekli izlenmesi ve yangın açısından erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Uzaktan algılama verilerinin farklı spektral aralıklarda veri üretebilme yetenekleri sayesinde görünür bölgenin dışında elektromanyetik spektrumun farklı bölgeleri hakkında bilgi üretmesi sağlanmaktadır. Böylece araştırmacılar tarafından mekansal problemlerin çözümü için çeşitli indisler geliştirilmiştir. Söz konusu indisler mekansal problemlerin daha hızlı ve güvenilir bir biçimde çözümünde etkili olarak kullanılmaktadır. Bu indisler temelde farklı spektral aralıklarda araştırılan mekansal varlığın yansıma ve soğurma özelliği baz alınarak matematiksel olarak ifade edilmektedir. Örneğin son yıllarda sıklıkla kullanılan NDVI bu indislerden biridir. NDVI temelde elektromanyetik spektrumun Kırmızı ve Yakın İnfrared spektral aralıklarını kullanmaktadır. Burada özellikle sağlıklı bitkilerin kırmızı dalga boyunda yüksek soğurma; yakın infrared dalga boyunda ise yüksek yansıma davranışı göstermektedir. Böylece multispektral bir görüntüde yer alan kırmızı ve yakın infrared bandlarının oranlanmasıyla nicel bir değer elde edilmekte ve bitkinin sağlık durumu hakkında bilgi elde edilmektedir. Yangın çalışmalarında da NDVI, yangın öncesi ve sonrası durum tespiti için etkili bir biçimde kullanılabilir. Benzer şekilde bu çalışmada da kullanılan diğer bir indis Normalize Yanma Oranı (NBR), multispektral görüntülerde yakın ve orta kızılötesi bantlarının oranlanmasıyla yangın çıkan bölgedeki yangın şiddetini ortaya koymaktadır. NBR aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir (Kavzoğlu vd., 2014; Gürbüz, 2023):

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Burada; NIR, yakın kızılötesi bandı, SWIR ise orta kızılötesi bandı ifade etmektedir. Eşitlik sonucunda -1/+1 arasında spektral değerler elde edilir. Burada -1 yokluğu +1 varlığı ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle -1 değerine yaklaştıkça yanmış alanları; 0’dan itibaren yanmamış alanları ve +1’e yaklaştıkça yangın açısından sağlıklı bitkiyi ifade etmektedir. Bundan hareketle yanma şiddetinin nicel olarak ifade edilebilmesi için normalize fark yanma oranı (dNBR) geliştirilmiştir. Eşitlik yangın öncesi ve sonrası NBR değerlerinin farkından elde

edilmekte ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir (Gürbüz, 2023; Kurbanov vd., 2022; Escuin vd., 2008).

$$dNBR = NBR_{yö} - NBR_{ys}$$

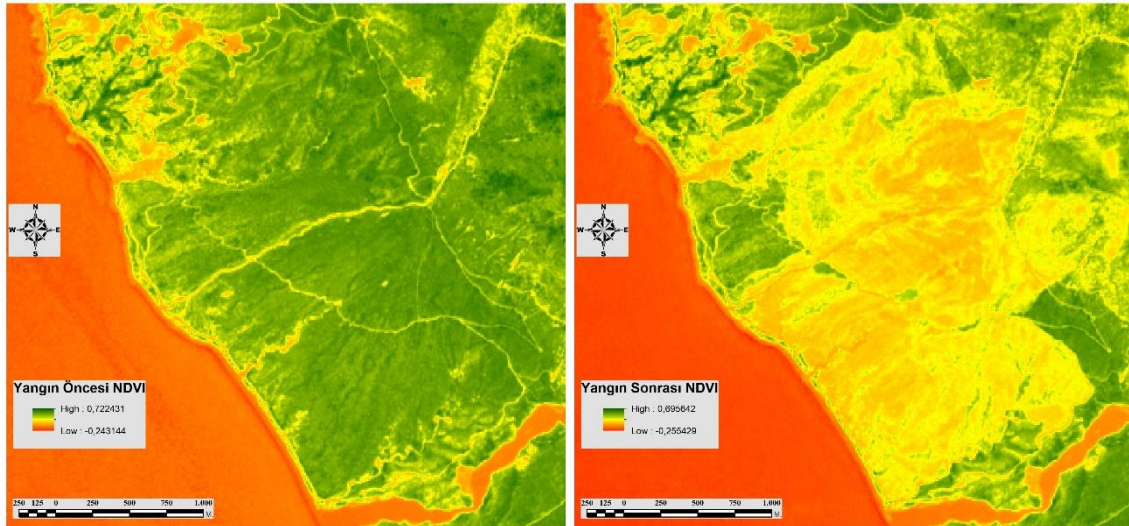
Burada  $NBR_{yö}$  yangın öncesi NBR;  $NBR_{ys}$  ise yangın sonrasını ifade etmektedir. Elde edilen dNBR sonuçları aşağıdaki ölçek tablosuna göre değerlendirilmektedir.

