

**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CBS TEKNİKLERİ KULLANILARAK YANGINA HASSAS ORMAN ALANLARI  
İÇİN YANICI MADDE HARİTALARININ GELİŞTİRİLMESİ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Halil ŞAHİN**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**AĞUSTOS 2019**



**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CBS TEKNİKLERİ KULLANILARAK YANGINA HASSAS ORMAN  
ALANLARI İÇİN YANICI MADDE HARİTALARININ GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Halil ŞAHİN  
(162082502)**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY**

**AĞUSTOS 2019**

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162082502 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Halil ŞAHİN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “CBS Teknikleri Kullanılarak Yangına Hassas Orman Alanları İçin Yanıcı Madde Haritalarının Geliştirilmesi” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY**      .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Doç. Dr. Burak ARICAK**      .....  
Kastamonu Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gül SARIKAYA**      .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Savunma Tarihi :**      **20.08.2019**

**FBE Müdürü :**      **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**      .....  
Bursa Teknik Üniversitesi      ...../...../.....



## ÖNSÖZ

Ormanlarımızın sürdürülebilirliğine zarar veren en önemli abiyotik faktörlerden biri orman yangınlarıdır. Orman yangınlarıyla mücadelede birinci derecede yetkili ve sorumlu olan Orman Genel Müdürlüğü tarafından her yıl ülkemizde çıkan orman yangınları için çok ciddi miktarlarda insan kaynağı ve bütçe ayrılmakta olup söz konusu yangınlar sadece ormanlara zarar vermekle kalmayıp ormana yakın yerleşim birimlerinde can ve mal kaybına da sebebiyet verebilmektedir. Yangın hassasiyet haritalarının oluşturulması orman yangınları sebebiyle meydana gelen zararının engellenmesi veya minimize edilmesi için önem arz etmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin imkânlarından faydalanılarak yapılacak çeşitli analizler neticesinde orman yangınlarıyla mücadele için önemli unsurlar göz önüne alınarak yangına hassas alanlar ortaya konulabilecektir. Bunun sonucunda kaynak israfı veya kaynak yetersizliği gibi sorunlar kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasıyla minimize edilebilecektir. Bu çalışma kapsamında CBS tabanlı çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) metodu ile yangın hassasiyet haritası oluşturulmuştur. Ayrıca yine şefliğe ait alanın CBS tabanlı görünürlük analizi ve ağ analizi metotları ile çeşitli kriterler ele alınarak yangına hassasiyeti irdelenmiştir. Böylelikle çalışma alanındaki yangına hassas alanlar belirlenmiş olup karar vericiler için doğru ve hızlı bir yangın koruma yol haritası oluşturabilmesi sağlanmıştır. Tüm çalışmalarımızda orman yangınlarına birinci derece hassas bölgeleri kapsayan Milas Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yer alan Bodrum Orman İşletme Şefliği değerlendirilmiştir. “CBS Teknikleri Kullanılarak Yangına Hassas Orman Alanları İçin Yanıcı Madde Haritalarının Geliştirilmesi” adlı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan ve katkılarını esirgemeyen, çok değerli hocam ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY’a teşekkürlerimi sunarım. Tez jürimde yer alan ve tez ile ilgili görüşlerinden yararlandığım sayın Doç. Dr. Burak ARICAK’a ve Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gül SARIKAYA’ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez aşamasında bana katkı sağlayan meslektaşım Arş. Gör. İnanç TAŞ’a ve desteklerinden dolayı Muğla Orman Bölge Müdür Yardımcısı Sn. Ahmet DURSUN’a ve Sivas DKMP Şube Müdürü Sn. Okan GÜN’e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak yüksek lisans ve tez çalışmalarım boyunca her zaman yanımda olan ve bana inanan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2019

Halil ŞAHİN

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR .....	vii
SEMBOLLER .....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÖZET .....	xi
SUMMARY .....	xii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Orman Yangınları.....	4
1.1.1 Yangın türleri .....	4
1.1.2 Yangın çıkış sebepleri .....	5
1.1.2.1 Kaza .....	5
1.1.2.2 İhmal ve dikkatsizlik .....	5
1.1.2.3 Kasıt .....	7
1.1.2.4 Yıldırım .....	8
1.1.2.5 Nedeni bilinmeyen .....	9
1.2 Yangını Etkileyen Faktörler .....	9
1.2.1 Yanıcı madde .....	9
1.2.2 Hava halleri .....	10
1.2.3 Topografik koşullar .....	10
1.3 Yangın Alanlarının Sınıflandırılması .....	10
1.3.1 Yangın risk sınıfları .....	11
1.3.1.1 Eğim .....	11
1.3.1.2 Bakı .....	12
1.3.1.3 Bağlı nem .....	12
1.3.1.4 Sıcaklık.....	12
1.3.1.5 Yağış .....	12
1.3.1.6 Rüzgar .....	13
1.3.1.7 Ağaç türü.....	13
1.3.1.8 Kapalılık ve çağ sınıfı .....	13
1.3.1.9 Yerleşim yerlerine uzaklık .....	14
1.3.1.10 Su kaynaklarına uzaklık .....	14
1.3.1.11 Yol yoğunluğu ve yola mesafe.....	14
1.3.2 Yangın tehlike sınıfları.....	14
1.3.3 Yangın hassaslık sınıfları .....	15
1.4 Orman Yangınlarında CBS Tekniklerinin Kullanımı .....	16
1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	18
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ .....</b>	<b>19</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>21</b>

3.1 Çalışma Alanı .....	21
3.2 CBS Veri Tabanı .....	21
3.2.1 Meşcere özellikleri .....	22
3.2.2 Topografik faktörler .....	22
3.2.3 Bazı noktalara yakınlık .....	23
3.3 AHP Yöntemi .....	23
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>26</b>
4.1 CBS Veri Tabanı Bulguları .....	26
4.1.1 Meşcere özellikleri .....	26
4.1.2 Topografik faktörler .....	29
4.1.3 Bazı noktalara yakınlık .....	30
4.1.4 Önceki yangınlar .....	32
4.2 AHP Yöntemi Bulguları .....	33
<b>5. SONUÇLAR .....</b>	<b>38</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>39</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>42</b>





## KISALTMALAR

<b>AHP</b>	:	Analitik Hiyerarşi Süreci
<b>CBS</b>	:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>KSÜ</b>	:	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
<b>OGM</b>	:	Orman Genel Müdürlüğü
<b>OMO</b>	:	Orman Mühendisleri Odası
<b>ORAJ</b>	:	Gök gürültüsü + şimşek
<b>OT</b>	:	Orman toprağı
<b>OYBS</b>	:	Orman yangın yönetim sistemi
<b>SYM</b>	:	Sayısal yükseklik modeli

## **SEMBOLLER**

<b>ha</b>	:	Hektar
<b>km</b>	:	Kilometre
<b>m</b>	:	Metre
<b>m<sup>3</sup></b>	:	Metreküp
<b>°C</b>	:	Santigrat derece
<b>sa</b>	:	Saat



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1.1 : 2008-2018 arasında yangın çıkış nedenleri istatistiği (OGM, 2018) .....	6
Çizelge 1.2 : Yangın Hassasiyet Derecesi ve Yangın Sabitesi.....	15
Çizelge 3.1 : Ağaç çağları.....	22
Çizelge 3.2 : Görece önem ölçeği.....	25
Çizelge 4.1 : Arazi kullanım tipi .....	26
Çizelge 4.2 : Ağaç türleri ve tür kompozisyonları.....	27
Çizelge 4.3 : Çalışma alanında önceki yangın bilgileri (2014-2018) (Anonim 1) ....	32
Çizelge 4.4 : Ağaç türlerine göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.....	33
Çizelge 4.5 : Kapalılığa göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler .....	33
Çizelge 4.6 : Meşcere çağlarına göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler	34
Çizelge 4.7 : Eğim sınıflarına göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler....	34
Çizelge 4.8 : Bakıya göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler .....	34
Çizelge 4.9 : Yola yakınlığa göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler .....	35
Çizelge 4.10 : Yerleşime yakınlığa göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler .....	35
Çizelge 4.11 : Suya yakınlığa göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler....	35
Çizelge 4.12 : Ana kriterlere göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler .....	36
Çizelge 4.13 : Yangın riski sınıflarının alansal dağılımı .....	37

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : 2008-2018 yılları arasında yangın çıkış nedenlerinin dağılımı .....	6
Şekil 1.2 : 2013-2018 yılları arasında kaza nedeni ile çıkan orman yangınlarının dağılımı .....	7
Şekil 1.3 : 2013-2018 yılları arasında ihmal ve dikkatsizlik nedeni ile çıkan orman yangınlarının dağılımı .....	7
Şekil 1.4 : 2013-2018 yılları arasında kasıt nedeni ile çıkan orman yangınlarının dağılımı .....	8
Şekil 1.5 : 2013-2018 yılları arasında yıldırım nedeni ile çıkan orman yangınları .....	8
Şekil 1.6 : 2013-2018 yılları arasında nedeni bilinmeyen orman yangınlarının dağılımı .....	9
Şekil 1.7 : Yamaç yukarı ilerleyen bir orman yangını (Foto: A.Terzioğlu) .....	11
Şekil 1.8 : Orman İşletme Müdürlükleri itibariyle yangın duyarlılık haritası (OGM, 2013) .....	16
Şekil 3.1 : Çalışma alanı .....	21
Şekil 3.2 : AHP modelinin yapısı .....	24
Şekil 4.1 : Arazi kullanım tipleri haritası .....	27
Şekil 4.2 : Ağaç türleri ve tür kompozisyonları haritası .....	28
Şekil 4.3 : Kapalılık haritası .....	28
Şekil 4.4 : Meşcere çağları haritası .....	29
Şekil 4.5 : Eğim sınıfları haritası .....	29
Şekil 4.6 : Bakı haritası .....	30
Şekil 4.7 : Yol ağı tampon zon haritası .....	31
Şekil 4.8 : Yerleşim alanı tampon zon haritası .....	31
Şekil 4.9 : Su kaynakları tampon zon haritası .....	32
Şekil 4.10 : Yangın riski haritası .....	36

## **CBS TEKNİKLERİ KULLANILARAK YANGINA HASSAS ORMAN ALANLARI İÇİN YANICI MADDE HARİTALARININ GELİŞTİRİLMESİ**

### **ÖZET**

Ülkemizde Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarında bulunan orman alanları yangına karşı çok hassastır. Orman yangınları sonucunda yılda yaklaşık 10000 hektar orman alanı zarar görmektedir. Yangınla mücadelede kilit unsurlardan biri erken uyarı ve hızlı müdahaledir. Bu amaca ulaşmak için her şeyden önce, özellikle yangına hassas ormanlarda, yangın riski taşıyan alanlar belirlenmelidir. Orman yangını riski, meşcere özellikleri, topografik faktörler, bazı noktalara yakınlık (yollar, yerleşim yerleri ve su kaynakları) ve iklim parametreleri gibi çeşitli risk faktörleri göz önüne alınarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Bodrum Orman İşletme Şefliğinde bulunan birinci derece yangına hassas orman alanları için orman yangını risk haritası oluşturmak amacıyla GIS teknikleri ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar orman alanlarının %11,83 ve %21,98'inin sırasıyla çok yüksek ve yüksek yangın riski altında olduğunu, %22,28 ve %25,93'ünün orta ve düşük yangın riskini oluşturduğunu göstermiştir. Çalışma alanının geri kalanında ise yangın riski çok düşük bulunmuştur (%17,98). Sonuçlar, ağaç türlerinin en etkili risk faktörü olduğunu ve bunu meşcere çağlarının ve su kaynaklarına yakınlığın takip ettiğini göstermiştir. Bu çalışma, GIS tekniklerinin ve AHP yönteminin entegrasyonunun, yangın riski haritalarının kısa sürede geliştirilmesinde çok avantajlı bir metot olduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar kelimeler:** Orman yangını, CBS, Yangın risk haritası, AHP, Bodrum

## **DEVELOPING FULE MAPS FOR FIRE SENSITIVE FOREST AREAS BY USING GIS TECHNIQUES**

### **SUMMARY**

In Turkey, forest areas located along the coastline of the Marmara, the Aegean and the Mediterranean regions are very sensitive to fire. As a result of forest fires, about 10000 hectares of forest area is damaged annually. One of the key elements in firefighting is early detection and quick intervention. In order to achieve this goal, first of all, the forest areas with fire risk should be determined especially for fire sensitive forest areas. The forest fire risk can be evaluated considering various risk factors such as stand structures, topographic factors, proximity to some features (roads, settlements, and water resources), and climatic factors. In this study, GIS techniques and Analytic Hierarchy Process (AHP) method was used to produce forest fire risk map for the first degree fire sensitive forest land located in Bodrum Forest Enterprise Chief of Muğla Forestry Regional Directorate in Turkey. The results indicated that 11.83% and 21.98% of the forest area was categorized as very high and high fire risk, respectively, while 22.28% and 25.93% was moderate and low fire risk, respectively. The fire risk was found to be very low at the rest of the study area (17.98%). The result showed that tree species was the most effective risk factor, followed by tree stages and proximity to water resources. This study revealed that the combination of GIS techniques and AHP method is very advantageous approach to map forest areas with fire risk in short time.

**Keywords:** Forest fire, GIS, Fire risk map, AHP, Bodrum

## 1. GİRİŞ

Akdeniz bölgesinin doğusu, Kahramanmaraş'tan başlayıp Marmara bölgesine kadar uzanan sahil şeridi boyunca, ülkemizde yaklaşık 3 milyon hektarı verimli ve 2,5 milyon hektarı bozuk koru olmak üzere 5,5 milyon hektar orman alanı yangına birinci dereceden hassas alanlar bulunmaktadır (OMO, 2008). 2004-2018 yılları yangın istatistiklerine göre yıllık ortalama yangın alanı bakımından Antalya (1967,32 ha), İzmir (853,25 ha), Muğla (711,77 ha), Kahramanmaraş (666,99 ha), Mersin (604,67 ha) Orman Bölge Müdürlükleri ilk beş sırada yer almaktadır (OGM, 2019).

Yenilenebilir doğal kaynaklardan biri olan ormanlar üzerindeki baskı son yüzyılda özellikle hızlı nüfus artışı ve tüketici talepleri nedeniyle önemli oranda artmıştır. Orman kaynakları üzerindeki en belirgin baskı yansımaları açmacılık, usulsüz kesimler ve orman yangınları olarak kendini göstermektedir (Ertuğrul, 2005). Orman yangınlarının yaklaşık %95'inin insan kaynaklı olduğu tahmin edilmekte olup orman yangınları ormanları ciddi boyutta tahrip etmekte, orman kaynaklarının sürdürülebilirliğine etki etmekte ve vejetasyon üzerinde önemli biyolojik ve ekolojik zararlara yol açmaktadır (Bilici, 2009).

