



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN YOLU STANDARTLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNİN YANGINLA
MÜCADELE FAALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Caner Yavuz KASAP

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

HAZİRAN 2024

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN YOLU STANDARTLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNİN
YANGINLA MÜCADELE FAALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Caner Yavuz KASAP
(21278035005)
ORCID: 0000-0003-0350-2519**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Danışman: Prof. Dr. Burak ARICAK
ORCID: 0000-0003-0011-7199**

HAZİRAN 2024

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 21278035010 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Caner Yavuz KASAP, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ORMAN YOLU STANDARTLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNİN YANGINLA MÜCADELE FAALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Burak ARICAK**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Abdullah E. AKAY**
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Remzi EKER
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Teslim Tarihi : 14 June 2024
Savunma Tarihi : 23 July 2024



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, 221O309 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Caner Yavuz KASAP

İmzası:





Eşime ve çocuğuma,

ÖNSÖZ

Yangınlara ilk müdahaleyi gerçekleştiren ekipler çoğunlukla arazözler ile yangın alanlarına nakledildiğinden, ekip tarafından kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilen orman alanları, temelde yol uzunluğuna ve ortalama arazöz hızına göre belirlenmektedir. Ülkemizde ormanlık alanlar içinde yer alan yol ağlarının büyük bir bölümü teknik standartları sınırlı olan orman yolu tali B-tipi yollarından oluşmaktadır. Bu yollarda kullanılan teknik standartların yetersizliği ile sanat yapıları ve üst yapı eksikliği, arazözün potansiyel hızını sınırlamakta ve yangın ilk müdahale ekiplerinin yangın alanlarına ulaşım sürelerini arttırmaktadır. Bu tarz yangına duyarlı ormanlarda orman yolu standartlarının iyileştirilmesi, sürüş güvenliğine fayda sağlayacak ve tasarım hızını arttırmak suretiyle kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilen orman alanlarının genişletilmesine katkı sunacaktır. Bu tez çalışmasında, yangın riskinin yüksek olduğu ormanlarda yol standartlarının iyileştirilmesinin ilk müdahale ekipleri (acil durumlarda kullanılan mobil ekipler dahil) tarafından kritik müdahale süresinde ulaşılabilen orman alanları üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla CBS tabanlı ağ analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışma; yangın potansiyeli yüksek, hassas ormanlardan oluşan Antalya Orman Bölge Müdürlüğünde uygulanmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan ve katkılarını esirgemeyen, çok değerli hocam ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Burak ARICAK 'a teşekkürlerimi sunarım. Yine tez ile ilgili bana katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY 'a tez ile ilgili değerli görüşlerinden yararlandığım için Lisansüstü araştırma Öğrenci Arkadaşım Sümeyye BİNGÖL 'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans ve tez çalışmalarım boyunca her zaman yanımda olan, bana inanan ve desteklerini esirgemeyen değerli eşime ve aileme teşekkür ederim.

Ağustos 2024

Caner Yavuz KASAP
(Orman Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Orman Yangınları.....	2
1.2 Yangın Duyarlılığı.....	4
1.3 Yangın Müdahale Ekipleri.....	5
1.3.1 İlk müdahale ekibi	6
1.3.2 Hazır kuvvet ekibi	6
1.3.3 Gezici (mobil) ekip.....	7
1.3.4 Arazöz ekibi	7
1.3.5 Hava destek ekibi (Helikopter ekibi).....	8
1.4 B-Tipi Tâli Yollar (Orman yolları)	9
1.4.1 Taşınan ürün miktarı yönünden orman yol tipleri.....	11
1.4.1.1 Ana Orman Yolları	11
1.4.1.2 Tali A ve B-tipi yollar (Tâli Orman Yolları).....	12
1.4.1.3 Sürütme yolları (Traktör yolları).....	12
1.4.2 Üst yapı malzemesi yönünden orman yol tipleri.....	13
1.4.3 Toprak Yollar	13
1.4.3.1 Stabilize yollar.....	14
1.4.3.2 Asfalt kaplama yollar.....	15
1.5 Orman Yangınları ile Mücadelede Bilgi Teknolojileri.....	16
1.6 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	17
2. LİTERATÜR ÖZETİ	19
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	22
3.1 Çalışma Alanı.....	22
3.2 CBS Veri Tabanı	23
3.2.1 Yol ağı veri katmanı	23
3.2.2 Orman alanı.....	25
3.2.3 İlk müdahale ekipleri.....	25
3.3 Ulaşılabilir Orman Alanlarının Belirlenmesi.....	26
3.3.1 Ağ analizi veri katmanları.....	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1 CBS Veri Katmanları.....	29
4.1.1 Yol ağı	29

4.1.2 Orman alanı ve yangın duyarlılığı.....	30
4.1.3 İlk Müdahale ekipleri.....	31
4.2 Ulaşılabilir Orman Alanları	32
4.2.1 Mevcut yol ağı.....	32
4.2.2 İyileştirilmiş yol ağı.....	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	45



KISALTMALAR

AIC	: Aaike Information Criteria
ANN	: Artificial Neural Network
AOBM	: Antalya Orman Bölge Müdürlüğü
BTÜ	: Bursa Teknik Üniversitesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
MOBM	: Muğla Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
UA	: Uzaktan Algılama

SEMBOLLER

ha	: Hektar
km	: Kilometre
m	: Metre
m³	: Metreküp
°C	: Santigrat derece
sa	: Saat
t_i	: i seksiyonu için toplam ulaşım süresi (dakika)
l_i	: i seksiyonunun uzunluğu (km)
v_i	: i seksiyonu için ortalama araç hızı (km/saat)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : 2011-2021 yılları arasında çıkan yangınların nedenleri.....	3
Çizelge 1.2 : Yangın duyarlılık oranı	4
Çizelge 1.3 : Yangın duyarlılık derecelerine kritik müdahale süreleri.....	5
Çizelge 1.4 : BMC Pro 624 (4x4) model arazözün teknik özellikleri.....	7
Çizelge 1.5 : Yolların Kalite Standartları	11
Çizelge 1.6 : Orman yangınlarından toplam yanan orman alanı.....	18
Çizelge 3.2 : Orman İşletme Müdürlükleri altındaki işletme şeflikleri sayısı.	22
Çizelge 4.1 : Çalışma alanında bulunan yolların uzunluk bilgileri.	29
Çizelge 4.2 : Yangın duyarlılıklarına göre Orman İşletme Müdürlükleri.	31
Çizelge 4.3 : Mevcut yol ağı için ekiplerin ulaşabildiği orman alanları.....	33
Çizelge 4.4 : İyileştirilmiş yol ağı için ekiplerin ulaşabildiği orman alanları.....	36

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Yangın üçgeni.....	2
Şekil 1.2 : Yangın duyarlılık haritası.....	5
Şekil 1.3 : İlk müdahale ekibinde kullanılan BMC Pro624 arazöz.....	7
Şekil 1.4 : Orman yayınlarında kullanılan Mil Mi-8MTV-1 helikopter	9
Şekil 1.5 : Yol standartlarına göre yapım-bakım maliyetlerin değişimi	10
Şekil 1.6 : Ana orman yolu standart profili	12
Şekil 1.7 : A-Tipi (sol) ve B-Tipi (sağ) tali orman yollarının profilleri	12
Şekil 1.8 : Traktör yolu kesiti	13
Şekil 1.9 : Toprak yol görüntüsü.....	14
Şekil 1.10 : Stabilize yol görüntüsü.....	15
Şekil 1.11 : Asfalt kaplama yol görüntüsü.....	16
Şekil 3.1 : Antalya OBM sınırları ve işletmelerin yangın duyarlılık dereceleri.	22
Şekil 3.2 : Mevcut yol ağı (sol) ve iyileştirilmiş yol ağı (sağ) için öznitelik tabloları.	25
Şekil 3.3 : Orman alanları haritası.	26
Şekil 3.4 : Ağ veri tabanında yer alan örnek düğüm noktaları ve linkler.....	28
Şekil 4.1 : Yol ağı veri katmanı.	30
Şekil 4.2 : Antalya OBM orman alanı veri katmanı.	30
Şekil 4.3 : Antalya OBM orman yangın duyarlılık dereceleri veri katmanı.	31
Şekil 4.4 : Antalya OBM sınırlarındaki ilk müdahale ekipleri.....	32
Şekil 4.6 : Mevcut yollar için sabit ilk müdahale ekipleri ile ulaşılan orman alanları.....	34
Şekil 4.7 : Mevcut yollar ve sabit ekipler için ulaşılan ormanların duyarlılık dereceleri.	34
Şekil 4.8 : Mevcut yollar için tüm ilk müdahale ekipleri ile ulaşılan orman alanları.....	35
Şekil 4.9 : Mevcut yollar ve tüm ekipler için ulaşılan ormanların duyarlılık dereceleri.	35
Şekil 4.10 : İyileştirilmiş yollar için sabit müdahale ekipleri ile ulaşılan orman alanları.....	36
Şekil 4.11 : İyileştirilmiş yollar ve sabit ekipler için ulaşılan ormanların duyarlılık dereceleri.	37
Şekil 4.12 : İyileştirilmiş yollar için tüm ilk müdahale ekipleri ile ulaşılan orman alanları.....	37
Şekil 4.13 : İyileştirilmiş yollar ve tüm ekipler için ulaşılan ormanların duyarlılık dereceleri.	38

ORMAN YOLU STANDARTLARININ İYİLEŞTİRİLMESİNİN YANGINLA MÜCADELE FAALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Ülkemiz sınırları içinde Marmara bölgesi, Ege bölgesi iç kesimlerine kadar ve Akdeniz bölgesinin tamamı arasında uzanan orman alanları yangına birinci dereceden duyarlı orman alanlarını kapsamaktadır. Orman yangınları sebebiyle yılda on binlerce hektar orman sahaları zarara uğramış ve orman kaynakları üzerinde önemli biyolojik ve ekolojik tahribatlara yol açmaktadır. 2021 senesinde yanan alanların %97'sinin büyük yangınlardan olduğu görülmüştür. 2021 senesinde yanan alanların toplam %74'ü Antalya ve Muğla Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yer alan ormanlık sahalarda ve bu alanlardaki yangınların büyük bir kısmı da temmuz ve ağustos aylarında meydana gelmiştir. Sonuçlar; bu yanan alanlarda mücadelede en çok zayıf kalınan kısmın ilk müdahale ekiplerinin yanan sahalara ulaşımın mümkün olmadığı gözlenmekte ve yol ağının etkinliğinin önemli olduğu anlaşılmaktadır. Yangınlar sonucu tahrip olan ormanlarda odun hammaddesi kayıpları gerçekleşmekte ve bu durum önemli miktarda ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Orman yangınlarıyla aktif mücadele yapılabilmesi için yanan sahaya ilk müdahale ekiplerinin ulaşması ile yangının kontrol altına alınması olasılığının yüksek olduğu noktalara (ulaşım lokasyonlarına), ulaşım zamanını kritik bölgelerde olması gereken en kısa süre (20 dk.) aşmaması gerekmektedir.

Yangın sahalalarına ilk müdahaleyi yapan ekipler genellikle arazözler ile yangın sahalalarına mücadele yerlerine ilerlerken, ekip tarafından kritik müdahale zamanı içinde ulaşılabilen orman sahaları, temelde yol mesafesine ve ortalama arasöz süratine göre tespit edilmektedir. Ülkemiz sınırları içinde ormanlık meşcerelerde yer alan yol ağlarının büyük bir kısmı (% 66) teknik standartları sınırlı olan orman yolu (Stabilize ve ortalama 40 km/sa hızlı gidilebilen) tali A-tipi yollarından meydana gelmektedir. Bu yollarda kullanılan teknik standartların altında olması ile sanat yapıları ve üst yapı eksikliği, bazı yolların zaman içinde aktifliğini yitirmesi ile yolu kullanan müdahale araçlarının hızını kısıtlamakta ve yangın ilk müdahale ekiplerinin yangın sahalara ulaşım zamanlarını arttırmaktadır. Antalya bölgesindeki orman yollarının standartlarını iyileştirerek, arazi yöneticileri yangınla mücadele çabalarının verimliliğini ve etkinliğini artırabilir ve sonuçta bu ekosistemlerdeki orman yangınlarının etkisini azaltabilir.

Bu tez çalışmasında, orman yolu standartlarının iyileştirilmesinin özellikle yangına duyarlı hassas ormanlarda kritik müdahale süresinde ulaşılabilir orman sahalalarının genişletilmesi ve bu sayede sahip olunan odunun fiziki ve ekonomik zararlarının azaltılması üzerine etkinliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma alanı olarak, ülkemizde orman yangınlarının en sık görüldüğü ve yanan alan miktarı en fazla olan orman bölge müdürlüklerinden Antalya Orman Bölge Müdürlüğü seçilmiştir. Çözüm sürecinde öncelikle çalışma alanındaki mevcut yol ağı dikkate alınarak kritik müdahale süresi içinde ilk müdahale ekipleri (acil durumlarda kullanılan mobil ekipler

dahil) tarafından ulaşılabilen orman alanları belirlenmiştir. Daha sonra, yol standartlarının iyileştirilmesi durumunda ulaşılabilir orman alanlarındaki olası artış araştırılmıştır. Çalışma kapsamında acil durumlarda kullanılan mobil ekiplerin kritik müdahale süresinde ulaşılan orman alanlarına etkisi de değerlendirilmiştir.

Sonuçlara göre mevcut yol standartlarının ve sabit ekiplerin değerlendirildiği senaryoda, orman alanlarının sadece %59,54'üne ilk müdahale ekipleri tarafından kritik müdahale süresinde ulaşılabildiği, yol standartlarının iyileştirilmesi durumunda ise bu oranın %71,69'a yükseldiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, mevcut yol standartları ile sabit ve mobil ekiplerin birlikte değerlendirildiği senaryoda, orman alanlarının %70,40'ına ilk müdahale ekipleri tarafından kritik müdahale süresinde ulaşılabildiği, yol standartlarının iyileştirilmesi durumunda ise bu oranın %78,17'ye yükseldiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, yol standartlarında yapılacak iyileştirmelerin ve mobil ekiplerin varlığının orman yangınları ile mücadelede çok etkin role sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Ağ analizi, CBS, İlk müdahale ekibi, Orman yangınları, Orman yolları.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF IMPROVEMENT OF FOREST ROAD STANDARDS ON FIRE FIGHTING ACTIVITIES

SUMMARY

The forest areas along the coastline between the Marmara region, the interior of the Aegean region and the entire Mediterranean region are particularly susceptible to fire due to their location within the borders of our country. Annually, tens of thousands of hectares of forest areas are damaged due to forest fires, resulting in significant biological and ecological damage to forest resources. In 2021, 97% of the burned areas were due to large fires. A total of 74% of the areas burned in 2021 were in forest areas within the borders of the Antalya and Muğla Regional Directorates of Forestry. The majority of these fires occurred in July and August. The results indicate that the most vulnerable aspect of these burned areas is the effectiveness of the road network, which impedes the ability of combat teams to reach the burned areas. The destruction of forests by fire results in the loss of wood raw materials, which has a significant economic impact. In order to effectively combat forest fires, it is essential that first responders do not exceed the time between reaching the burning area and intervening at critical points where the probability of bringing the fire under control is high.

The initial response to a fire incident is typically conducted by a team of firefighters in water tenders. However, the specific locations that can be reached within the critical response time are determined by the distance and average speed of the vehicle. A significant proportion (66%) of the road network within our country's forest areas comprises B-type (stabilized and 40 km/h average speed) secondary A-type roads with limited technical standards. The absence of appropriate structures and superstructures, the inadequacy of the technical standards employed on these roads, and the inactivity of some roads over time constrain the speed of combat vehicles using the road and extend the time required for first responders to reach the fire sites. The implementation of enhanced forest road standards in these types of forests will contribute to enhanced driving safety and increased design speed, which will have the effect of expanding the forest areas that can be reached within the critical response time and thus reducing the economic and physical losses of wood. By enhancing the standards of B-type roads in the Antalya region, land managers can enhance the efficacy and efficacy of firefighting operations, thereby reducing the risk and impact of forest fires in these ecosystems.

The objective of this thesis is to investigate the impact of enhancing forest road standards on the expansion of accessible forest areas in critical response time, particularly in sensitive forests prone to fire, with the aim of reducing the physical and

economic losses of wood. The Antalya Regional Directorate of Forestry, which has the highest number of forest fires and the greatest burned area in the country, was selected as the study area. In the solution process, the existing road network in the study area was initially considered, and the forest areas that can be reached by the first responders (including mobile teams used in emergencies) within the critical response time were then determined. Subsequently, the potential expansion of accessible forest areas in the event of enhanced road standards was examined. Additionally, the impact of mobile teams used in emergencies on the forest areas accessible within the critical response time was evaluated within the scope of the study.

The results indicate that in the scenario where existing road standards and fixed teams are evaluated, only 59.54% of forest areas can be reached by first responders within the critical response time. However, this rate increases to 71.69% if road standards are improved. Conversely, in the scenario where existing road standards and fixed and mobile teams were evaluated together, it was determined that 70.40% of the forest areas could be reached by the first responders within the critical response time, while this rate increased to 78.17% if the road standards were improved. The findings demonstrate that enhancements to road standards and the deployment of mobile teams are highly effective in combating forest fires.

Keywords: Forest fires, Forest roads, Initial response team, Network analysis, GIS.