**Tablo 1.** Yanma Şiddeti Sınıfları (Kavzoğlu vd., 2014)

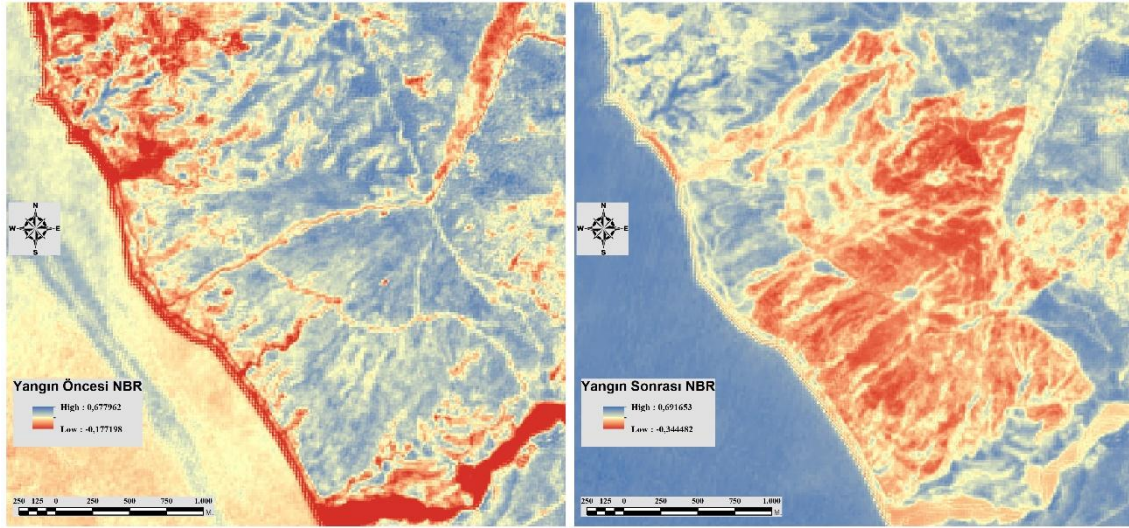
| dNBR         | Yanma Şiddeti                   |
|--------------|---------------------------------|
| <-0.25       | Yüksek Yeşerme (Yangın Sonrası) |
| -0.25 / -0.1 | Düşük Yeşerme (Yangın Sonrası)  |
| -0.1 / 0.1   | Yanmamış                        |
| 0.1 / 0.27   | Düşük                           |
| 0.27 / 0.44  | Orta-Düşük                      |
| 0.44 / 0.66  | Orta-Yüksek                     |
| >0.66        | Yüksek                          |

### 3. Bulgular ve Tartışma

2018 yılı Mayıs ayında Hatay’ın Arsuz ilçesi güneybatısında yer alan Işıklı ve Kale bölgelerinde meydana gelen orman yangınının etkileri, Sentinel uydusuna ait yangın öncesi ve sonrası görüntüleri kullanılarak NDVI, NBR ve dNBR indisleri aracılığıyla değerlendirilmiştir. Yangın öncesi ve sonrası üretilen NDVI görüntüleri (şekil 3), bölgedeki vejetasyon varlığının yangın öncesinde yoğun ve sağlıklı olduğunu; yangın sonrasında ise büyük ölçüde tahribata uğradığını göstermektedir. NDVI değerlerindeki belirgin düşüş, fotosentetik aktivitedeki kaybı açık biçimde ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, yaklaşık 1600 hektarlık alanın çeşitli düzeylerde zarar gördüğünü göstermektedir (Şekil 2).