Orman yangınları ile etkin mücadele edilebilmesi için yangına mümkün olan en kısa sürede ulaşıp müdahale edilmesi gerekmektedir. Orman yangınlarının başladığı anda tespit edilerek yerinin belirlenmesi ve ilk müdahale ekiplerine zaman kaybetmeden bildirilmesi büyük önem arz etmektedir (Çanakçıoğlu, 1993). Orman yangınları ile etkin mücadelenin başında ise öncelikli olarak yangın riski taşıyan alanların belirlenmesi gerekmektedir. Orman yangını riski, meşcere özellikleri, topografik faktörler, bazı noktalara yakınlık ve iklim parametreleri gibi risk faktörlerine bağlı olarak değişmektedir (Carmel ve ark., 2009). Ağaç türleri, kapalılık ve meşcere çağları yangını etkileyen ana meşcere özellikleridir (Gao ve ark. 2011). Orman yangınları ile ilgili olarak, ağaç türleri yangın riskini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Düşük nem ve yüksek reçine içeriğine sahip olan iğne yapraklı ağaçlar, hızlı tutuşma potansiyellerinden dolayı orman yangını açısından risklidir. Öte yandan, yüksek nem içeriğine sahip olan yapraklı türler, orman yangınlarına

karşı direnç göstermektedir (Gazzard, 2012). Yüksek kapalılığa sahip, özellikle %70 ve üzeri kapalı meşcereler, orman yangınları açısından kritik öneme sahiptir. Kolayca tutuşabilen yanıcı madde yoğunluğu nedeniyle, orman yangınları hızla yüzey yangınından tepe yangınına dönüşerek, daha hızlı yayılabilmektedir (Küçük ve ark., 2009). Kapalılığın düşük olduğu ormanlarda, orman yangınları genellikle kısa sürede söndürülebilen yüzey yangınları olarak görülmektedir. Meşcere çağları, yangın riskiyle yakın ilişki içinde olan bir diğer meşcere özelliğidir. Yangın riski genç çağlarda yüksek, yaşlı çağlarda ise düşüktür (Bilgili, 2003; Sağlam ve ark., 2008).

Arazi eğimi ve bakı orman yangını riskini etkileyen ana topografik özelliklerdir (Erten ve ark., 2005). Diğer risk faktörlerinin sabit olduğu düşünüldüğünde, yangın en hızlı dik yamaçlarda hareket eder. Ayrıca, artan eğim orman yangını riskini arttırmaktadır (Jaiswal ve ark., 2002). Yangın riski sıcaklık ve nem üzerine olan etkisine bağlı olarak bakıya göre de değişiklik göstermektedir. Yangın riski düşük nem nedeniyle güney bakılarda nispeten yüksektir (Lin ve Sergio, 2009). Sıcaklık, yağış ve rüzgar gibi iklim parametreleri orman yangını riski üzerinde etkili olmaktadır. Hava sıcaklığı arttığında yanıcı maddeler ısınır, tutuşma sıcaklığına kolayca ulaşır ve orman yangınları daha hızlı yayılır (Çanakçıoğlu, 1993). Yağış doğrudan yanıcı maddelerin nem içeriğini etkilediğinden, yaz mevsimi orman yangınları açısından daha risklidir. Rüzgarlar orman yangınları sırasında açığa çıkan ısı ve gazları, süratle alev alabilen yanıcı maddelere ulaştırırlar (Küçük ve ark., 2009). Kuvvetli rüzgarlar alevleri daha uzak mesafelere taşımakta, yangının ağaç tepelerinin arasına atlamasına ve ön hatta kıvılcım atarak yangının hızlı bir şekilde yayılmasına neden olmakta, ayrıca hızına bağlı olarak yanma alanını da arttırmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

Yol ağları ve yerleşim yerlerinin yakınında bulunan ormanlık alanlarda, kaza sonucu veya insan kaynaklı yangınların olasılığı arttığından bu alanlar daha risklidir. Karayolu ağı ve yerleşim alanları etrafındaki insan faaliyetleri potansiyel olarak artar; bu nedenle, yollara ve yerleşim yerlerine yakın olan ormanlar yangına daha hassastır (Jaiswal ve ark., 2002). Su kaynaklarına uzaklık orman yangını riskinde önemli rol oynayan başka bir faktördür. Su kaynaklarına yakın ormanlık alanlarda yangın kısa sürede kontrol edilebilirken, yangın söndürme faaliyetleri uzak bölgelerde olumsuz yönde etkilenebilir (Çanakçıoğlu, 1993).



Orman yangınlarının ekolojik ve ekonomik etkilerini en aza indirmek için, riskli bölgelerdeki konumsal yangın riski bölgeleri belirlenmeli ve riskli bölgelerde orman yangınlarına karşı önlem alınmalıdır (Akay ve Erdoğan, 2017). Orman yangın riski olan alanların doğru bir şekilde değerlendirilmesi için yangın riski haritaları, yangın riski faktörlerini temsil eden veri katmanları kullanılarak üretilmektedir (Jaiswal ve ark., 2002). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri, yangın yöneticilerine büyük alanlara ait çeşitli veri katmanlarını kısa sürede değerlendirme fırsatı veren büyük yangın risk haritaları oluşturma konusunda önemli potansiyellere sahiptir (Erten ve ark., 2005). Basaran ve ark. (2007), Antalya Orman Bölge Müdürlüğü için önceki yılların kronolojik yangın verilerini kullanarak meteorolojik verileri kullanarak yangın riski haritası hazırlamıştır. Çalışma sonucunda, Antalya bölgesinin kıyı şeridinin orman yangını riski yüksek olduğu bildirilmiştir. Özelkan (2008) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, orman yangını müdahalesinin yüzey şekilleri ve arazi yapısı nedeniyle çok zor olduğu dağlık alanlar için bir yangın riski haritası oluşturulmuştur. Yangın riski haritası, bitki örtüsü, topografya, yol ve yerleşim yerlerine uzaklık gibi belirli risk faktörlerine dayanan 3B analiz ve NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) yöntemleri kullanılarak oluşturulmuştur.

Son yıllarda, CBS teknikleri, yangın riski haritalaması için hızlı ve etkili bir yöntem sağlamak amacıyla Çok Kriterli Karar Verme Analizi (MCDA) ile bütünleştirilmiştir (Carmel ve ark., 2009). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), ormancılık alanındaki karmaşık konumsal sorunları çözmek için kullanılan en yaygın MCDA yöntemlerinden biridir. Özşahin (2014), Antakya Orman İşletme Müdürlüğü için orman yangını hassaslık analizi yapmıştır. Çözüm sürecinde orman yangını riskini etkileyen faktörler ve yangın davranışını etkileyen faktörler GIS teknikleri ve AHP metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar sunulan metodolojinin orman yangını planlamasında etkili karar vermede bir araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Benzer bir çalışmada, Akay ve Erdoğan (2017), birinci derece yangına hassas olarak sınıflandırılan Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki örnek bir şeflik için GIS tabanlı AHP yöntemi kullanarak orman yangını risk haritası oluşturmuştur. Ağaç türleri, kapalılık, meşcere çağı, eğim ve bakı dahil beş risk faktörü değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, ağaç türleri, kapalılık, meşcere çağları, eğim, bakı ve yollara, yerleşim yerlerine ve su kaynaklarına yakınlığı içeren çeşitli yangın riski faktörlerini göz önüne alarak orman yangın riski haritasını üretmek için CBS teknikleri ve AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışma, birinci derece yangına hassas alan olarak sınıflandırılan Milas Orman İşletme Müdürlüğü, Bodrum İşletme Şefliği sınırlarında gerçekleştirilmiştir.

## **1.1 Orman Yangınları**

Orman alanlarında yaşama birliği içinde bulunan canlı ve cansız bütün yanıcı maddeleri (Yaş, kuru dikili ve yatık ağaçlar, ölü örtü, ot ve çalı türü diğer bitkiler vb.) kısmen veya tamamen yakan ve etrafının açık olması nedeniyle serbestçe yayılma eğilimi gösteren yangınlara orman yangınları denir (Eroğlu, 2009). Yanma olayı, oksijen, sıcaklık ve yanıcı maddenin uygun miktarlarda bir araya gelmesiyle gerçekleşmektedir.

### **1.1.1 Yangın türleri**

Orman yangınları; örtü, tepe ve toprak yangını olarak üç türde görülmektedir (OGM, 1995). Ülkemizde yaygın olarak örtü ve tepe yangını görülmektedir. Orman yangınları genel bir davranış olarak öncelikle örtü yangını olarak başlar daha sonra tepe yangını olarak devam ederek geniş alanlara yayılır.

Toprak yangını, ormanda toprak yüzeyi altındaki kalın organik madde tabakalarının (kalın ham humus ve turbalıklar) yanmasıyla meydana gelir (Çanakçıoğlu, 1993). Bu yangın toprak altında ilerlerken zaman zaman yüzeye çıkarak örtü yangınına sebep olur. Bu tür yangınlarla mücadele zordur. Kalın ham humus veya turbalıkların Türkiye'de çok az bulunması sebebiyle ülkemizde bu tür yangın görülmez.

Örtü yangını, orman toprağı üzerinde bulunan ölü ve diri örtünün (ot, çayır, funda, fide, fidan, yaprak, yosun, humus, kuru dal, kütük, kesim artıkları vb.) yanmasıdır (OGM, 1995). Orman yangınları genel olarak ölü örtünün fazla olduğu alanlarda daha kolay yayılır.

Tepe yangını, örtü yangınlarının ilerlemesiyle ağaç ve ağaççıkların tepe kısımlarının da yanmasıyla meydana gelen yangın türüdür (OGM, 1995). Bu yangın türü yangınların kontrol altına alınmasını zorlaştırarak büyümesine ve geniş alanlara

yayılmasına sebep olduğu için en tehlikeli ve en hızlı ilerleyen yangın türüdür. Tepe yangınları ağaçların gelişimini olumsuz yönde etkileyerek meşcerelerin hayatiyetini kaybetmesine yol açmaktadır.

### **1.1.2 Yangın çıkış sebepleri**

Ülkemizdeki orman yangınlarının çıkış nedenleri kaza, ihmal-dikkatsizlik, kasıt, doğal nedenler (Yıldırım) ve nedeni bilinmeyen yangınlar olarak gruplandırılmaktadır. Çizelge 1.1'de 2008-2018 yılları arasında çıkan yangınların nedenleri hakkında istatistik bilgiler yer almaktadır (OGM, 2019). 2008-2018 yılları arasında çıkan yangınlar incelendiğinde, yangınların %39'u ihmal ve kaza, %8'i kasıt, %13'u yıldırım nedeniyle çıkmıştır. Çıkan yangınların %40'ının nedeni ise belirlenememiştir (Şekil 1.1).

#### **1.1.2.1 Kaza**

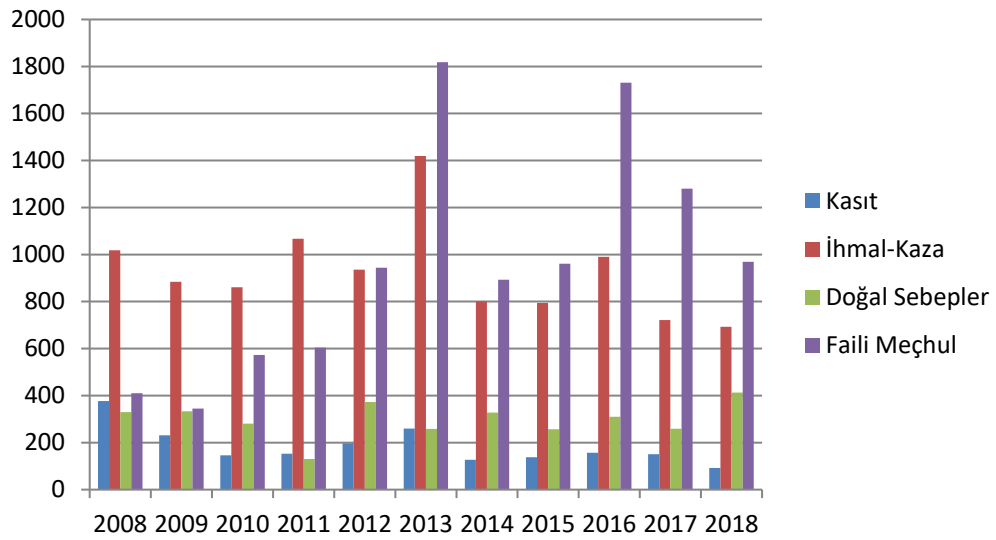
Çıkış nedeni kaza olan orman yangınları çoğunlukla enerji nakil hattı ve diğer sebeplerden meydana gelmektedir. Enerji nakil hatlarında meydana gelen kopmalar, kısa devreye sebep olan kuşların yanarak zemine düşmesi vb. gibi sebepler orman yangınlarının çıkış nedenidir (Şekil 1.2). Trafik kazalarının da orman yangınlarını meydana getirdiği görülmektedir (OGM, 2019). 2008 yılında Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Taşağıl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yaşanan ülkemizin ikinci en büyük orman yangınının sebebi enerji nakil hatları olarak belirlenmiştir.

#### **1.1.2.2 İhmal ve dikkatsizlik**

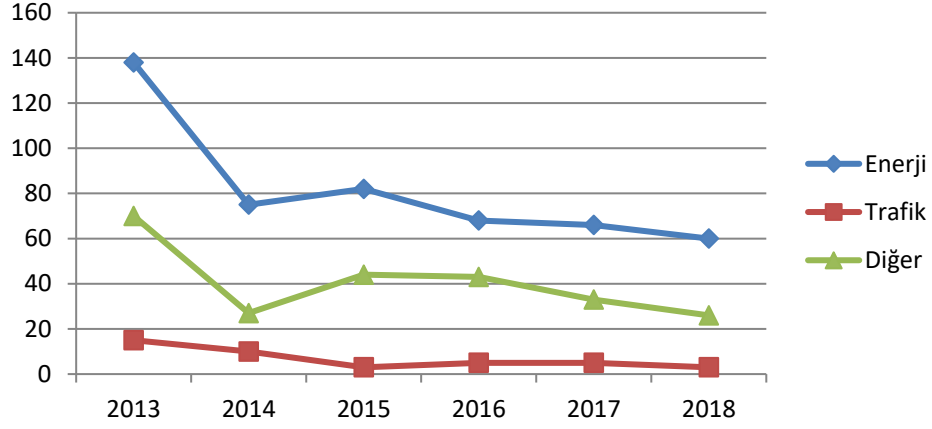
Anız, sigara, çoban ateşi, piknik, diğer gibi nedenler ihmal ve dikkatsizlik sonucu çıkan orman yangınlarının en önemli sebepleri olarak görülmektedir. (OGM, 2019). 2013-2018 yılları arasında çıkan yangınlardan Anız yangınları ilk sırada yer alırken bunu sigara sebebiyle çıkan yangınlar izlemiştir (Şekil 1.3). Üçüncü en önemli neden ise diğer yangınlar olmuştur. Yüksek yangın riskine rağmen, anız; düşük maliyetli olması ve toprak işlemeyi kolaylaştırması sebebiyle yakılmaktadır. İhmal ve dikkatsizlik nedeniyle çıkan yangınlardan olan söndürülmemiş sigaraların orman içi veya kenarına atılması sıklıkla orman yangınlarına sebep olmaktadır. Piknik ateşi yakılması ve gereken önlemlerin alınmamasıyla da orman yangınları meydana gelmektedir.

**Çizelge 1.1 : 2008-2018 arasında yangın çıkış nedenleri istatistiği (OGM, 2019).**

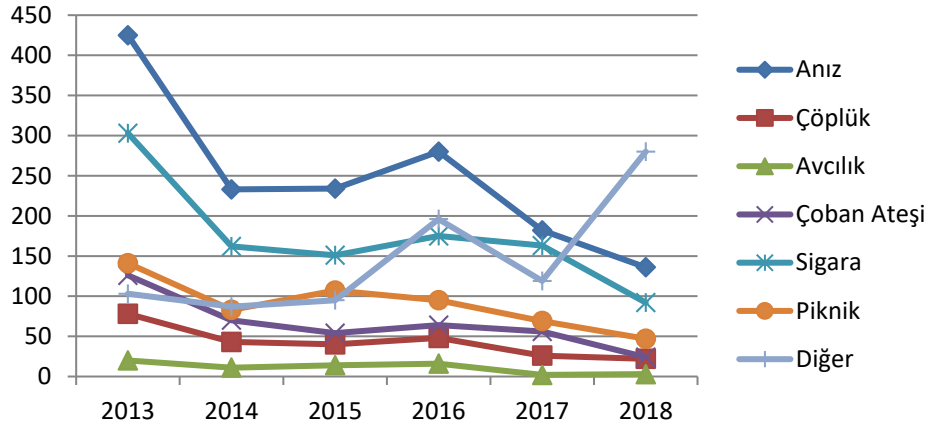
Toplam Yanan Alan	Yangın Çıkış Sebepleri								
	Kasıt			İhmal-Kaza		Doğal Sebepler (Yıldırım)		Faili Meçhul	
Yıl	Adet	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
2008	2135	377	18	1018	48	330	15	410	19
2009	1793	231	13	884	49	333	19	345	19
2010	1861	146	8	861	46	281	15	573	31
2011	1954	153	8	1067	55	130	7	604	31
2012	2450	197	8	936	38	373	15	944	39
2013	3755	260	7	1419	38	258	7	1818	48
2014	2149	127	6	801	37	328	15	893	42
2015	2150	138	6	794	37	257	12	961	45
2016	3188	157	5	990	31	310	10	1731	54
2017	2411	151	6	721	30	259	11	1280	53
2018	2167	92	4	693	32	413	19	969	45



**Şekil 1.1 : 2008-2018 yılları arasında yangın çıkış nedenlerinin dağılımı**



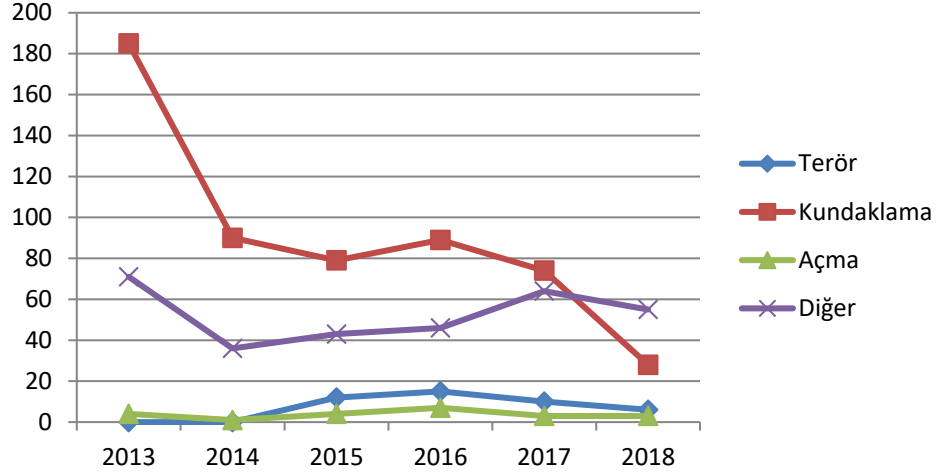
**Şekil 1.2 :** 2013-2018 yılları arasında kaza nedeni ile çıkan orman yangınlarının dağılımı



**Şekil 1.3 :** 2013-2018 yılları arasında ihmal ve dikkatsizlik nedeni ile çıkan orman yangınlarının dağılımı

### 1.1.2.3 Kasıt

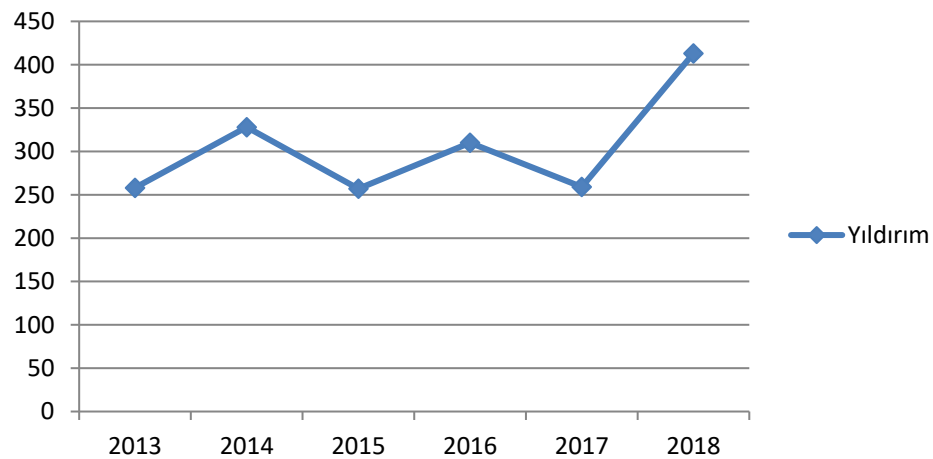
Kasıt nedeniyle çıkan orman yangınlarının başlıca sebepleri; terör, kundaklama, açma ve diğer nedenler olarak sınıflandırılmaktadır (OGM, 2019). Kasıt sebebiyle çıkan yangınların başında kundaklama gelmektedir (Şekil 1.4). Orman içi ve kenarında otlatma alanlarının genişletilmesi için kundaklama yapılabilmektedir. Ülkemizin özellikle doğu kesimlerinde çok sık olmamakla birlikte terör olayları sebebiyle de orman yangınları görülebilmektedir. Ayrıca orman alanlarından açmacılıkla tarım arazisi elde etme amacıyla da orman yangınına sebep olunmaktadır.



**Şekil 1.4 :** 2013-2018 yılları arasında kasıt nedeni ile çıkan orman yangınlarının dağılımı

#### 1.1.2.4 Yıldırım

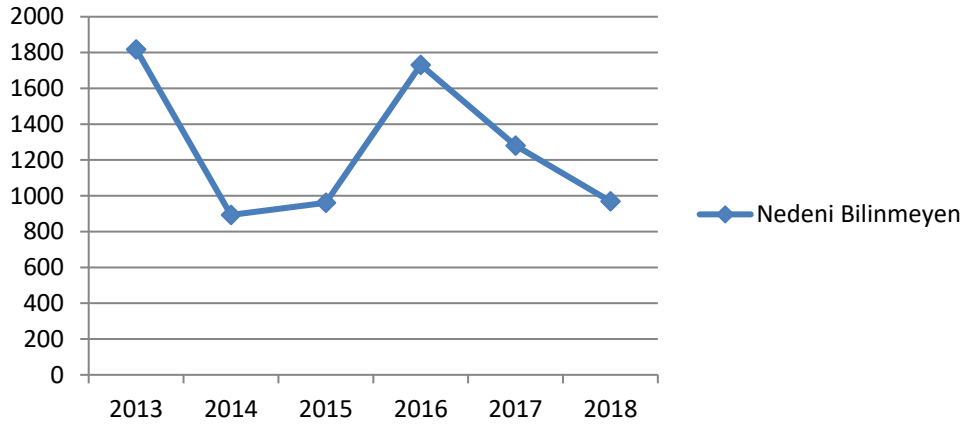
Çıkış nedeni yıldırım olan orman yangınlarının oluşması için ORAJ (gök gürültüsü + şimşek) olması gerekmektedir. ORAJ oluşumu gök gürültülü sağanak yağışlara neden olan kumulonimbus bulutları, yer yüzeyinin farklı ısınması, orografik yükselme ve cephesel sistemlerde dinamik olarak yükselmeye meydana gelmektedir (Avcı ve ark., 2009). Şekil 1.5’de 2013-2016 yılları arasında yıldırım nedeni ile çıkan yangınların istatistikleri görülmektedir (Karaca ve ark., 2000). Ülkemizde İlkbahar, yaz başı ve sonbahar ayları atmosferik kararsızlık ve kara kaynaklı konveksiyon nedeniyle toplam alandaki en yüksek yıldırım-şimşek sayılarının görüldüğü mevsimler olarak karşımıza çıkmaktadır (Öztopal, 2017).



**Şekil 1.5 :** 2013-2018 yılları arasında yıldırım nedeni ile çıkan orman yangınları

### 1.1.2.5 Nedeni bilinmeyen

Orman yangınlarının çıkış sebebi kaza, ihmal ve dikkatsizlik, kasıt ve yıldırım gibi gruplardan birine girmiyorsa yangının çıkış sebebi nedeni bilinmeyen olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 1.6'da 2013-2018 yılları arasında çıkış nedeni bilinmeyen yangınların istatistikleri görülmektedir. Ülkemizde nedeni bilinmeyen orman yangınlarının sayısının yüksek olduğu görülmektedir. Çıkış nedeni bilinmeyen orman yangınlarının sayısının fazla oluşu, çıkış sebebinin dikkatle araştırılmasının, olay yeri ve delil incelemeleri konusunda ilgili birimlerin gerekli eğitim, bilgi ve donanım konusunda desteklenmelerinin önemini göz önüne sermektedir.



Şekil 1.6 : 2013-2018 yılları arasında nedeni bilinmeyen orman yangınlarının dağılımı

## 1.2 Yangını Etkileyen Faktörler

Yangının ilerleyip yayılarak tehlikeli bir durum almasına neden olan tüm faktörler tespit edilmelidir. Yangını etkileyen faktörlerin belirlenmesi yangınla mücadelenin daha başarılı sonuç vermesini sağlamaktadır. Bu nedenle yangını etkileyen tüm faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Yangını etkileyen en önemli faktörlerin başında yanıcı madde, hava halleri ve topografik koşullar gelmektedir (Çanakçıoğlu, 1993).

### 1.2.1 Yanıcı madde

Orman yangının çıkması, gelişmesi ve davranışı, diğer münferit faktörler içinde en fazla yanıcı maddelere bağlıdır. Zira yanma sonucu meydana gelen enerjinin kaynağı yanıcı maddedir. Orman yangınlarıyla mücadelede bu enerjinin şiddet düzeyi ile derecesi iyi saptanarak mücadele stratejisi ona göre belirlenmelidir. Ormandaki

yanıcı maddeler, yayılışları bakımından çeşitli değişiklikler göstermektedir. Yanıcı maddeler, dikey yayılışları ve genel özellikleri dikkate alınarak, yüksek boylu, toprak üstü ve toprak altı orman yanıcı maddeleri olarak üç gruba ayrılabilir. Yangınla savaşacak her ferдин yanıcı madde çeşitleri ile onların yangın ile olan ilişkilerini kısaca yanıcı maddelerin yanma koşullarını çok iyi bilmesi gerekir. Aksi halde yangınla mücadele ederken birçok tehlikeyle karşılaşma olasılığı artar (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.2.2 Hava halleri**

Orman yangınlarının başladığı mıntıklalarda, gerek yangın başlamadan önce, gerekse yangın sırasında, hava halleri sürekli takip edilmesi gereken önemli etkenlerden biri olmaktadır. Hava hallerinin değişik zaman aralıklarında gösterdiği farklılıklar, yangınların nasıl ne zaman ve nerede çıkacaklarını önemli şekilde etkiler. Hava sıcaklığının aksine, bağıl nem değeri sabah ve akşam saatlerinde yüksek, öğle saatlerinde ise düşük olmaktadır. Yanıcı maddenin nem miktarı da bağıl neme göre değişmektedir. Havadaki bağıl nem değeri düştüğünde yanıcı maddelerin nem kaybetmesi sonucu orman yangınları açısından risk oluşmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.2.3 Topografik koşullar**

Yangını etkileyen önemli faktörlerden biri de yangın alanındaki topografik koşullardır. Özellikle yangın yörelerinin engebeli olması yangın davranışı açısından büyük etkilere sebep olmaktadır. Ayrıca arazinin değişik tipleri, iklim ve günlük hava halleri koşullarındaki değişikliklere sebep olur. Bakı, yükseklik, eğim ve arazinin şekli gibi topografik koşulların yangın alanında belirlenmesi yangının yayılma hızı ve yönü üzerinde önemli bilgiler sağlamaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

## **1.3 Yangın Alanlarının Sınıflandırılması**

Ormanların yangın yönünden bazı esaslara göre sınıflandırılması orman yangınlarıyla mücadelede önemli faydalar sağlamaktadır. Belli bir mıntıkada daha önce çıkan orman yangınlarına ait adet, yanan alan, orman genişliği gibi faktörlerle beraber çeşitli kriterlerde dikkate alınarak yangın risk sınıfları, yangın tehlike sınıfları ve yangın hassasiyet sınıfları belirlenmektedir (Çanakçıoğlu, 1993).



### 1.3.1 Yangın risk sınıfları

Yangın riski, yangının başlamasına neden olan faktörlerin varlığı ve etkisine bağlı olarak yeni bir yangının başlama olasılığıdır. Eğim ve bakı gibi topografik özelliklerin yanı sıra sıcaklık, yağış ve nem gibi iklimsel faktörlerle birlikte rüzgar etkisi, yerleşim yeri, ulaşım yolları, arazi kullanımları, su kaynaklarına uzaklık ağaç türü yaşı ve kapalılık gibi bitki örtüsü özelliklerin yangın riski üzerinde güçlü etkileri vardır. Aynı yanıcı madde miktarının bulunduğu ancak insan yoğunluğunun fazla olduğu bir ormanda, yangın tehlikesi aynı derecede olmasına karşın yangın riski daha yüksektir (Çanakçıoğlu, 1993). Orman yangınları ile mücadele zor ve maliyetli bir iş olarak bilinmektedir. Ülkemizde orman yangınlarını önlemek ve etkin mücadele için ayrılan kaynakları optimize şekilde kullanabilmek için orman alanlarındaki risk grupları incelenerek yüksek yangın riskine sahip bölgeler mutlaka tespit edilmelidir.

#### 1.3.1.1 Eğim

Orman yangınlarında arazinin engebelik derecesini gösteren eğimin yangınların yayılmasında büyük önemi vardır (Şekil 1.7). Diğer hususlar eşit olmak koşuluyla, yangınlar eğimli arazide daha çabuk ilerler. Bilindiği üzere eğim arttıkça yangının yayılma hızı da artar (Çanakçıoğlu, 1993).



Şekil 1.7 : Yamaç yukarı ilerleyen bir orman yangını (Foto: A.Terzioğlu)

### **1.3.1.2 Bakı**

Bir eğimin yönü bakı ile belirtilir. Genellikle bir arazi parçasının sekiz rüzgar gülü yönünden hangisine baktığını ifade eden bir deyimdir. Yangın koşulları bakıya göre büyük değişiklikler gösterir. Genellikle güney ve güneydoğu bakıları yangının çıkması ve yayılması için en iyi koşullara sahiptir. Bu yerler daha fazla direkt güneş ışığı alarak havanın ve yanıcı maddenin sıcaklığını arttırıcı etkide bulunurlar (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.3.1.3 Bağıl nem**

Havanın bağıl nemi günün çeşitli saatlerinde çok farklı değerler gösterir. Hava sıcaklığının aksine bağıl nem sabah ve akşam saatlerinde yüksek öğle saatlerinde düşüktür. Yanıcı maddelerin nem miktarı tutuşma hızlarıyla doğrudan ilişkilidir. Yanıcı maddelerin nem miktarının en düşük değerleri havanın bağıl neminin en az olduğu zamanlarda elde edilir. Sonuç olarak havanın bağıl nemi düştükçe yangın riski artmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.3.1.4 Sıcaklık**

Yanıcı maddeler radyasyonla güneşten ve konveksiyonla çevresindeki havadan ısı alırlar. Eğer hava sıcaklığı yüksekse yanıcı maddelerde buna bağlı olarak ısınırlar. Böylece yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmaları kolaylaşır. Yanıcı maddenin sıcaklığı yayılma hızını da etkilemektedir. Sıcak yanıcı maddeler soğuklara hem daha hızlı yanarlar hem de yangın bunlarda daha süratli yayılır. Böylece sıcaklık yangın riskini etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.3.1.5 Yağış**

Orman yangınlarıyla ilgili olarak yağmurun özellikle yangın sezonundaki durumu önemlidir. Yangın sezonunda nem oranı yüksek olan yanıcı maddeler tutuşmak için yüksek sıcaklık derecelerine gereksinim gösterirler. Sonbahar ve kış yağmurlar yanıcı maddenin özellikle gelecek yaz sezonundaki tutuşma durumunu etkilerler kurak geçen kış veya bahar dönemi orman yangınları açısından yaz dönemini yüksek riskli hale getirir. Yağış esas olarak yanıcı maddenin nem miktarını direkt olarak etkilediğinden orman yangını riskini doğrudan etkileyen bir faktördür (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.3.1.6 Rüzgar**

Rüzgar yangınları çeşitli yönlerden etkiler. Kuvvetli rüzgarlar yangının önündeki alevin ileriye götürülmesine, yangının ağaçlarda tepeden tepeye atlamasına, normal koşullarda yangını durduracak engelleri aşmasına, yangının önüne ve yanlarına kıvılcımlar atarak hızla yayılma ve sıçramasına, ayrıca hızına bağlı olarak yanan alanın büyümesine yardım eder. Ayrıca bulunduğu mıntıkaya göre deniz orijinli yönlerden esen rüzgarlar nemli hava kitlelerini taşıdıklarından havanın bağıl nemini yükselterek yangın riskini azaltırken kara menşeli kuru hava kitlelerini taşıyan rüzgarlar havanın bağıl nemini düşüreceğinden yangın riskini arttıran bir etki gösterirler (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.3.1.7 Ağaç türü**

Orman yangınlarıyla ilgili olarak ağaç türleri özellikle taşıdıkları nem oranı açısından yangın riskine etki eden en önemli faktörlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Kızılcım gibi ibreli, düşük nemli, yanma özelliği yüksek reçineye sahip ağaç türleri hızlıca tutuşabilmeleri sebebiyle yangın açısından yüksek risk taşıdıkları gibi kayın gibi geniş yapraklı yüksek nem değerine sahip türler daha geç tutuşacaklarından yangına karşı direnç gösterirler (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.3.1.8 Kapalılık ve çağ sınıfı**

Ormanın kapalılık durumu yangın açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle ağaçların çağ sınıflarıyla birlikte değerlendirildiğinde yangınlarla ilgili olarak önemli bir etkiye sahiptir. %70 ve üzeri kapalılığa sahip sıklık çağında bulunan bireylerden oluşan ormanlar kolay tutuşan ince yancı madde açısından yüksek bir yoğunluğa sahip olduklarından yangınların hızlıca tepe yangınına dönüşerek süratle yayılmalarına sebep olabilmektedirler. Diğer taraftan kalın ağaçlık çağında %40'dan düşük kapalılığa sahip ormanlarda yangının tepe yapması zor, ilerlemesi güç olmaktadır. Bu tür yerlerde genellikle örtü yangını olarak devam eden orman yangınları kısa sürede söndürülebilmektedir. Sonuç olarak ağaçlık çağlarıyla birlikte değerlendirilen kapalılık yangın riski belirleme konusunda çok önemli etkiye sahiptir (Çanakçıoğlu, 1993).

### **1.3.1.9 Yerleşim yerlerine uzaklık**

Ormanın yangınlarının büyük çoğunluğunun ihmal ve dikkatsizlik, kaza ve kasıt gibi insan etkisi sebebiyle orta çıktığı düşünüldüğünde yangın riski açısından önemli bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Yerleşim yerlerine uzak mıntikalarda insan faaliyetleri daha az olduğundan yangın riski düşerken insan faaliyetlerinin yoğun olduğu yerlerde ise bu risk artmaktadır.

### **1.3.1.10 Su kaynaklarına uzaklık**

Ormanın yangınlarıyla mücadelede şüphesiz en önemli araç sudur. Su kaynaklarına yakın mıntikalarda yangın kısa sürede kontrol altına alınabilecekken su kaynağına uzak bölgelerde yangınla mücadele olumsuz etkilenecek ve risk büyüyecektir. Ayrıca baraj, gölet gibi büyük su kaynakları buldukları bölgede bir mikroklima oluşturarak bağıl nemi artırıcı bir etki yapacaklarından yangın riskini düşürücü bir rol oynayacaklardır. Böylece su kaynaklarına olan mesafe yangın riski açısından büyük öneme sahip olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **1.3.1.11 Yol yoğunluğu ve yola mesafe**

Orman yangınları açısından yol yoğunluğu çok önemli hususlardan birisidir. Yeterli yol ağına sahip ormanlarda kritik müdahale süresi içinde bir yangına müdahale etmek mümkün olabilecekken, düşük yol yoğunluğuna sahip alanlarda yangınla mücadelede görevli ekiplerin yangına ulaşması daha uzun sürecek bu da yangının büyümesi riskini ortaya çıkaracaktır. Diğer taraftan taşıt trafiğinin daha yoğun olduğu otoyol, karayolu ve köy yollarında ihmal, dikkatsizlik ve kaza gibi sebeplerle orman yangını meydana gelebileceğinden bu tür yollara olan mesafe de yangın riski açısından önemli bir faktördür.

### **1.3.2 Yangın tehlike sınıfları**

Orman yangınlarını etkileyen geniş kapsamdaki etkenleri içeren faktörler (yanıcı madde nitelik ve nicelikleri, arazideki yamaç eğimi, hava halleri) yangın tehlikesi olarak tanımlanabilmektedir (OGM, 1995). Yanıcı madde miktarı, boyut ve devamlılığı gibi özelliklerin homojen olduğunu kabul ettiğimiz bir ormanda, sıcaklık, yağış, nispi nem, rüzgar yönü ve hızı ile topografik koşullar gibi değişkenlerin yangının ilerleme hızıyla ilişkilendirilmesiyle 1-100 arasında değişen bir “Yangın Tehlike İndeksi” (YTİ) geliştirilmiştir (Neyişçi ve ark., 1996). YTİ değerlerine göre,

“1” değeri yanıcı maddenin yalnızca yıldırım gibi şiddetli bir sıcaklık kaynağı sonucu tutuşabileceğini, yangının sadece kolay tutuşabilen maddelerle yayılabileceğini gösterir. Böyle bir yangın Gece yavaşlar veya toprak üstünde bulunan yanıcı maddeleri yakarak seyrederek ve kıvılcım görülmez. Yangın kenarlardan süpürülerek kısa sürede söndürülebilir. En yüksek YTI değeri olan "100" ise yangının çabuk başlayacağını ve çok süratle ilerleyerek şiddetli bir yanma olayının gerçekleşeceğini gösterir. Bu tür yangınlar dehşetli bir davranışla gelişir ve normal yöntemlerle önlenemeyecek bir süratle ilerler. Kıvılcım ve tepe yangını normal karakterleri arasındadır. Direkt söndürme yöntemleri nadiren tutuşmanın hemen başında uygulanabilir, aksi halde çok tehlikelidir (Çanakçıoğlu, 1993).

### 1.3.3 Yangın hassaslık sınıfları

Bir mıntikanın yangına hassaslık oranı, o mıntıkada çıkan yangın sayısı, yanan alanın işletmenin ormanlık alanına oranı ve yangın sabitesine bağlı olarak belirlenmektedir (Mol, 1994). Orman yangınlarıyla etkili mücadele için İşletmelerin yangına hassaslık sıralamasının yapılması ve hassaslık oranı bilinen bir işletmenin diğer işletmelere göre durumunu göstermek için yangına hassaslık derecesi kavramı geliştirilmiştir. Hassaslık derecesinin doğru tespit edilebilmesi için en önemli unsur, meydana gelen orman yangınlarıyla ilgili arşiv bilgileri bulunmasıdır (Küçük ve Ünal, 2005).

Belirli bir hassaslık derecesine sahip işletmeleri temsil eden yangına hassaslık derecesi aslında yangına hassaslık sınıfını oluşturmaktadır (Mol, 1994). Yangına hassaslık derecesi, yanan alan miktarına ve birim alandaki yangın adedine göre değişim göstermektedir. Yanan alan ve birim alanda çıkan yıllık yangın sayısı azaldıkça hassaslık azalmakta, arttıkça yangına hassaslık artmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993). İşletme şefliklerinin yangın hassaslık derecelerinin belirlenmesinde yangın sabitesi değerlerinden yararlanılmaktadır (Çizelge 1.2).

**Çizelge 1.2 : Yangın Hassasiyet Derecesi ve Yangın Sabitesi.**

Yangına Hassaslık Derecesi	Yangın Sabitesi
I. Derece (en çok hassas)	0,350001 ve daha fazla
II. Derece (çok hassas)	0,200001 – 0,350000
III. Derece (orta derece hassas)	0,100001 – 0,200000
IV. Derece (az hassas)	0,050001 – 0,100000
V. Derece (en az hassas)	0,050000 ve daha az

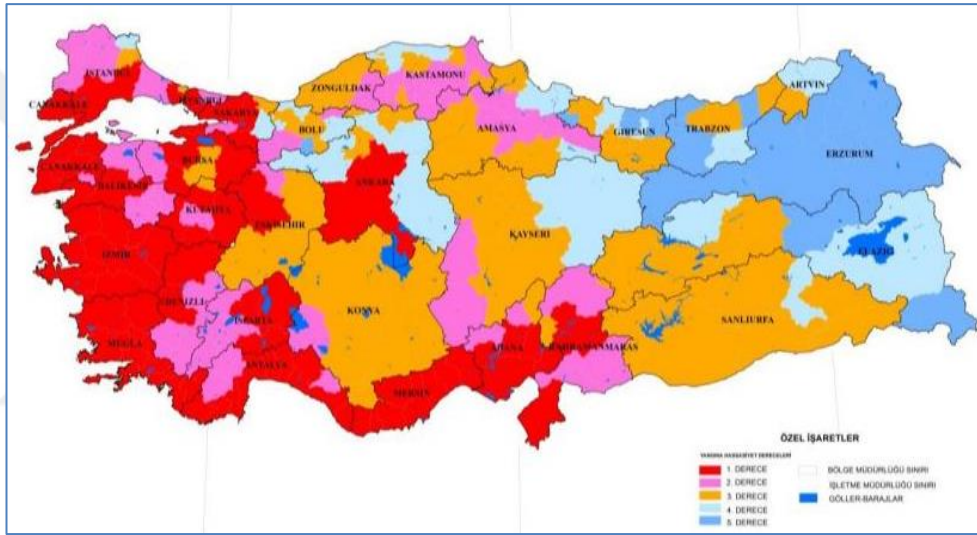
Yangın sabitesi, yangın adedi sabitesi ve yangın alanı sabitesine bağlı olarak aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanmaktadır (Yücel, 1998):

$$\text{Yangın Sabitesi} = (\text{Yangın Adedi Sabitesi} + \text{Yanan Alan Sabitesi})$$

$$\text{Yangın Adedi Sabitesi} = (100 \times \text{Yıllık Ortalama Yangın Adedi} / \text{Ormanlık Alan (ha)}) \times K$$

$$\text{Yangın Alanı Sabitesi} = 100 \times \text{Yıllık Ortalama Yanan Alan (ha)} / \text{Ormanlık Alan (ha)}$$

Yangın adedi sabitesi formülündeki K değeri; Türkiye’de uzun bir zaman periyodu içinde yıllık ortalama yanan alanının, yangın adedine bölünmesi ile edilen bir sabit olup değeri 12,734799 olarak hesaplanmıştır. Şekil 1.8’de Türkiye’de Orman İşletme Müdürlükleri yangın hassasiyet derecesi haritası gösterilmektedir.



**Şekil 1.8 :** Orman İşletme Müdürlükleri itibariyle yangın duyarlılık haritası (OGM, 2013)

#### 1.4 Orman Yangınlarında CBS Tekniklerinin Kullanımı

Günümüzde orman yangınları ile mücadele yangından önce yapılan planlama ve koruma faaliyetleri ile başlamaktadır. Yangınlarla mücadele için ayrılan kaynakların etkin ve ekonomik bir şekilde kullanılması çok önemlidir. Gelişmiş teknolojilerin yangın ile mücadelenin her aşamasına entegre edilmesi kıt kaynakların verimli şekilde kullanılması açısından giderek artan bir önem taşımaktadır (Küçük ve Bilgili, 2006). Özellikle hızla gelişmekte olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri, geniş alanlara ait farklı verilere kısa süre içinde ulaşma ve değerlendirme imkanı sağlaması açısından orman yangınları ile mücadelede her türlü planlamanın etkin olarak uygulanmasında önemli potansiyele sahip olduğu

görülmektedir. Orman yangınları ile mücadelede CBS ve UA teknikleri kullanılarak, yangınlarla ilgili önceden tahmin ve erken tespit, modelleme, yangın oluşumu, yangın organizasyonu ve yangın sonrası hasar tespit çalışmaları yapılabilmektedir. (Erten ve ark., 2005).

Orman yangınlarında CBS gibi karar destek sistemlerinin kullanılması, planlama, yönetim ve karar verme aşamalarından oluşan yangın organizasyonlarının başarısını ve maliyetini etkileyen önemli bir faktördür (Bilgili ve ark., 2001). CBS teknolojisi sayesinde sadece yangın anında değil aynı zamanda yangın öncesi ve sonrasında yapılacak çalışmalar için gerekli bilgilere hızla ulaşmak ve analiz etmek daha kolay ve ekonomik olmaktadır (Küçük ve Bilgili, 2006).

Ülkemizde, OGM tarafından orman yangınlarına hızlı ve etkin müdahale etmek ve yangına en kısa sürede ulaşmak için CBS tabanlı Orman Yangın Yönetim Sistemi (OYBS) geliştirilmiştir (Ün, 2009). Bu sistem sayesinde yangınla mücadelede kullanılan araçların konumları gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve gerektiğinde yönlendirilebilmektedir. Ayrıca, CBS ortamında Ağ Analizi yöntemi kullanılarak devam eden bir yangın sırasında ilk müdahale ekiplerinin yangın alanına en kısa sürede nerden ulaşabileceği belirlenebilmektedir.

OYBS kapsamında, CBS verilerini (Sayısal Arazi Modeli, yanıcı madde, rüzgar hızı ve yönü, nem, sıcaklık vb.) işleyen programlar kullanılarak yangının belirli süre içinde nerelere yayılabileceğini belirlemek amacıyla yangın modelleri üretilebilmektedir (Ün, 2009). Ayrıca, ormanlık alanların yangın potansiyellerinin belirlenebilmesi için yangın hassasiyet, tehlike ve risk haritaları üretilebilmektedir. Oluşturulan bu haritalar üzerinden Sayısal Arazi Modeli (SAM) yardımı ile yangın kulelerinin yapılacak görünürlük analizleriyle yangına hassas bölgelerden ne kadarını gördüğü hesaplanabilir ve bu sayede kulelerin optimum noktalara konuşlandırılabilmesi sağlanabilmektedir.

Orman Yangın Bilgi Sistemi'nde (OYBS) oluşturulan veri tabanı, yeni veri girişleriyle sürekli güncellenerek dinamik bir bilgi arşivi olacaktır. Böylece, CBS teknolojisi güncel bilgilere hızlı ulaşım sağlanabildiği gibi geçmiş bilgiler üzerinden kontrol analiz ve değerlendirmeler yapılmasına olanak sağlayacaktır. Sonuç olarak gerekli bilgiye istenildiği anda ulaşmak ve istenilen formatta rapor oluşturmak mümkün olmaktadır.

## 1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, orman yangınlarıyla mücadele için ayrılan kaynakların verimli olarak kullanılması ve yangınla mücadelenin etkin bir şekilde yapılabilmesi için CBS teknikleri kullanılarak yangın risk haritası geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda orman yangınları açısından riskli alanların belirlenebilmesi için CBS teknikleri kullanılarak ağaç türü, kapalılık, çağ, eğim, bakı, yollara, yerleşim alanlarına ve su kaynaklarına yakınlık gibi kriterler ışığında risk haritası oluşturulmuştur. Arazi çalışmalarında, uygulama alanı olarak Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı ve I. dereceden yangına hassas ormanlık alanlar içeren Milas Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde Bodrum Orman İşletme Şefliği seçilmiştir.





## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Son yıllarda gerek dünyada, gerekse Türkiye’de orman yangınlarının yerinin tespit edilmesi, modellenmesi, yangın oluşumunun izlenmesi ve söndürme çalışmalarının organize edilmesi, yangın sonrası oluşan hasarın belirlenmesi için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar daha çok CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) destekli olarak gerçekleştirilmektedir (Şahin ve Gümüştay, 2007).

Başaran ve ark. (2007) bir çalışmalarında geçmiş yıllara ait yangın verileriyle birlikte meteorolojik veriler kullanılarak yangın risk ve tehlike haritası oluşturulmuşlardır. Çalışma alanı olarak Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanı seçilmiştir. 1978-2004 yılları arasındaki yangın verileriyle 1980-2000 yılları arasındaki meteorolojik verilerin kullanıldığı çalışmada verilerin analizinde CBS metotları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yangın riski ve tehlikesi açısından genel olarak Antalya bölgesi sahil şeridinin yüksek risk taşıdığı, yangın tehlikesi açısından da benzer bir durum olduğu görülmüştür. Serik bölgesinin en yüksek yangın riski ve tehlikesine sahip olduğu saptanırken Elmalı, Akseki ve Korkuteli bölgelerinin en düşük yangın risk ve tehlikesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Özelkan (2008), bir çalışmasında yüzey şekilleri ve arazi yapısından dolayı orman yangınına müdahalenin çok zor olduğu sahalarla ilgili yangın risk haritası oluşturmuştur. Böylece çeşitli sebeplerle yangına müdahalede güçlük çekilen sahalarda yangın risk haritası oluşturmanın faydalarının ortaya konması amaçlanmıştır. Antalya'nın Kaş ilçesine bağlı Kasaba köyü civarında Kıbrıs Çayı Kanyonunda 28 Ağustos 2006 tarihinde yanan alan çalışma sahası olarak belirlenmiştir. 3D Analiz (3D Analyst) metoduyla sayısal arazi modeli oluşturulan sahanın uzaktan algılama metoduyla (kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma algoritmaları) arazi sınıflandırması yapılmıştır. Son aşamada belirlenen risk sınıfları (bitki örtüsü, yükselti, eğim, bakı, yola uzaklık ve yerleşim yerlerine uzaklık) CBS'de 3D analiz ve uzaktan algılamada NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) metotları kullanılarak yangın risk haritası oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda oluşturulan risk haritası incelendiğinde, yangının çıktığı Kıbrıs Çayı

Kanyonunun daha çok orta ve yüksek riskli alanlardan oluştuğu görülmüştür. Özellikle arazi yapısının müdahaleyi oldukça zorlaştırdığı mıntikalarda yangın risk haritalarının orman yangınlarıyla mücadele organizasyonu planlamasında yangına erken ve etkin müdahale açısından çok önemli bir araç olduğu ortaya konulmuştur.

Özşahin (2014) benzer bir çalışmada Antakya Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarını dahilinde orman yangını duyarlılık analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu analiz, orman yangını riskini etkileyen faktörler (bitki örtüsü, yükselti, eğim, bakı, arazi kullanımı, yerleşmeye mesafe, yol hatlarına mesafe) ile yangına müdahaleyi etkileyen faktörler (su kaynaklarına mesafe, yangın müdahale ekiplerine mesafe, yangın gözetleme kulelerine mesafe, yangın gözetleme kulelerinden görülebilirlik) göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bu faktörler CBS teknikleri ile AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemi kullanarak analiz edilmiştir.

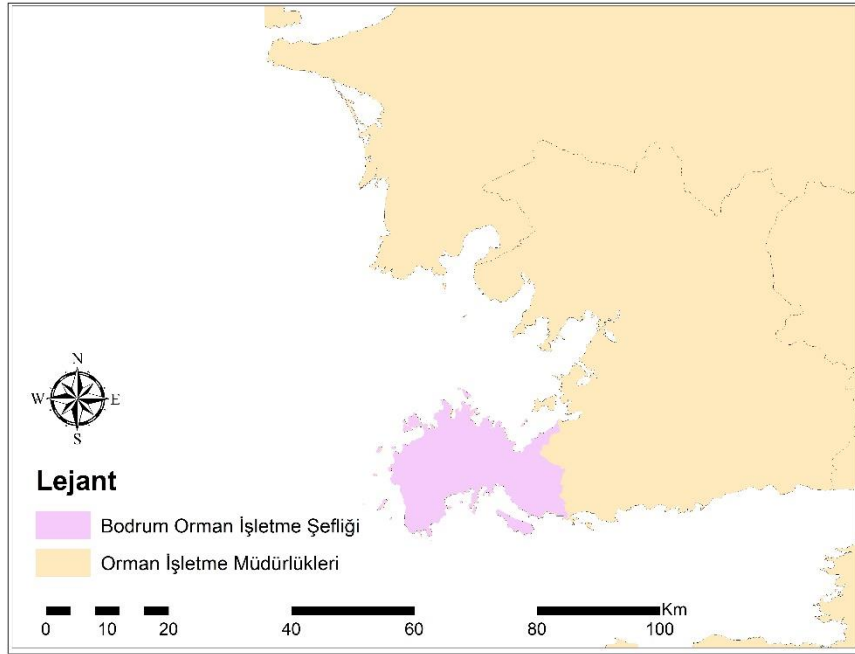
Asri ve ark. (2015) belirli bir bölgede daha önce çıkmış orman yangınlarıyla birlikte yangın risk sınıflarını değerlendirerek yangın risk haritası oluşturmuştur. Çalışma alanı olarak Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sorumluluk sahaları seçilmiştir. Bu çalışmada topografya, rüzgar, nem, sıcaklık ve coğrafi konumla ilişkili yükseklik, bakı ve eğim gibi orman yangınları üzerinde etkili olan faktörler CBS ortamında kurulan modeller aracılığıyla birlikte analiz edilip değerlendirilmiştir. Risk sınıfları için ayrı ayrı oluşturulan raster veri katmanları karşılaştırılıp çıkmış yangınlarla ilişkilendirilerek birbirleri arasındaki etkileşim analiz edilmiş ve risk haritası oluşturulmuştur. Böylece hangi bölgelerde hangi faktörlerin daha yüksek risk oluşturduğu ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda bölgedeki ormanların dağılımının yoğun olduğu güneye bakan dağ yamaçlarında ve yine sahile yakın düşük kotlu vadilerde yangın çıkışında en etkili olan faktörün düşük nispi nem olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan sahile paralel olarak uzanan dağlık bölgelerin kuzey kesimlerinde ki yüksek düzlüklerde orman yangını çıkışında etkili faktörün ise hava sıcaklığı ve rüzgar olduğu ortaya konmuştur.

Bingöl (2017) benzer bir çalışmada Burdur ilinin başta insan faktörüne odaklanarak yangın risk alanlarının haritalanmasında yola ve yerleşime olan mesafe, bakı, eğim ve vejetasyon türü gibi çeşitli parametrelerini değerlendirmiş olup analiz ve hesaplamalarda CBS kullanarak Burdur ilinin yangın risk haritasını ortaya koymuştur.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Çalışma Alanı

Çalışma, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Milas Orman İşletme Müdürlüğü, Bodrum Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yapılmıştır (Şekil 3.1). Alanda ortalama yükseklik ve arazi eğimi sırasıyla 202 m ve %23'tür. Alana hakim olan ağaç türleri Kızılcıam, Fıstık çamı ve maki bitki örtüsüdür.



Şekil 3.1 : Çalışma alanı

#### 3.2 CBS Veri Tabanı

Yangın riski haritası, yangın riski faktörlerini temsil eden mekansal veri katmanlarından (10 m x 10 m) oluşan CBS veri tabanı kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışmada değerlendirilen yangın riski faktörleri; ağaç türü, kapalılık, meşcere çağları, eğim, bakı ve yollara, yerleşim yerlerine ve su kaynaklarına yakınlıktır. İklim Bodrum Orman İşletme Şefliği sınırlarında önemli ölçüde değişiklik göstermediğinden iklimsel parametreleri risk faktörlerine dahil edilmemiştir. Risk faktörlerine ait sayısal veri katmanları, Milas Orman İşletme Müdürlüğünden temin

edilen orman amenajmanı haritası (1:25000) ve topografik harita (1:25000) esas alınarak üretilmiştir. Çalışmada CBS analizleri ArcGIS 10.4.1 kullanılarak yapılmıştır.

### 3.2.1 Meşcere özellikleri

Yangın riskini etkileyen meşcere yapıları ağaç türü, kapalılık ve meşcere çağı olarak kabul edilmiştir. İlk olarak, orman amenajmanı haritasına dayalı olarak Bodrum Orman İşletme Şefliği arazi kullanım haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanı sınırını temsil eden orman alanı haritası arazi kullanım tipi haritasından üretilmiştir. Daha sonra, ağaç türlerini temsil eden veri katmanı orman haritası kullanılarak elde edilmiştir.

Meşcere kapalılığı dört grupta kategorize edilmektedir; boşluklu kapalı (% 0-10), gevşek kapalı (% 11-40), orta kapalı (% 41-70) ve tam kapalı (>% 70). Ormanlık alanlarda, kapalılık arttıkça yangın riski artmaktadır (Bilgili, 2003). Ağaç çağıları, Çizelge 3.1'de belirtildiği gibi beş gruba ayrılmıştır. Yangın riski erken evrelerde yüksektir, ancak olgun evrelerde azalır (Sağlam ve ark., 2008).

**Çizelge 3.1 : Ağaç çağıları.**

Meşcere Çağıları	Ortalama Çap (cm)
Gençlik ve sıklık	< 0-8
Sırlıklık ve direklik	8-19,9
İnce ağaçlık	20-35,9
Orta ağaçlık	36-51,9
Kalın ağaçlık	>52

### 3.2.2 Topografik faktörler

Çalışma alanına ait topografik harita üzerindeki eşyükselti eğrileri (10 m) kullanılarak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretilmiştir. Daha sonra, çalışma alanı için eğim ve bakı haritaları SYM temel alınarak oluşturulmuştur. Eğim haritası, yumuşak (% 0-5), düşük (% 5-15), orta (% 15-25), yüksek (% 25-35) ve dik (>% 35) olmak üzere beş sınıfta yeniden sınıflandırılmıştır. Arazi eğimi arttıkça, yangının yayılma hızı artar ve bu da yüksek yangın riskine neden olmaktadır (Jaiswal ve ark., 2002). Çalışma alanına ait veri katmanı dokuz bakı sınıfına ayrılmıştır.

### 3.2.3 Bazı noktalara yakınlık

Orman alanlarının yangın riski oranlarını belirlemek için yollar, yerleşim alanları ve su kaynakları gibi bazı noktalara olan yakınlıklar dikkate alınmıştır. Bu amaçla, ArcGIS 10.4.1 programında “Buffer” özelliği kullanılarak bu noktalar etrafında tampon bölgeler oluşturulmuştur. İlgili literatüre dayanarak, yol ağı ve yerleşim alanları çevresinde 100 m, 200 m, 300 m ve 400 m tampon zonlar oluşturulmuştur (Sivrikaya ve ark., 2011). Yol ağı ve yerleşim alanlarının yakınındaki ormanlarda yoğun insan faaliyetlerine bağlı olarak yangın riski daha fazla görülmektedir (Jaiswal ve ark., 2002).

Sahile yakın bölgelerde yangın söndürme ve soğutma çalışmalarında anahtar göreve sahip helikopter ekibinin su kaynağı çoğunlukla deniz olduğundan, bu çalışmada Bodrum Orman İşletme Şefliğinin üç tarafını çevreleyen Ege Denizi başlıca su kaynağı olarak kabul edilmiştir. İlk aşamada, kıyıya yakın yerlerdeki sığ sulardan helikopterle su alma işlemi riskli olacağından, “Buffer” analizi kullanılarak sahil şeridi boyunca kıyından 50 m mesafede tehlikeli bölge belirlenmiştir. Daha sonra, orman alanları tehlikeli bölgeye uzaklıklarına göre tampon zonlara ayrılarak yangın riski oranları belirlenmiştir. Zonların genişlikleri, helikopterin her dönüşte yangın alanına varış zamanına göre belirlenmiştir. Orman yangınlarında görev alan ekiplerden alınan bilgilere dayanarak, varış zamanı yangın riski bakımından dört zaman dilimine (1,5 dk; 2,0 dk; 2,5 dk ve 3,0 dk) ayrılmıştır. Bu zaman değerlerine helikopterle gidiş-dönüş uçuş süresi ile manevra ve su yükleme için harcanan ek süreler dahil edilmiştir. Ek süre, yangın ekiplerinin deneyimlerine dayanarak bir dakika olarak tahmin edilmiştir. Son olarak, dört zaman dilimi ve yangın helikopterin ortalama uçuş hızı göz önüne alınarak, tehlikeli bölge çevresinde 1000 m, 2000 m, 3000 m ve 4000 m tampon zonlar üretilmiştir. Türkiye’de yangın mevsiminde kullanılan yangın helikopterleri göz önüne alındığında ortalama helikopter hızı olarak 225 km/saat kullanılmıştır (Akay ve ark., 2012).

### 3.3 AHP Yöntemi

AHP yöntemi kullanılarak ArcGIS ortamında yangın risk haritası geliştirilmesi amaçlanmıştır. AHP metodolojisinde hiyerarşik yapıyı oluşturan bileşenlerin her bir kümesi farklı bir hiyerarşi düzeyini tanımlamaktadır (Saaty, 1977). Yapının en üst düzeyinde ana amaç, bunun altında amaca ulaşmayı sağlayan kriterler ve alt kriterler,

en alt düzeyde ise alternatifler yer almaktadır. Bu çalışmada, ağaç türü, kapalılık, meşcere çağları, arazi eğimi, bakı, bazı noktalara yakınlık (yol ağı, yerleşim alanları, su kaynakları) ana kriterler olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında ormanlık alanların yangın riski düzeylerinin belirlenmesi amacıyla en düşük yangın riski taşıyan alanlardan başlanarak en yüksek risk taşıyan alanlara doğru beş alternatif risk grubu dikkate alınmıştır. Şekil 3.2'de bu çalışmada geliştirilen AHP yapısı görülmektedir.

<b>Ana Amaç</b>							
Yangın Risk Haritasının Geliştirilmesi							
<b>Ana Kriterler</b>							
Ağaç Türü	Kapalılık	Meşcere Çağları	Eğim (%)	Bakı	Yola Yakınlık (m)	Yerleşim Alanına Yakınlık (m)	Su Kaynaklarına Yakınlık (m)
<b>Alt Kriterler</b>							
Kızılçam Maki	Boşluklu	Gençlik, sıklık	0-5	Düz	100	100	1000
Bozuk sahalılar	Gevşek	Sırlıklık, direklilik	5-15	K	200	200	2000
Hurma	Orta	İnce ağaçlık	15-25	KD	300	300	3000
Kızılçam, Halep ç.	Tam	Orta ağaçlık	25-35	D	400	400	4000
Halep çamı		Kalın ağaçlık	>35	GD			
Fıstık çamı				G			
				GB			
				B			
				KB			
<b>Alternatifler</b>							
En Düşük Risk	Düşük Risk	Orta Risk	Yüksek Risk	Çok Yüksek Risk			

**Şekil 3.2 : AHP modelinin yapısı**

Hiyerarşik yapıda herhangi düzeydeki bileşenlerin diğer bileşenler üzerinde neden olduğu etki derecesi kriterler arasında ikili karşılaştırmalar ile belirlenmiştir. İkili karşılaştırmalarda kriterlerin önem derecelerinin sayısal olarak ifade edilebilmesi için görece önem ölçeği kullanılmaktadır. Bu çalışmada, araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılan ve iyi sonuçları veren 1-9 görece önem ölçeği, tercih edilmiştir (Saaty, 1977) (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2 : Görece önem ölçeği.**

Önem Derecesi	Açıklama
1	Eşit derecede önemli
3	Biraz daha fazla önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Kesinlikle önemli
2, 4, 6, 8	İki yakın ölçek arasında kullanılan ara değerler

İkili karşılaştırmalar, çalışma konusu hakkında uzman kişi veya kişilerin görüşleri doğrultusunda yapılmaktadır. AHP çalışmalarında karar vericiler tek kişi olacağı gibi birden fazla kişiden de oluşabilmektedir (Özden, 2008). Birden fazla kişinin karar verici olması durumunda, tüm tercihlerden tek bir hüküm çıkarılması tutarlılık açısından bazı sakıncalar içermektedir. Karar verici tek bir kişi olduğunda karar alınması daha kolay olduğundan ve daha tutarlı sonuçlar verdiğinden, bu çalışmada, kriterlerin yangın riski üzerindeki etkilerini ortaya koyan ampirik çalışma sonuçlarına dayanılarak, ikili karşılaştırmalar tek karar verici tarafından gerçekleştirilmiştir. Karar vericilerin yaptığı ikili karşılaştırmaların gerçekçiliği tutarlılık oranı (CR - Consistency Ratio) hesaplanarak değerlendirilmektedir. CR değerinin 0,10'dan küçük olması karar vericinin tutarlı olduğunu gösterirken, 0,10'dan büyük olması ise karar vericinin tutarsızlığını göstermektedir. AHP'de son olarak genel amaç açısından alternatiflerin görece önem değerleri belirlenmiştir. Karar aşamasında ise alternatiflerin görece önem değerleri karşılaştırılarak, yangın risk düzeyi belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 CBS Veri Tabanı Bulguları

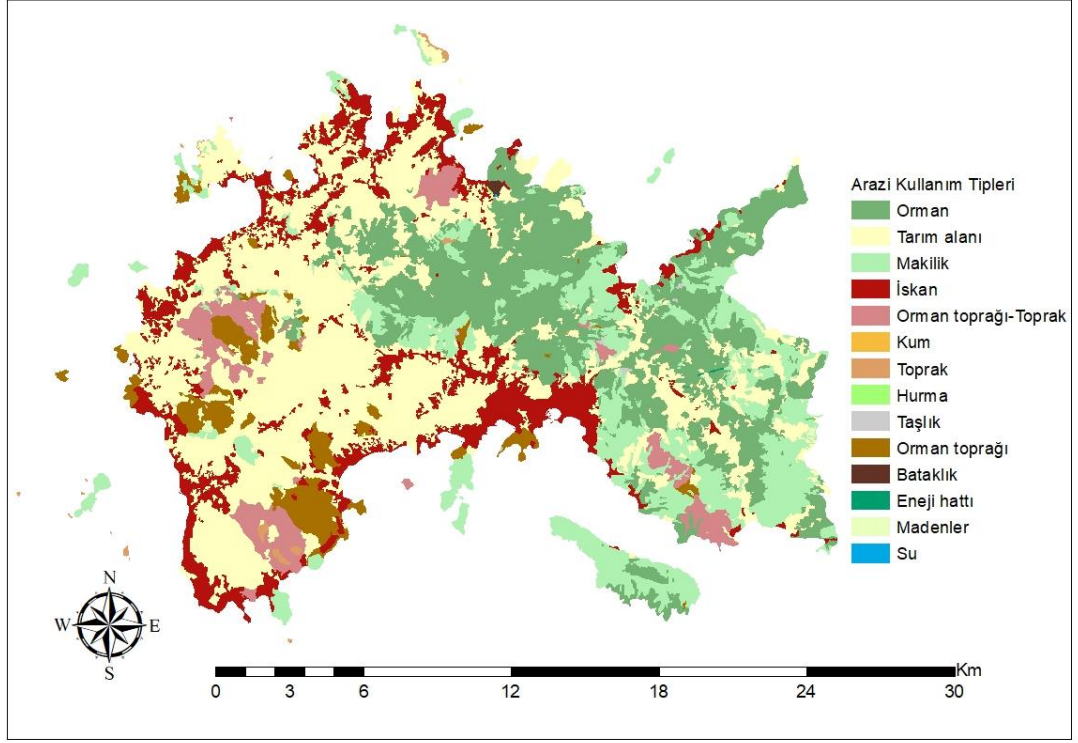
#### 4.1.1 Meşcere özellikleri

Bodrum Orman İşletme Müdürlüğünde en geniş alanı kaplayan arazi kullanım tipinin ormanlar (% 39,39) olduğu, bunu tarım alanlarının (% 37,27) ve yerleşim alanlarının (% 12,90) takip ettiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). Ağaç türleri bakımından orman alanında yedi tür veya tür kompozisyonu yer almaktadır (Çizelge 4.2, Şekil 4.2). En yaygın bitki türleri maki (% 41,61) olup, ardından Kızılcıam (% 32,41) ve bozuk sahalar (% 25,67) gelmektedir.

**Çizelge 4.1 : Arazi kullanım tipi.**

Arazi Kullanım Tipi	Alan (%)
Orman	39,390
Tarım alanı	37,265
Yerleşim	12,900
Orman toprağı-Toprak	4,907
Kum	0,005
Toprak	0,344
Taşlık	0,094
Orman toprağı	4,731
Bataklık	0,078
Enerji hattı	0,021
Madenler	0,260
Su	0,004

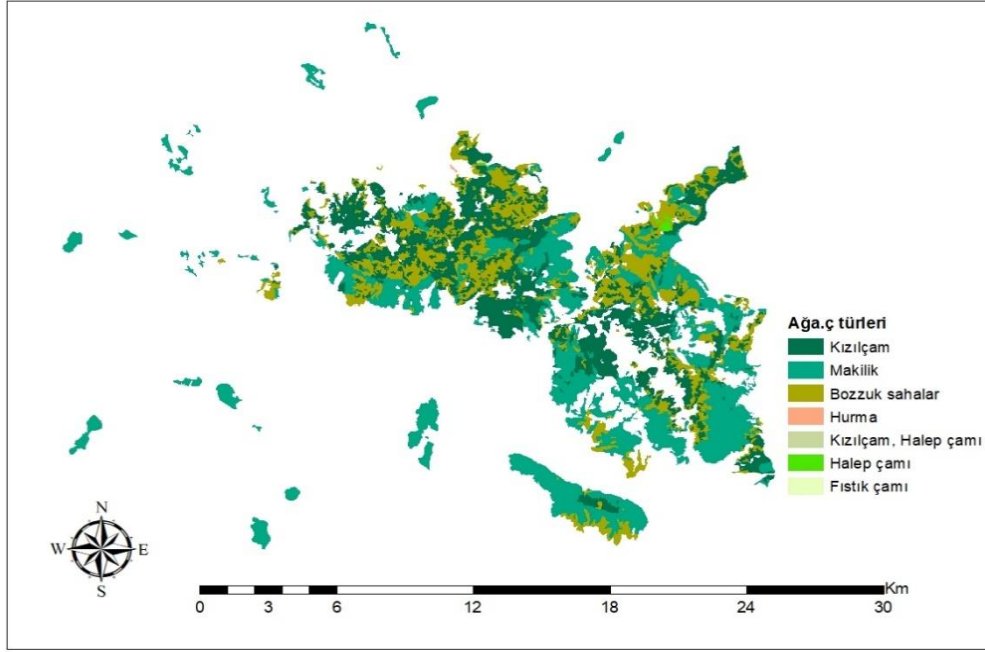




Şekil 4.1 : Arazi kullanım tipleri haritası

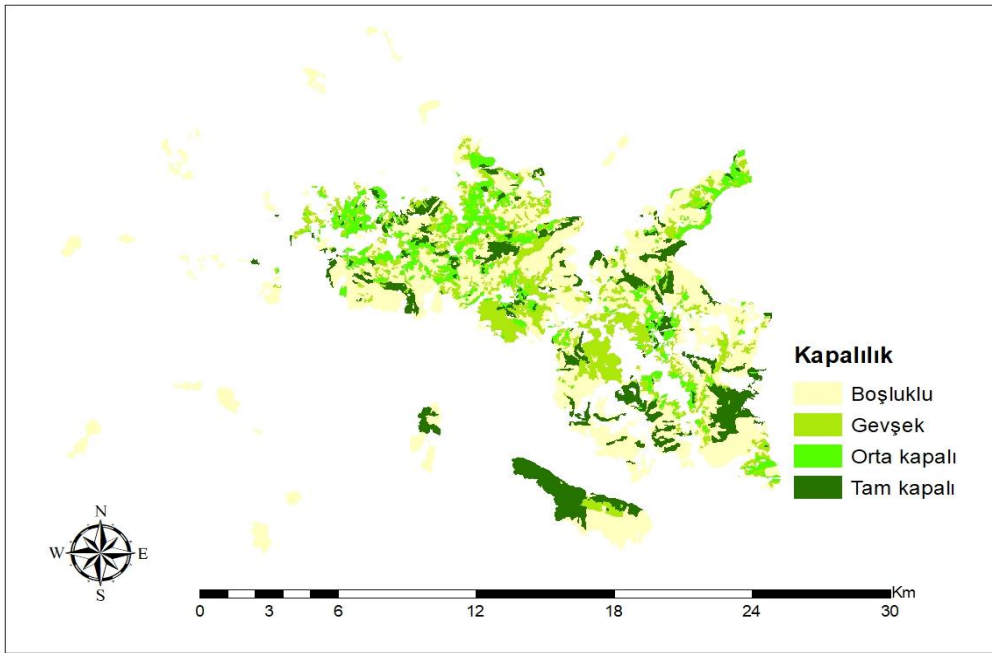
Çizelge 4.2 : Ağaç türleri ve tür kompozisyonları.

Ağaç Türleri	Area (%)
Kızılçam	32,41
Makilik	41,61
Bozuk sahalar	25,67
Hurma	0,03
Kızılçam, Halep çamı	0,03
Halep çamı	0,25
Fıstık çamı	0,00

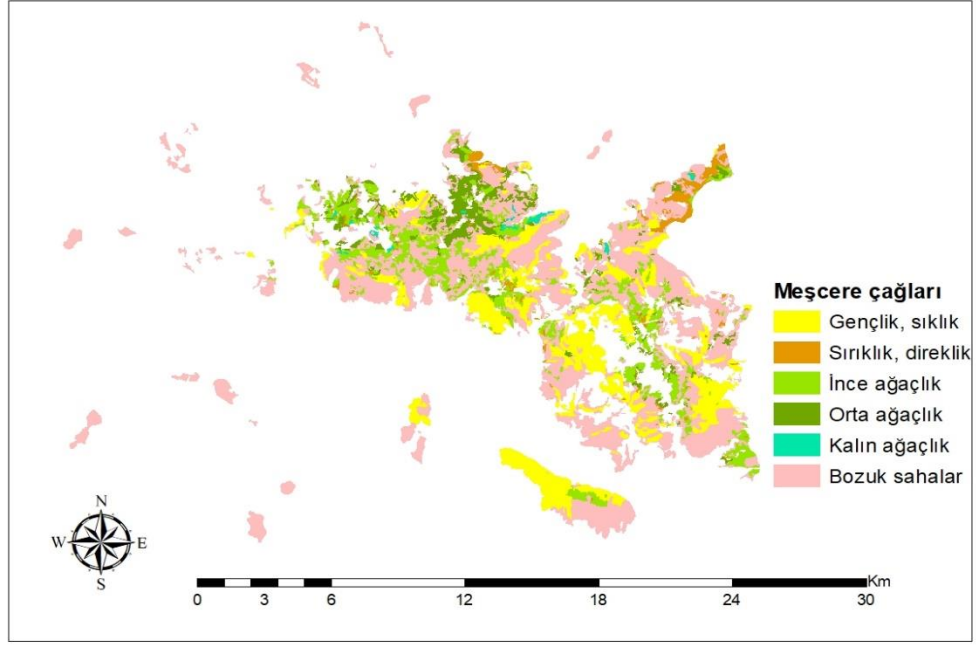


**Şekil 4.2 : Ağaç türleri ve tür kompozisyonları haritası**

Kapalılık haritası, çalışma alanının yarısından fazlasının boşluklu arazi (% 53,12) olduğunu ve bunu gevşek (% 18,35) ve tam kapalı alanların (% 16,22) takip ettiğini göstermiştir (Şekil 4.3). Orta kapalı alanlar sahanın % 12,31'ini kaplamaktadır. Sonuçlar ayrıca çalışma alanının % 21,50 ve % 14,80'inin sırasıyla gençlik ve ince ağaçlık çağlarında olduğunu göstermiştir (Şekil 4.4).