1. GİRİŞ

Ormanlar, geniş bir yelpazede çevresel, ekonomik ve sosyal faydalar sağlayan önemli ekosistemlerdir. Ancak, aynı zamanda hem çevre hem de insan toplulukları için ciddi sonuçları olabilecek yıkıcı yangınların etkilerine karşı da savunmasızdırlar. (Avrupa'da Sürdürülebilir Orman Yönetimi ile Orman Yangını Riskini Azaltma: Bir Politika Özeti)

Son yüzyılda hızla artan nüfus yoğunluğu ve artan tüketici ihtiyaçları sürdürülebilir doğal kaynaklardan biri olan ormanlardaki tüketim gücünü önemli oranda artırmıştır (Ertuğrul, 2005). Yanan orman sahalarının %95'i insan kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir. Orman yangınları, orman varlığının devamlılığına kalıcı hasarlar vermekte ve vejetasyon üzerinde önemli biyolojik ve ekolojik etkilere yol açmaktadır (Bilici, 2008). Ayrıca, yangından zarar gören ağaçların ekonomik değerleri büyük ölçüde düşer ve yangın sonrasında böceklerle ve mantarlara karşı dirençsiz hale gelirler (Akay ve diğ., 2007). Orman kaynaklarının sürdürülebilirliği, özellikle yangına hassas ağaçlarla kaplı kurak bölgelerde orman yangınlarından ciddi şekilde etkilenmektedir (Demir ve diğ., 2009).

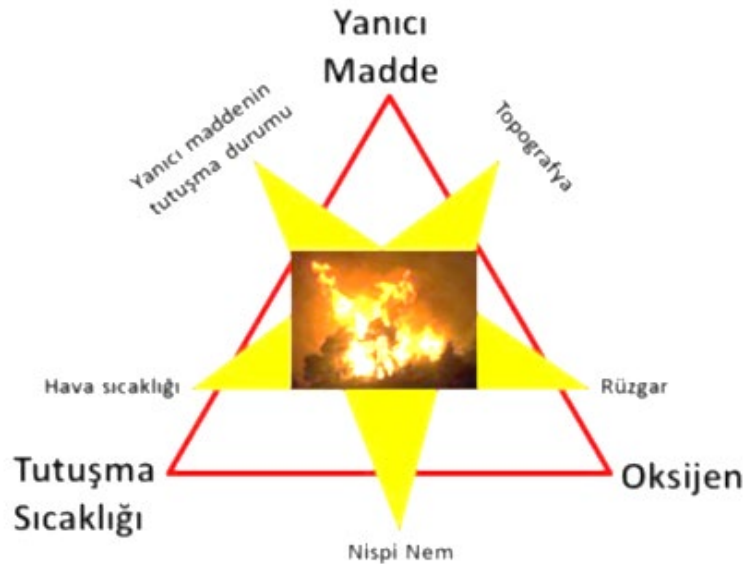
Akdeniz ekosistemleri, bitki türlerinin bileşimi ve yaz aylarında kurak iklim koşulları nedeniyle orman yangınlarına karşı oldukça hassastır. Orman yangınları dünyada ortalama 4.000.000 Ha. orman alanına, Akdeniz havzasında ise 550.000 hektar orman alanına zarar vermektedir (Eker ve Abdurrahmanoğlu, 2018). Türkiye'de, özellikle Marmara ve Akdeniz bölgelerinde yer alan ormanlar, yangın riskiyle karşı karşıyadır. (OGM, 2022) OGM' nün verilerine göre, her yıl ortalama 1250 yangın meydana gelmekte ve yaklaşık 21.000 hektarlık orman alanı zarar görmektedir (OGM, 2008). Ş ööi Orman Yangınları Müdürlüğü ise, bu bölgelerdeki yaklaşık 12 milyon hektarlık orman alanının yangına duyarlı olduğunu belirtmektedir. Bu durum, ülkemizin doğal dengesini bozmakta ve iklim değişikliği gibi küresel sorunları daha da derinleştirmektedir. Orman Genel Müdürlüğü 2004-2021 yılları orman yangınları istatistik sonuçlarına göre alansal bazda yıllık ortalamalara göre Antalya (5027,90 ha), Muğla (3086,26 ha), İzmir (1257,65 ha), Mersin (1088,95 ha) ve Kahramanmaraş

(941,09 ha) Orman Bölge Müdürlükleri sıralamalarında ilk beşte bulunmaktadır (OGM, 2022).

Orman yangınları başladığı anda en kısa zamanda ulaşarak yangına müdahale edilmesi orman yangınları ile etkin mücadele edilebilmesi için büyük önem taşımaktadır (Çanakçıoğlu, 1993). Aksi takdirde orman yangınları büyümeleri halinde doğal afete dönüşebilmektedirler.

1.1 Orman Yangınları

Orman yangınları orman içerisinde bulunan canlı ve cansız bütün varlıkları kısmen veya tamamen yakabilen, açık alanda olmasından dolayı çeşitli faktörlere göre serbest yayılma özelliği gösteren yangınlardır (Eroğlu, 2009). Yanma reaksiyonunun meydana gelmesi için gerekli üç unsur oksijen, sıcaklık ve yanıcı maddedir. Yanma olayını meydana getiren bu üç unsurun oluşturduğu üçgene ‘Yangın Üçgeni’ denmektedir. Bu üç unsurdan birinin olmaması halinde veya yeterli düzeyde bulunmaması halinde yanma olayı gerçekleşmez. Orman yangınlarının hangi yangın türü olduğunu, büyüklüğünü, yayılma oranını ve yangın şiddetini yangın üçgeni unsurlarının miktarı ve niteliği belirler (Sepetçi, 2014). Orman yangınları, mekân, yanıcı madde ve topografik faktörlere göre değişken davranışlar gösterir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 :Yangın üçgeni (Asri ve diğ., 2015).

Orman yangınları; örtü, tepe ve toprak yangınları olarak üç şekilde meydana gelmektedir. (OGM, 1995). Ülkemizde meydana gelen orman yangınları örtü ve tepe yangınlarıdır. Yangın davranışlarına bakıldığında genel olarak orman yangınları örtü

yangını olarak başlar daha sonra yangın parametrelerine bağlı olarak tepe yangınına dönüşür ve geniş alana yayılmış olur (Şahin, 2019).

Toprak yangınları toprak yüzeyi altındaki kalın organik madde tabakalarının yanmasıyla meydana gelir (Çanakçıoğlu, 1993). Ülkemizde kalın humus tabakası ve turbalıkların çok az olmasından dolayı bu tür yangınlar görülmemektedir. Örtü yangını orman toprağının üzerinde bulunan ölü örtü ve diri örtünün yanmasıdır (OGM, 1995). Örtü yangının yayılma hızı ve şiddeti, yanan alan içerisinde bulunan ölü ve diri örtünün durumuna göre değişkenlik gösterir. Örtü yangını devam ederken ağaç ve ağaççıkların tepelerinin de yanmasıyla meydana gelen tepe yangını en tehlikeli yangındır (OGM, 1995). Hızlı bir şekilde ilerleyen tepe yangınları, ağaçların büyük oranda zarar görmesine ve meşcerelerin yok olmasına neden olmaktadır.

Ülkemizdeki orman yangınları çıkış sebeplerine göre; kaza, ihmal ve dikkatsizlik, kasıt, doğal nedenler (yıldırım) ve nedeni bilinmeyen yangınlar olarak gruplandırılmıştır. Yangınların çıkış sebeplerine ilişkin istatistiki bilgilere göre; yangınların %5'i kasıt, %36'sı ihmal ve kaza, %12'si yıldırım nedeniyle çıkmış olup, %46'sının nedeni ise belirlenememiştir (OGM, 2022) (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 : 2011-2021 yılları arasında çıkan yangınların nedenleri (OGM, 2022).

Toplam Yanan Alan		Yangın Çıkış Sebepleri							
		Kasıt		İhmal-Kaza		Doğal (Yıldırım)		Faili Meçhul	
Yıl	Adet	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
2011	1 954	153	8	1 067	55	130	7	604	31
2012	2 450	197	8	936	38	373	15	944	39
2013	3 755	260	7	1 419	38	258	7	1 818	48
2014	2 149	127	6	801	37	328	15	893	42
2015	2 150	138	6	794	37	257	12	961	45
2016	3 188	157	5	990	31	310	10	1 731	54
2017	2 411	151	6	721	30	259	11	1 280	53
2018	2 167	92	4	693	32	413	19	969	45
2019	2 688	124	5	883	33	372	14	1 309	49
2020	3 399	72	2	1 156	34	312	9	1 859	55
2021	2 793	110	4	1 001	36	353	13	1 329	48

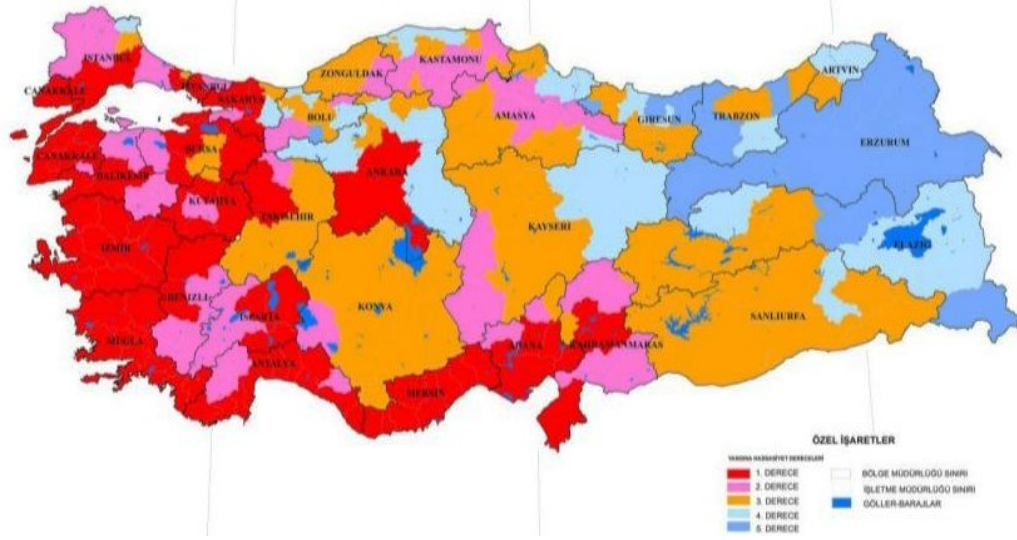
1.2 Yangın Duyarlılığı

Orman alanlarında yangın duyarlılık oranının belirlenmesinde, meydana gelen yangın sayısı, yanan sahanın, ilgili orman işletmesinin alanına oranı ve yangın sabitesi kullanılmaktadır (Mol, 1994). Orman yangınlarıyla etkili mücadele yapılabilmesi için duyarlılık oranı, bir işletmenin diğer işletmeler arasındaki durumunu belirlemek ve yangına duyarlılık sıralamasını yapmak için yangına hassaslık oranı kavramı geliştirilmiştir. Çıkan orman yangınlarının ayrıntılı arşiv bilgilerinin bulunması, duyarlılık oranının doğru yapılabilmesi için en önemli etkidir (Küçük ve Ünal, 2005).

Belirli duyarlılığa sahip orman işletmelerini belirleyen; yangına duyarlılık oranı, aynı zamanda duyarlılık sınıfını oluşturmaktadır (Mol, 1994). Yangına duyarlılık oranı, yanan alan miktarına ve birim alana düşen yangın sayısına bağlıdır. Yıllık yangın sayısı azaldıkça duyarlılığı azalmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993). Yangın sabiti değerleri, işletmelerin yangına duyarlılık düzeylerini belirlemek için kullanılmaktadır (Çizelge 1.2). Türkiye’de Orman İşletme Müdürlüklerine göre yangın duyarlılık oranı haritası Şekil 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.2 : Yangın duyarlılık oranı (Çanakçıoğlu, 1993).

Duyarlılık Oranı	Yangın Sabiti
1	$\geq 0,35$
2	0,20 – 0,35
3	0,10 – 0,20
4	0,05 – 0,10
5	$< 0,05$



Şekil 1.2 : Yangın duyarlılık haritası (OGM, 2022).

Yanan orman sahalarına etkili müdahalenin gerçekleştirilebilmesi için yangınla mücadelede görev alan ilk müdahale ekiplerini oluşturan arasözlerin yangın sahasına ulaşım süresinin kritik müdahale süresini aşmaması gerekir. Kritik müdahale süresi, orman yangınlarını söndürme olasılığının önemli ölçüde arttığı zaman dilimi olarak tanımlanır ve yanan alanın yangın duyarlılık oranına bağlı olarak değişmektedir (OGM, 2008) (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3 : Yangın duyarlılık derecelerine kritik müdahale süreleri (OGM, 2008).

	Yangın Duyarlılık Dereceleri				
	I	II	III	IV	V
Müdahale Süresi	20 dakika	30 dakika	40 dakika	50 dakika	50 dakika

1.3 Yangın Müdahale Ekipleri

Yangın müdahalesinde gerekli araç ve malzemeler ile donatılmış işçi gruplarının görevi yangını kontrol altına almak ve söndürmektir. Ülkemiz sınırlarında orman yangınları ile mücadelede, kontrol altına alınması ve söndürülmesi çalışmalarında yıl içerisinde yaklaşık 12000 işçi ortalama 5-6 ay süre ile görev almaktadır (Akay ve Yenilmez, 2007). Etkin yangın söndürme operasyonları, orman yolu ağı ve bağlantısının kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına ve yangın bölgesine hızla ulaşma yeteneğine dayanır. Orman yangınları ile mücadelede yangın müdahale ekipleri 5 grupta toplanmaktadır. Bunlar: ilk müdahale ekibi, hazır kuvvet ekibi, gezici ekip,

arazöz ekibi ve helikopter (helikopter, uçak) ekibinden meydana gelmektedir (Akay ve diğ., 2008a).

1.3.1 İlk müdahale ekibi

Orman yangınlarıyla mücadelenin ilk aşamasında kritik rol oynayan ilk müdahale ekipleri, yangının yayılmasını önlemek için hayati önem taşır. Bu ekipler, 8 ila 17 kişilik gruplar halinde görev yapar ve işçi sayıları, yangına hassasiyet oranına göre belirlenir.

İlk müdahale ekipleri, yangın sezonları boyunca alarm durumunda beklemek üzere orman işletmesi sınırları içinde özel olarak belirlenmiş yangın hareket merkezlerinde konuşlanır. Yangın ihbarı aldıkları anda, ekipler en kısa sürede (3-5 dakika) hazır hale gelerek yangın bölgesine hareket eder.

Ekiplerin konumları, yangına hassasiyet oranı, ormanlık alandaki mevcut yol ağı, su ve elektrik gibi kaynaklara erişim gibi faktörler göz önünde bulundurularak belirlenir. Bu sayede, ekipler yangına en hızlı şekilde ulaşarak müdahaleye başlayabilir.

İlk müdahale ekiplerinin kullandığı ekipmanlar, yangınla mücadelede hayati önem taşır. Bu ekipmanlar arasında tırmık, çapa, tahra, balta, kazma, gürebi, baltalı kazma, su tulumu, tırmıklı çapa, motorlu testere, akaryakıt ve yağ gibi temel araçlar yer alır. Ayrıca, koruyucu malzemeler, sırt çantaları, miğferler, el fenerleri, su bidonları, eğeler, tıbbi malzemeler ve yangına gider levhaları gibi ekipmanlar da yangın söndürme çalışmalarında aktif olarak kullanılır. (OGM, 1995).

1.3.2 Hazır kuvvet ekibi

İlk müdahale ekiplerinin gücünün yetmediği durumlarda devreye giren hazır kuvvet ekipleri, orman yangınlarıyla mücadelede kritik bir rol oynar. Daha geniş bir görev yelpazesine sahip olan bu ekipler, 25 ila 40 kişilik gruplar halinde çalışır. Yangına hassas, tehlikeli ve riskli orman alanlarının yakınlarında konuşlandırılarak, yangına hızlı ve etkili bir şekilde müdahale etmeleri sağlanır.

Gerektiğinde ilk müdahale ekiplerinin görevlerini de üstlenen hazır kuvvet ekipleri, sahadaki mücadeleyi sürdürür. İlk müdahale ekiplerinin kullandığı tüm ekipmanlara ek olarak, hazır kuvvet ekiplerinde iki adet motorlu testere de yer alır. Bu sayede, yangın söndürme ve kontrol altına alma işlemleri daha hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleştirilir. (OGM, 1995).

1.3.3 Gezici (mobil) ekip

Mobil ekip, yangına duyarlı, tehlikeli ve riskli orman bölgelerinde, doğrudan öngörülemeyen orman alanlarında ve çok sık yangın çıkan belirli noktalarda orman yangınları ile mücadele amacıyla görev almaktadır. Normal zamanlarda 4-5 kişiden oluşan gezici ekip ilk müdahale ekiplerinin ulaşamadıkları yangın sahalarına müdahale edebilmektedir. Mobil ekipler, kontrollerinin sağlanması için kritik yerlerde konuşlanmaktadır (OGM, 1995). Bu ekipler ayrıca orman işletmesi sınırları içerisinde yangın riski taşıyan kritik yerleri denetlemek için belirli güzergahlarda devriye gerçekleştirirler.

1.3.4 Arazöz ekibi

Orman sahalarındaki yangınlar ile mücadelede ilk müdahale ekiplerinin yangına en kısa süre içerisinde müdahale etmelerini sağlamak için zor arazi koşullarına uyumlu 4x4 arazözler kullanılmaktadır. Arazöz ekibi 5-6 kişiden oluşmakta ve yangın söndürmede etkin bir şekilde yangına karşı aktif görev almaktadır (OGM, 1995). Orman yangınlarında kullanılan Mercedes, Renault, BMC ve Iveco gibi marka arazözler ülkemizde görev yapmaktadır. (Şekil 1.3). Çizelge 1.4’de orman yangınlarında görev yapan BMC marka bir yangın arazözünün teknik özellikleri verilmektedir.



Şekil 1.3 : İlk müdahale ekibinde kullanılan BMC Pro624 arazöz (Şakar, 2010).

Çizelge 1.4 : BMC Pro 624 (4x4) model arazözün teknik özellikleri (Şakar, 2010).

Teknik Özellikler	Değerler
Toplam Ağırlık	25000 kg
Ön Aks Ağırlık	7000 kg
Arka Aks Ağırlık	18000 kg
Genişlik	2,50 m
Uzunluk	9,77 m

Dingil Açıklığı	4,85 m
Araç Yüksekliği	3,05 m
Tekerlekler (Ebat/Adet)	315 / 80 R 22.5, 10+1
Motor Gücü	184 kW (247 hp)
Yüklü Ağırlıkla Azami Hız	98 km/saat
Tırmanma Yeteneği (%)	>35
Dişli Kutusu Marka/Model	ZF 9 S 109 DT
Vites Adeti	9 ileri senkromeçli, 1 geri
Tanker Su Kapasitesi	6000 litre
Köpük Kapasitesi	200 litre

1.3.5 Hava destek ekibi (Helikopter ekibi)

Yangına duyarlı bölgelerde orman yangınlarıyla mücadelede; müdahale hızı yüksek, yangınları kontrol etmede ve kayıpların azaltılmasında en etkili araçlar arasındadır. Helikopter (hava destek) ekibi, yolu olmayan veya yüksek engebeli olan ulaşım imkanı zor olan yangına kritik bölgelerde çıkan orman yangın sahasına en kısa sürede etkili bir şekilde ulaşarak etkin mücadele gerçekleştirmektedir. Helikopter ekibinde 10 kişiden meydana gelmekte ve ekipte bir orman mühendisi veya orman muhafaza memuru bulunmaktadır. Yangınla aktif bir mücadele gerektiren durumlarda helikopter ekibinde gerektiğinde helikopterden profesyonel hareket edebilecek olan genç ve dinamik personel istihdam edilmektedir (OGM, 1995).

Hava destek ekibinde görev alacak yangın helikopterler, OGM tarafından her yıl yangın sezonu için kiralanmakta olup gerekli su taşıma haznesine sahip, belirli standartları olan yangın helikopterleridir (Akay ve diğ., 2008b). Orman yangınları ile mücadele için hava araçlarının kullanımı ülkemizde 1988 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Ancak orman yangınları ile mücadelede pahalı bir yöntem teşkil etmektedir. OGM tarafından satın alınan veya kiralanen helikopterler çeşitli ormancılık çalışmalarında (yangınla mücadele, orman koruma, yaban hayvanları yönetimi, insan ve malzeme taşıma) çeşitli ormancılık faaliyetlerinde de kullanılmaktadır (Şekil 1.4)



Şekil 1.4 : Orman yayınlarında kullanılan Mil Mi-8MTV-1 helikopter (Şakar, 2010).

1.4 B-Tipi Tâli Yollar (Orman yolları)

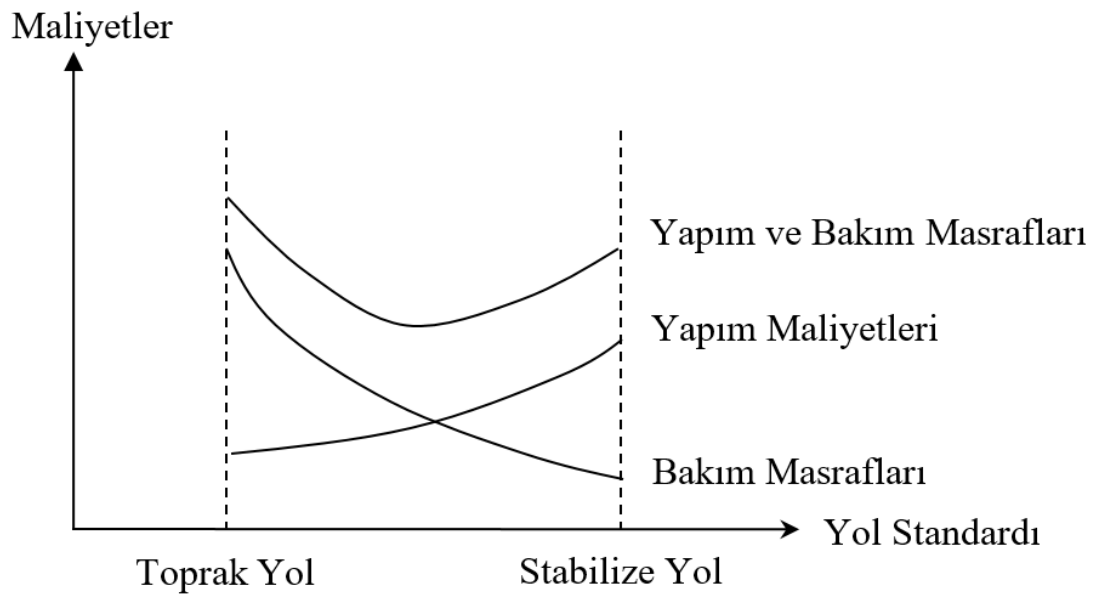
B-tipi yollar, ormancılık çalışmalarında üretim, bakım ve koruma gibi birçok faydaya sebebiyet vermektedir. Erdaş (1986)'a göre B-tipi yollar, ormanların işletmelere bir diğer yönü, yük taşıma araçlarının yıl içerisinde nakliye yapmasına yönelik, orman içi ile orman dışı arasında bağlantıyı sağlayan 4m genişliğinde yollar olarak açıklanmaktadır.

B-tipi yollar, yangınlar ile mücadelede kritik bir rol oynar. Uzak bölgelere erişim sağlayarak söndürme ekiplerinin ve ekipmanlarının hızla konuşlandırılmasına imkan verirler. Bakımsız veya yetersiz orman yolu ağları, yangın olaylarına ilk müdahaleyi engelleyerek yangınların yayılmasına ve ekosistemler ile yerleşim yerlerine verilen zararın artmasına neden olabilir. Etkin yangın söndürme çalışmaları, orman yolu ağı ve bağlantısının kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına, aktifliğinin korunmasına ve yangın sahasına hızla ulaşma yeteneğine dayanır. Özellikle B-Tipi yollar teknik, ekonomik yönünden diğer kara yollarına göre daha farklı standartlara sahiptir. Bu standartların başında, B-tipi yolların standartlarının geometrik boyutlarının daha küçük olması, yol yapım ve bakım maliyetlerinin düşük olması ve yol yapım ve bakım masrafları ile sürütme maliyetleri arasında bir dengeyi sağlaması önemlidir. (Erdaş, 1997). Bunun dışında, B-tipi yol ağının planlanmasında ve yapımında düşük maliyetli olma koşulları ile beraberinde doğaya uygun olması, diri örtü tabakası ile pasif hale gelmemesi ve emniyet koşullarına uyulması önemlidir. (Hasdemir ve Demir, 2001).

A ve B-tipi yolların farklı kullanım şekilleri şu şekilde sıralanmıştır (Erdaş, 1997):

- Ormancılık faaliyetlerini (ekim, dikim, üretim, ağaçlandırma, koruma) gerçekleştirmek üzere gerekli malzeme ve personelin taşınması,
- Orman içi köyler arasında ulaşımın sağlanması,
- Orman içi dinlenme ve avlanma tesislerine (av köşkleri, avlaklar) ulaşım,
- Orman içindeki av ve yaban hayvanı üretim yeri ve istasyonlarına ulaşım,
- Orman içi turistik yerlerin rekreasyonel ve spor amaçlı ulaşım açılması,
- Yurt savunması amaçlı ulaşım imkanı sağlaması.

Ormancılık faaliyetlerinin sürdürülebilmesi olması için A ve B-tipi yolların amenajman ve silvikültür çalışmalarına uygun standartlarda planlaması yapılmalıdır. Orman ürünlerinin düşük maliyetle (sürütme ve taşıma) son depoya aktarılabilmesi için yeterli mesafede ve sıklıkta bir B-tipi yol ağı inşaa edilmelidir. Yol ağı ormanın tüm bölme ve bölmeciklerin yakınından veya içinden geçmesi planlanarak ve ormanın her köşesinden faydalanmayı sağlayacak şekilde inşaa edilmelidir. (Erdaş, 1997). Bir orman alanına yapılacak bir B-tipi yol ağında yolların farklı standartlarda olabilir. Düşük standarttaki yollarda bakım masrafları yüksek ve yapım maliyetleri düşüktür. Yüksek standarttaki yollarda ise durum tam tersi olmaktadır. Yolun yapım maliyeti yüksek ve bakım masrafları düşüktür. Ekonomik koşullar, A ve B-tipi yolların standartları karşılaştırıldığında, ormancılık faaliyetlerinden sağlanacak verimin yüksek olması için yol ağının yüksek ve düşük standartlı yolların karışımından oluşması gerekmektedir. (Erdaş, 1997) (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 : Yol standartlarına göre yapım-bakım maliyetlerin değişimi (Erdaş, 1997).

Orman Genel Müdürlüğünün 2010 yılında yapmış olduğu çalışma neticesinde orman yol ağı planlarının yapımına 1964 tarihinde başlamış ve 2007 sene sonunda düzeltilmiş yol ağı planlarında ülkemizdeki ormanların 210.000 km yol ağına ihtiyacı olduğu belirlenmiştir. Yeni orman yol ağının yapımı ormancılık faaliyetlerini uygulanması için gerekli olduğu kadar eski orman yollarının kalitesinin artırılması da oldukça önem arz etmektedir. A ve B-tipi yolların kalitesini geliştirilebilmesi için sanat yapılarının ve üst yapıların iyileştirilmesi gerekmektedir.

1.4.1 Taşınan ürün miktarı yönünden orman yol tipleri

Orman Yol Ağları bir senede üzerinden nakliyesi yapılacak ürün miktarlarına, yapılış amaçlarına, trafik hacmine, hareket halindeki araçların tonajlarına ve büyüklüğüne ilişkili olarak farklı yol kalitesine göre ayrılmıştır (Erdaş, 1997). Bunlar; Çizelge 1.6'daki Tabloya göre belirli standartlara göre 3 tip içerisine ayrılmaktadır. Ayrıca tablo içinde yol tiplerine göre matematiksel standartları gösterilmektedir.

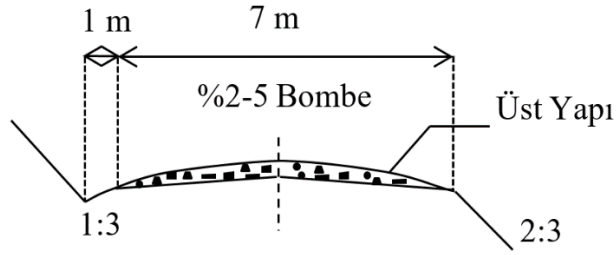
Çizelge 1.5 : Yolların Kalite Standartları (Bilici, 2008).

Matematiksel Standartlar	Birim	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu		Traktör Yolu
			A-Tipi	B-Tipi	
Platform genişliği	m	7	6	4	3,5
Şerit sayısı	adet	2	1	1	1
Maksimum eğim	%	8	10	12	20
Minimum kurp yarıçapı	m	50	35	12	8
Şerit genişliği	m	3	3	3	3
Banket Genişliği	m	0,5	0,5	0,5	-
Hendek genişliği	m	1	1	0,5	-
Düşey Kurp Görüş Mesafesi	m	120	90	75	-
Üst Yapı Genişliği	m	6	5	3	-
Proje Hızı	km/sa	45	35	25	-
Köprü genişliği	m	7+(2x0.6)	6+(2x0.6)	5+(2x0.6)	-

1.4.1.1 Ana Orman Yolları

OGM'den izin irtifak dairesi başkanlığından alınacak özel izinle inşa edilebilen ana orman yollarında güzergahını ana dereleri paralel olarak planlanır ve üzerinde nakliyesi yapılacak ürün miktarının bir sene içinde 50.000 m³'den çok olması gerekmektedir.

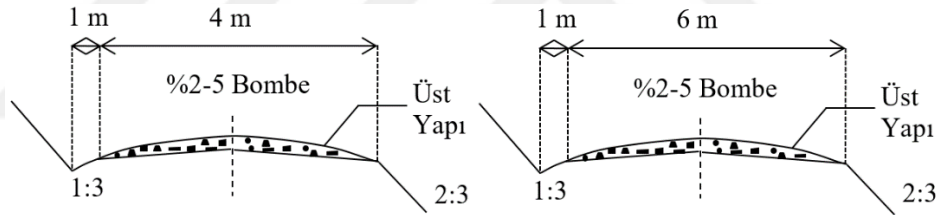
Standart trafik işaretlerinin ana orman yolları üzerinde bulundurulması zorunludur (Erdaş, 1997) (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 : Ana orman yolu standart profili (Erdaş, 1997).

1.4.1.2 Tali A ve B-tipi yollar (Tâli Orman Yolları)

Tali orman yolları A-Tipi ve B-Tipi tali yollar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 1.7). Ana dere yolları olan A-Tipi tali orman yollarının tesis edilmesi için OGM'deki İzin İrtifak Dairesi Başkanlığından özel izin alınması ve nakliyesi yapılacak ürün miktarının bir sene içinde 25.000-50.000 m³ arasında olması gerekmektedir. B-Tipi tali orman yollarında nakliyesi yapılacak ürün miktarı bir sene içerisinde 25.000 m³'den daha düşüktür (Erdaş, 1997).



Şekil 1.7 : A-Tipi (sol) ve B-Tipi (sağ) tali orman yollarının profilleri (Erdaş, 1997).

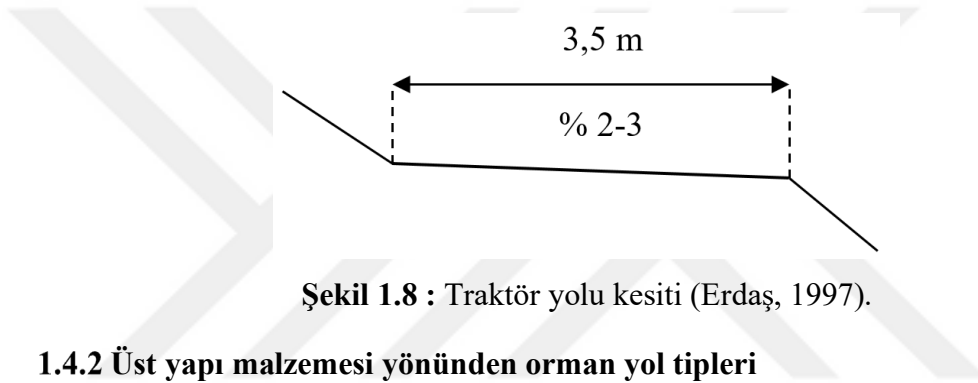
Yol inşaatında kullanılan matematiksel standartlar, projenin özel koşullarına göre büyük farklılıklar göstermektedir. Üretilen malzemenin niteliği, iklimsel etkiler, arazi yapısı gibi faktörler, yolun eğiminden kesitine kadar her detayını belirler. Örneğin, dik yamaçlarda yolun genişliği ve derinliği, kayalık zeminlerde ise dayanım özellikleri, standartların dışında özel hesaplamalar gerektirebilir (Bilici, 2008). Ters taşıma işlemlerinde eğim oranı, yolun uzunluğuna bağlı olarak değişkenlik gösterirken, dik yamaçlarda yol platformunun genişliği ve hendek derinliğine dair önemli bilgiler sunmaktadır. (Erdaş, 1997)

Yol yapımında kullanılan matematiksel standartlar, sadece mühendislik hesapları değil, aynı zamanda ekonomik ve çevresel faktörleri de içeren kompleks bir sistemdir. Taşıma mevsimi, ürünün türü ve arazinin jeolojik yapısı gibi unsurlar, yolun maliyetini ve kullanım ömrünü doğrudan etkiler. Özellikle dağlık bölgelerde, yolun güzergahı ve kesiti, hem doğal çevreyi korumak hem de ulaşımı güvenli hale getirmek amacıyla

titizlikle belirlenir. Bu bağlamda, Bilici ve Erdaş gibi uzmanların çalışmaları, yol tasarımında kullanılan bilimsel yöntemlere önemli katkılar sağlamaktadır.

1.4.1.3 Sürütme yolları (Traktör yolları)

Ormanlık alanlarda, mekanik sistemler yerine elle toplanan ve dere kenarlarına yığılmış ağaçların, mevcut yollara taşınması zor olduğunda, bu ağaçları tek seferde ve hasarsız bir şekilde taşımak için geçici yollar inşa edilmektedir. Bu yollara "traktör yolları" denir (Erdaş, 1997). Yokuş aşağı taşımada eğim %18'i, yokuş yukarı taşımada ise %12'yi geçmemelidir. Suyun rahatça tahliye olabilmesi için yol platformu dereye doğru %2-3 eğim verilmeli, her bölüm 1 km'den uzun olmamalı ve 3,5 m. genişliğinde en az %2-3 üst yapıya sahip olması gerekir. (Şekil 1.8).



Şekil 1.8 : Traktör yolu kesiti (Erdaş, 1997).

1.4.2 Üst yapı malzemesi yönünden orman yol tipleri

Orman yollarında kullanılan zemin kaplamaları, toprak, stabilize, asfalt ve beton olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadır. Bu zemin türleri arasında, beton yolların ormancılık faaliyetlerinde tercih edilme oranı oldukça düşüktür (Erdaş, 1997). Gerekçesi ise ülkemizde maliyetinin yüksek olması ve arazinin yapısına uygun olmamasıdır.

1.4.3 Toprak Yollar

Orman yollarında kullanılan zemin kaplamaları arasında en basit ve az maliyetli olanı toprak yollardır. Bu yollarda herhangi bir üst yapı malzemesi kullanılmaz. Bu nedenle taşıma kapasiteleri düşüktür ve genellikle kısa mesafelerde, hafif yük taşımacılığı için kullanılır. Toprak yollar, yağışlardan ve aşınmadan kolayca etkilenebilir. Bu nedenle düzenli bakım ve onarım gerektirirler.(Erdaş, 1997)

Toprak yolların yapımı nispeten kolay ve ucuzdur. Bu nedenle, ormanlık alanlarda geçici yollar veya düşük taşıma hacmine sahip yollar olarak yaygın olarak kullanılırlar. (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 : Toprak yol görüntüsü.

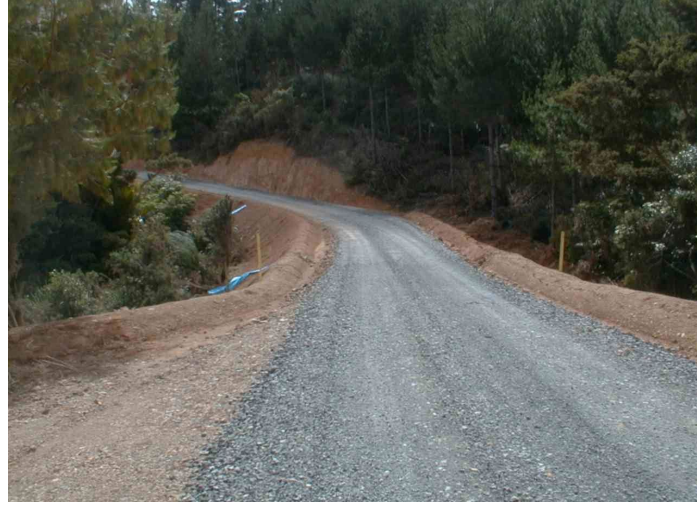
1.4.3.1 Stabilize yollar

Orman yolları, yağmur, kar ve don gibi iklim koşullarından olumsuz etkilenerek zamanla bozulabilir. Bu hasarlar, yolların taşıma kapasitesini düşürür ve onarım masraflarını artırır. Bu nedenle, zayıf zeminleri güçlendirmek için stabilizasyon adı verilen bir işlem uygulanır. Stabilize B-tipi yollarda, mekanik yöntemler, kireç, çimento veya bitüm gibi bağlayıcı malzemeler kullanılarak zemin stabilize edilir.(Erdaş, 1997)

Stabilizasyon işlemi, zemin tanelerini birbirine bağlayarak daha sağlam ve dayanıklı hale getirir. Bu sayede yollar, daha fazla yük taşıyabilir ve daha uzun süre kullanılabilir hale gelir. Ayrıca stabilizasyon, suyun zemine girmesini ve çamurlaşmayı önleyerek yolların daha güvenli ve konforlu kullanılmasına katkıda bulunur.

Stabilizasyon türü, zemin türüne, iklim koşullarına ve taşıma hacmine göre seçilir. Mekanik stabilizasyonda, zemin sıkıştırma ve karıştırma gibi yöntemler kullanılır. Kireç ve çimento ile stabilizasyonda, bağlayıcı malzeme zeminle karıştırılarak kimyasal bir reaksiyon meydana getirilir. Bitüm ile stabilizasyonda ise zemin, bitüm emdirilmiş agrega ile kaplanır.(Erdaş,1997)

Stabilizasyon, orman yollarının ömrünü uzatmak ve bakım maliyetlerini düşürmek için önemli bir yöntemdir. Bu nedenle, özellikle trafik yoğun olan yollarda ve zayıf zeminlere sahip bölgelerde stabilizasyon uygulaması yaygın olarak yapılmaktadır. (Şekil 1.10).



Şekil 1.10 : Stabilize yol görüntüsü.

1.4.3.2 Asfalt kaplama yollar

Orman yollarında, yağmur ve kar suları gibi yüzey sularının ve araçların tekerleklerinden kaynaklanan yatay ve kesme kuvvetlerinin yol zeminine zarar vermesini önlemek için özel bir kaplama tabakası kullanılır. Bu kaplama tabakası, genellikle hidrokarbonlu malzemelerden oluşan bir karışımdır.(Erdaş, 1997)

Türkiye'de asfalt kaplamalı yollar olarak adlandırılan bu yollarda, kaplama tabakasında farklı uygulama yöntemleri ve malzemeler kullanılır. En yaygın yöntemler şunlardır:

- Hidrokarbonlu Yüzeysel Kaplama: Bu yöntemde, tek veya iki kat halinde hidrokarbonlu bağlayıcı malzeme serilerek zemin kaplanır. Bu kaplama, ince ve ekonomik bir çözümdür ve düşük trafik hacmine sahip yollar için uygundur.
- Beton Asfalt: Bu yöntemde, mineraller ve hidrokarbonlu bağlayıcı malzemenin karıştırılmasıyla elde edilen beton asfalt serilerek zemin kaplanır. Beton asfalt, daha sağlam ve dayanıklı bir kaplamadır ve yoğun trafikli yollar için idealdir.

Asfalt kaplamanın türü, yolun kullanım amacına, trafik hacmine ve zemin türüne göre seçilir. Doğru seçilmiş ve uygulanmış bir asfalt kaplama, orman yollarının ömrünü uzatır, bakım maliyetlerini düşürür ve sürüş konforunu artırır. (Erdaş, 1997) (Şekil 1.11).



Şekil 1.11 : Asfalt kaplama yol görüntüsü.

1.5 Orman Yangınları ile Mücadelede Bilgi Teknolojileri

Orman yangınları ile mücadelede başarılı olmak için kaynakların hem etkin hem de ekonomik bir şekilde kullanılması ve gelişmiş teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Günümüzde her alanda gelişen ve kullanılan bilgi teknolojilerinin orman yangınlarında da kullanılması son derece önemlidir. Uzaktan algılama (UA), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), karar destek sistemleri ve yapay zekâ yangınla mücadelede kullanılmaktadır (Bilgili ve Küçük, 2002). Bu sistemlerin kullanılması yangın çıkmadan önce ve yangın anında en etkin mücadeleyi yapmak için verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu verilerin toplanması, analiz edilmesi ve çıkan sonuçların kullanıcılara verilmesi için teknolojinin etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. CBS kullanılarak; verilere daha hızlı, daha kolay ve daha ekonomik şekilde ulaşılabilmektedir. Bu bize hem yangın öncesinde hem yangın anında ve hem de yangın sonrasında faydalı bilgilere ulaşmamızı sağlamaktadır (Küçük ve Bilgili, 2006). Bu bilgiler; yangının tehlike durumu ve riski, hava durumu, yerleşim yerleri, yollar, yangına varış süresi, çevresel etkiler, yangın söndürme organizasyonu ve kapasitesi gibi verilerdir (Küçük, 2004). CBS sayesinde basit haritalar üretilebileceği gibi daha karmaşık haritalar da üretilebilmekte ve böylece karar vericilere destek sağlanmaktadır. Orman yangınları ile mücadele kapsamında CBS ve UA teknikleri kullanılarak, yangın öncesinde yangının tahmin ve erken tespit edilmesi, modelleme, yangın oluşumu, organizasyon ve yangın sonucu meydana gelen hasarın tespit edilme çalışmaları yapılabilmektedir (Erten ve diğ., 2005). Orman yangınlarında CBS gibi

karar destek sistemlerinin kullanılması, planlama yapılması, yönetme ve karar verme sürecinden oluşan yangının başlama süreci; ekonomik olarak etkileyen önemli bir faktördür (Bilgili ve diğ., 2001).

Orman yangınlarına karşı daha etkin mücadele edilmesi için OGM'nin ilgili birimlerince Orman Yangın Bilgi Sistemi (OYBS) geliştirilmiştir. Bu sistem CBS tabanlı olup, sistem ile yangında görevli tüm araçlar konumları itibarı ile gerçek zamanlı olarak takip edilebilmekte, CBS ortamındaki Ağ Analizi yöntemleri kullanılarak yangınlara ilk müdahale ekiplerinin yangın alanına en kısa süre içerisinde nerden ulaşabileceği belirlenebilmekte ve yönlendirilebilmektedir (Ün, 2009).

1.6 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Orman yangınları, özellikle yangın riski yüksek alanlarda orman ekosistemini etkileyen en önemli doğal afetlerden biridir. Ayrıca orman yangınları insan hayatını tehdit etmekte ve ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ülkemizde her yıl binlerce hektar orman, yangınlardan etkilenmekte ve bu durum ekonomik, ekolojik ve sosyal açıdan önemli zararlara neden olmaktadır. Orman yangınlarıyla etkin bir şekilde mücadele edebilmek için ilk müdahale ekiplerinin yangın alanına kritik müdahale süresi içinde ulaşması ve yangın söndürme faaliyetlerine başlaması gerekmektedir. İlk müdahale ekipleri çoğunlukla arazöz ile yangın alanlarına ulaştığından, kritik müdahale süresi içinde ulaşılacak orman alanları yol ağının uzunluğuna ve araç hızına bağlı olarak belirlenebilmektedir.

Ülkemizdeki orman yollarının büyük bir bölümü, araç hızı ve teknik standartları sınırlı olan B-tipi tali orman yollardır. Özellikle yangın riski yüksek ormanlarda, yol standartlarını iyileştirerek araç hızını arttırmak, kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilir orman alanlarının genişletilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Bu nedenle yol standartlarının iyileştirilmesi ve yangınla mücadele faaliyetlerinin etkinliği birlikte değerlendirilmelidir. Yol standartlarının iyileştirilmesi, yol yapımı aşamasında bazı ek maliyetlere neden olabilse de, bakım ve onarım maliyetleri uzun vadede önemli ölçüde azalacaktır.

Bu tez çalışmasında, özellikle yangın riskinin yüksek olduğu ormanlarda yol standartlarının iyileştirilmesinin ilk müdahale ekipleri (acil durumlarda kullanılan mobil ekipler dahil) tarafından kritik müdahale süresinde ulaşılabilen orman

alanlarının miktarı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla CBS tabanlı ağ analizi yöntemi kullanılmıştır. Çalışma, yangına hassas ormanlardan oluşan AOBM’de uygulanmıştır. Çünkü AOBM orman yangınları bakımından yüksek hassas orman duyarlılığına sahip bir orman serveti mevcuttur. Çizelge 3.1 deki toplam yanan orman alanlarına baktığımızda en çok zarar meydana gelen il Mevcut B-tipi yollar ve standartları iyileştirilmiş B-tipi yolların dikkate alınacağı iki senaryo için kritik müdahale süresinde ulaşılabilir orman alanlarının belirlenmesi amacıyla ArcGIS 10.8 yazılımında Ağ Analisti yöntemleri kullanılmıştır.

Çizelge 1.6 : Orman yangınlarından toplam yanan orman alanı (OGM, 2020).

Orman Bölge Müdürlüğü	Toplam Yanan Alan (ha)
Antalya	30144,25
İzmir	21812,96
K.Maraş	16039,85
Muğla	12452,13
Mersin	9939,981
Balıkesir	8915,82
Adana	8470,886
Şanlıurfa	6635,356
Kastamonu	3639,92
Bursa	3430,829

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Orman yangınları nedeniyle meydana gelecek muhtemel kayıpların azaltılmasında orman yangınları ile mücadele çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Orman yangınlarıyla mücadele, özel ekiplerin koordinasyonlu çalışmalarıyla gerçekleşir. Bu ekipler, İlk müdahale ekibi, hazır kuvvet ekibi, gezici ekip, arazöz ekibi, hava destek ekibi görev yapar (Akay ve diğ., 2008)

Yangınla mücadelede en önemli faktörlerden biri, arazöz ve yer ekibinin yangın sahasına ne kadar sürede ulaşabileceğidir. Özellikle yangına birinci dereceden hassas bölgelerde, ekiplerin kritik müdahale süresini aşmadan yangın sahasına ulaşması hayati önem taşır (OGM, 2008). Kritik müdahale süresi, yangının ilk başladığı aşamada söndürülmesi için gerekli olan maksimum zamandır.

Yangın gibi acil durumlarda, her saniye hayati önem taşır. Bu nedenle, ihbarın ardından yangın söndürme ekiplerinin yangın yerine en kısa sürede ulaşması için detaylı bir planlama yapmak şarttır. Yangın söndürme araçlarının hareket edeceği güzergahı belirlerken, yolun trafiğe kapalı olup olmadığı, arazinin engebeli yapısı, hava koşulları gibi birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır (Akay ve Şakar, 2009). Bu güzergahın gerçek zamanlı olarak belirlenmesi, müdahale süresini önemli ölçüde kısıltacaktır.

CBS teknolojisi, mekansal verileri toplamak, depolamak, işlemek, analiz etmek ve sunmak için etkili araçlar sunduğundan birçok ormancılık uygulamasında (orman transportu, orman amenajmanı, havza yönetimi, orman koruma, vb.) etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Yüksel ve diğ., 2008; Gümüşay ve Şahin, 2009; Wing ve diğ., 2010). Son yıllarda, orman yangınlarıyla mücadelenin etkinliğini artırmak için CBS tabanlı karar destek sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Küçük ve Ünal, 2005). Bilgisayar ve CBS teknolojisindeki gelişmeler, ulaşım problemlerinin çözümü için ağ analizi tabanlı CBS tekniklerinin kullanılmasını mümkün kılmaktadır (Akay ve Şakar, 2009).

CBS teknikleri kullanılan bazı çalışmalarda, araç güzergahı problemlerini çözmek için karar destek sistemlerinin mekansal veri tabanlarıyla entegrasyonu araştırılmıştır (Manussaridis ve diğ., 2007; Keenan, 2008). Bazı çalışmalarda, yol ağı üzerinden seyahat eden bir araç için alternatif güzergahların dinamik olarak güncellenmesini sağlayan gerçek zamanlı çözümler araştırılmıştır (Gendreau ve diğ., 2001; Ghiani ve diğ., 2003). Gerçek zamanlı çözümler, yeni bir güzergahın değerlendirilmesi ve seçilmesinde yol ağı üzerindeki araç hareketinin, değişen güzergahların veya yol ağı boyunca değişen koşulların ve varış noktasındaki olası değişikliklerin hesaba katılmasına izin vermektedir.

Orman yolları, uzak bölgelere erişim sağladıkları ve yangınla mücadele ekip ve ekipmanlarının hızlı bir şekilde konuşlandırılmasını mümkün kıldıkları için orman yangını yönetiminde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bakımsız veya yetersiz orman yolu ağları, yangın olaylarına ilk müdahaleyi engelleyerek yangınların yayılmasına ve ekosistemler ile toplumların daha fazla zarar görmesine yol açabilir. (Alexander H. Lindon P. , 2023).

Yangınla mücadele ekiplerinin yangın alanına en kısa sürede ulaşmasını sağlayan en uygun güzergahın belirlenmesi amacıyla CBS tabanlı karar destek sistemlerinin geliştirildiği bazı çalışmalar incelenmiştir. Dimopoulou ve Giannikos (2004), bir yangına müdahale etmek için kaç tane ve ne tür arazöze ihtiyaç duyulacağını belirlemek için CBS tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Çalışmada, farklı yol tipleri için uygun araç hızları ve aracın yangına varması gereken kritik zaman dikkate alınmıştır. Karar destek sistemi ayrıca yangınla mücadele verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için arazözlerin nereye yerleştirilmesi gerektiğini de incelemiştir. Keramitsoglou ve diğ. (2005), Yunanistan'da orman yangınlarına arazöz ekipleri ile müdahalede en uygun güzergahı araştıran bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Çalışmada, yol tipi, yol durumu ve nüfus yoğunluğu gibi değişkenlerin çözüm aşamasındaki etkileri incelenmiştir. Bonazountas ve diğ. (2007), ağ analiz tabanlı CBS yöntemleri kullanarak yangınla mücadele araçlarının yangına ulaşma süresini hesaplayan bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Bu amaçla, yeniden su doldurma zamanı da dahil olmak üzere yangın alanına ulaşma zamanını hesaplamak için raster tabanlı bir yol ağı kullanılmıştır.

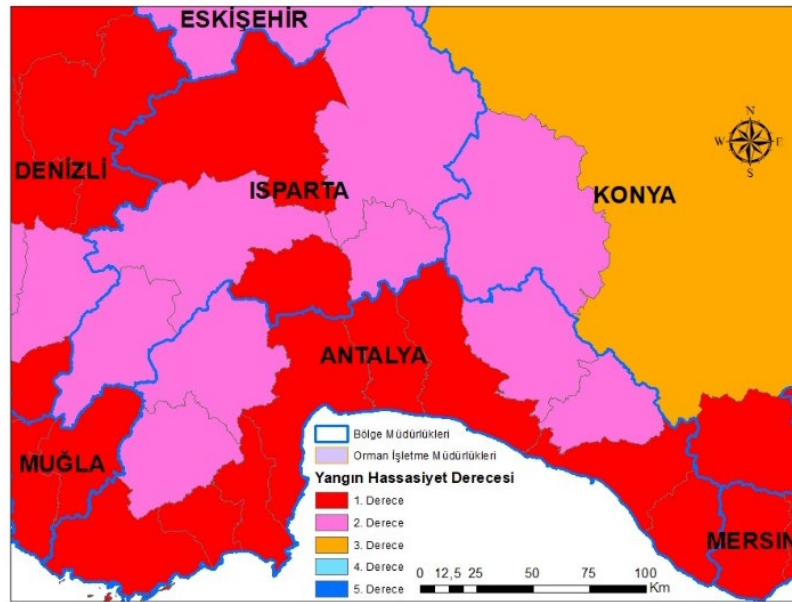
Podolskaia ve diğ. (2019), Ağ Analisti (Network Analyst) yöntemini kullanarak orman yangınlarına ulaşım süresini ve mesafesini belirleyen bir ulaşım ağ modeli

geliştirmiştir. Çalışmada, üç zaman periyodu (bir, iki ve üç saat) dikkate alınarak, karayoluyla yangın alanına ulaşımı değerlendirmek amacıyla bir yangın alanı koruma zonu haritası oluşturulmuştur. Orman yangınlarının çoğunlukla bir ve iki saat içinde ulaşılan bölgelerde olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada, bölgesel orman yangını yönetimi için yol veri setleri değerlendirilmiştir (Podolskaia ve diğ. 2020). Sonuçlar yol veri setlerinin doğru şekilde üretilmesinin ve güncellenmesinin gerektiğini göstermiştir. Akay ve diğ. (2012), ilk müdahale ekiplerinin yangın alanına en hızlı ve en güvenli şekilde ulaşımını sağlayan güzergahların belirlenmesi amacıyla ArcGIS yazılımında Ağ Analisti yöntemini kullanan CBS tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Sonuçlar, orman alanlarına zamanında müdahalenin yapılabilmesi için bölgede yeni yangın hareket merkezlerinin kurulması gerektiğini göstermiştir. Ayrıca, bölgede yeni B-tipi yollarının yapılmasının yangınlarla mücadele etkinliğini artırabileceği önerilmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak AOBM seçilmiştir. 2004-2020 yılları arasında meydana gelen orman yangınlarından zarar gören toplam orman alanı dikkate alındığında, 30144 hektarla en fazla yanan orman alanına sahip bölge müdürlüğünün Antalya OBM olduğu görülmektedir (OGM, 2020) (Çizelge 3.1). Bu nedenle çalışma alanı olarak Antalya OBM'nün tamamı seçilmiştir (Şekil 3.1). OBM sınırlarında 14 işletme müdürlüğünün altında 120 adet Orman İşletme Şefliği bulunmaktadır (Çizelge 3.2). Çalışma alanı 1.194.599 ha olup, bunun %55,43'ü orman alanlarıyla kaplıdır. Bölge müdürlüğü sınırlarında asli ağaç türleri; Kızılcıam, Sedi, Karaçam, Göknar, Ardiç ve diğer yapraklı türlerdir. OBM'den alınan bilgilere göre bölgede toplam 112 adet ilk müdahale ekip merkezi bulunmaktadır. Ayrıca, bölgede 101 adet arazöz, 51 adet pikap ve 30 adet su tankeri görev yapmaktadır. Çalışmada, orman yangını riski olan günlerde riskli bölgelere yönlendirilerek buralarda bekletilen mobil ekipler de dikkate alınacaktır.



Şekil 3.1 : Antalya OBM sınırları ve işletmelerin yangın duyarlılık dereceleri.

Çizelge 3.1 : Orman İşletme Müdürlükleri altındaki işletme şeflikleri sayısı.

İşletme Müdürlükleri	Orman İşletme Şefliği Sayısı
Alanya	14
Kaş	12
Taşagıl	11
Kumluca	9
Serik	9
Gazipaşa	8
Konyaaltı	8
Akseki	12
Finike	7
Korkuteli	7
Manavgat	7
Antalya	6
Gündoğmuş	6
Elmalı	4

3.2 CBS Veri Tabanı

CBS tabanlı ağ analizi yöntemini kullanarak kritik müdahale süresinde erişilebilir ormanları belirlemek için, yol ağı, orman alanı ve ilk müdahale ekiplerinin konumu dahil olmak üzere bazı sayısal veri katmanları oluşturulmuştur. Bu kapsamda, AOBM'den temin edilen yol ağı verileri, meşcere haritaları ve orman koruma haritaları ArcGIS 10.8 ortamında temel haritalar olarak veri tabanına kaydedilmiştir.

3.2.1 Yol ağı veri katmanı

AOBM sınırlarında yer alan Orman İşletme Müdürlüklerine ait yol ağları temin edilmiş, ArcGIS 10.8 ortamında yol ağlarındaki eksiklikler ve bağlantı hataları düzeltilmiş ve yeni inşa edilen bazı yol seksiyonları Basemap haritalarının kullanıldığı uydu görüntüleri temel alınarak sayısallaştırılmıştır. Böylece yeni yol ağları ile birlikte çalışma alanı sınırlarında yer alan tüm yol ağlarının veri katmanı elde edilmiştir.

Geliştirilen yol ağında her bir yol seksiyonu için ilk müdahale ekiplerini taşıyan aracın ortalama ulaşım süresini gösteren yeni bir sütun yol ağı veri katmanının öznitelik tablosuna eklenmiştir (Şekil 3.2). Ulaşım süresi; yol tipine, değişen yol mesafesi ve aracın ortalama hızına göre ilişkilendirilerek hesaplanmaktadır. Çalışma alanındaki yol tipleri yol üst yapı malzemesine bağlı olarak asfalt (1), stabilize (2) ve B-tipi yollar (B-tipi tali orman yolu) (3) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Yol tipine göre ortalama

arazöz hızlarının belirlenmesinde, önceki çalışmalar (Bilici, 2009; Akay ve diğ., 2012) tarafından önerilen araç hızı bilgileri dikkate alınmıştır. Bu bilgiler ışığında, asfalt, stabilize ve B-tipi yollar için ortalama arazöz hızı sırasıyla 60 km/saat, 50 km/saat ve 30 km/saat olarak alınmıştır. İkinci senaryoda iyileştirilmiş B-tipi yollar dikkate alınarak kritik müdahale süresinde ulaşılabilen ormanlık alanlar belirleneceğinden, iyileştirilmiş B-tipi yollarındaki ortalama arazöz hızı (yol iyileştirme inşaatı ve yol yüzeyi inşaatına bağlı olarak) 40 km/saat olarak kabul edilmiştir (Akay ve diğ., 2012). Ulaşım zamanı, yol mesafesine ve aracın ortalama hızı ile ilişkilendirilerek ikinci senaryodaki iyileştirilmiş yol ağı veri katmanında yeniden hesaplanmıştır.

Her bir bölüm için ulaşım zamanı Öznitelik Tablosu'nda Alan Hesaplayıcı (Field Calculator) aracı kullanılarak aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır (Şakar, 2010):

$$t_i = \frac{l_i}{v_i} 60 \quad (3.1)$$

Denklem 3.1'de görüleceği üzere t_i , i seksiyonu için toplam ulaşım süresini (dakika), l_i , i seksiyonunun uzunluğunu (km) ve v_i , i seksiyonu için ortalama araç hızını (km/saat) ifade eder.

YOL_TIPLER	Speed	Mesafe	Time_
1	60	2.360225	2.360225
3	30	4.656719	9.313438
3	30	4.12913	8.258261
3	30	2.126957	4.253914
3	30	1.382761	2.765523
3	30	5.783894	11.567787
3	30	1.849349	3.698698
3	30	2.788241	5.576481
3	30	2.502786	5.005571
3	30	2.48749	4.97498
3	30	3.896825	7.793651
3	30	0.302193	0.604386
3	30	3.11006	6.220119
3	30	5.310361	10.620722
3	30	3.358714	6.717428
3	30	3.061156	6.122311
3	30	0.604304	1.208607
3	30	3.304307	6.608614
3	30	1.242243	2.484486
3	30	0.707705	1.41541
3	30	1.354095	2.70819
3	30	0.506354	1.012707

YOL_TIPLER	Speed	Mesafe	Time_
1	60	2.360225	2.360225
3	40	4.656719	6.985078
3	40	4.12913	6.193696
3	40	2.126957	3.190435
3	40	1.382761	2.074142
3	40	5.783894	8.67584
3	40	1.849349	2.774023
3	40	2.788241	4.182361
3	40	2.502786	3.754178
3	40	2.48749	3.731235
3	40	3.896825	5.845238
3	40	0.302193	0.453289
3	40	3.11006	4.665089
3	40	5.310361	7.965542
3	40	3.358714	5.038071
3	40	3.061156	4.591733
3	40	0.604304	0.906455
3	40	3.304307	4.95646
3	40	1.242243	1.863364
3	40	0.707705	1.061558
3	40	1.354095	2.031143
3	40	0.506354	0.75953

Şekil 3.2 : Mevcut yol ağı (sol) ve iyileştirilmiş yol ağı (sağ) için öznitelik tabloları.

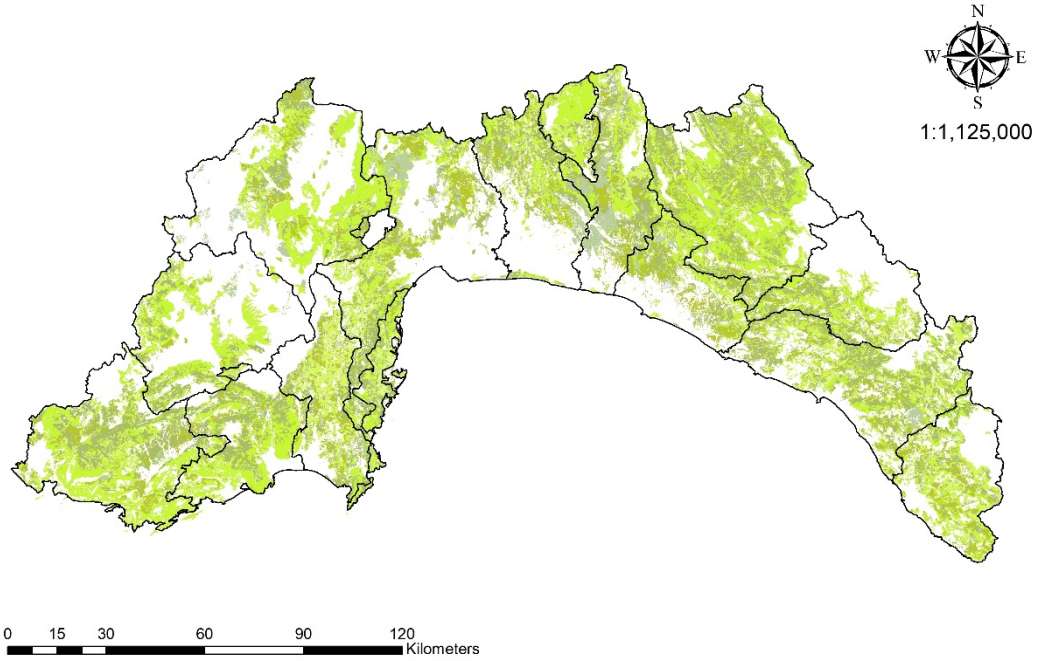
3.2.2 Orman alanı

Çalışma alanında yer alan orman alanlarının belirlenmesi için Orman İşletme Müdürlüklerinin amenajman planlarından temin edilen meşcere tipleri haritası kullanılmıştır (Şekil 3.3). ArcGIS 10.8 yazılımı ile arazi kullanımı sütunu altında orman alanı olarak belirlenen bölmecikler kullanılarak sadece orman alanlarını gösteren yeni bir veri katmanı üretilmiştir.

3.2.3 İlk müdahale ekipleri

Çalışma alanında bulunan yangın ilk müdahale ekipleri ile ilgili sayısal veriler Antalya OBM'den ilgili Orman İşletme Şefliklerinden; Antalya-Serik-Manavgat-Gündoğmuş Orman İşletme Müdürlükleri Temmuz 2023 tarihinde, Alanya-Akseki-Gazipaşa-Akseki-Taşagıl Orman İşletme Müdürlükleri Eylül 2023, Konyaaltı-Kumluca-Finike-Elmalı-Korkuteli Orman İşletme Müdürlükleri Kasım 2023 Tarihinde temin edilmiş ve saha ziyaretleri ile kontrol edilmiştir. Toplanan bütün verilerin bir araya getirilmesi Ocak, Şubat ve Mart 2024 bayı içerisinde projeye aktarımı tekrar ilgili şeflikler ve birimler ile doğruluğu saptanıp projeye eklenmiştir. Ayrıca, çalışma alanındaki mobil ilk müdahale ekiplerinin lokasyon bilgileri ve Antalya OBM'den temin edilen bekleme noktalarına ait konumsal bilgiler Temmuz-Aralık 2023 dönemindeki saha ziyaretleri aracılığıyla belirlenmiştir. Daha sonra, ArcGIS 10.8 ortamında yangın müdahale ekiplerinin tamamını gösteren sayısal veri katmanı geliştirilmiştir.

ANTALYA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ORMAN ALANLARI



Şekil 3.3 : Orman alanları haritası.

3.3 Ulaşılabilir Orman Alanlarının Belirlenmesi

Bu aşamada, kritik müdahale süresinde ulaşılabilir yangın riski yüksek orman alanlarının genişletilmesi açısından B-tipi tali orman yollarının standartlarının iyileştirilmesinin potansiyel katkısını değerlendirilmiştir. Çözüm sürecinde öncelikle çalışma alanındaki, mevcut yol ağı dikkate alınarak kritik müdahale süresine göre ilk müdahale ekipleri (mobil ilk müdahale ekipleri dahil) tarafından ulaşılabilir orman alanları belirlenmiştir. Daha sonra, yüksek araç hızını mümkün kılan iyileştirilmiş standartlara sahip B-tipi yollar için ulaşılabilir orman alanlarındaki olası artış belirlenmiştir. Çalışmada, her iki durum için mobil ekiplerin kritik müdahale süresinde ulaşılan orman alanlarına etkisi de değerlendirilmiştir.

Ağ analizi yöntemi, optimum güzergahın belirlenmesini içeren ulaşım problemlerinin çözümünde yaygın olarak tercih edilmektedir. Ağ analizinde, linkler (arc) ve linklerin düğüm noktaları (node) kullanılarak yol ağı üzerinde alternatif güzergahlar değerlendirilebilmektedir. Çözüm aşamasında; uzunluk, maliyet ve seyahat süresi gibi çeşitli parametre değerleri ağ üzerindeki linklere atanabilmektedir. En kısa veya en uygun yol, toplam link parametresi değerlerinin toplamını en aza indiren güzergâh aranarak seçilmektedir (Zhan, 1997).

Çalışmada, ArcGIS 10.8 yazılımında Ağ Analisti altında ağ analizi temelli çalışan Yeni Servis Alanı (New Service Area) yöntemi, kritik müdahale süresinde ulaşılabilir orman alanlarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Kritik müdahale süresi, bir alandaki yangın duyarlılık oranına bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 1.3, orman yangını sırasında toplanan uzun vadeli istatistiksel verilere dayalı olarak OGM tarafından tahmin edilen kritik müdahale sürelerini göstermektedir. Orman İşletme Müdürlüklerine göre geliştirilen orman yangını duyarlılık haritasında Antalya OBM, birinci ve ikinci derece yangına hassas orman alanlarına sahiptir (Şekil 1.2).

Ağ Analisti altında ağ analizi uygulaması için öncelikle ağ veri tabanı üretilmiştir. Ulaşım ağlarını modellemek için kullanılan ağ veri tabanları, iki temel veri katmanından oluşur (Akay A. E. Sakar D., 2009):

- *Link Veri Katmanı:* Bu katman, yol ağındaki her bir yol segmentini bir bağlantı olarak temsil eder. Her bağlantı, başlangıç ve bitiş noktaları, uzunluğu, genişliği, yol tipi ve ortalama ulaşım süresi gibi bilgilere sahiptir. Ulaşım süresi, trafik yoğunluğu, hız sınırı ve yol durumu gibi faktörlere bağlı olarak hesaplanır.
- *Düğüm Noktası Veri Katmanı:* Bu katman, yol ağındaki kesişme noktalarını, köprüleri ve tünelleri temsil eden düğümleri içerir. Her düğüm, bağlantıların birleştiği noktayı ve coğrafi konumunu (enlem ve boylam) gösterir.

Bu iki veri katmanı, birbiriyle ilişkilidir. Her bağlantı, başlangıç ve bitiş noktalarında bulunan düğümlere bağlanır. Düğümler ise, birden fazla bağlantıyı bir araya getirerek yol ağının topolojisini oluşturur.

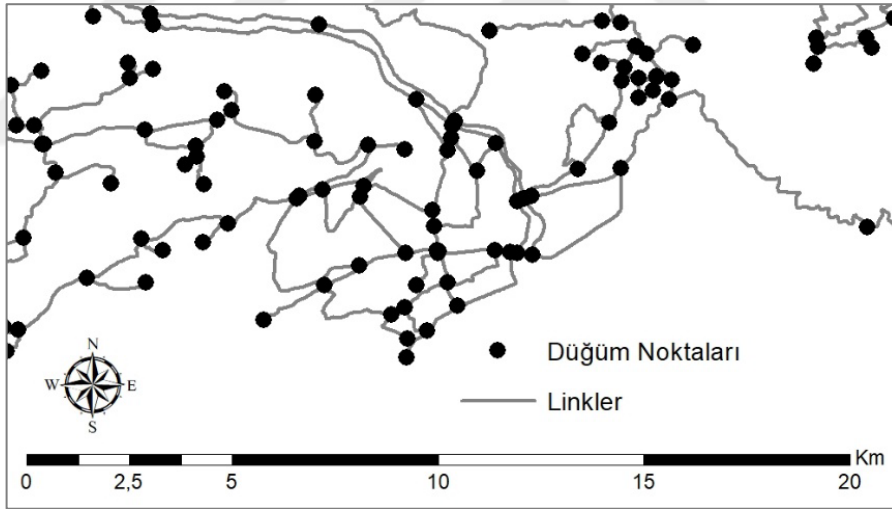
Ağ veri tabanları, ulaşım planlama, trafik modelleme ve rota optimizasyonu gibi birçok farklı uygulamada kullanılır. (Akay A. E. Sakar D., 2009) Bu veri tabanları, ulaşım ağlarının karmaşık yapısını temsil etmek ve analiz etmek için güçlü bir araçtır. Ağ veri tabanı oluşturulduktan sonra Ağ Analisti Yeni Servis Alanı yöntemi uygulanmıştır.

Yeni Servis Alanı, CBS “buffer” (tampon) analizine benzer şekilde çalışmaktadır. Bu yöntemde ilk olarak yol ağı sisteminde bir hizmet noktası konumlandırılır ve ağın diğer bölümlerine kullanıcı tanımlı bir toplam bağlantı değeri eşiğine göre ulaşılabilen bir merkez noktası olarak kabul edilir. Ulaşılabilen bu alan, servis alanını kapsamaktadır. Çalışmada, ilk müdahale ekiplerinin konumlandırıldığı lokasyonlar servis alanı noktaları, servis alanları ise kritik müdahale süresi ile tanımlanan toplam link değeri

dahilinde ulaşılabilen orman alanlarını temsil etmektedir. Kritik müdahale süresi içerisinde ekiplerin ulaşabileceği orman alanları bu yaklaşımla belirlenmiştir. Daha sonra, yüksek standartlı yollarla ulaşılabilirlik, ormanlık alanlarla mevcut yollarla ulaşılabilirlik, ormanlık alanların farkı alınarak, yol standartlarının iyileştirilmesiyle ulaşılacak ilave orman alanları belirlenmiştir. Ayrıca, her iki durum (mevcut yol durumu ve iyileştirilmiş yol durumu) için de mobil ekiplerin ulaşılabilir orman alanlarına etkisi hesaplanmıştır.

3.3.1 Ağ analizi veri katmanları

Ağ veri tabanı geliştirilirken yol seksiyonlarını temsil eden link veri katmanı ve bu linklerin kesiştiği noktaları temsil eden düğüm noktası veri katmanı üretilmiştir (Şekil 4.5). Çalışma kapsamında dört ağ veri tabanı üretilmiştir. Bunlar; 1) mevcut yollar ve tüm ilk müdahale ekipleri, 2) standardı iyileştirilmiş B-tipi yollar ve tüm ilk müdahale ekipleri, 3) mevcut yollar ve sabit ilk müdahale ekipleri ve 4) standardı iyileştirilmiş B-tipi yollar ve sabit ilk müdahale ekipleri için geliştirilen veri tabanı.



Şekil 3.4 : Ağ veri tabanında yer alan örnek düğüm noktaları ve linkler.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 CBS Veri Katmanları

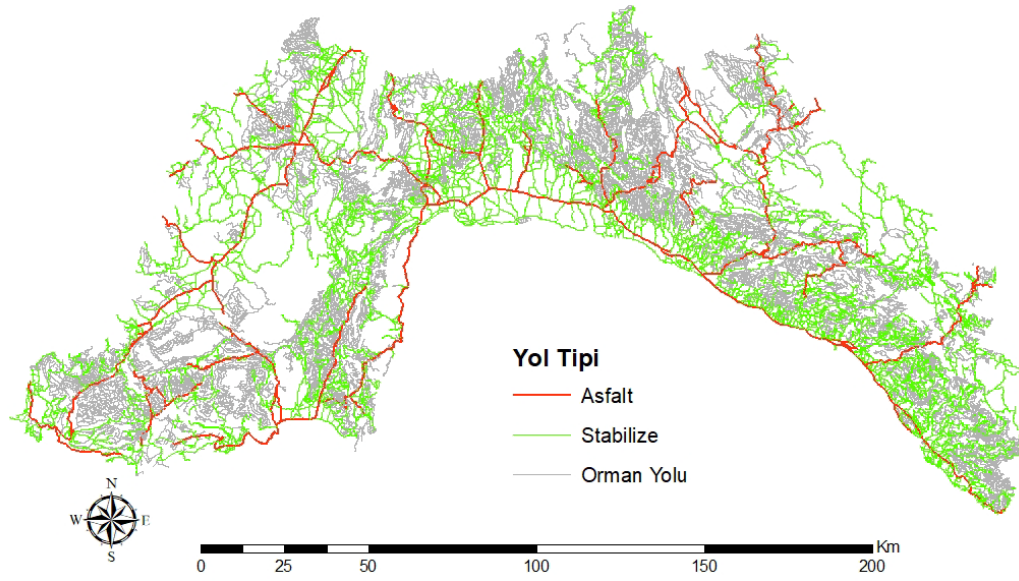
4.1.1 Yol ağı

Antalya bölgesindeki orman yolu ağına ilişkin analizler sonucunda, yangınla mücadele çabalarını engelleyebilecek standartların altında altyapıya sahip birkaç alan ortaya çıkarıldı. Özellikle, yangınla mücadele ekiplerinin ve ekipmanlarının konuşlandırılmasını geciktirebilecek dar, bakımsız veya yeterli bağlantıya sahip olmayan yol sekiyonları tespit edildi.

Çalışma alanında gerçekleştirilen yol ağı envanteri sonucunda, toplam 32.618 km uzunluğunda bir yol ağı belirlenmiştir. Yol ağı, ağırlıklı olarak (%57,23) orman yolu, (%37,51) stabilize yol ve (%5,26) asfalt yol olmak üzere üç ana tipten oluşmaktadır. (Çizelge 4.1). Yol ağının dijital ortamda parçalara ayrılmasıyla elde edilen 25.406 adet sekiyonun da büyük bir kısmı orman yollarına aittir. Bu durum, alanın coğrafi ve kullanım özelliklerinin bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Bu durum, alanın coğrafi ve kullanım özelliklerinin bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Çalışma alanına ait yol ağı haritası Şekil 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1 : Çalışma alanında bulunan yolların uzunluk bilgileri.

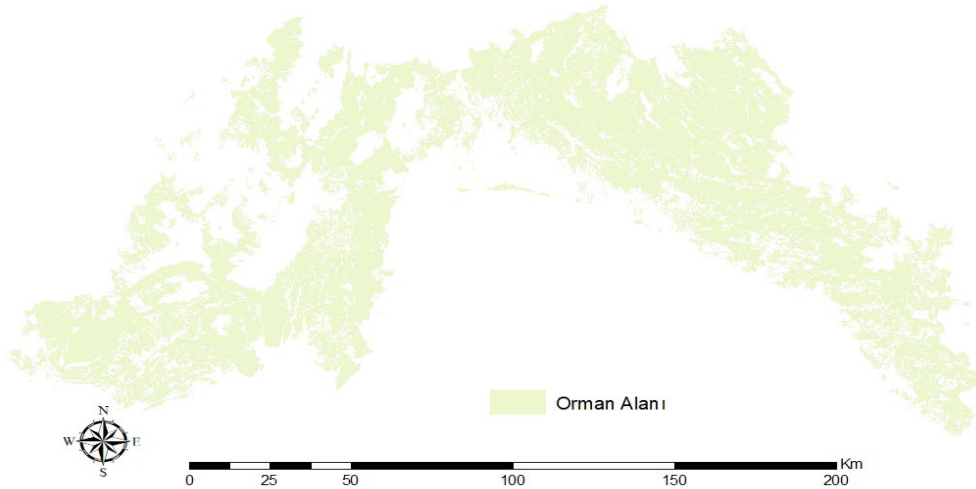
Yol Tipi	Seksiyon Sayısı	Toplam Uzunluk (km)
Asfalt	1458	1716
Stabilize	9976	12234
Orman Yolu	13972	18668
Toplam	25406	32618



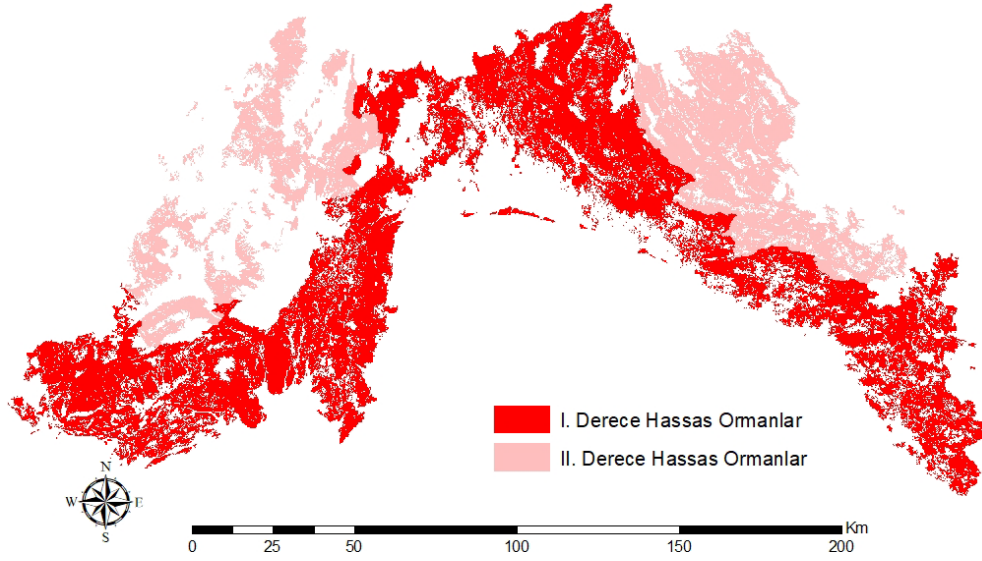
Şekil 4.1 : Yol ağı veri katmanı.

4.1.2 Orman alanı ve yangın duyarlılığı

Orman İşletme Müdürlüklerinin amenajman planlarından temin edilen meşcere tipleri haritası kullanılarak üretilen orman alanı veri katmanı Şekil 4.2’de verilmiştir. Buna göre çalışma alanı olarak değerlendirilen orman alanı toplam 1.072.599 hektar olarak belirlenmiştir. Daha sonra, orman alanları yangına hassaslık oranına göre sınıflandırılmıştır. Bu amaçla, Orman İşletme Müdürlüklerine göre geliştirilen orman yangını duyarlılık haritası dikkate alınarak Antalya OBM’de birinci ve ikinci derece yangına hassas orman alanlarını gösteren sayısal veri katmanı üretilmiştir. Bu veri katmanı bölgeye ait orman alanı veri katmanı ile karşılaştırılarak elde edilen yangın duyarlılık oranı veri katmanı Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.2 : Antalya OBM orman alanı veri katmanı.



Şekil 4.3 : Antalya OBM orman yangın duyarlılık dereceleri veri katmanı.

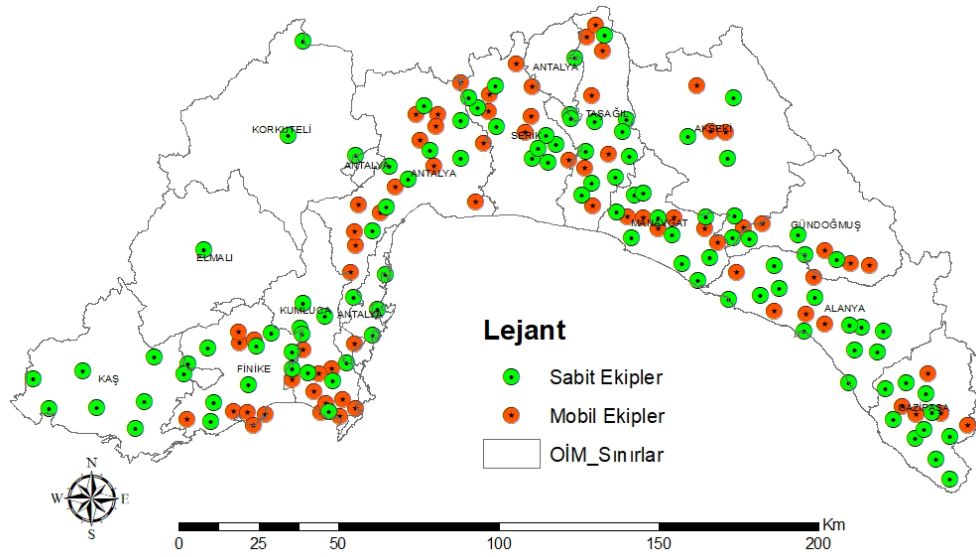
Sonuçlara göre, çalışma alanı ormanlarının %67,86'sının yangına I. dereceden hassas, %32,14'ünün ise yangına II. dereceden hassas olduğu bulunmuştur. Çizelge 4.2'de, yangına I. ve II. dereceden yangına hassas Orman İşletme Müdürlükleri ve toplam orman alanı bilgileri verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Yangın duyarlılıklarına göre Orman İşletme Müdürlükleri.

Yangın Duyarlılığı	Orman İşletme Müdürlükleri	Alan (ha)	Alan (%)
I. Derece	Alanya, Kaş, Taşagöl, Kumluca, Serik, Gazipaşa, Konyaaltı, Finike, Manavgat, Antalya	727815	67,86
II. Derece	Korkuteli, Elmalı, Akseki, Gündoğmuş	344784	32,14

4.1.3 İlk Müdahale ekipleri

Çalışma alanında yer alan sabit ve mobil ilk müdahale ekiplerini gösteren veri katmanı Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Çalışma alanında 103 adet sabit ve 71 adet mobil olmak üzere toplam 174 adet ilk müdahale ekibi görev yapmaktadır. Ekiplerin işletme müdürlüklerine dağılımı Çizelge 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.4 : Antalya OBM sınırlarındaki ilk müdahale ekipleri.

Çizelge 4.3 : Orman İşletme Müdürlükleri altındaki ilk müdahale ekibi sayısı.

İşletme Müdürlükleri	Sabit Ekip Sayısı	Mobil Ekip Sayısı
Alanya	13	5
Kaş	8	-
Taşagöl	11	7
Kumluca	8	10
Serik	9	8
Gazipaşa	10	5
Konyaaltı	8	7
Akseki	5	4
Finike	8	8
Korkuteli	3	-
Manavgat	10	6
Antalya	5	7
Gündoğmuş	4	4
Elmalı	1	-

4.2 Ulaşılabilir Orman Alanları

4.2.1 Mevcut yol ağı

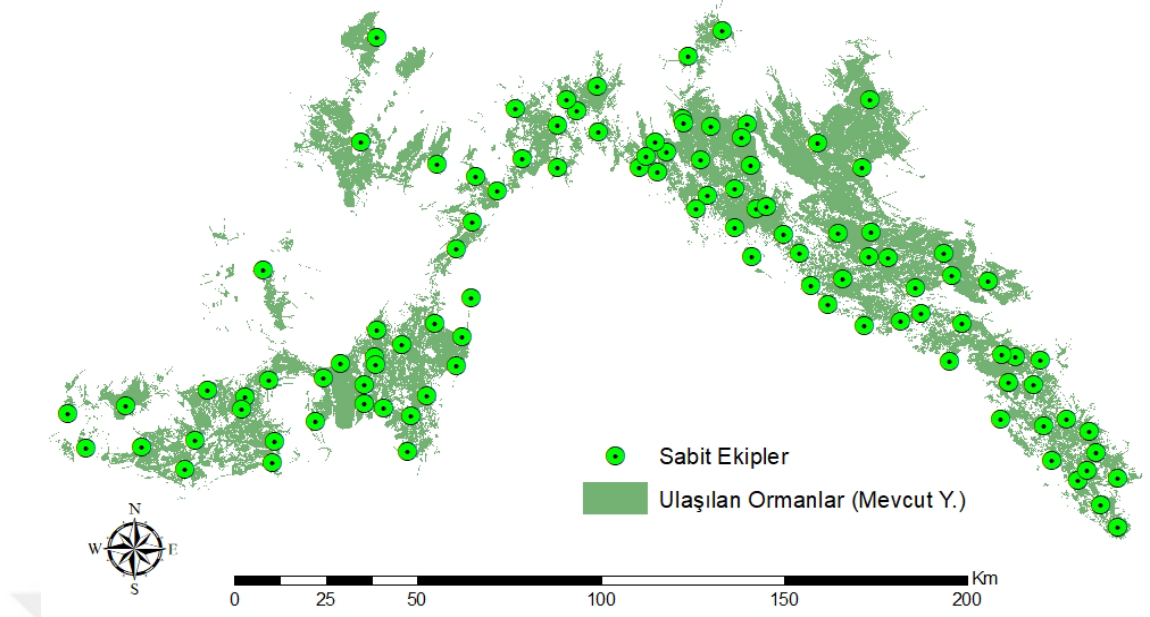
Geliştirilen ağ veri tabanı kullanılarak mevcut B-tipi yolların değerlendirildiği durum için öncelikle sadece sabit ilk müdahale ekiplerinin dikkate alındığında ulaşılabilen orman alanları belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Sonuçlara göre, Antalya OBM sınırlarındaki ormanların %59,54'üne kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilirdiği

belirlenmiştir (Şekil 4.6). Yangın duyarlılığı dikkate alındığında ise birinci dereceden ve ikinci dereceden hassas orman alanlarının sırasıyla %59,30 ve %60,06'sına zamanında ulaşılabilirdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Doğu Akdeniz'de yer alan Kahramanmaraş OBM ormanlarının ulaşılabilirliğinin mevcut B-tipi yollar dikkate alınarak değerlendirildiği benzer bir çalışmada (Şakar, 2010), sabit ilk müdahale ekiplerinin birinci ve ikinci dereceden hassas orman alanlarının sırasıyla %28,77 ve %29,34'üne kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilirdiği belirtilmiştir.

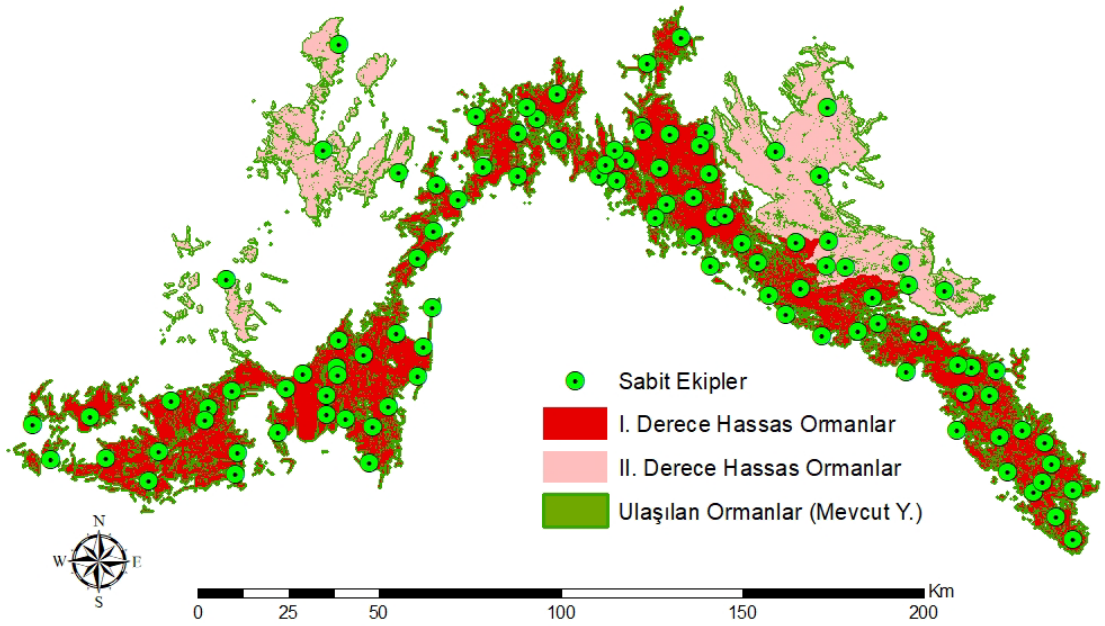
Daha sonra, mevcut B-tipi yollarının değerlendirildiği durum için sabit ve mobil ilk müdahale ekiplerinin dikkate alındığında ulaşılabilen orman alanları belirlenmiştir. Sonuçlara göre, Antalya OBM sınırlarındaki ormanların %70,40'ına kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilirdiği belirlenmiştir (Şekil 4.8). Yangın duyarlılığı dikkate alındığında ise birinci dereceden ve ikinci dereceden hassas orman alanlarının sırasıyla %69,18 ve %72,97 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre mobil ilk müdahale ekiplerinin devreye girmesi durumunda kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilen orman alanlarının %18,23 oranında arttığı belirlenmiştir. Birinci ve ikinci dereceden hassas ormanlarda ise zamanında ulaşılabilen alanlar sırasıyla %16,66 ve %21,48 oranında artış göstermiştir (Şekil 4.9).

Çizelge 4.3 : Mevcut yol ağı için ekiplerin ulaşılabilirdiği orman alanları.

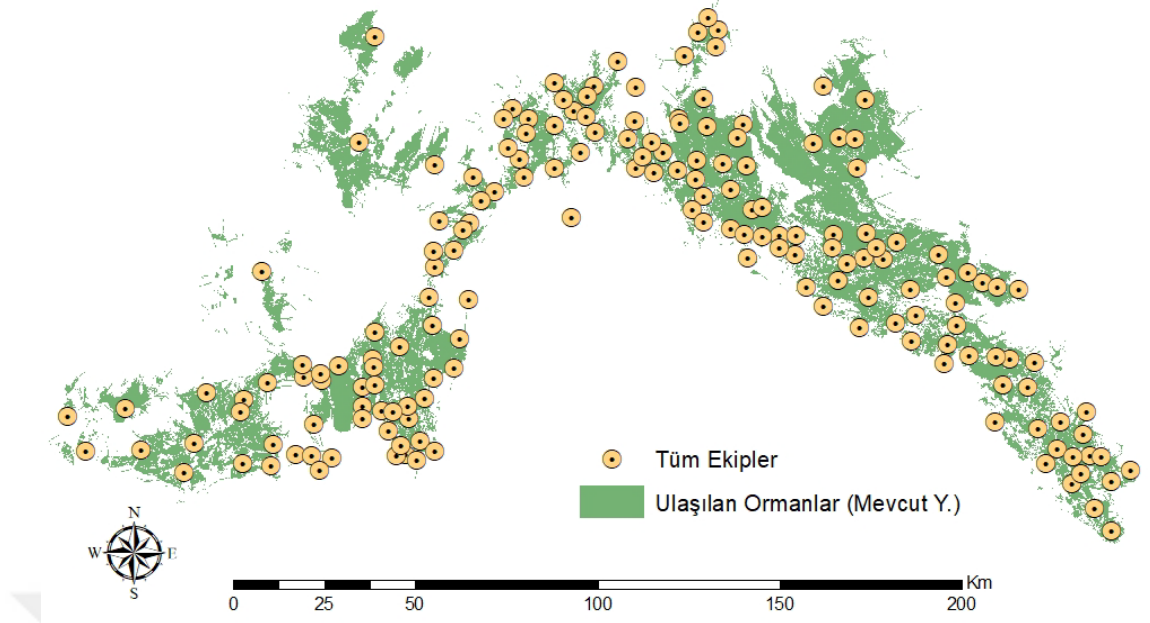
İlk Müdahale Ekipleri	Toplam Alan (ha)	Orman Alanı (ha)	
		I. Dereceden Hassas	II. Dereceden Hassas
Sabit Ekipler	638659,9	431577,2	207082,7
Tüm Ekipler	755070,7	503499,2	251571,5



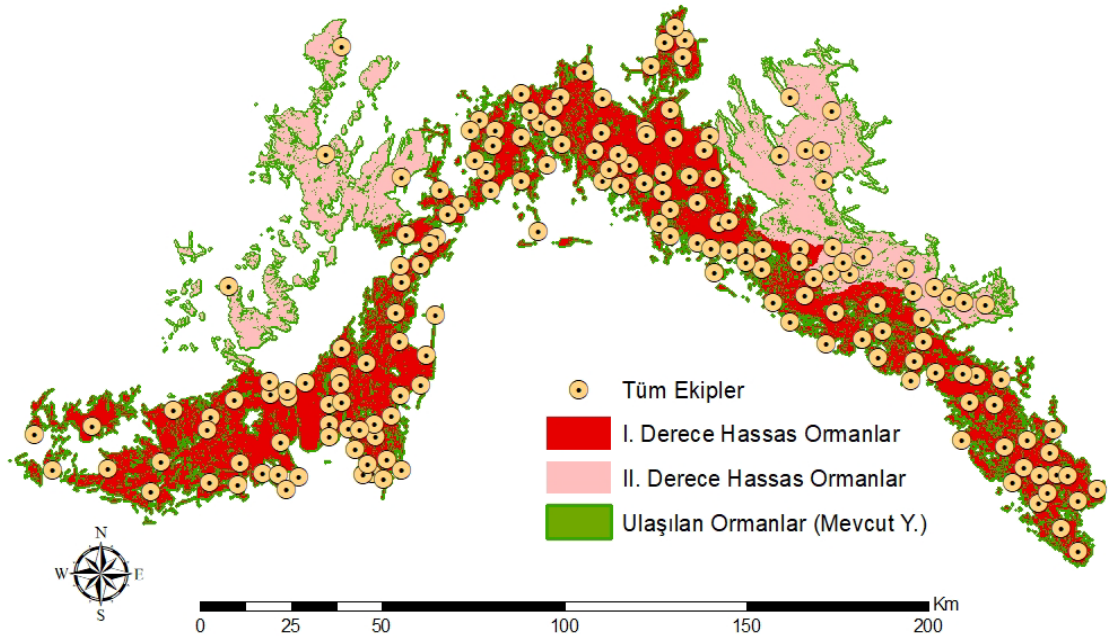
Şekil 4.5 : Mevcut yollar için sabit ilk müdahale ekipleri ile ulaşılan orman alanları.



Şekil 4.6 : Mevcut yollar ve sabit ekipler için ulaşılan ormanların duyarlılık dereceleri.



Şekil 4.7 : Mevcut yollar için tüm ilk müdahale ekipleri ile ulaşılan orman alanları.



Şekil 4.8 : Mevcut yollar ve tüm ekipler için ulaşılan ormanların duyarlılık dereceleri.

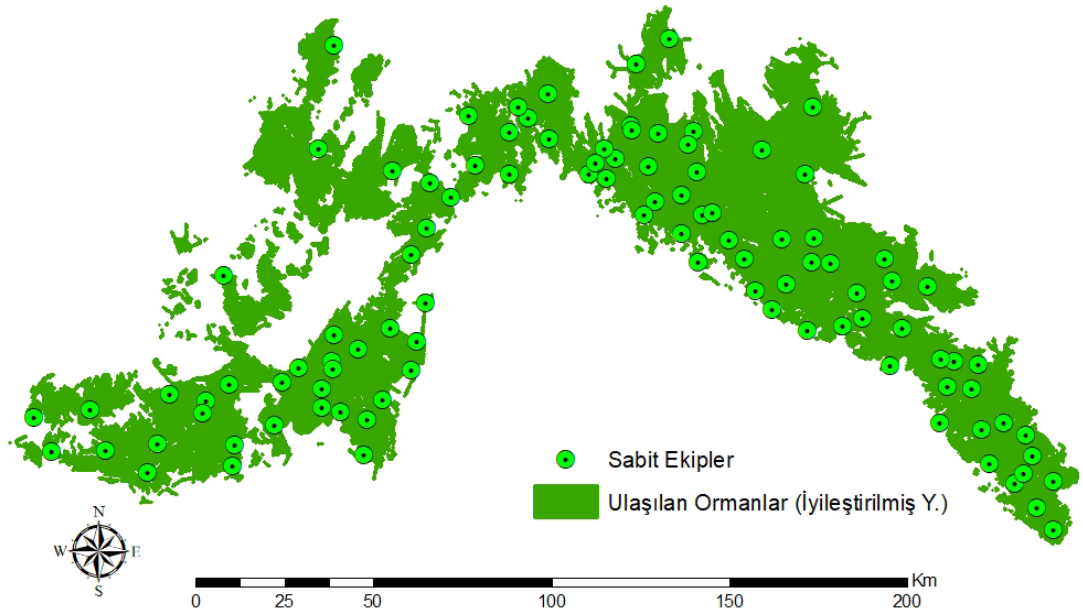
4.2.2 İyileştirilmiş yol ağı

Orman yolu standartlarının iyileştirilmesinin Antalya Orman Bölge Müdürlüğü bölgesindeki yangınla mücadele faaliyetleri üzerindeki etkilerini araştırmak için ağ analizi, CBS haritalama ve saha gözlemlerini birleştiren çok yönlü bir yaklaşım kullanıldı. Standartları iyileştirilmiş B-tipi yollarının değerlendirildiği ikinci senaryo için öncelikle sabit ilk müdahale ekiplerinin dikkate alındığında ulaşılabilen orman alanları belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Sonuçlar, iyileştirilmiş yollarla Antalya OBM’de

ormanların %71,69'una kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilildiğini göstermiştir (Şekil 4.10). Mevcut yollara göre ulaşılan ormanlarda %20,41'lik artış görülmüştür.

Çizelge 4.4 : İyileştirilmiş yol ağı için ekiplerin ulaşabildiği orman alanları.

İlk Müdahale Ekipleri	Toplam Alan (ha)	Orman Alanı (ha)	
		I. Dereceden Hassas	II. Dereceden Hassas
Sabit Ekipler	768997,6	504102,8	264894,8
Tüm Ekipler	838432,8	561907,8	276525,0

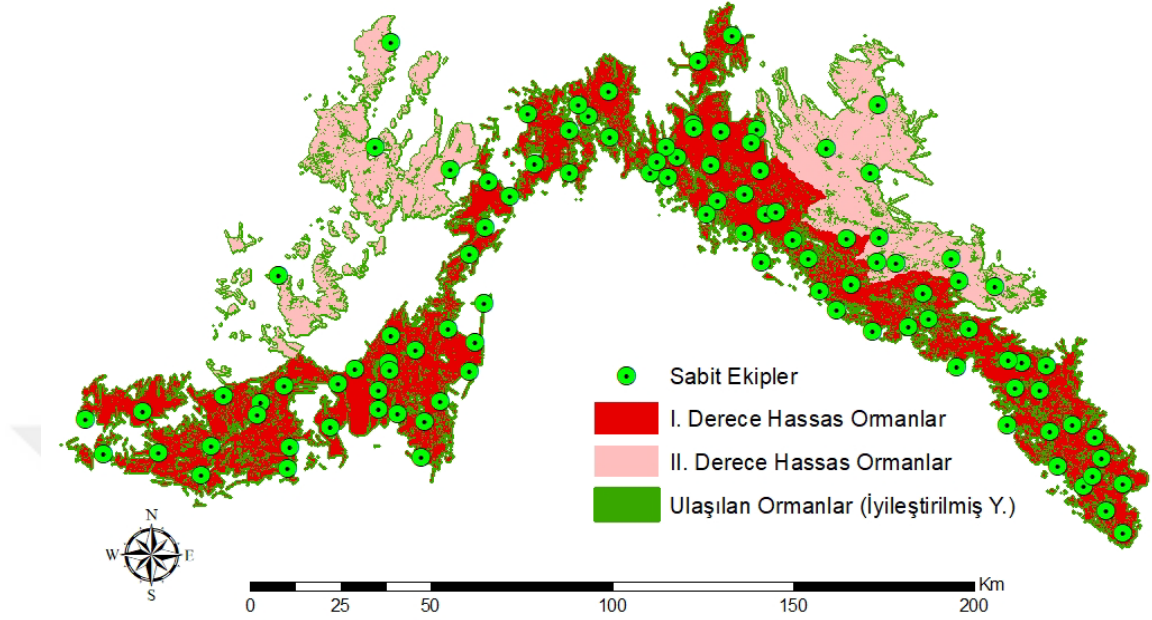


Şekil 4.9 : İyileştirilmiş yollar için sabit müdahale ekipleri ile ulaşılan orman alanları.

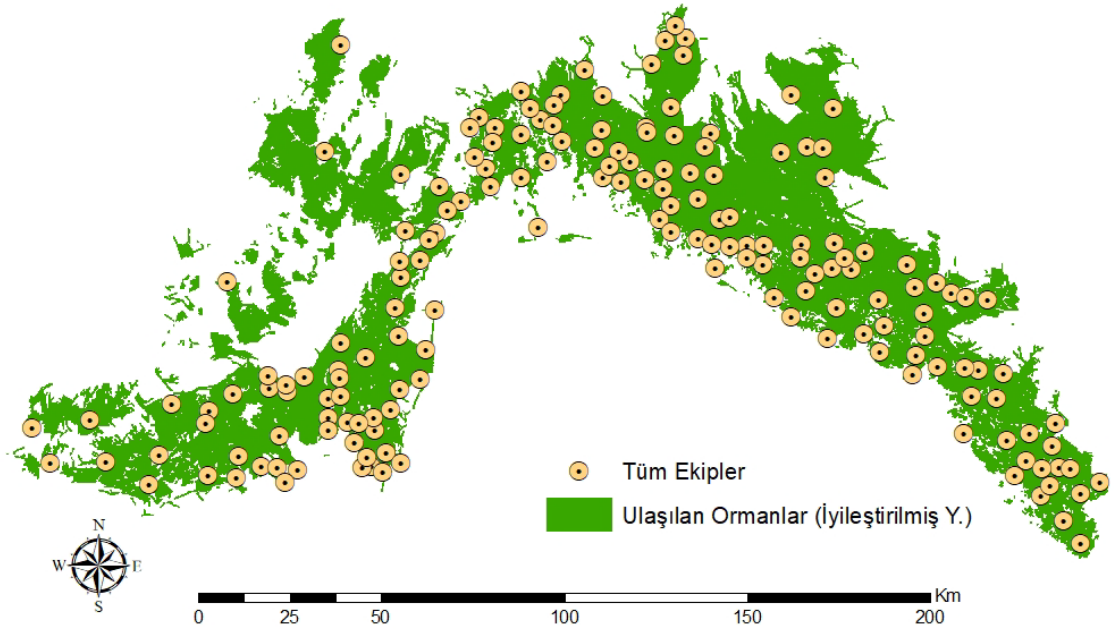
Benzer bir çalışmada Akay ve diğ. (2021), standardı iyileştirilmiş B-tipi yollarının dikkate alındığı durumda kritik müdahale süresinde ulaşılan orman alanlarına %19 oranında arttığını bildirmiştir. Yangın duyarlılığı dikkate alındığında ise birinci dereceden ve ikinci dereceden hassas orman alanlarının sırasıyla %69,26 ve %76,83'üne zamanında ulaşılabilirdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.11).

İyileştirilmiş B-tipi yollarının değerlendirildiği durum için sabit ve mobil ilk müdahale ekiplerinin tamamının dikkate alındığında Antalya OBM sınırlarındaki ormanların %78,17'sine kritik müdahale süresi içinde ulaşılabilirdiği belirlenmiştir (Şekil 4.12). Bu sonuçlar mevcut yolların değerlendirildiği senaryoya oranla %11,04'lük bir artış olduğunu göstermiştir. Yangın duyarlılığı dikkate alındığında ise birinci dereceden ve ikinci dereceden hassas orman alanlarının sırasıyla %77,20 ve %80,20 olduğu tespit edilmiştir. Mobil ilk müdahale ekiplerinin kullanılması durumunda kritik müdahale

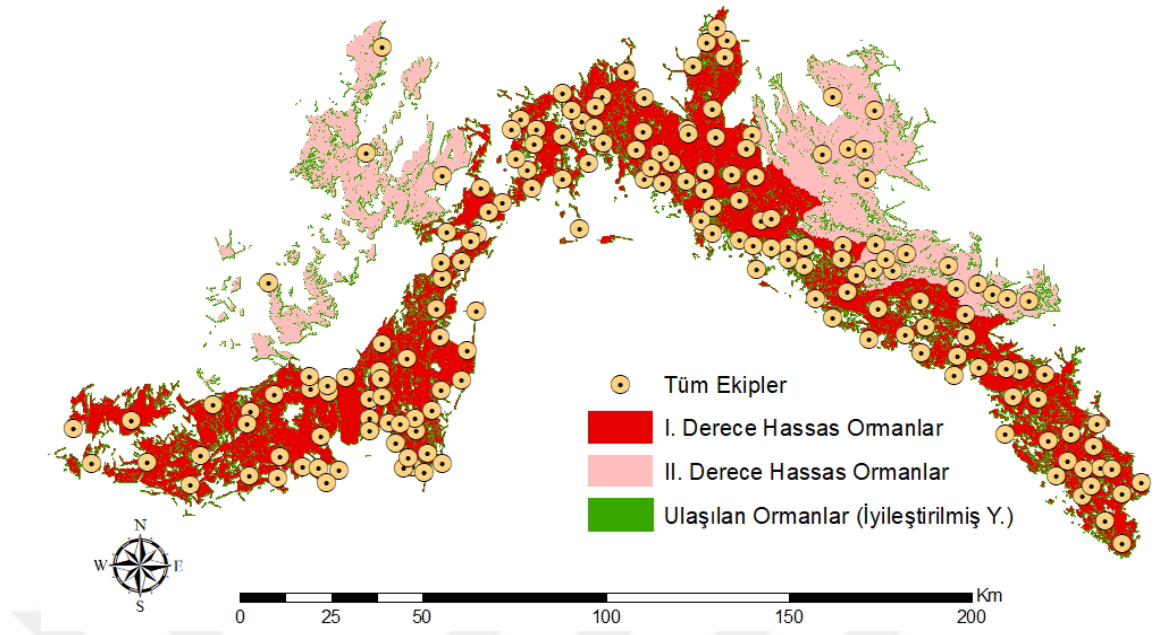
süresi içinde ulaşılabilen orman alanları %9,03 oranında artmıştır. Birinci ve ikinci dereceden hassas ormanlarda ise zamanında ulaşılabilen alanlar sırasıyla %11,47 ve %4,39 oranında artış göstermiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.10 : İyileştirilmiş yollar ve sabit ekipler için ulaşılan ormanların duyarlılık dereceleri.



Şekil 4.11 : İyileştirilmiş yollar için tüm ilk müdahale ekipleri ile ulaşılan orman alanları.



Şekil 4.12 : İyileştirilmiş yollar ve tüm ekipler için ulaşılan ormanların duyarlılık dereceleri.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orman yangınları, ormanlara biyolojik ve ekolojik açıdan önemli zararlar veren ve orman kaynaklarının sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkileyen çoğunluğu insan kaynaklı olaylardır. Orman yangınlarının orman ekosistemleri üzerindeki etkilerini en aza indirmek için, ilk müdahale ekipleri kara ulaşımı yoluyla mümkün olan en kısa sürede yangın alanına ulaşmalıdır. Yol yüzeyinin genişletilmesi, yol yüzey kalitesinin artırılması ve bağlantının iyileştirilmesi gibi bu orman yollarının standartlarının iyileştirilmesiyle, modellerimiz yangınla mücadele ekiplerinin ortalama müdahale süresinin %20'ye kadar azaltılabileceğini göstermektedir. Yangınla mücadelede ilk müdahale ekiplerinin konumlarının optimize edilmesi, yeni yolların inşa edilmesi ve mevcut yollarda tasarım hızının artırılması, yangına müdahale etkinliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. Buna ek olarak, orman yolu ağının erişilebilirliğinin ve bağlanabilirliğinin iyileştirilmesi, yangınla mücadele ekiplerinin yangın yerine daha etkin bir şekilde gitmesini, kaynakları konuşlandırmasını ve söndürme çabalarını koordine etmesini sağlayacaktır. Bu çalışmada, orman yangınlarıyla mücadelede iyileştirilmiş standartlara sahip B-tipi yolların, yangınla etkili mücadele açısından öneminin ortaya konulması amacıyla CBS teknikleri kullanılmıştır.

Antalya OBM'nün çalışma alanı olarak değerlendirildiği çalışma sonuçları, B-tipi yollarının iyileştirilmesi durumunda sabit ilk müdahale ekiplerinin kritik müdahale süresinde ulaşabileceği orman alanlarının, mevcut yol standartları dikkate alındığında ulaşılabilen orman alanlarından %20,41 oranında fazla olduğunu göstermiştir. Böylece mevcut yollarda standartların iyileştirilmesi, ilk müdahale ekiplerinin yangına ulaşma süresini en aza indirecek ve kritik müdahale süresinde, erişilebilir orman alanlarını artıracaktır. Bu aynı zamanda ilk müdahale ekiplerinin birden fazla ekibin yangın sahasına ulaşım imkanını sağlayacaktır. Orman yollarının etkili yangınla mücadele operasyonlarını desteklemedeki kritik rolünün altını çizmektedir. Antalya bölgesindeki B-tipi yollarının standartlarını iyileştirerek, arazi yöneticileri yangınla mücadele çabalarının verimliliğini ve etkinliğini artırabilir ve sonuçta bu ekosistemlerdeki orman yangınlarının riskini ve etkisini azaltabilir.

Gelecek çalışmalarda yol standartlarının iyileştirilmesinin ekonomik sonuçları, yol standartlarının iyileştirilmesinin maliyetleri ve yol standartlarının iyileştirilmesi sonrasında potansiyel olarak orman yangınlarından kurtarılabilecek ormanların ekonomik değeri hesaplanarak tahmin edilmelidir. Ayrıca, özellikle yangına hassas orman alanlarında, ilk müdahale ekiplerinin lokasyonlarının optimize edilmesi ve yeni yolların yapılmasının, ilk müdahale ekiplerinin yangın mahalline varış süresi üzerindeki etkileri de değerlendirilmelidir.

Bu çalışmanın bulguları; orman yollarının, yangınla mücadele operasyonlarını desteklemedeki kritik rolünün altını çizmektedir. Antalya bölgesindeki orman yollarının standartlarını iyileştirerek, arazi yöneticileri yangınla mücadele çabalarının verimliliğini ve etkinliğini artırabilir ve sonuçta bu ekosistemlerdeki orman yangınlarının riskini ve etkisini azaltabilir.

Antalya bölgesindeki orman yolu standartlarının iyileştirilmesi için önerilerimiz şunlardır:

- Yol yüzeylerinin yangınla mücadele araç ve ekipmanlarının geçişine izin verecek şekilde genişletilmesi
- Erişilebilirliği ve çekişi iyileştirmek için yol yüzey kalitesinin artırılması
- Navigasyon ile ulaşımın daha etkili ve yangınla mücadele faaliyetlerinin daha iyi koordine edilmesini sağlamak için yol bağlantısının iyileştirilmesi (geliştirilmesi)
- Orman yolu standartlarının iyileştirmelerinin, erken uyarı sistemleri ve önceden tanımlanmış yangın kontrol hatları gibi diğer yangın yönetim stratejileriyle birlikte uygulanması

Antalya bölgesindeki arazi yöneticileri bu tavsiyeleri uygulayarak orman yangını olaylarını önleme, tespit etme ve etkili bir şekilde müdahale etme becerilerini güçlendirebilir ve bu değerli ekosistemlerin uzun vadeli sürdürülebilirliğine ve dayanıklılığına katkıda bulunabilirler.

KAYNAKLAR

- Alexander H. Lindon P. (2023).** Reducing wildfire risk in Europe through sustainable forest management: a policy brief. 1 May. 2023, <https://www.preventionweb.net/publication/reducing-wildfire-risk-europe-through-sustainable-forest-management-policy-brief>.
- Akay, A. E., Erdas, O., Kanat, M., Tutus, A. (2007).** Post-Fire Salvage Logging for Fire-Killed Brutian Pine (*Pinus brutia*) Trees. *Journal of Applied Sciences* 7(3), 402-406.
- Akay, A. E., Yenilmez, N. (2007).** Orman Yangınları ile Mücadelede Çalışan İşçilerin Sağlık ve İş Güvenliği Sorunlarının İncelenmesi: Alanya Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. *13. Ulusal Ergonomi Kongresi*. 6-8 Aralık. Kayseri.
- Akay, A. E., Serin, H., Yenilmez, N. (2008a).** Orman Yangınları ile Mücadele Kullanılan Helikopterlerde Görev Yapan Pilotların ve Diğer Personelin Sağlık ve İş Güvenliği Sorunlarının İncelenmesi. *14. Ulusal Ergonomi Kongresi*. 30 Ekim–1 Kasım, 2008. Trabzon.
- Akay, A. E., Acar, H. H. Sessions, J. (2008b).** An Analysis of Utilizing Helicopter Logging in Turkish Forestry. *Journal of Applied Sciences* 8(21), 3910-3916..
- Akay, A. E., Sakar, D. (2009).** Yangın Sahasına En Kısa Sürede Ulaşımı Sağlayan Optimum Güzergahın Belirlenmesinde CBS Tabanlı Karar Destekleme Sisteminin Kullanılması. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*. 02-06 Kasım. İzmir.
- 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* 184(3), 1391-1407.
- Akay, A. E., Podolskaia, E., Uçar, Z. (2021).** Effects of Improving Forest Road Standards on Shortening the Arrival Time of Ground-based Firefighting Teams Accessing to the Forest Fires. *European Journal of Forest Engineering* 7(1):32-38.
- Asri, G., Çorumluoğlu, Ö., Özdemir, E. (2017).** CBS destekli Orman Yangını Risk Dağılım Analizi; Antalya Örneği. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Bilgili, E., Sağlam, B., Başkent, E. Z. (2001).** Yangın amenajmanı planlarında yangın tehlike oranları ve coğrafi bilgi sistemleri, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 4(2), 288-297.

- Bilgili, E., Küçük, Ö.** (2002). Orman Yangınlarının Uzaktan Algılama Tekniği ile Belirlenmesi. *GAP IV. Mühendislik Kongresi*. Türkiye: Şanlıurfa. Haziran 06-08.
- Bilici, E.** (2008). Orman Yangın Emniyet Yolları ve Şeritleri ile Orman Yol Şebekelerinin Entegrasyonu, Planlamaları ve Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 134 s.
- 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.
- Bonazountas, M., Kallidromitou, D., Kassomenos, P., Passas, N.** (2007). A decision support system for managing forest fire casualties. *Journal of Environmental Management* 84(4), 412-418.
- Çanakçıoğlu, H.** (1993). Orman Koruma. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Demir, M., Kucukosmanoglu, A., Hasdemir, M., Ozturk, T., Acar, H.H.** (2009). Assessment of Forest Roads and Firebreaks in Turkey. *African Journal of Biotechnology* 8(18), 4553-4561.
- Dimopoulou, M., Giannikos, I.** (2004). Towards an integrated framework for forest fire control, *European Journal of Operational Research* 152(2), 476-486.
- 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.
- Erdaş, O.** (1986). Türkiye’de Orman Yol Yapım Çalışmalarında Kaydedilen Aşamalar ve Bugünkü Durum. *Orman Mühendisliği Dergisi* 1:18-22.
- Erdaş, O.** (1997). *B-tipi yollar*. Cilt I-II. K.T.Ü. Basımevi. Yayın No:187. Trabzon. 744s.
- Eroğlu, E.** (2009). Orman Yangınları Konusunda Bilinçlendirme Faaliyetleri. *I. Orman Yangınları Sempozyumu*. Türkiye: Antalya, Ocak 7-10.
- Erten, E., Kurgun, V., Musaoğlu, N.** 2005. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Bilgi Sisteminin Kurulması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı-2005, Ankara.
- Ertuğrul, M.** (2005). Orman Yangınlarının Dünyadaki ve Türkiye’deki Durumu. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 7(7), 43-50.
- Gendreau, M., Laporte, G., Semet, F.** (2001). A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation. *Parallel Computing* 27, 1641-1653.
- Ghiani, G., Guerriero, F., Laporte, G., Musmanno, R.** (2003). Real-time vehicle routing: Solution concepts, algorithms and parallel computing strategies. *Eur J Oper Res* 151, 1-11.
- Gümüştay, M. U., Şahin, K.** (2009). Visualization of forest fires interactively on the internet. *Scientific Research and Essay* 4(11), 1163-1174.

- Hasdemir, M., Demir, M.** (2001). Türkiye’de B-tipi yolları Karayollarından Ayıran Özellikler ve Bu Yolların Sınıflandırılması. *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B* 50(2), 85-96.
- Keenan, P.** (2008). Modelling vehicle routing in GIS. *Operational Research* 8(3), 201-218.
- Keramitsoglou, I., Kiranoudis, C. T., Sarimveis, H., Sifakis, N.** (2004). A multidisciplinary decision support system for forest fire crisis management. *Environmental Management* 33(2), 212-225.
- Küçük, Ö.** (2004). *Yanıcı madde tipleri ve yangın davranışına bağlı yangın potansiyelinin belirlenmesi ve haritalanması.* (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Küçük, Ö., Ünal, S.** (2005). Yangın Duyarlılık Oranının Belirlenmesi: Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi* 6(1-2), 28-34.
- Küçük, Ö., Bilgili, E.** (2006). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yangın Davranışının Uygulamaya Aktarılması: Kastamonu Örneği. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi dergisi* 6(2), 262-273.
- Manussaridis, Z., Mamaloukas, Ch., Spartalis, S.** (2007). A VRS Dimension Framework for Effective DSS Design, *Applied Mathematical Sciences* 1(42), 2079 – 2090.
- Mol, T.** (1994). Türkiye’de orman işletmelerinin yangına hassaslık sıralaması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A* 44(2), 17-33.
- OGM.** (1995). Orman yangınlarının önlenmesi ve söndürülmesinde uygulama esasları. *Orman Bakanlığı, OGM Yayınları Tebliğ*, (285).
- OGM,** (2008). Yangın Eylem Planı. Orman Genel Müdürlüğü. Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş. 106 p.
- OGM,** (2010). 2009 Yılı Faaliyet Raporu. Orman Genel Müdürlüğü. Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı. Ankara. 112 s.
- OGM,** (2012). Strateji Planı (2013-2017), Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi, Ankara, 98 p.
- OGM,** (2020). Ormancılık İstatistikleri, Orman Yangınları. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphanesitesi/Istatistikler/Orman%C4%B1%C4%B1k%20%C4%B0statistikleri/Orman%C4%B1%C4%B1k%20%C4%B0statistikleri%202020.rar> Erişim: 23.04.2024.
- OGM.** (2022). Türkiye’de Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OMO,** (2008). Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Serik ve Taşagıl Orman İşletme Müdürlüklerinde 31 Temmuz 2008-04 Ağustos 2008 Tarihleri Arasında Çıkan Orman Yangınına İlişkin Orman Mühendisleri Odası Komisyon Raporu.
- Podolskaia, E.S., Kovganko, K. K., Ershov, D. V., Shulyak, P. P., Suchkov, A. I.** (2019). Using of transport network model to estimate travelling time and distance for ground access a forest fire. *Forest Science Issues* 2(1), 1-24.

- Podolskaia E., Ershov D., Kovganko K.** 2020. Comparison of data sources on transport infrastructure for the regional forest fire management, Managing forests in the 21st century, *Conference at the Potsdam Institute for Climate Impact Research (Potsdam 2020)*, 59 p.
- Sepetçi, V.** (2014). *Coğrafi bilgi sistemi yardımıyla orman yangınlarına ilk müdahale sürelerinin değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Şahin, H.** (2019). *CBS teknikleri kullanılarak yangına hassas orman alanları için yanıcı madde haritalarının geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Şakar, D.** (2010). CBS Tabanlı Karar Destek Sistemi Kullanılarak Yangın Sahasına En Kısa Sürede Ulaşımı Sağlayacak Optimum Güzergahın Belirlenmesi, YL Tezi, KSÜ, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş. 81 s.
- Ün, C.** (2009). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Orman Yangınlarında Kullanımı. *1. Orman Yangınları Sempozyumu*, 7-10 Ocak, Antalya. s: 72-82.
- Wing, M. G., Eklund, A., Sessions, J.** (2010). Applying LiDAR technology for tree measurements in burned landscapes. *International Journal of Wildland Fire* 19, 104-114.
- Yuksel, A., Akay, A.E., Gundogan, R.** (2008). Using ASTER Imagery in Land Use/cover Classification of Eastern Mediterranean Landscapes According to CORINE Land Cover Project. *Sensors* 2008(8), 1237-1251.
- Zhan, F. B.** (1997). Three fastest shortest path algorithms on real road networks: Data structures and procedures. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* 1, 70-82.

ÖZGEÇMİŞ

VESİKALIK
FOTOĞRAF

Ad-Soyad : Caner Yavuz KASAP

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2021, Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- İznik Orman İşletme Müdürlüğü Danışman Mühendislik
- Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü Ulusal Orman Envanteri Proje Mühendisi
- TUBİTAK1001 Proje Bursiyer
- Gemlik Orman İşletme Müdürlüğü Danışman Mühendislik

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

-
-
-

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

-
-