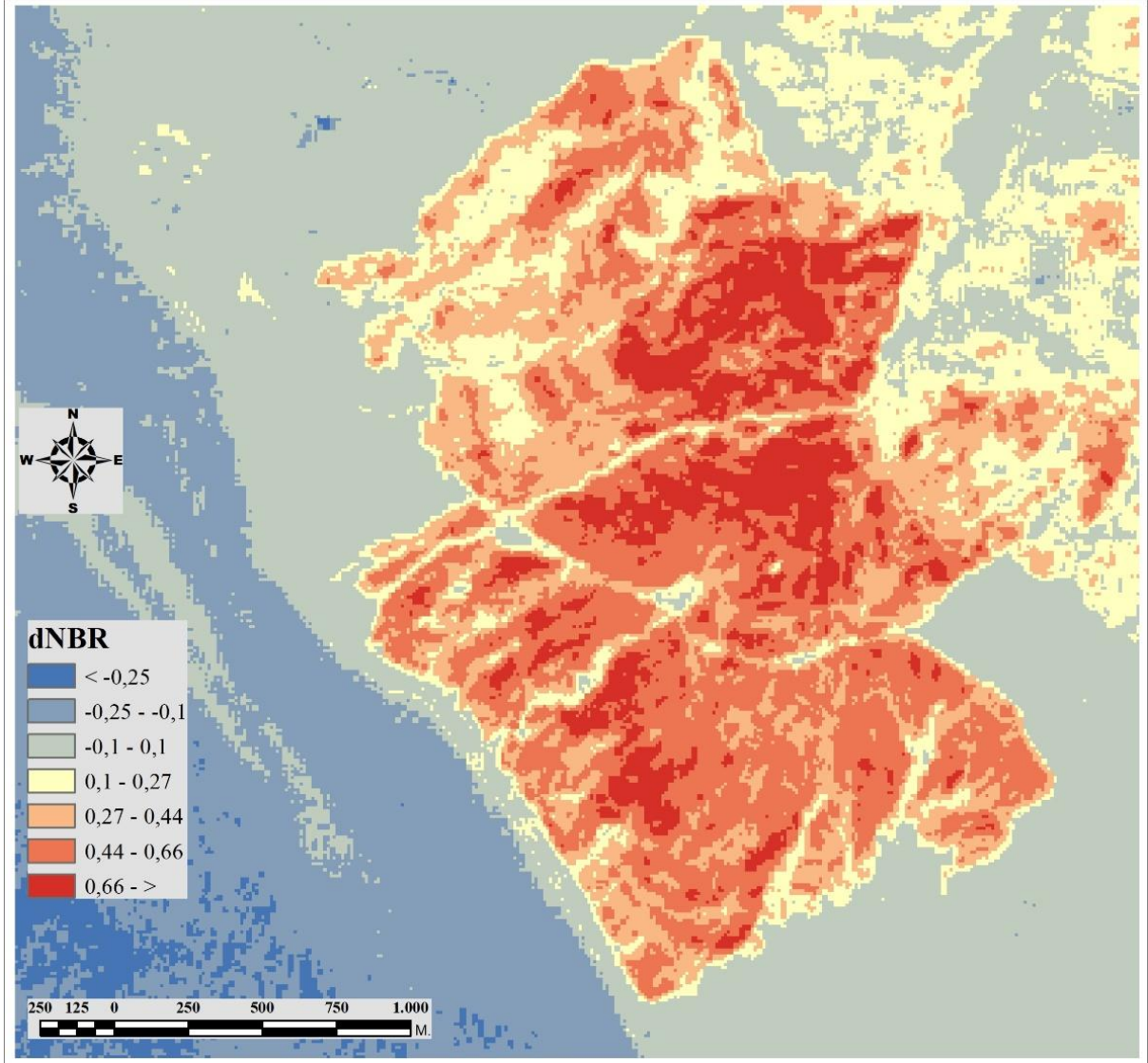


**Şekil 2.** Yangın Öncesi ve Sonrası NDVI



**Şekil 3.** Yangın Öncesi ve Sonrası NBR

NBR analizleri (Şekil 3 ), özellikle orta kızılötesi banttaki yansımanın yangın sonrası arttığını ortaya koymuştur. Bu artış, literatürde de ifade edildiği gibi (Escuin vd., 2008), klorofil kaybı ve yüzeydeki kömürleşmiş bitki materyalinin etkisiyle ilişkilidir. Yangın öncesi yüksek NBR değerlerinin yerini yangın sonrası düşük NBR değerlerine bırakması, bölgedeki yanma şiddetinin uzamsal dağılımını belirgin biçimde ortaya koymuştur. Yangın öncesi ve sonrası NBR değerleri kullanılarak hesaplanan dNBR, alanın yanma şiddetinin belirlenmesinde temel gösterge olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen dNBR haritası, çalışma alanının önemli bir kısmında orta ve orta-yüksek yanma şiddeti görüldüğünü ortaya koymaktadır (Şekil 4). Tablo 1’deki sınıflandırmaya göre dNBR değerlerinin büyük bölümü 0.27–0.66 aralığında yoğunlaşmakta olup, bu aralık yangının hem üst hem alt örtüde etkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, Akdeniz ikliminin hâkim olduğu bölgelerde sık rastlanan yüksek yanma şiddeti profiliyle uyumludur. Yangın sonrası, bazı kesimlerde -0.1 ile 0.1 aralığında kalan dNBR değerleri, yanmamış alanların varlığını işaret etmektedir (şekil 5). Bu kesimler muhtemelen topoğrafyanın koruyucu etkisi, yakıt süreksizliği veya rüzgâr yönünün değişimi gibi faktörlerle ilişkili olabilir. Ayrıca -0.25’in altındaki küçük alanlar, düşük düzeyde yangın sonrası yeşerme eğilimi göstermektedir. Bu bulgu, Akdeniz maki ekosistemlerinin yangın sonrası hızlı yenilenme kapasitesiyle örtüşmektedir. Genel olarak, çalışma alanı sonuçları literatürle uyumlu bir biçimde, NDVI, NBR ve dNBR indislerinin yangın tahribatının belirlenmesinde etkin olduğunu ve özellikle dNBR’nin yanma şiddetini kantitatif biçimde ifade etmede güvenilir bir araç olduğunu göstermektedir (Kurbanov vd., 2022; Güney vd., 2023; Kavzoğlu vd., 2014).



**Şekil 4.** Çalışma Alanı Normalize Fark Yanma Oranı Sınıflandırması

#### 4. Sonuç

Akdeniz coğrafyasında sık görülen yüksek sıcaklık, düşük nem ve karmaşık topoğrafya koşulları, yangın dinamiklerini daha karmaşık hale getirmektedir. Bu nedenle bölgedeki orman yangınlarının etkilerini doğru biçimde ortaya koymak için uydu tabanlı değerlendirmeler kritik öneme sahiptir. Akdeniz bölgesi gibi karmaşık topoğrafyaya sahip alanlarda yangının şiddet düzeylerini geleneksel yöntemlerle haritalamak çok zordur. Yangın sonrası, bitki örtüsünün tahribatı dolayısıyla klorofili ortadan kaldırması, bitki köklerinin kömürleşmesi, toprak neminin değişmesi gibi ciddi spektrum değişimleri gerçekleşmektedir. Bu çalışmada, 2018 Mayıs ayında Hatay'ın Arsuz ilçesi Işıklı ve Kale bölgelerinde meydana gelen orman yangınının etkileri, Sentinel multispektral uydu görüntüleri ile uzaktan algılama teknikleri kullanılarak incelenmiştir. NDVI, NBR ve dNBR indisleri yardımıyla yangının bölge üzerindeki tahribatı hem nitel hem nicel olarak ortaya konmuştur. Analizler sonucunda yaklaşık 1600 hektarlık alanın yangından etkilendiği belirlenmiştir. Bu yanan alan, bölgenin Akdeniz iklimine sahip olmasının yanı sıra yoğun bitki örtüsü ve ibrelili ormanların bulunması, bölgenin kısa mesafede farklılaşan topoğrafik yapısı (eğim, bakı ve yükseklik farklılıkları) yangının yayılmasında ve

şiddeti üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Çalışmada yangın öncesi ve sonrası elde edilen NDVI görüntüleri, yangın öncesine göre bölgede ciddi bir klorofil kaybı ve fotosentetik aktivite düşüşünü ortaya koymuştur. Bu düşüş özellikle genç kızılçam türlerinin bulunduğu alanlarda daha belirgin olup, bu türün iğne yapraklı yapısı gereği yanmaya karşı daha hassas özellik göstermektedir. NDVI'nın yangın sonrası hızlı şekilde düşmesi, çalışma alanındaki biyokütle kaybının nicel bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Yangın sonrası SWIR bandındaki yansımının artması ve NIR bandındaki yansımının azalmasıyla NBR değerlerinde ciddi bir düşüş meydana gelmiştir. NBR analizleri, yanık alanların diğer yüzey tiplerinden (kayalık, tarım alanı vb.) ayırt edilmesini kolaylaştırmış ve yangın izinin mekânsal olarak ayırt etmesini kolaylaştırmıştır. dNBR değerleri incelendiğinde, çalışma alanının büyük bir bölümünün orta (0.27–0.44) ve orta-yüksek yanma şiddeti (0.44–0.66) sınıflarında yer aldığı görülmektedir. Bu bulgu, yangının hem üst hem de alt örtüyü önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. NDVI, NBR ve dNBR indislerinin birlikte değerlendirilmesi, yangının etkisinin kapsamlı biçimde analiz edilmesini sağlamış ve özellikle dNBR'nin yanma şiddetini nicel ve sınıflandırılabilir şekilde ortaya koyduğu görülmüştür. Bu çalışma, uzaktan algılama yöntemlerinin geleneksel hasar tespit yöntemlerinden çok daha hızlı, ekonomik ve etkin olduğunu göstermektedir.

Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Yaklaşık 1600 ha alanda yangından kaynaklı tahribat tespit edilmiştir.
- NDVI değerleri yangın sonrası belirgin biçimde düşmüş ve bölgedeki fotosentetik aktivitenin kaybını açıkça göstermiştir.
- NBR sonuçları, yangın sonrasında özellikle SWIR bantlarında artan yansımının etkisiyle bitki örtüsündeki yoğun tahribatı doğrulamıştır.
- dNBR analizine göre çalışma alanının büyük bir kısmı orta ve orta-yüksek yanma şiddeti sınıflarında yer almakta olup, yangının ekosistem üzerinde ciddi bir etki oluşturduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar, uzaktan algılama tekniklerinin geniş alanlarda gerçekleşen orman yangınlarının etkilerini hızlı, ekonomik ve güvenilir biçimde ortaya koymada etkin bir araç olduğu göstermektedir. Özellikle Sentinel gibi yüksek zamansal/spektral çözünürlüğe sahip uydu platformlarının kullanımı, yangın sonrası tahribatın nicel olarak belirlenmesinde kritik öneme sahiptir.

### Kaynakça

- Eker, Ö., & Abdurrahmanoğlu, D. M. (2018). Orman Yangınlarıyla Mücadele Harcamalarının Analizi: Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü Örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 2(1), 34-48.
- Escuin, S., Navarro, R. and Fernandez, P., (2008). Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 29, No. 4, 20 February 2008, 1053–1073.

- Farrer Owsley-Brown, M. J. Wooster, M. J. Grosvenor & Y. Liu (2024). Can the remote sensing of combustion phase improve estimates of landscape fire smoke emission rate and composition? *Atmospheric Measurement Techniques*, 17(20), 6247–6262.
- Geçen, R., & Topuz, M. (2021). Hatay’da 2013-2021 yılları arasında meydana gelen orman yangınlarının uydu görüntülerinden tespiti ve değerlendirilmesi. *Turkish Studies-Social*, 16(6), 1987-2009.
- Geçen, R., (2021). Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Yanmış Orman Alanlarının Rejenerasyon Sürecinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi: Tahtaköprü Yangını (Amanos Dağları) Örneği, İçinde: Coğrafi Perspektifle Dağ ve Dağlık Alanlar II (Sürdürülebilirlik- Yönetim-Örnek Alan İncelemeleri, Editörler: Salih Birinci, Çağlar Kıvanç Kaymaz, Yusuf Kızılkkan, s. 189-215.
- Güney, C.O., Mert, A. & Gülsoy, S. (2023). Assessing fire severity in Turkey’s forest ecosystems using spectral indices from satellite images. *J. For. Res.* 34, 1747–1761 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01620-7>
- Karabulut M., Karakoç A., Gürbüz M., Kızılelma Y. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Başkonuş Dağında (Kahramanmaraş) Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(24), 171-179.
- Kavzoğlu T., Kaya Ş., Tonbul H., (2014), “Mekansal Otokorelasyon Teknikleri Kullanılarak Modis Uydu Görüntüleri Üzerinden Yanmış Alan ve Yanma Şiddetinin Belirlenmesi”, V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 1-9,İstanbul, Türkiye,14-17 Ekim.
- Kurbanov, E., Vorobev, O., Lezhnin, S., Sha, J., Wang, J., Li, X., Cole, J., Dergunov, D., & Wang, Y. (2022). Remote Sensing of Forest Burnt Area, Burn Severity, and Post-Fire Recovery: A Review. *Remote Sensing*, 14(19), 4714.
- Liew, S. C., Kwoh, L. K., Lim, O. K. and Lim, H. (2001). Remote sensing of fire and haze, in "Forest fires and regional haze in Southeast Asia", ed. P. Eaton and M. Radojevic (New York: Nova Science Publishers), Chapter 5, pp. 67-89.
- Pereira, J. M. C., Mota, B., Oom, D. and Calado, T.J., (2014). ESA CCI ECV Fire Disturbance (fire\_cci) D3.6.2 - Algorithm Theoretical Basis Document – Volume II – BA Algorithm Development ATBD II, BA Algorithm Development, version 2, Technical Note, Issue/Rev-No.: 2.2
- Sefcick, U. G., ve Kavzoglu, T. (2021). Orman Yangınlarında Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Erken Uyarı, Tespit, İzleme ve Müdahale Stratejileri. *Orman Yangınları: Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri*,(ss. 114-135). Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA).
- Szpakowski, D. M., & Jensen, J. L. R. (2019). A Review of the Applications of Remote Sensing in Fire Ecology. *Remote Sensing*, 11(22), 2638. <https://doi.org/10.3390/rs11222638>
- Soydan, O., (2022). Detection of Burnt Areas by Remote Sensing Techniques: Antalya Manavgat Forest Fire. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 10(Sp 2), 3029–3035.

- Sunar, F., & Özkan, C. (2001). Forest fire analysis with remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 22(12), 2265–2277.
- Topuz, M., (2022). Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) Yöntemiyle Hatay İli'nde Orman Yangınları Risk Analizi, İçinde: HATAY ARAŞTIRMALARI-VII Publisher: İKSAD Yayınevi, Editörler: Ahmet Gündüz, Haydar Çoruh, Ömer Faruk Kadan, s.197-215.
- Wu, B.; Zheng, H.; Xu, Z.; Wu, Z.; Zhao, Y. (2022). Forest Burned Area Detection Using a Novel Spectral Index Based on Multi-Objective Optimization. *Forests* 2022, 13, 1787. <https://doi.org/10.3390/f13111787>.

## Ekler

Ek 1. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası