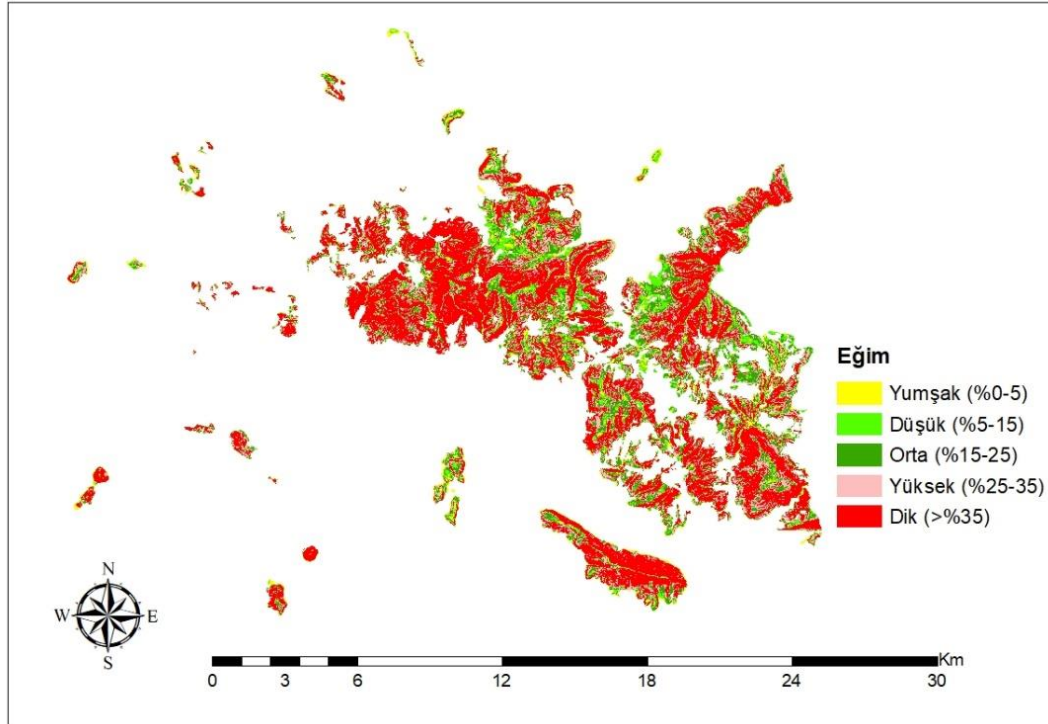
**Şekil 4.3 : Kapalılık haritası**



Şekil 4.4 : Meşcere çağıları haritası

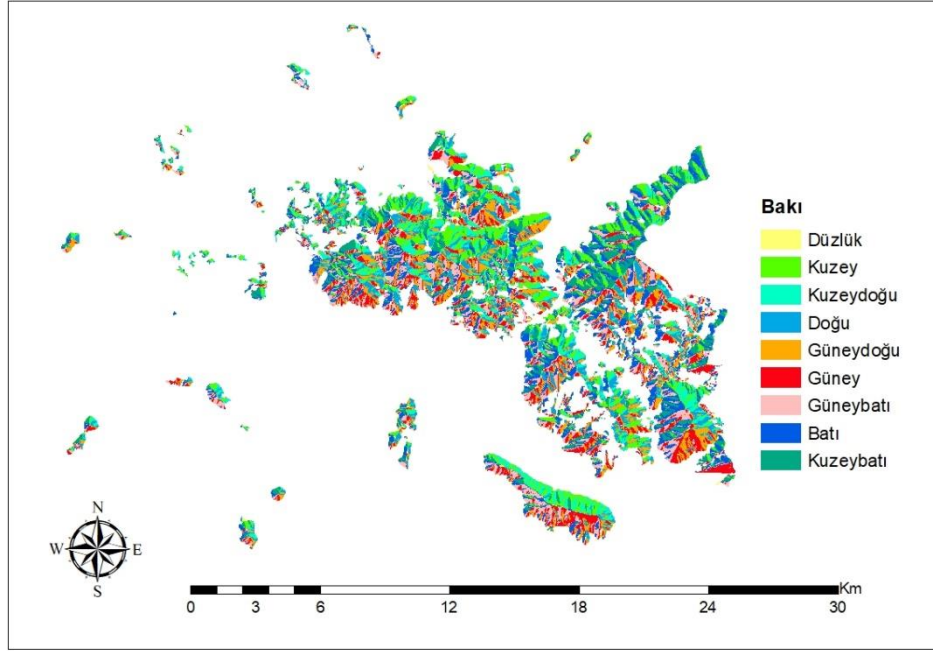
#### 4.1.2 Topografik faktörler

Çalışma alanının % 48,82'sinin dik arazilerde, % 21,60'ının ise yüksek eğimli alanlarda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5). Literatürlere göre dik arazilerde yer alan ormanlık alanlarda yangın riski çok yüksektir (Jaiswal ve ark., 2002).



Şekil 4.5 : Eğim sınıfları haritası

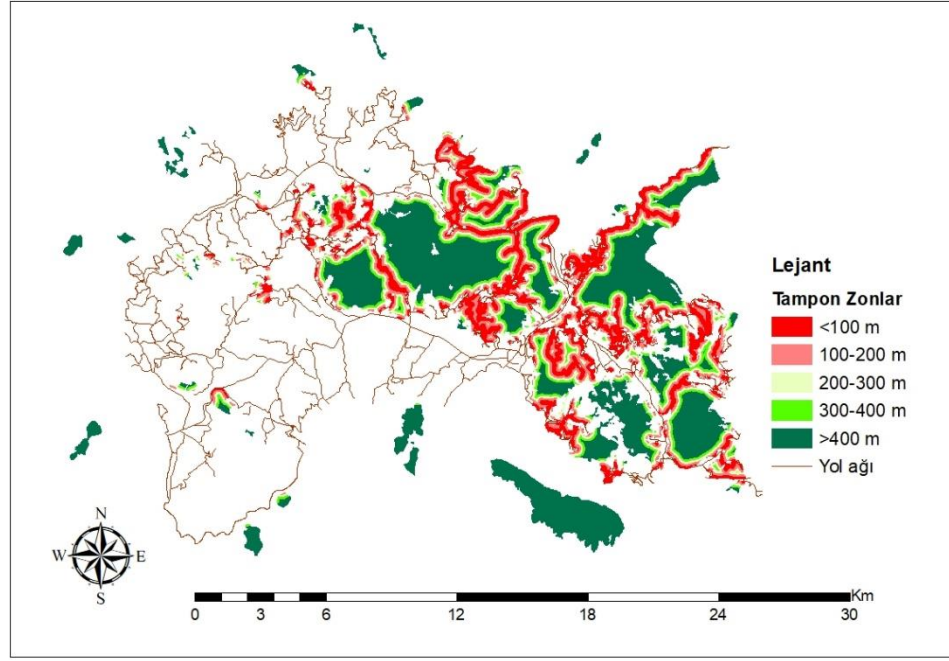
Bakı haritası, çalışma alanının % 14,38'inin batı yönünde olduğunu, bunu % 13,32 ile kuzey-batı yönünün takip ettiğini göstermiştir (Şekil 4.6). Çalışma alanının yaklaşık % 36,07'sinin ise düşük nem nedeniyle orman yangınları için riskli bölgeler olarak kabul edilen güney bakılar (güney, güney-doğu ve güney-batı) üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Lin ve Sergio, 2009).



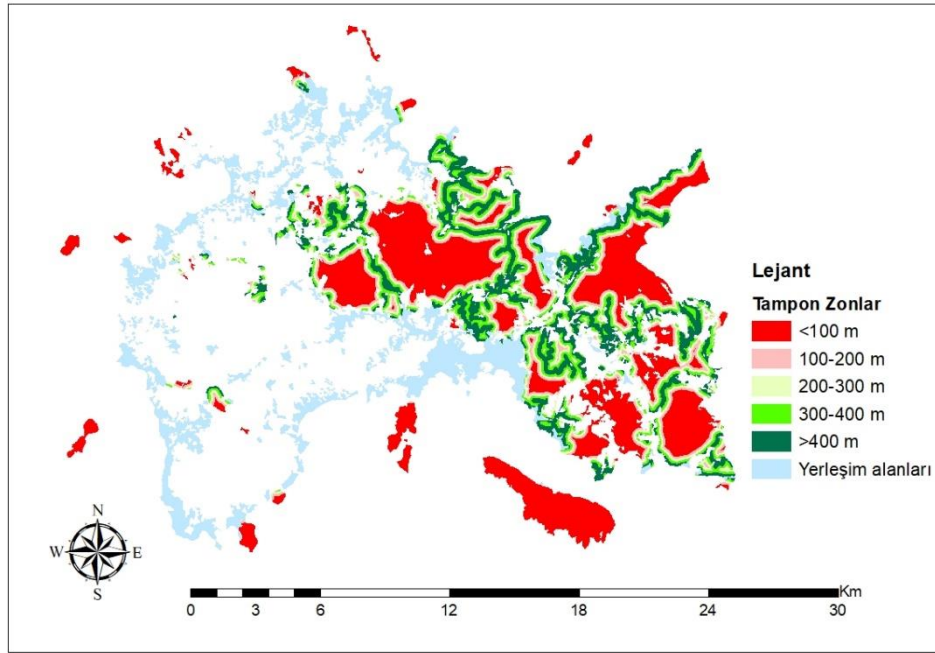
Şekil 4.6 : Bakı haritası

#### 4.1.3 Bazı noktalara yakınlık

Bazı noktalara yakınlıklarına bağlı olarak ormanlık alanlarda orman yangın riskini belirlemek için yollar, yerleşim yerleri ve su kaynakları için tampon bölgeler oluşturulmuştur. Yol ağı boyunca üretilen tampon bölgeler Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Çalışma alanının % 19,38'inin yol ağlarına 100 m uzaklıkta olduğu, % 46,20'sinin yollardan 400 m'den daha uzak olduğu tespit edilmiştir. Yerleşim alanlarına yakınlık açısından, orman alanlarının çoğunun (% 81,14) yerleşim yerlerine 400 m'den daha uzakta olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8). Orman alanının sadece % 3,89'u ve % 4,58'i yerleşim yerlerine sırasıyla 100 m ve 200 m mesafede yer almaktadır. Önceki çalışmalar, insan faktörü nedeniyle yollar ve yerleşim yerleri ormanlık alanlara yaklaştıkça yangın riskinin arttığını göstermiştir (Jaiswal ve ark., 2002; Sivrikaya ve ark., 2013).



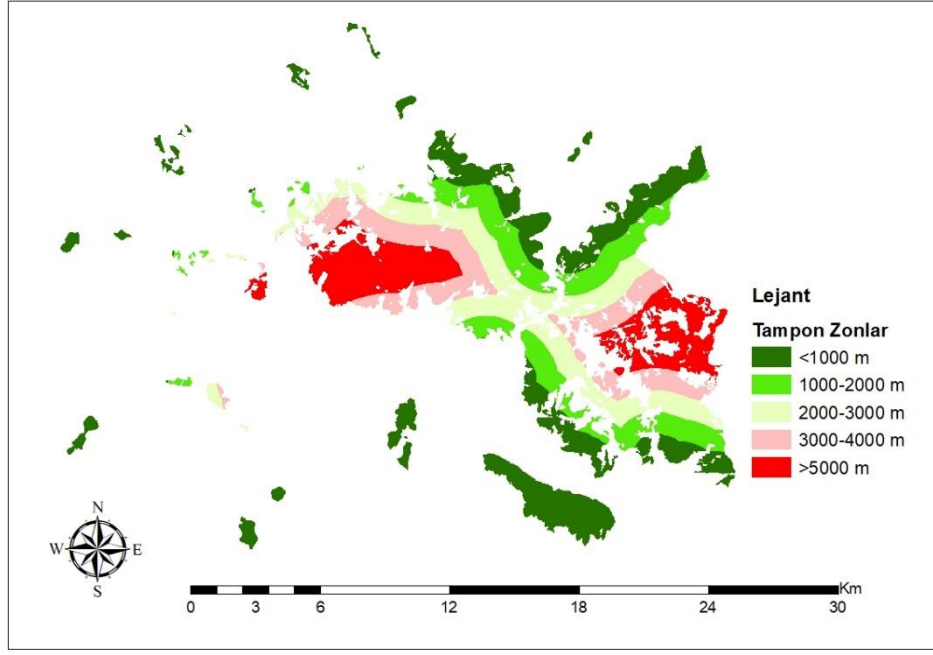
**Şekil 4.7 : Yol ağı tampon zon haritası**



**Şekil 4.8 : Yerleşim alanı tampon zon haritası**

Sonuçlar orman alanlarının % 29,25'inin deniz kıyısına 1000 m mesafede bulunduğunu ve % 18,22'sinin deniz kıyısından 4000 m'den daha uzakta bulunduğunu göstermiştir (Şekil 4.9). Orman alanları su kaynaklarına yakın olduğunda yangın ilk müdahale ekipleri kısa sürede su tedarik edebildiklerinden, orman alanı ile su kaynakları arasındaki mesafe yangın riski açısından önemlidir (Çanakçıoğlu, 1993).





**Şekil 4.9 : Su kaynakları tampon zon haritası**

#### 4.1.4 Önceki yangınlar

Çalışma alanında meydana gelen önceki orman yangınlarına ( $\geq 1$  hektar) ait harita Milas Orman İşletme Müdürlüğünden elde edilen yangın bilgilerine dayanarak üretilmiştir. Çizelge 4.3, son beş yıl (2014-2018) içerisinde bir hektardan fazla orman arazisine zarar veren orman yangınları hakkında bilgileri göstermektedir. 228 nolu Bölmede meydana gelen yangının, çalışma alanındaki en büyük orman arazisine (13,5 ha) zarar verdiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.3 : Çalışma alanında önceki yangın bilgileri (2014-2018) (Anonim 1).**

No	Bölme No	Yangın Tarihi	Zarar gören alan (ha)
1	144	7.07.2014	1,00
2	148	7.09.2015	1,00
3	228	20.04.2016	13,50
4	146	28.07.2016	1,50
5	181	22.07.2016	2,00
6	143	1.07.2017	1,50
7	89	6.07.2018	2,00

## 4.2 AHP Yöntemi Bulguları

AHP sonuçları, saf Kızılçam meşcerelerinde potansiyel yangın riskinin ağırlıklı olarak en yüksek değerlere sahip olduğunu, ardından karışık iğne yapraklı meşcereler ve Halep çamı meşcerelerinin geldiğini göstermiştir (Çizelge 4.4). Hurma ve bozuk sahaların, en düşük risk değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Akay ve Erdoğan, (2017) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, en yüksek yangın riski oranının iğne yapraklı ormanlarda görüldüğü, meşe ve diğer yapraklı türlerin en düşük yangın riskine sahip olduğu bildirilmiştir. Çizelge 4.5'de gösterilen kapalılık için ağırlıklı değerlerine göre, yoğun kapama standları en yüksek ağırlıklı değerlere, ardından orta kapamaya sahiptir (Bilgili, 2003). Ağaç evreleri bakımından, orta yaşlı ve genç evrelerin ağırlıklı değerleri en yüksek değerlere sahipken aşırı olgunlaşma evresi en düşük değere sahiptir (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.4 :** Ağaç türlerine göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.

Ağaç Türleri	Ağırlıklı Değerler
Kızılçam	0,18
Makilik	0,14
Bozuk sahalar	0,12
Hurma	0,10
Kızılçam, Halep çamı	0,16
Halep çamı	0,16
Fıstık çamı	0,14

**Çizelge 4.5 :** Kapalılığa göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.

Kapalılık	Ağırlıklı Değerler
Boşluklu	0,09
Gevşek	0,18
Orta	0,32
Tam	0,41

**Çizelge 4.6 : Meşcere çağlarına göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.**

Meşcere çağları	Ağırlıklı Değerler
Gençlik, sıklık	0,27
Sırlıklık, direklik	0,31
İnce ağaçlık	0,23
Orta ağaçlık	0,12
Kalın ağaçlık	0,04

Arazi eğiminin ağırlıklı değerleri incelendiğinde, dik eğimin en yüksek risk değerine sahip olduğu ve bunu yüksek eğimli alanların takip ettiği görülmüştür (Çizelge 4.7). Bakı açısından güney ve güneybatı bakılar en yüksek değerlere sahipken, kuzey bakıların ve düz alanların en düşük değere sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8). Yollar, yerleşim yerleri ve su kaynakları için üretilen tampon bölgelerin ağırlıklı değerleri Çizelge 4.9, 4.10, 4.11'de gösterilmiştir. Yollar ve yerleşimler alanları ile orman alanı arasındaki mesafeler azaldıkça tampon bölgelerin ağırlıklı değerlerinin arttığı bulunmuştur. Öte yandan, su kaynakları ve orman alanı arasındaki mesafe arttıkça, su kaynakları için tampon bölgelerin ağırlıklı değerleri artış göstermiştir.

**Çizelge 4.7 : Eğim sınıflarına göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.**

Eğim Sınıfları	Ağırlıklı Değerler
Yumuşak	0,04
Düşük	0,12
Orta	0,20
Yüksek	0,28
Dik	0,36

**Çizelge 4.8 : Bakıya göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.**

Bakı	Ağırlıklı Değerler
Düz	0,05
K	0,05
KD	0,09
D	0,09
GD	0,14
G	0,20
GB	0,20
B	0,09
KB	0,09



**Çizelge 4.9 : Yola yakınlığa göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.**

Yola Yakınlık	Ağırlıklı Değerler
<100 m	0,39
100 – 200 m	0,30
200 – 300 m	0,17
300 – 400 m	0,09
>400 m	0,04

**Çizelge 4.10 : Yerleşime yakınlığa göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler**

Yerleşim Yerlerine Yakınlık	Ağırlıklı Değerler
<100 m	0,36
100 – 200 m	0,28
200 – 300 m	0,20
300 – 400 m	0,12
>400 m	0,04

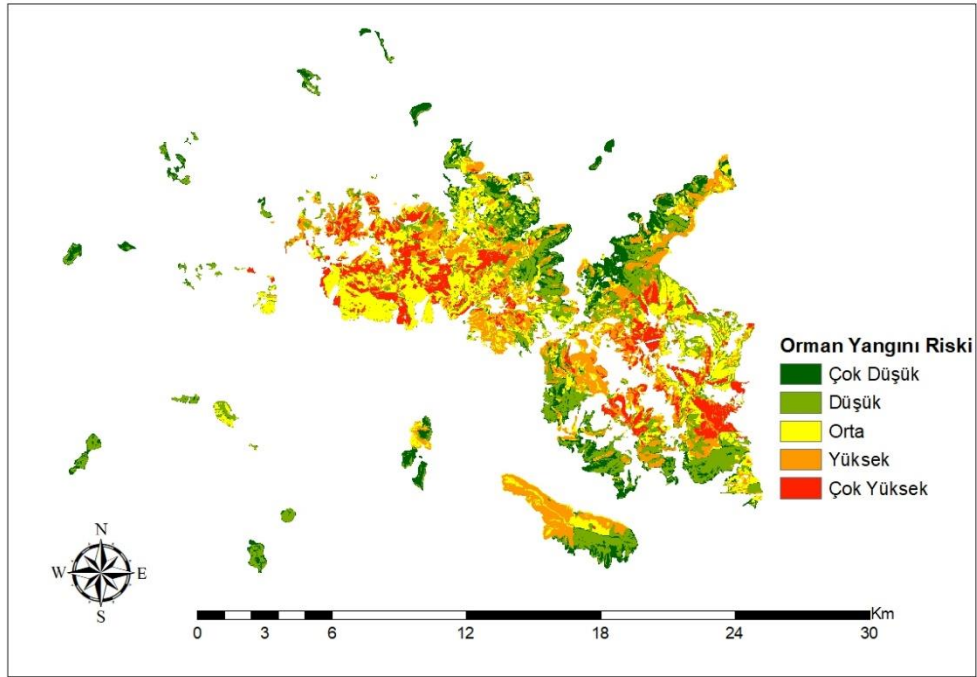
**Çizelge 4.11 : Suya yakınlığa göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.**

Su Kaynaklarına Yakınlık	Ağırlıklı Değerler
<1000 m	0,04
1000 – 2000 m	0,11
2000 – 3000 m	0,22
3000 – 4000 m	0,30
>4000 m	0,33

Son aşamada, kriterlerin ağırlıklı ortalamalarını birleştirerek yangın riski haritası oluşturmak için ArcGIS ortamında “extAhp 2.0” kullanılmıştır (Çizelge 4.12, Şekil 4.10). Orman yangını üzerinde en etkili kriterin ağaç tür olduğu ve ardından meşçere çağları ve su kaynaklarına uzaklık geldiği tespit edilmiştir. Kapalılık, eğim ve yerleşim yerlerine olan yakınlık yangın riski üzerinde benzer etki gösterirken, yollara yakınlık ve bakının orman yangını riski üzerinde nispeten düşük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.12 : Ana kriterlere göre potansiyel yangın riski için ağırlıklı değerler.**

Kriterler	Ağırlıklı Değerler
Ağaç türü	15,789
Kapalılık	12,281
Meşcere çağları	14,035
Eğim	12,281
Bakı	8,772
Yola yakınlık	10,526
Yerleşim alanlarına yakınlık	12,281
Su kaynaklarına yakınlık	14,035



**Şekil 4.10 : Yangın riski haritası**

CBS-tabanlı AHP yönteminin bulgularına göre, ormanların yaklaşık % 33,8'i çok yüksek ve yüksek yangın riski taşımaktadır (Çizelge 4.13). Ormanların yaklaşık % 43,9'u çok düşük ve düşük yangın riski altındaki alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Son aşamada, çalışma alanında son beş yılda (2014-2018) gerçekleşen orman yangını olaylarını ( $\geq 1$  hektar) içeren veri katmanı ile yangın riski haritası karşılaştırılmıştır. Önceki yangınlardan zarar görmüş alanların % 38,32'sinin yangın riski haritasındaki yüksek ve çok yüksek yangın riski taşıyan bölgeler olarak sınıflandırıldığı, % 28,44'ünün orta derecede yangın riski taşıyan bölgeleri içinde kaldığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.13 : Yangın riski sınıflarının alansal dağılımı.**

Yangın Riski	Alan (%)
Çok düşük	17,98
Düşük	25,93
Orta	22,28
Yüksek	21,98
Çok yüksek	11,83

## 5. SONUÇLAR

Orman yangınları, orman ekosistemleri üzerinde uzun vadeli etkilere ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Orman kaynaklarının yangınlardan ciddi zarar görmesini önlemek için, özellikle yangın riski yüksek olan ormanlarda yangın riski zonları belirlenmeli ve özellikle bu bölgelerde yangından önce gerekli önlemler alınmalıdır. Bu çalışmada, Türkiye'de birinci derece yangına hassas alan olarak sınıflandırılan örnek bir orman alanı için CBS-tabanlı AHP yöntemi kullanılarak yangın riski haritası oluşturulmuştur. Çözüm sürecinde ağaç türleri, kapalılık, meşcere çağları, eğim, bakı ve yollara, yerleşim yerlerine ve su kaynaklarına yakınlık yangın riski faktörleri olarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanında daha önce gerçekleşen yangınlardan zarar gören alanların % 66,75'inin, geliştirilen yangın riski haritasında orta ila yüksek ve çok yüksek yangın riskli taşıyan bölgeler olarak sınıflandırıldığı tespit edilmiştir. Orman yangını riskinde en etkili risk faktörünün ağaç türleri olduğu, bunu meşcere çağları ve su kaynaklarına yakınlığın takip ettiği tespit edilmiştir. Sonuçlar, orman yangını riski taşıyan alanların CBS-tabanlı AHP yöntemi ile hızlı ve etkili bir şekilde tahmin edilebileceğini ortaya koymuştur. Yangın riski haritalarının temel avantajlarından biri de, yangın önleme faaliyetleri için uzun vadeli stratejik planlar geliştirmeye katkı sağlamalarıdır. Bu çalışmanın devamı mahiyetinde yangın riski konulu bilimsel araştırmaların yürütülmesi yerinde olacaktır. Bu çalışmalarda CBS-tabanlı AHP yönteminin etkinliği daha geniş alanlarda test edilebileceği gibi ilave risk faktörlerinin de (iklim parametreleri vb.) modele entegre edilmesi değerlendirilebilir. Ayrıca, ileride bu konuda yapılacak bilimsel çalışmalarda yangın kulelerinin, ilk müdahale ekiplerinin ve yangın havuzlarının lokasyonlarının çözüm sürecinde dikkate alınması yöntemin başarısını arttıracaktır.

## KAYNAKLAR

**Akay, A.E., Wing, G.M., Sivrikaya, F., Sakar, D.** (2012). A GIS-based decision support system for determining the shortest and safest route to forest fires: a case study in Mediterranean Region of Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 1391-1407.

**Akay, A. E. ve Erdoğan, A.** (2017). GIS-based multi-criteria decision analysis for forest fire risk mapping, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4, 25.

**Avcı, M., Korkmaz, M., Alkan, H.** (2009). Türkiye’de Orman Yangınlarının Nedenleri Üzerine Bir Değerlendirme, *1. Orman Yangınları Sempozyumu*. Antalya: Ocak 7-10.

**Asri, İ., Çorumluoğlu, Ö., Özdemir, E.** (2015). CBS Destekli Orman Yangını Risk Dağılım Analizi; Antalya Örneği, *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.

**Başaran, M., A., Sarıbaşak, H., Çamalan, İ.** (2007). Yangın Risk ve Tehlike Sınıflarının Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniğinin Kullanılması, *Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Sempozyumu*, İstanbul: 17-19.

**Bilgili, E., Sağlam, B., Başkent, Z.E.** (2001). Yangın Amenajman Planlamalarında Yangın Tehlike Oranları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(2), 88-97.

**Bilgili, E.** (2003). Stand Development and Fire Behavior, *Forest Ecology and Management*, 179(1-3), 333-339.

**Bilici, E.** (2009). Orman Yangın Emniyet Yolları ve Şeritleri ile Orman Yol Şebekelerinin Entegrasyonu, Planlamaları ve Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma (Gelibolu Milli Parkı Örneği), *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 59(2), 85-101.

**Bingöl, B.** (2017). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Burdur İli Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi, *Turkish Journal Of Forest Science*, 1(2), 169-182.

**Carmel, Y., Paz, S., Jahashan, F., Shoshany, M.** (2009). Assessing Fire Risk Using Monte Carlo Simulations of Fire Spread, *Forest Ecology and Management*, 257(1), 370-377.

**Çanakçıoğlu, H.** (1993). *Orman Koruma*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.

**Eroğlu, E.** (2009). Orman Yangınları Konusunda Bilinçlendirme Faaliyetleri, *1. Orman Yangınları Sempozyumu*, Antalya: Ocak 7-10.

**Erten, E., Kurgun, V., Musaoğlu, N.** (2005). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Bilgi Sistemleri Kurulması, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.

- Ertuğrul, M.** (2005). Orman Yangınlarının Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(7), 43-50.
- Gao, X., Fei, X., Xie, H.** (2011). Forest fire risk zone evaluation based on high spatial resolution RS image in Liangyungang Huaguo Mountain Scenic Spot, *IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services*, Fuzhou, China.
- Gazzard, R.** (2012). Risk Management Control Measure: Toolkit for Practitioners and Advisors, *UK Vegetation Fire Risk Management*, 24.
- Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D., Saxena, R.** (2002). Forest Fire Risk Zone Mapping From Satellite Imagery and GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 1-10.
- Karaca, M., Deniz, A., Tayanç, M.** (2000). Cyclone Track Variability Over Turkey in Association with Regional Climate, *International Journal Climatology*, 20, 1225-1236.
- Küçük, Ö. ve Ünal, S.** (2005). Yangın Hassasiyet Derecesinin Belirlenmesi: Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Örneği, *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 6(1-2), 28-34.
- Küçük, Ö. ve Bilgili, E.** (2006). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yangın Davranışının Uygulamaya Aktarılması: Kastamonu Örneği, *Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi*, 6(2), 262-273.
- Küçük Ö., Bilgili, E., Durmaz, B.D., Sağlam, B., Baysal, İ.** (2009). Örtü Yangınının Tepe Yangınına Geçişinde Etkili Olan Faktörler, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(2), 80-85.
- Lin, J., & Rinaldi, S.** (2009). A Derivation of The Statistical Characteristics of Forest Fires, *Ecological Modelling*, 220(7), 898-903.
- Mol, T.** (1994). Türkiye'de Orman İşletmelerinin Yangına Hassaslık Sıralaması, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A. 44(2), 17-34.
- Neyişçi, T., Ayaşlıgil, Y., Ayaşlıgil, T., Sönmezşık, S.** (1996). Yangına Dirençli Orman Kurma İlkeleri, *TÜBİTAK, TOGTAG-1342. TMMOB Orman Mühendisleri Odası Yayın No: 21*, Ankara.
- OGM.** (1995). Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları. *Orman Genel Müdürlüğü. Tebliğ no: 285*, 133, Ankara.
- OGM.** (2019). Erişim: 15 Mart 2019, <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx?RootFolder=%2Fekutuphane%2FIstatistikler%2FOrmanC4%B11%2FC4%B1k%20%2FC4%B0statistikleri&FolderCTID=0x012000301D182F8CB9FC49963274E712A2DC00&View={4B3B693B-B532-4C7F-A2D0-732F715C89CC}>.
- OGM.** (2013). Erişim: 15 Mart 2019, <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Orman%20Atlasi.pdf>
- OMO.** (2008). Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Serik ve Taşağıl Orman İşletme Müdürlüklerinde 31 Temmuz 2008-04 Ağustos 2008 Tarihleri Arasında Çıkan Orman Yangınına İlişkin Orman Mühendisleri Odası Komisyon Raporu.
- Özelkan, E.** (2008). *Uydu Görüntüleri Kullanarak Yangın Riski Değerlendirilmesi Kaş Örneği* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul.

- Özden, Ü.H.** (2008). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile İlkokul Seçimi, Marmara Üniversitesi, *İ.İ.B.F., Dergisi*, 24(1), 299-320.
- Özşahin, E.** (2014). CBS ve AHS Kullanılarak Orman Yangını Duyarlılık Analizi: Antakya Orman İşletme Müdürlüğü Örneği, *Route Educational and Social Science Journal*, 1(3).
- Öztopal, A.** (2017). Türkiye'nin Yıldırım ve Şimşek Gözlemlerinin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 19(56).
- Sağlam, B., Bilgili, E., Durmaz, B.D., Küçük, Ö., Kadioğulları, A.İ., Küçük, Ö.** (2008). Spatio-temporal Analysis of Forest Fire Risk And Danger Using LANDSAT Imagery, *Sensors*, 8, 3970-3987.
- Saaty, T. L.** (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *J Math Psychol.* 15, 234-281.
- Sivrikaya, F., Akay, A. E., Oğuz, H., Yenilmez, N.** (2011). Mapping Forest Fire Danger Zones Using GIS: A Case Study from Kahramanmaraş, *6th International Symposium on Ecology and Environmental Problems*, Antalya: Kasım 17-20.
- Sivrikaya, F., Sağlam, B., Akay, A. E., Bozali, N.** (2013). Evaluation of Forest Fire Risk with GIS, *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(1), 187-194.
- Şahin, K. ve Gümüşay, M.Ü.** (2007). İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Orman Yangınlarında Kullanılması, *Harita Dergisi*, 138, 69-83.
- Ün, C.** (2009). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Orman Yangınlarında Kullanımı, *1. Orman Yangınları Sempozyumu*, Antalya: Ocak 7-10.
- Yücel, M.** (1998). Orman Bölgelerinin Yangın Hassaslık Derecelerinin Hesaplanması, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 7, 22-25.

## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Halil ŞAHİN  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 05/03/1988 Muğla  
**E-posta** : shnhalil48@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü