

156089

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YANICI MADDE TİPLERİ VE YANGIN DAVRANIŞINA BAĞLI YANGIN  
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI

Orm. Yük. Müh. Ömer KÜÇÜK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"Doktor"

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.01.2004

Tezin Savunma Tarihi : 26.01.2004

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mahmut EROĞLU

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Çetin CÖMERT

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Tuncay NEYİŞCİ

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

Trabzon 2004

## ÖNSÖZ

“Yanıcı Madde Tipleri ve Yangın Davranışına Bağlı Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi ve Haritalanması” isimli bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın planlanmasından sonuçlanmasına kadar geçen sürede her zaman destek ve katkılarıyla çalışmamı yönlendiren, bilgi ve tecrübelerinden sürekli olarak yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince fikirlerinden yararlandığım sayın Prof. Dr. Mahmut EROĞLU ve Doç. Dr. Çetin CÖMERT'e, coğrafi bilgi sistemler ile ilgili bilgisine başvurduğum, yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT'e, istatistik analizlerin değerlendirilmesi ve yorumlanmasında yardımcı olan sayın Prof. Dr. Hakkı YAVUZ'a içtenlikle teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasında yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Dr. Bülent SAĞLAM'a, Arş. Gör. Dr. Şağdan BAŞKAYA ve eşine, Arş. Gör. Mehmet KÜÇÜK'e, CBS kısmında yardımcı olan Arş. Gör. Bahar DİNÇ DURMAZ, Arş. Gör. Ali İhsan KADIOĞLULLARI'na ve emeği geçen herkese teşekkürü borç bilirim.

Korudağ ve Kastamonu'daki arazi çalışmalarının yürütülmesinde araç ve personel bakımından her türlü destek ve katkıyı sağlayan Başta Orman Genel Müdürlüğü olmak üzere Keşan ve Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü çalışanlarına, çalışmada proje desteği sağlayan Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu Saymanlığına teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince büyük özveride bulunarak bana her zaman destek olan çok değerli eşim Gülderen KÜÇÜK'e ve yeterince ilgilenemediğim oğlumuz Berat Erim KÜÇÜK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın Ülkemiz ormancılığına, orman yangınları ile ilgilenen bütün birimlere, şahıslara ve yapılacak yeni çalışmalara katkı sağlaması en büyük dileğimdir.

Ömer KÜÇÜK

Trabzon, 2004

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY .....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ .....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Temel Kavramlar.....	3
1.2.1. Yangın Tehlike Oranları Sistemleri ve Yapıları .....	3
1.2.1.1. Meteorolojik Yangın İndeksi (MYİ) Sistemi .....	4
1.2.1.2. Yangın Davranışını Tahmin (YDT) Sistemi .....	5
1.2.2. Yangın Davranışına Etki Eden Faktörler .....	7
1.2.2.1. Yanıcı Madde Özellikleri .....	7
1.2.2.1.1. Yanıcı Madde Miktarı .....	7
1.2.2.1.2. Yanıcı Madde Boyutu .....	8
1.2.2.1.3. Yanıcı Madde Düzeni ve Sürekliliği .....	8
1.2.2.1.4. Yanıcı Madde Nemi .....	10
1.2.2.1.5. Yanıcı Madde Tipi ve Arazideki Dağılımı.....	10
1.2.2.2. Hava Halleri .....	10
1.2.2.3. Topoğrafik Faktörler .....	12
1.2.3. Yangın Davranış Özellikleri.....	13
1.2.3.1. Yangın Yayılma Oranı .....	13
1.2.3.2. Yangın Şiddeti.....	14
1.2.3.3. Yanıcı Madde Tüketimi .....	14
1.2.4. Yangın Amenajmanı Planlamalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin Yeri ve Önemi .....	15
1.2.5. Yapılan Çalışmanın Kavramsal Çerçevesi.....	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
2.1. Yanıcı Madde Miktarı ve Yanıcı Madde Tiplerinin Belirlenmesi .....	19
2.1.1. Yanıcı Madde Miktarının Belirlenmesi.....	19

2.1.2.	Yanıcı Madde Tip (Model)'lerinin Belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Haritalanması .....	20
2.1.3.	Materyal ve Metod .....	24
2.1.3.1.	Araştırma Alanın Tanıtımı .....	24
2.1.3.2.	Yanıcı Madde Ölçümleri .....	25
2.1.3.3.	Yanıcı Madde Tiplerinin Belirlenmesi .....	27
2.1.3.4.	Yanıcı Madde Tiplerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Haritalanması .....	28
2.1.4.	Bulgular .....	29
2.4.1.1.	Yanıcı Madde Miktarına Ait Bulgular .....	29
2.4.1.2.	Yanıcı Madde Tiplerine Ait Bulgular .....	38
2.4.1.2.1.	Kızılçam Genç Yanıcı Madde Tipi .....	38
2.4.1.2.2.	Kızılçam Yaşlı Yanıcı Madde Tipi .....	40
2.1.4.3.	Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulan Yanıcı Madde Tipleri Haritaları .....	43
2.1.5.	Sonuç ve Öneriler .....	48
2.2.	Karaçam Yanıcı Madde Tipinde Yangın Davranışının Belirlenmesi .....	51
2.2.1.	Materyal ve Metod .....	54
2.2.1.1.	Yangın Öncesi Ölçümler .....	56
2.2.1.1.1.	Yanıcı Madde Ölçümleri .....	57
2.2.1.1.2.	Hava Halleri .....	58
2.2.1.1.3.	Yangın Öncesi Yanıcı Madde Nem İçeriklerinin Belirlenmesi .....	58
2.2.1.2.	Yangınlar Sırasında Yapılan Ölçümler .....	58
2.2.1.3.	Yangınlar Sonrası Yapılan Ölçümler .....	61
2.2.2.	Bulgular .....	62
2.2.2.1.	Yanıcı Madde Bulguları .....	62
2.2.2.2.	Yangın Davranışına Ait Bulgular .....	67
2.2.3.	Sonuç ve Öneriler .....	74
2.3.	Yangın Davranışının Coğrafi Bilgi Sistemler Yardımıyla Uygulamaya Aktarılması: Kastamonu ve Korudağ Örneği .....	76
2.3.1.	Materyal ve Metod .....	76
2.3.2.	Bulgular .....	82
2.3.3.	Sonuç ve Öneriler .....	107
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	110
4.	KAYNAKLAR .....	114
	ÖZGEÇMİŞ .....	125

## ÖZET

Bu çalışmada, 1) normal kapalı kızılçam meşçerelerinde yanıcı madde miktarı belirlenmiş, 2) yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak geliştirilen yanıcı madde model (tip)leri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak haritalanmış, ve 3) genç karaçam meşçerelerinde deneme yangınları yapılarak yangın davranışı ortaya konulmuştur. Belirtilen bu üç çalışmada elde edilen veriler kullanılarak; karaçam ve kızılçam meşçerelerinde yanıcı madde, hava halleri ve topografyaya göre yangın davranış özelliklerini ortaya koyan örnek iki çalışma verilmiştir.

Yanıcı madde miktarının belirlenmesinde tepe boyu, tepe çapı ve göğüs yüksekliği çapı en belirleyici değişkenler olmuştur. Geliştirilen regresyon modelleriyle benzer yanıcı madde özelliklerine alanlarda yanıcı madde miktarı kolaylıkla tahmin edilebilmektedir. Regresyon modelleri sonuçları ve meşçere özelliklerine göre yanıcı madde tipleri belirlenerek, CBS yardımıyla yanıcı madde tipleri haritaları oluşturulmuş ve böylece, yangın tehlikesi ve yangın potansiyeli ortaya konulmuştur. Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde genel ve özel olarak iki ayrı sınıflandırma yapılmıştır. Arazi yapısının çok fazla değişiklik göstermediği ve benzer yanıcı madde özelliklerine sahip alanlarda genel sınıflandırmanın kullanılabilceği, ancak kırıklı, parçalı alanlarda ise detaylı sınıflandırmanın gerekliliği ortaya çıkmıştır. Genç karaçam meşçerelerinde değişik meteorolojik koşullar altında deneme yangınları yapılarak bu yangınların davranışları belirlenmiştir. Genç karaçam yanıcı madde tipinde yangın davranışını tahmin etmek için modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller çalışmanın yapıldığı durumlarda geçerlidir. Yangın yayılma oranının büyük oranda rüzgarla, yanıcı madde tüketiminin ölü örtü nem içeriği, kapalılık ve canlı yanıcı madde miktarı ile ve yangın şiddetinin ise rüzgar, ölü örtü nem içeriği, kapalılık ve toplam yanıcı madde miktarı ile ilişkili olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak; yanıcı madde miktarı, yanıcı madde modelleri ve yangın davranışı ile ilgili elde edilen veriler ve diğer çalışmaların sonuçları, CBS içerisinde kullanılarak kızılçam ve karaçama ait değişik meşçere tiplerinde yangın davranışları ortaya konulmuş ve yangın amenajmanı açısından analiz edilerek alternatif çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yanıcı Madde Modeli, Yangın Davranışı, Yangın Potansiyeli, Coğrafi Bilgi Sistemleri

## SUMMARY

### **Determining and mapping fire potential based on Fuel type and Fire Behavior**

This study examines 1) fuel loads in normally stocked red pine stands, 2) fuel models (types) determined based on fuel characteristics, and fuel maps generated by Geographical Information Systems (GIS), and 3) fire behavior prediction in young Anatolian black pine stands. Using the information generated, two case studies were realized to determine fire potential and fire behavior characteristics under varying fire weather, topography and fuel conditions.

Crown length, crown width, diameter at breast height were the best predictor of fuel load. Regression models generated were able to realistically predict fuel components important in fire behavior. Using both the regression models and general stand structure parameters, fuel type maps were generated using GIS from which fire potential and hazard were derived. One being general and the other being more detailed, two classification schemes were used to classify fuel types. It was concluded that for areas relatively homogeneous in fuels and topography, general classification seems adequate, while detailed classification seems more appropriate for patchy fuels and broken topography. Regression models were generated to predict fire behavior in young Anatolian black pine stands. Results indicated that fire spread is related to wind, fuel consumption to moisture contents of surface fuels, crown closure and live fine fuels, and fire intensity to wind, moisture contents of surface fuels, crown closure and total fuel load.

The results obtained in this study should be invaluable in overall fire management planning through providing the fire managers with the accurate, timely and usable information they need in a form they can utilize.

**Keywords:** Fuel models, Fire Behavior, Fire Potential, Geographical Information Systems

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Yangın tehlike oranları sisteminin yapısı ve bileşenleri .....	4
Şekil 2.	Meteorolojik yangın indeksi sisteminin yapısı ve bileşenleri (Bilgili vd., 2002).....	5
Şekil 3.	Yangın Davranışı Tahmin Sisteminin Yapısı (Hirsch, 96; Alexander 2000)'den adapte edilmiştir.....	6
Şekil 4.	Orman yangını bilgi sistemi veri tabanında OYTOS ve CBS'nin yeri (Bilgili vd., 2001).....	17
Şekil 5.	Yapılan çalışmanın kavramsal çerçevesi.....	18
Şekil 6.	Araştırma alanının genel görünümü.....	24
Şekil 7.	Orman yangınlarının en fazla meydana geldiği Nisan-Ekim aylarını içeren ve araştırma alanına ait aylık ortalama sıcaklık, yağış ve nem değerleri.....	25
Şekil 8.	İbre miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak tahmin edilen değerler arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	33
Şekil 9.	İbre miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 1b ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	34
Şekil 10.	İnce yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	34
Şekil 11.	Orta yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 3a ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	35
Şekil 12.	Aktif yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 6a ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	36
Şekil 13.	Kalın yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 4c ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	36
Şekil 14.	Enkalın yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile $d_{1.3}$ ve tepe boyuna bağlı olarak model 5b ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	37
Şekil 15.	Toplam yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 7d ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	38
Şekil 16.	Genç kızılçam meşcelerinden alınan deneme alanları a-b .....	39
Şekil 17.	Bakım müdahalesi görmüş genç meşcerede kesim artıkları .....	40

Şekil 18.	Kızılçam yaşlı yanıcı madde tipi (a) ve ölü örtü durumu (b).....	41
Şekil 19.	Korudağ uygulama alanı meşcere tipleri haritası.....	44
Şekil 20.	Kastamonu uygulama alanı meşcere tipleri haritası.....	45
Şekil 21.	Korudağ uygulama alanında farklı sınıflandırmaya göre yanıcı madde tipleri haritası ve bunlara ilişkin alan dağılım grafikleri.....	46
Şekil 22.	Kastamonu uygulama alanında farklı sınıflandırmaya göre yanıcı madde tipleri haritası ve bunlara ilişkin alan dağılım grafikleri.....	47
Şekil 23.	Deneme yangınlarının yapıldığı arazinin genel görünümü.....	55
Şekil 24.	Orman yangınlarının en fazla meydana geldiği Nisan-Ekim aylarını içeren ve araştırma alanına ait 60 yıllık, aylık ortalama sıcaklık, yağış ve nem değerleri.....	56
Şekil 25.	Deneme yangınlarının yapıldığı parsellerde yanıcı madde ..... ölçümleri	56
Şekil 26.	Deneme yangınlarının yapıldığı yanıcı madde parsellerinin araziadaki konumları.....	57
Şekil 27.	Deneme yangınlarına ait görüntüler (yangınların şeritler halinde başlatılması a-b, yangının örtü şeklindeki seyri ve tepe yangınına dönüşmesi c-d, tepe yangını e-f.....	59
Şekil 28.	Tepe yangını görüntüleri a-b-c-d-e-f.....	60
Şekil 29.	Yangın sonrası deneme alanlarından görüntüler a-b.....	61
Şekil 30.	İbre miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapı çapına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	64
Şekil 31.	İbre miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapı çapına bağlı olarak model 1a ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	64
Şekil 32.	Aktif yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapı çapı ve tepe çapına bağlı olarak model 3b ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	65
Şekil 33.	Kalın yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapına bağlı olarak model 4a ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	65
Şekil 34.	Toplam yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapına bağlı olarak model 5c ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	66
Şekil 35.	Yayılma oranının ölçülen değeri ile rüzgar ve ölü örtü miktarına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	71
Şekil 36.	Yanıcı madde tüketiminin ölçülen değeri ile ölü örtü nemi, kapalılık ve canlı yanıcı madde miktarına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b).....	72



Şekil 37.	Yangın şiddetinin ölçülen değeri ile rüzgar, ölü örtü nemi ve kapalılığa bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b) .....	73
Şekil 38.	Korudağ uygulama alanı meşcere tipleri haritası.....	77
Şekil 39.	Korudağ uygulama alanının sayısal arazi modeli .....	78
Şekil 40.	Kastamonu uygulama alanı meşcere tipleri haritası.....	79
Şekil 41.	Kastamonu uygulama alanı sayısal arazi modeli .....	80
Şekil 42.	Kastamonu uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yayılma oranının şiddet sınıflarına göre alan dağılımları (a: meşcere tipleri, b: kapalılık ve gelişme çağları, c: meşcere genel özelliklerine göre yapılan sınıflandırma) .....	83
Şekil 43.	Yüksek yayılma oranı değerlerinin uygulama alanındaki dağılımı (Kastamonu).....	85
Şekil 44.	Kastamonu uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yanıcı madde tüketiminin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları .....	86
Şekil 45.	Kastamonu uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yangın şiddetinin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları.....	88
Şekil 46.	Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı.....	89
Şekil 47.	Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	90
Şekil 48.	Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	90
Şekil 49.	Meşcere gelişme çağları ve kapalılığa göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	91
Şekil 50.	Meşcere gelişme çağları ve kapalılığa göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	92
Şekil 51.	Meşcere gelişme çağları ve kapalılığa göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	92
Şekil 52.	Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	93
Şekil 53.	Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı.....	94
Şekil 54.	Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	94

Şekil 55.	Korudağ uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yayılma oranının şiddet sınıflarına göre alan dağılımları.....	95
Şekil 56.	Yüksek yayılma oranı değerlerinin uygulama alanındaki dağılımı .....	97
Şekil 57.	Korudağ uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yanıcı madde tüketiminin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları .....	98
Şekil 58.	Korudağ uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yangın şiddetinin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları.....	100
Şekil 59.	Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı.....	101
Şekil 60.	Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	102
Şekil 61.	Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	102
Şekil 62.	Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı.....	103
Şekil 63.	Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	104
Şekil 64.	Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	104
Şekil 65.	Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	105
Şekil 66.	Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı.....	106
Şekil 67.	Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı .....	106

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.	Yangın şiddeti sınıflarına göre belirlenmiş yangın tipi ve yangınlarla.....	14
Tablo 2.	Yanıcı madde sınıfları ile bunlara ait fiziksel ve yapısal özellikler .....	22
Tablo 3.	Meşcere genel özelliklerine göre yanıcı madde tipleri.....	28
Tablo 4.	Ağaç türü, gelişme çağı ve kapalılığa göre gruplandırılmış meşcere tipleri .....	28
Tablo 5.	Deneme alanlarında ölçümleri yapılan ağaçlara ve genç bireylere ait yanıcı madde özellikleri ve fırın kurusu ağırlıklar .....	30
Tablo 6.	Yanıcı madde özellikleri arasındaki korelasyon .....	31
Tablo 7.	Yanıcı madde miktarının belirlenmesi için değişkenlere bağlı olarak geliştirilen modeller ( $R^2$ =Belirtme katsayısı, SH= Standart Hata) .....	32
Tablo 8.	Çalışma alanındaki Kızılçam genç yanıcı madde tipi özellikleri .....	40
Tablo 9.	Çalışma alanındaki Kızılçam yaşlı yanıcı madde tipi özellikleri .....	41
Tablo 10.	Deneme alanlarında tespit edilen kızılçam yanıcı madde tiplerinin özellikleri .....	43
Tablo 11.	Deneme alanlarında tespit edilen kızılçam yanıcı madde tipleri.....	43
Tablo 12.	Yanıcı madde miktarını belirlemek için yanıcı madde parsellerinde kesilen karaçamlara ait yanıcı madde özellikleri ve gerçek fırın kurusu ağırlıklar .....	62
Tablo 13.	Deneme yangını yapılan karaçam meşcerelerinin yanıcı madde özellikleri arasındaki korelasyon.....	63
Tablo 14.	Yanıcı madde parsellerindeki yanıcı madde miktarını tahmin etmek için, gerçek değerlere bağlı olarak oluşturulan modelleri ( $R^2$ =Belirtme katsayısı, S.H.=Standart Hata).....	67
Tablo 15.	Deneme yangınlarına ait yanıcı madde özellikleri.....	68
Tablo 16.	Deneme yangınlarına ait meteorolojik parametreler ve yangın davranış verileri.....	69
Tablo 17.	Yangın davranışı özellikleri ile yanıcı madde özellikleri ve meteorolojik parametreler arasındaki korelasyon matrisi .....	70
Tablo 18.	Yangın davranışı ile ilgili geliştirilen regresyon modelleri ve bu modellere ait belirtme katsayıları ( $R^2$ ) ve standart hata (S.H.) değerleri.....	73

## SEMBOLLER DİZİNİ

BYMİ	: Birikmiş Yanıcı Madde İndeksi
BYİ	: Başlangıç Yayılma İndeksi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
$d_{1,3}$	: Göğüs yüksekliği çapı
DHYMT	: Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi
DYO	: Düşük Yayılma Oranı
DYŞ	: Düşük Yangın Şiddeti
Kbç	: Kök boğaz çapı
KDS:	: Karar Destek Sistemleri
$L_n$	: Doğal logaritma
MYİS	: Meteorolojik Yangın indeksi Sistemi
Ort. boy	: Ortalama boy
OHYMT	: Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi
OYBS	: Orman Yangınları Bilgi Sistemi
OYO	: Orta Yayılma Oranı
OYŞ	: Orta Yangın Şiddeti
Tboy	: Tepe boyu
Tçap	: Tepe çapı
YBP	: Yangın Bilgi Programları
YD	: Yangın Davranışı
YDTS	: Yangın Davranışı Tahmin Sistemi
YHYMT	: Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi
YM	: Yanıcı Madde
YMT	: Yanıcı Madde Tüketimi
YO	: Yayılma Oranı
YŞ	: Yangın Şiddeti
YTOS	: Yangın Tehlike Oranları Sistemi
YYO	: Yüksek Yayılma oranı
YYŞ	: Yüksek Yangın Şiddeti

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Canlı bir varlık olan ormanlar, açıkta bulunması nedeniyle canlı ve cansız bir çok tehlikeyle karşı karşıya bulunmaktadır. Artan odun ve odun ürünlerine olan büyük talep nedeniyle yapılan bilinçsiz ve aşırı kullanımın yanısıra çok büyük alanlar orman yangınları sonucu zarar görmektedir. Orman yangınları bir taraftan her yıl binlerce hektar verimli orman alanının yanıp kül olmasına ve trilyonlarca liralık yangınla savaş giderlerine neden olurken, diğer taraftan su üretimi, toprak koruma, iklim düzenleme, toplum sağlığı, tabiatı koruma, milli savunma, estetik, rekreasyon, bilim ve araştırma gibi bir çok değer (Eraslan, 1982; Kourtz, 1984) kaybolmasına yolaçabileceği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, orman yangınları, ormanların sürekliliği ve ekolojik dengenin sağlanmasında en önemli öğelerden birini oluşturmaktadır (Van Wagner ve Methven, 1980). Dolayısıyla, orman yangınlarının iyi bir şekilde incelenerek analiz edilmesi, ekonomik ve ekolojik etkilerinin ortaya konulması, yapılacak planlama ve düzenlemelerin başarısı üzerinde önemli roller oynayacaktır (Bilgili, 1995a).

Türkiye orman varlığı 20.7 milyon hektar civarında olup, bu ormanlık alanların yaklaşık % 35'i birinci derece, % 23'ü ikinci derece, % 22'si üçüncü derece, % 15'i dördüncü derece ve % 5'i ise beşinci derecede yangına hassas bölgelerde yer almaktadır. Özellikle, yazları sıcak ve kurak geçen bir iklime sahip olan Ege ve Akdeniz bölgesi, yangına birinci derecede hassas alanların en fazla olduğu bölgelerdir. Kahramanmaraş'tan başlayıp Akdeniz ve Ege'yi takiben İstanbul'a kadar uzanan 1700 km'lik sahil bandının 160 km derinliğindeki bölümünde yayılış gösteren 12 milyon hektar ormanlık alan, yangına birinci derecede hassastır. Diğer bir ifadeyle, ormanlarımızın toplam % 58'i yangınlar açısından riskli bölgelerdedir. Yangın istatistiklerinin tutulmaya başlandığı 1937 yılından 2003 yılı sonuna kadar meydana gelen 74 493 adet orman yangını ile toplam 1 556151 hektar, yıllık ortalama olarak da 23 578 hektar ormanlık alan yanmıştır. Bu dönem içerisindeki yıllık ortalama yangın sayısı 1128 adet olup, bir yangın başına düşen yanan alan miktarı 20,9 hektar olmuştur (OGM, 2003).

Son 11 yıllık (1993-2003) periyotta çıkan orman yangınlarında 143 909 hektar ormanlık alan yanmıştır. Yıllık ortalama yanan alan miktarı 13 083 hektar olup, yangın

başına düşen alan ise 6,5 hektar olmuştur (OGM, 2003). Son yıllarda geliştirilen yeni teknik ve uygulamaların yanı sıra teknolojik yeniliklerin de yangınlarla mücadelede kullanılmaya başlanmasıyla, çıkan yangın sayısı ve özellikle de yanan alan miktarında büyük oranda azalma sağlanmıştır. Ancak, artan koruma faaliyetlerinin geniş alanlarda yangın tehlikesi açısından ortaya koyacağı problemler yangınla ilgili planlamalarda gözardı edilmektedir. Yangın tehlikesi yanıcı madde özelliklerinin durumuyla doğrudan ilişkili bir kavramdır. Dolayısıyla, yangınla mücadele çalışmalarında, topografik ve meteorolojik faktörlerle birlikte yanıcı madde özelliklerinin yangın davranışı üzerine olan etkilerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Özellikle, yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak elde edilecek doğru ve güvenilir verilerle yanıcı madde tiplerinin ortaya konulması, bunların sayısal ortamlarda haritalanması ve bu yanıcı madde tiplerine ait değişik hava şartlarındaki yangın davranışlarının modellenmesi yangın öncesi planlamalarda hayati bir öneme sahiptir. Ülkemizde, 2000 yılı 5 Nisan'ında bir biri ardına çıkan 98 adet yangın sonucunda 7.127.65 ha alan yanmıştır. Özellikle genç kızılçam meşcerelerinde ve ağaçlandırma sahalarında çıkan yangınlar büyük alanlara yayılmış ve uzun süre devam etmiştir (Bilgili ve Sağlam, 2002). Böyle özel yanıcı madde tiplerinde ve ekstrem hava hallerinde yangın potansiyeli ve yangın davranışının belirlenebilmesi için, önceden elde edilmiş her türlü bilginin bir araya getirilerek mevcut şartlarla birlikte çok yönlü olarak değerlendirilebilmesi ve bu bilgileri kullanarak farklı yangın şartları için alternatif çözümlerin geliştirilebilmesi gerekmektedir. Ancak, ülkemizde yangınlarla mücadele çalışmaları kapsamında yapılan planlamalarda kullanılabilecek gerek yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi, haritalanması ve gerekse yangın davranışının belirlenmesine yönelik çalışmalar çok az sayıda (Ör. Küçük, 2000; Bilgili, 2003; Bilgili ve Sağlam, 2003 ) ve yeterli düzeyde değildir.

Kaynakların etkin ve ekonomik kullanımı yangın potansiyeli ile çok yakından ilişkilidir. Yanıcı madde özellikleri ve yangın davranışına ait veriler yangın potansiyelini belirleyen önemli faktörlerdendir. Yangın amenajmanı planlamalarının etkin bir şekilde yapılabilmesi de yanıcı maddeler ve yangın davranışı ile ilgili detaylı ve doğru bilgilerin varlığını gerektirir. Ayrıca, bütün bunlar bir çok farklı bilgiyi bir arada değerlendirebilen bir sistem dahilinde gerçekleştirilmelidir.

Yangın yöneticileri yangınlarla etkili bir şekilde mücadele edebilmek ve yapacakları planlamalara katkı sağlamak için her türlü kaynak, bilgi ve programdan faydalanmak durumundadırlar. Geleceğe dönük yangın potansiyelini belirlemek için geliştirilen Yangın

Yehlike Oranları Sistemi (YTOS) yangın organizasyonlarının ihtiyaç duyduğu verileri sağlayarak karar verme aşamasında yardımcı olmaktadır. Oluşturulan yangın organizasyonlarının başarı derecesi, yararlanılan Karar Destek Sistemleri (KDS)'nin gelişmişliğine ve Yangın YTOS'nin başarılı bir şekilde uygulanmasına bağlıdır (Bilgili, 1995a; Bilgili, 1999a; Bilgili, 2000). Bu sistemlerden yararlanmayan yangın organizasyonları etkili kararlar alamayacakları gibi, başarıları sınırlı ve pahalı olacaktır.

Bu çalışmada Kızılçamda yanıcı madde özelliklerine bağlı yanıcı madde tipleri ve genç Karaçam ağaçlandırma alanlarında yangın davranışı özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, yanıcı madde tipleri ve yangın davranış özelliklerine bağlı olarak yangın potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece, Ülkemizde YTO sisteminin oluşturulmasına yönelik önemli bir adım atılmıştır.

## **1.2. Temel Kavramlar**

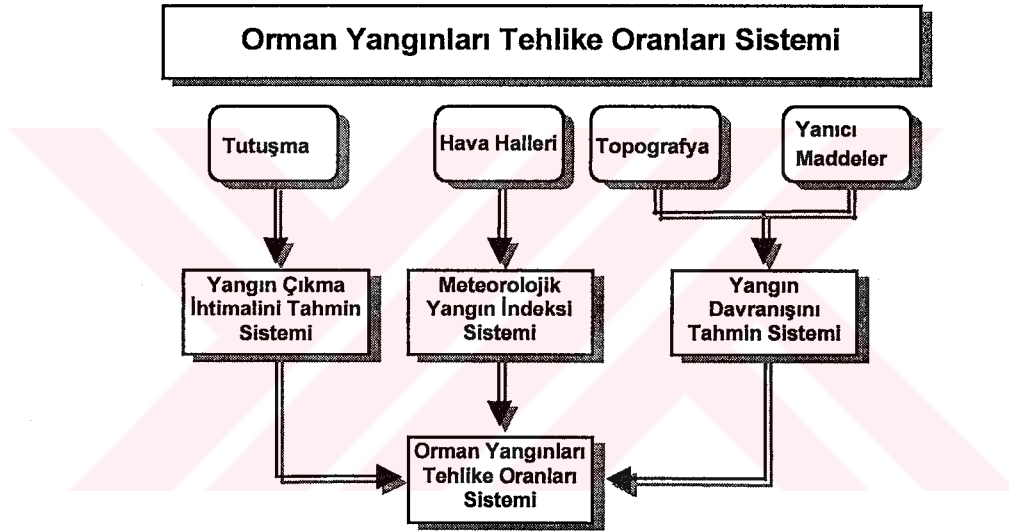
### **1.2.1. Yangın Tehlike Oranları Sistemleri ve Yapıları**

Yangın tehlikesi; topografya, hava halleri ve yanıcı maddeler gibi sabit ve değişken çevre faktörlerine bağlı olarak ortaya çıkan yangın potansiyelidir. Yangın tehlike oranı ise, yangın tehlikesini ayrı ayrı ve bir bütün olarak sistematik bir şekilde değerlendirilmesi ve yorumlanmasıdır.

Yangın Tehlike Oranları Sistemi (YTOS) genelde üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; Meteorolojik Yangın İndeksi (MYİ) Sistemi, Yangın Davranışını Tahmin (YDT) Sistemi ve Yangın İhtimalini Tahmin (YİT) Sistemidir. MYİ sistemi, sadece standart bir yanıcı madde tipi için yangın davranışı hakkında genel bir bilgi vermektedir. Bu durumda, diğer yanıcı madde tiplerinde yangın davranışının nasıl olacağı bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu problem ise, YTO sisteminin diğer bir elemanı olan ve özel yanıcı madde tiplerindeki yangın davranışı hakkında bilgi veren YDT sistemi ile çözümlenmeye çalışılmıştır (Lawson vd., 1985). Özellikle ABD (USDA, 1964; Rothermel, 1972; Deeming vd., 1972; Deeming vd., 1978; Albini, 1976), Kanada (Lawson, 1972; Van Wagner, 1975; Van Nest ve Alexander, 1999) ve Avustralya (Mc Arthur, 1966,1967; Noble vd., 1980; Crane, 1982; Beck, 1988) gibi orman yangınlarının etkili olduğu ülkeler YTO sistemlerini uzun yıllardan beri kullanmaktadırlar. YTO sistemlerine bakıldığında özellikle Kanada, A.B.D. ve Avustralya sistemlerinde bazı önemli yapısal farklılıklar olmasına rağmen genel

olarak aynı değişkenleri (yanıcı madde, hava halleri, topografya) kullandıkları görülmektedir.

Yangın tehlike oranları sistemi 1900'lü yılların başından beri çalışılarak geliştirilmiş ve günümüzde de sürekli yeni ilavelerle geliştirilmeye çalışılmaktadır. Sistemler yapılarında ve formülasyonlarında farklılıklar bulunmasına rağmen (MYİ) Sistemi, (YDT) Sistemi ve Yangın Çıkma İhtimalini Tahmin (YÇİT) Sistemi olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 1). YÇİT sistemi, geliştirilme aşamasında olup henüz tamamlanmadığı için açıklanmayacaktır. Kanada sistemi, yapısının daha basit ve ülkemiz şartlarına daha kolay adapte edilebilir olması nedeniyle burada açıklanan sistem olacaktır.



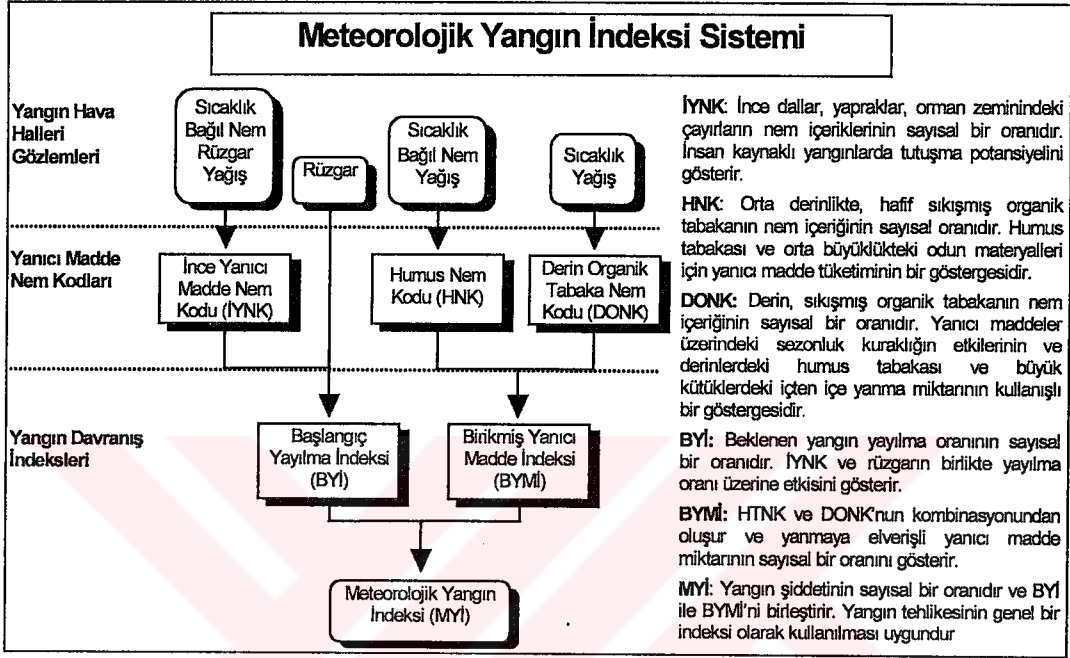
Şekil 1. Yangın tehlike oranları sisteminin yapısı ve bileşenleri

### 1.2.1.1. Meteorolojik Yangın İndeksi (MYİ) Sistemi

MYİ sistemi standart bir yanıcı madde tipinde sadece hava hallerine bağlı olarak yangın çıkma potansiyeli ve yangın davranışı hakkında genel bilgi verir. Sistem altı bölümden oluşmaktadır (Şekil 2). Bunlar, teker teker veya birlikte, sadece yanıcı madde nemi ve rüzgarın yangın davranışı üzerindeki etkilerini açıklarlar. Bu bölümlerden üçü yanıcı madde nemini temsil eder ve Yanıcı Madde Nem Kodları (YMNK) adını alırlar. Bunlar geçmiş ve mevcut hava hallerinin yanıcı madde nemi üzerine olan etkilerini belirtir. Diğer üçü yangın davranışı ile ilgili sonuçlar ortaya koyarlar ve yangın davranış indeksleri



adını alırlar. Bunlar, yangın yayılma oranının bir göstergesi olan Başlangıç Yayılma İndeksi (BYİ); yanıcı madde tüketimi ve yangının toprağa olan etkisinin bir göstergesi olan Birikmiş Yanıcı Madde İndeksi (BYMİ) ile yangın şiddetinin bir göstergesi olan Yangın Şiddeti İndeksi (YŞİ)'dir.



Şekil 2. Meteorolojik yangın indeksi sisteminin yapısı ve bileşenleri (Bilgili vd., 2002).

MYİ Sistemi yangın tehlikesini ortaya koymada önemli katkılar sağlamasına rağmen, standart bir yanıcı madde tipinde ve sadece hava hallerine bağlı olarak yangın davranışı hakkında genel bilgi vermesi, diğer yanıcı madde tiplerinde yangın davranışının ortaya konulmasında bir eksiklik olarak ortaya çıkmaktadır. Bu eksiklik, YDT sistemi ile çözümlenmeye çalışılmaktadır (Alexander vd., 1984; Alexander, 2000).

### 1.2.1.2. Yangın Davranışını Tahmin (YDT) Sistemi

Yangın Davranış Tahmini Sistemi her hangi bir yerde çıkabilecek bir yangının hava halleri, topografya ve yanıcı madde özelliklerinde bağlı olarak sergileyeceği davranışı sayısal olarak ortaya koyar. Elde edilen değerler MYİ sisteminde elde edilen değerlerin aksine sayısal (gerçek durumu ifade eden) değerlerdir. Yangın davranışı tahminin

doğruluğu yanıcı madde tipleri, hava halleri ve topografyaya ait çok sayıda güvenilir ve zamanlı bilgilere bağlıdır (McRae vd., 1979).

YDT sistemi dört ana tahminde bulunur. Bunlar; yayılma oranı (m/dak), yangın şiddeti (kW/m), yanıcı madde tüketimi (t/ha, kg/m<sup>2</sup>), ve yangın türü (örtü, tepe)'dür (Şekil 3). Bunlarla birlikte, arka ve yan yangın yayılma oranı ve uzaklığı (m/dak ve m), yanan alan (ha) ve yangının çevre uzunluğu (km veya m) gibi değerler de sonuç olarak elde edilebilir (Bilgili, 1999a).



Şekil 3. Yangın Davranışı Tahmin Sisteminin Yapısı (Hirsch, 1996; Alexander, 2000'den adapte edilmiştir).

MYİ Sisteminin özel yanıcı madde komplekslerine genişletilmesi olan YDT sistemi, kontrollü ve kontrolsüz yangınlar için bir rehber durumundadır. YDT sistemi her ülkenin yanıcı madde tiplerine göre geliştirilmiş yangın davranış modellerinden oluşur. Bu modellerin doğru çalışabilmesi için hava halleriyle birlikte topografya ve yanıcı madde özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Hava halleriyle ilgili veriler MYİ sisteminden alınır. Yanıcı madde özellikleri, yanıcı madde tipleri olarak belirlenmiş ve değişik ülkelerde değişik sayıda olan yanıcı madde modelleri aracılığıyla hesaplamalara katılır. Meşcere yapısı, kompozisyonu, ölü ve diri örtü durumu, yanıcı madde tiplerinde kullanılan başlıca kriterlerdir.

Sonuç olarak; her hangi bir yerde çıkabilecek bir yangının mevcut hava halleri, topografya ve yanıcı madde özelliklerinde nasıl bir davranış sergileyeceği sayısal olarak ortaya konulur. Dolayısıyla, yangın davranışının doğru tahmin edilmesi sonucunda; yangın hattında doğru yerde, doğru zamanda hazırlık yapılır. Böylece söndürme faaliyetlerinde harcanan çaba ve güç en aza indirilerek hem maliyet, hem de zarar en aza indirilmiş olur.

### **1.2.2. Yangın Davranışına Etki Eden Faktörler**

Yanıcı maddeler, hava halleri ve topoğrafik faktörlerin tümü yangın davranışını etkiler. Yangın davranışının doğru ve güvenilir bir şekilde tahmin edilebilmesi için, yangın davranışı üzerinde etkili olan faktörler çok iyi bilinmelidir. Bu faktörler aşağıda açıklanmıştır.

#### **1.2.2.1. Yanıcı Madde Özellikleri**

Yanıcı maddeler; toprakta, toprak üstünde ve daha yüksekte bulunabilen, tutuşup yanabilen veya yanmaya, tutuşmaya eğilimli herhangi bir madde veya karışım olarak tanımlanan (Robertson, 1971). YDTS içine yanıcı madde özelliklerinin doğru ve eş zamanlı bir şekilde dahil edilmesi, yangın davranışında büyük önem taşımaktadır. Yanıcı maddelerin sınıflandırılmalarında, yangın davranışına etki eden yanıcı madde ağırlığı, boyutları, dağılımı ve nem içeriği gibi elde edilebilen ve üzerinde ölçümler yapılabilen yanıcı madde özellikleri esas olmaktadır (Van Wagner, 1963).

##### **1.2.2.1.1. Yanıcı Madde Miktarı**

Yanıcı madde miktarının belirlenmesi, saha üzerinde tehlikeyi azaltma önlemlerinin gerekli olup olmadığına karar vermede ve ileride çıkabilecek olası yangınlara karşı alınacak önlemlerin planlanmasında gerekli olmaktadır. Yangın davranışı ile doğrudan ilişkili olan yanıcı madde miktarı (Rothermel, 1983), yangının yayılışını ve açığa çıkan enerji miktarını belirler (Stinson ve Wright, 1969; Whelan, 1995).

Yanıcı madde miktarının tahmin edilmesinde, canlı yeşil olan vejetatif kısımlar değişik sınıflara ayrılmakla birlikte, yanabilirlik durumlarına göre; 0.5 cm <, 0.5-1 cm, 1-2

cm, 2-5 cm, 5-10 cm ve 10 cm> daha yukarı kalınlık olmaya üzere sınıflandırılırlar. (Vezina, 1962; Chandler vd., 1991). Bu şekilde mevcut yanma koşullarında ne kadar yanıcı madde miktarının yanabileceği doğru, güvenilir ve etkili bir şekilde hesaplanmış olur. Dolayısıyla yangın yayılma oranı, yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketiminin belirlenmesi için gerekli girdilerden birisi elde edilmiş olur.

#### **1.2.2.1.2. Yanıcı Madde Boyutu**

Yanıcı madde boyutu yanıcı maddelerin yanma hızını belirleyen bir faktördür. İnce ve kaba yanıcı maddeler olmak üzere genelde iki grupta incelenirler. Yaprak, ince dal, ibre ve çayır gibi ince yanıcı maddeler çok hızlı nem alma ve verme özelliğine sahiptirler. Dolayısıyla çok kısa sürede kuruyarak tutuşmaya elverişli hale gelmektedirler. Kaba yanıcı maddeler incelere oranla daha büyük ebatlara sahip kök, devrilmiş gövdeler ve kalın çaplı kesim artıklarından oluşmaktadır. Bu tip yanıcı maddeler boyutlarından dolayı nemi daha yavaş alıp daha geç bırakırlar. Tutuşmaları için daha fazla ısıya ve yanmaları için daha fazla zamana ihtiyaç gösterirler. Dolayısıyla bu tip yanıcı maddelerin yangının başlaması ve yayılmasında önemli bir etkisi yoktur. Ancak, uzun süre kor halinde kalabildiklerinden yangının, mevcut sınırlarını aşıp yanmamış alanlara geçerek tekrar başlamasını engellemek için, soğutma çalışmalarında bu tip yanıcı maddelere dikkat edilmeli ve tamamen söndürülmelidir (Bilgili, 1998a).

Yanıcı madde boyutu, potansiyel yanıcı madde ağırlığının tahmin edilmesinde yeterli olmaktadır. Bununla birlikte tüketilebilir yanıcı madde miktarını tahmin etmek için, bazen hem canlı hem de ölü materyallerin dağılımının büyüklükleri ve hacimleri bilinmelidir. 1-2 cm'den daha kalın çaplara sahip olan ölü yanıcı maddeler yangının yayılması üzerinde hemen hemen hiç etkiye sahip olamamalarına rağmen, oransal olarak hem reaksiyon şiddetine hem de konvektif şiddetine katkıda bulunurlar. 2-5 cm'den daha kalın çaplı canlı yanıcı maddeler nadir olarak tamamen yanarlar, fakat açığa çıkardıkları ısı ve enerji ile yangının yayılmasına artırıcı etki yaparlar. (Chandler vd., 1991).

#### **1.2.2.1.3. Yanıcı Madde Düzeni ve Sürekliliği**

Yanıcı madde düzeni, yanıcı maddelerin yatay ve dikey konumdaki dizilimleri ile ilgilidir. Yanıcı madde sürekliliği ise, tüm yanıcı maddelerin yatay ve dikey konumdaki sürekliliğini ifade eder. Yanıcı madde düzeni yanmayı, yangın şiddetini, yayılma oranını,

havalanmayı dolayısıyla YM nem kaybı oranını büyük ölçüde etkiler. Çok sıkışık veya çok seyrek olarak dizilmiş YM parçacıklarının oluşturduğu bir zeminde yangın çok hızlı ilerleyemez. Yanıcı madde çok sıkışık olduğu durumda, YM yoğunluğunun fazla ve gözenekliliğinin az olmasından dolayı YM nem miktarı daha fazla olacaktır. Bu yüzden kuruma daha uzun bir sürede gerçekleşecektir. Yanıcı maddenin seyrek olması durumunda ise, YM parçacıkları birbirine yeterince yakın olmadıklarından dolayı yanan parçacıkların oluşturdukları enerji henüz yanmaya başlamamış materyali tutuşturacak derecede olamayacağından yangının ilerlemesi sağlanamayacaktır. İbre boyu küçük olan saf iğne yapraklı meşcerelerde (örneğin göknar, ladin) ölü örtüdeki ibre gözenekliliğinin az oluşu ve sıkışık bir yapı oluşturmaları nedeni ile örtü yangınları ya çok yavaş ilerler ya da hiç ilerlemez. Yapraklı meşcerelerde (özellikle meşe) yeni dökülmüş yaprakların oluşturduğu ölü örtüde yangın daha hızlı ilerleyebilir. Bunun sebebi, yaprakların kıvrılarak havalanmayı arttırması (gevşek bir örtü oluşturması) ve iyi bir örtü oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Örtü yangınları özellikle çam meşcerelerinde diğer meşcerelere oranla oldukça hızlı yayılmaktadır. Bunun nedeni, ibrelerin uzunluğu ve oluşturdukları derin ve havalanması iyi ölü örtü tabakasıdır (Bilgili, 1998a).

Hem yatay hem de dikey YM sürekliliği yangın davranışı açısından son derece önemli yanıcı madde özelliklerindedir. Yangın genelde ölü örtü tabakasında başlar ve gelişir. Yangının ilerleyebilmesi, yangının ilerlediği yöndeki yanıcı maddenin sürekliliği ile doğrudan ilişkilidir. Ölü örtü tabakasındaki bir kesinti yangının daha ileriye geçişini engelleyecek ya da zorlaştıracaktır. Aynı şekilde, örtü yangınının tepe yangını halini alabilmesi için, örtü yangını ile oluşan enerjinin tepedeki yanıcı maddeleri tutuşturacak derecede ve tepenin de belli bir yükseklikte olması gerekir. Genellikle, dikey aley yüksekliğinin 1.5 katı yükseklikteki boşluk, üst tabakanın yanmasına engel olmaktadır (Chandler vd.,1991).

#### 1.2.2.1.4. Yanıcı Madde Nemi

Yanıcı madde nemi, mevcut hava koşullarının farklılığına göre, yangının başlaması ve yayılması için limit bir faktördür. Yanıcı madde nemi yüksek olduğu zaman tutuşma zayıf, yayılma oranı düşük, bununla birlikte; yanıcı maddenin neminin düşük olması durumunda tutuşma kolay olup, yayılma oranı yüksektir (Shroder ve Buck, 1970; Blackmarr, 1972; Chandler vd., 1991). Yangının yayılışının büyük ölçüde tepeye bağlı olduğu YM tiplerinde canlı yanıcı maddelerdeki (yaprak) nem, yangın davranışını etkileyen temel bir etmendir (Countryman, 1972).

#### 1.2.2.1.5. Yanıcı Madde Tipi ve Arazideki Dağılımı

Yanıcı madde tipi genel anlamada benzer özelliklere sahip vejetasyon tiplerini ifade eder. Yanıcı maddelerin yanabilirliği; düzenine, içerdiği nem miktarına, yaşa, genel olarak ağaç gövdesine ve türlerin bileşimine bağlıdır. Her bir yanıcı madde tipi yangın davranışı açısından farklılıklar arz eder. Benzer topoğrafik ve hava halleri koşullarında yangın bazı yanıcı madde tiplerinde yavaş yayılırken, bazılarında oldukça hızlı yayılabilir. Aynı şekilde bazılarında yüksek şiddette yangın oluşurken (örneğin, maki ve genç plantasyonlar), diğerlerinde düşük şiddette yangın görülür (örneğin, yaşlı meşcereler). Bu durum dikkate alındığında yanıcı madde tiplerinin arazi üzerindeki dağılımlarının, yangın davranışını önemli ölçüde etkileyeceği kolayca anlaşılmaktadır (Bilgili, 1998a).

#### 1.2.2.2. Hava Halleri

Zaman ve konum açısından çok büyük değişkenlikler göstermeleri ve bundan dolayı yanıcı madde nemi ve yangının yayılması üzerine olan etkileriyle, yangın davranışını etkileyen en önemli faktör hava halleri kabul edilebilir. Yangın hava hallerinin değişmesi; tutuşmayı, yangının yayılmasını ve şiddetini etkiler. Sıcaklık, rüzgar, bağıl nem ve yağış orman yangınları üzerinde en fazla etkili olan hava halleridir (Byers, 1944; Gisborne, 1941; Defant, 1951; Byram, 1954; Schroeder ve Buck, 1970; Fischer ve Hardy, 1976; Williams, 1963; Countryman, 1971; Ryan, 1977).

Yanıcı maddeler radyasyonla güneşten ve konveksiyonla çevresindeki havadan ısı alırlar. Hava sıcaklığı yüksek olduğu zaman yanıcı maddelerin de sıcaklıkları yüksek

olacağından tutuşmaları için daha az bir ısıya ihtiyaç duyar. Yüksek sıcaklıklar, yanıcı maddelerin nem içeriklerini düşürerek kurumalarını ve yangında kolay yanmalarını sağlar. Devam eden bir yangın kuru bir hal almış bu tip yanıcı maddelere ulaştığında hızını arttırarak ilerler (Bilgili vd., 2002).

Genelde yangın şeklini belirleyen etkenlerin en önemlisi rüzgardır. Yangının yayılma oranı, alanı ve çevre değerlerine ait tahminler için geliştirilen modellerde çoğunlukla rüzgar hızı esas değişken olarak alınmaktadır. Rüzgar, yangının ön cephesinin gelişmesini, alevin önündeki yanmamış yanıcı maddelere sıcak hava taşıyarak konveksiyon yoluyla tutuşma ve yanmayı artırarak destekler. (Burgan ve Rothermel, 1984; Chandler vd., 1991).

Orman yangınları başlangıçta dairesel bir gelişme göstermelerine rağmen, daha sonra rüzgar, eğim ve diğer çevresel faktörlerin etkisiyle elips veya başka bir şekil alırlar (Bilgili 1991; Bilgili vd., 2002). Rüzgar hızının belli bir düzeyin üzerine çıkması durumunda, yanıcı madde özelliklerindeki farklılıkların yangın davranışı üzerine olan etkileri ortadan kalkmakta, özellikle yangın yayılma oranını belirleyen tek faktör durumuna geçebilmektedir (NWCG, 1981).

Yanıcı madde nem içeriğini etkileyen bağıl nem, gün içerisinde sıcaklığın artmasına bağlı olarak öğle saatlerinde en düşük seviyelere iner. Buna bağlı olarak yanıcı maddelerin nem içerikleri azalarak kuru bir hal alırlar. Bu sebeple, bağıl nemin düşük olduğu zamanlar orman yangınları açısından tehlikeli zamanlardır. Ayrıca, bağıl nem, yangın potansiyelinin ortaya konulmasında kullanılan kriterlerdendir. Kolaylıkla ölçülebilir olması nedeniyle, yangın tehlikesinin ortaya konulmasında temel kriter olarak kullanılmaktadır (Bilgili vd., 2002).

Yağışın yangın davranışına olan etkisi, yanıcı madde nemine olan etkisinden kaynaklanmaktadır. Yangının başlayabilmesi ve gelişebilmesi için, yanıcı madde neminin belirli bir düzeyin altında olması gereklidir. Genel olarak %30'luk nem oranı yangının başlayıp gelişebilmesi için üst sınır olarak kabul edilmektedir (Bilgili vd., 2002). Yağmur, yanan materyali hemen ıslattığı için, özellikle ince (0,5 cm<) ve orta derecede kalınlıktaki (0,5-1cm) yanıcı maddelerde gerçekleşen yangının yayılışını hemen durdurucu etki yapar (Çanakçıoğlu, 1993). Bu durum kalın çaplı materyallerde daha uzun süreyi gerektirir.

### 1.2.2.3. Topoğrafik Faktörler

Topoğrafya, yangının davranışını etkileyen sahanın fiziksel sabit faktörlerindedir. Arazi şekillerindeki değişiklikler hem yanıcı maddeler hem de hava halleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir (Sağlam, 2002; NWCG, 1981).

Eğimin yangın davranışına etkisi, yanıcı maddelerin istiflenme oranı ve bu durumun yangının yayılması üzerine olan etkisiyle açıklanabilir (Albini, 1974). Düz bir alana oranla, eğimli bir arazide alevler daha ilerdeki yanmamış materyale doğrudan temas edebilir veya radyasyon ve konveksiyonla yanıcı maddelerdeki nem oranlarını düşürerek yangının hızlı bir şekilde yayılmasına katkıda bulunur. (Hirsch, 1996; Pyne vd., 1996).

Bakı, alandaki rüzgar durumu ve güneş radyasyonu miktarındaki çeşitlilikle ilgilidir. Yangın meteoroloji koşulları, düşük nem ve yüksek düzeydeki güneş radyasyonu bakı üzerinde gerçekleşen hızlı tutuşmaya yardımcı olur. (Pyne vd., 1996).

Bakıya bağlı olarak yanıcı madde tipi ve özelliklerinde önemli değişiklikler olmaktadır. Bu değişikliklerin temelinde güneşlenme, sıcaklık ve rüzgardaki farklılıklar yatmaktadır. Bakı, yanıcı madde nem içeriğini ve sıcaklığı etkileyen hava şartlarında büyük değişikliklere sebep olduğundan, yangın davranışını etkilemektedir (Hayes, 1941; 1944; 1949). Güney bakılı yamaçta bulunan yanıcı maddeler şiddetli bir şekilde yanmak üzere yeterince kuruyabilirken, aynı yerde ancak kuzey yamaçta bulunan benzer yanıcı maddeler hiç yanmayabilir (Davis, 1959).

Yükselti farkları özellikle hava halleri ve yanıcı maddede meydana gelen değişiklikler bakımından yangın davranışı üzerinde etkili olmaktadır. Dağların tepeleri ile vadi tabanları günün 24 saatinde değişen yanma koşullarına sahiptir. Gündüzleri vadi tabanındaki hava daha fazla ısınır ve hafifliği nedeniyle yükselir. Geceleri ise, güneş radyasyonu olmadığından ağır hava kitleleri vadi tabanına doğru akar. Bu değişimin sonucu olarak yaz gecelerinde vadi tabanının sıcaklığı dağların tepelerine göre daha düşüktür (Çanakcıoğlu, 1993).

Değişik yükseltilerdeki yanma şartlarıyla ilgili olarak yapılan araştırma sonuçlarına göre; düşük yükseltilerdeki yangın tehlikesi, kuzey yamaçlarda bütün gün boyunca ve geceleyin vadi tabanından daha düşüktür. Yangın tehlikesi, akşam geçiş periyodunda vadi tabanı ile aynı olmakla birlikte, güney yamaçlarda bütün gün boyunca biraz daha yüksektir. Orta yükseklikte bulunan termal kuşak alanında, yangın tehlikesi kuzey yamaçlarda gün boyunca ve akşam geçiş periyodunda vadi tabanı ile aynı gibidir. Güney yamaçlarda ise,



yangın tehlikesi vadi tabanından ve diğer bütün yükseltilerden her zaman daha yüksektir. Yukarı yükseltilerde ise, kuzey yamaçlardaki yangın tehlikesi sabah geçiş periyodunda vadi tabanı ile yaklaşık aynı gibidir, gün boyunca ve akşam geçiş periyodunda daha düşük olup gece daha yüksektir. Güney yamaçlarda yangın tehlikesi, sabah geçiş periyodu boyunca ve gece vadi tabanından daha yüksektir, gün boyunca ve akşam geçiş periyodu boyunca daha düşüktür. (Barrows, 1951).

### **1.2.3. Yangın Davranış Özellikleri**

Yangın davranışı genellikle, yanıcı madde tutuşması, alev gelişimi, yangının yayılması ve yangınla ilişkili diğer şeylerin yanıcı madde, hava halleri ve topografya ile etkileşimi olarak tanımlanmaktadır (Countryman, 1972). Orman yangınlarının en temel özellikleri, yangının yayılması, açığa çıkardığı enerjisi ve tüketilen yanıcı madde miktarıdır (Byram, 1959a,b).

#### **1.2.3.1. Yangın Yayılma Oranı**

Yayılma oranı baş yangının gelişme oranını tanımlamak için kullanılır. Yangın davranışında; ön, yan ve arka yangın yayılma oranlarının bir fonksiyonu olarak yangının çevresinin artma veya büyüme oranı, diğer faktörlerin dahilindedir. Yangının yayılış hızını tahmin etmek için, doğal olarak gerçekleşmiş çok sayıda orman yangınlarından elde edilen veriler ile kontrollü yangınlardan elde edilen verilere dayalı modeller geliştirilmiştir. Rüzgar ve yanıcı madde özelliklerinin (Anderson, 1969; Rothermel, 1972; Van Wagner, 1973a,b; Van Wagner, 1977a,b Van Wagner, 1989) yayılma oranı üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir.

Ölçülen yanıcı madde ağırlığı, yanıcı madde derinliği (kalınlığı), yanıcı madde parçacıklarının yüzey/hacim oranı, parçacık yoğunluğu, nem içeriği, mineral içeriği, açığa çıkan nem miktarı, rüzgar hızı ve eğim değerleri, yangın yayılma oranının ve yangın şiddetinin önceden tahmin edilebileceği eşitliklerin oluşturulabilmesi için kullanılmaktadır. Açığa çıkan nem miktarı ile mineral içeriği dışında modelin girdisi olan tüm değişkenler arazide ölçülebildiğinden, bu eşitlikler dünyanın her tarafında önemli kabul edilmektedir (Burgan, 1979).

### 1.2.3.2. Yangın Şiddeti

Yangın şiddeti, yangının açığa çıkardığı enerjinin oranını gösterir ve genellikle ısı (kalori) veya güç (wat) birimleri ile ifade edilir. Yangın şiddeti, her yangın için, yangın esnasında veya sonrasında olumsuz etki ve zararlar ile yangınların kontrol edilme güçlüğüünün temel belirleyicisidir (Tablo 1). Yangın şiddeti, yangın yayılma oranı, yanma sonucunda açığa çıkabilecek potansiyel ısı ve yanan madde miktarı dikkate alınarak hesaplanır (Byram, 1959a,b).

$$I = H \times W \times R \quad (1)$$

- I : Yangın hattı şiddeti (kw/m)  
H : Yanma ısı (cal/gr) = 18000 kJ/kg  
W : Yanıcı madde miktarı (ton/ha), (kg/m<sup>2</sup>)  
R : Yangın yayılma oranı (m/dak), (km/saat)

Tablo 1. Yangın şiddeti sınıflarına göre belirlenmiş yangın tipi ve yangınlarla mücadele zorluğu (Bilgili, 1999b).

Yangın şiddeti sınıfı	Yangın şiddeti(kw/m)	Yangın tipi ve mücadele zorluğu
1	<10	Yangının kendi başına devam etmesi zor.
2	10-500	Yavaş ilerleyen düşük şiddetli örtü yangını. Baş ve yanlardan yangına doğrudan müdahale mümkün. Açılan şeritler yangının kontrol altına alınmasında yeterli olabilir.
3	500-2000	Orta ve yüksek şiddette örtü yangını. El aletleri ile yapılmış şeritlerin yangının tutması zor olabilir. Bu gibi yangınlarda dozer gibi ağır makinelerle uçak ve helikopterler önemlidir.
4	2000-4000	Yüksek şiddetli örtü yangını. Yangının baş kısmında yapılacak uğraşlar başarılı olmayabilir.
5	>4000	Orta derecede ve sonrasında aktif tepe yangını. Kontrol altına alınması çok zor. Çalışmalar yanlara kaydırılmalı ve dolaylı müdahaleler düşünülmeli.

### 1.2.3.3. Yanıcı Madde Tüketimi

Yanıcı madde tüketimi yangının ekolojik etkisini ortaya koyar (Neyişçi, 1985; Neyişçi, 1986; Neyişçi, 1988). Yangın sırasında açığa çıkan ısının kaynağı tüketilen yanıcı maddedir. Yangın sırasında ne kadar humus ve odunsu materyal tüketilmişse o kadar fazla

ısı açığa çıkar. Ölü örtünün tüketilmesi sonucu mineral toprak açığa çıkmaktadır. Bu durum ise yangın sonrası erzoyon ve ağaçlandırma çalışmaları ile yakından ilgilidir.

Yanıcı madde tüketiminin ayrıca meşcerede üretilen karbon ve nitrat döngüsü ile de yakından ilgili olduğu belirtilmektedir (Reinhardt vd., 2001). Yanıcı Madde Tüketimi (YMT), yapılan bir çok araştırmada yangın dışında modellenmiştir. YMT ile ilgili deneysel olarak yapılan araştırmalarda (Beaufait vd., 1977; Chrosciewicz, 1978; Sandberg ve Ottomar, 1983; Brown vd., 1985) modelleme olmaksızın yanıcı madde neminin YMT ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Yanıcı madde tüketimi için yapılan hesaplamalarda yanıcı madde derinliği kullanılmıştır. Yanma derinliği, yanıcı madde tüketiminin bir ölçüsüdür. Genellikle mineral toprak üzerinde bulunan organik madde tabakanın yanma oranını derinlik olarak belirtir. Yangın şiddeti ile ilişkili olmasına rağmen, bu ilişki doğrusal değildir. Organik maddenin birim alandaki ağırlık ve nem durumları çok heterojen bir yapı gösterebileceği için aynı yangın şiddeti değerlerinde çok farklı yanma derinlikleri oluşabilir. Yangınların kontrolü açısından yanma derinliği ele alındığında, soğutma çalışmalarını engelleyici bir faktör olarak ortaya çıkar. Buna rağmen yangın şiddetinde olduğu gibi bir sınıflandırma yapılması oldukça güçtür.

#### **1.2.4. Yangın Amenajmanı Planlamalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin Yeri ve Önemi**

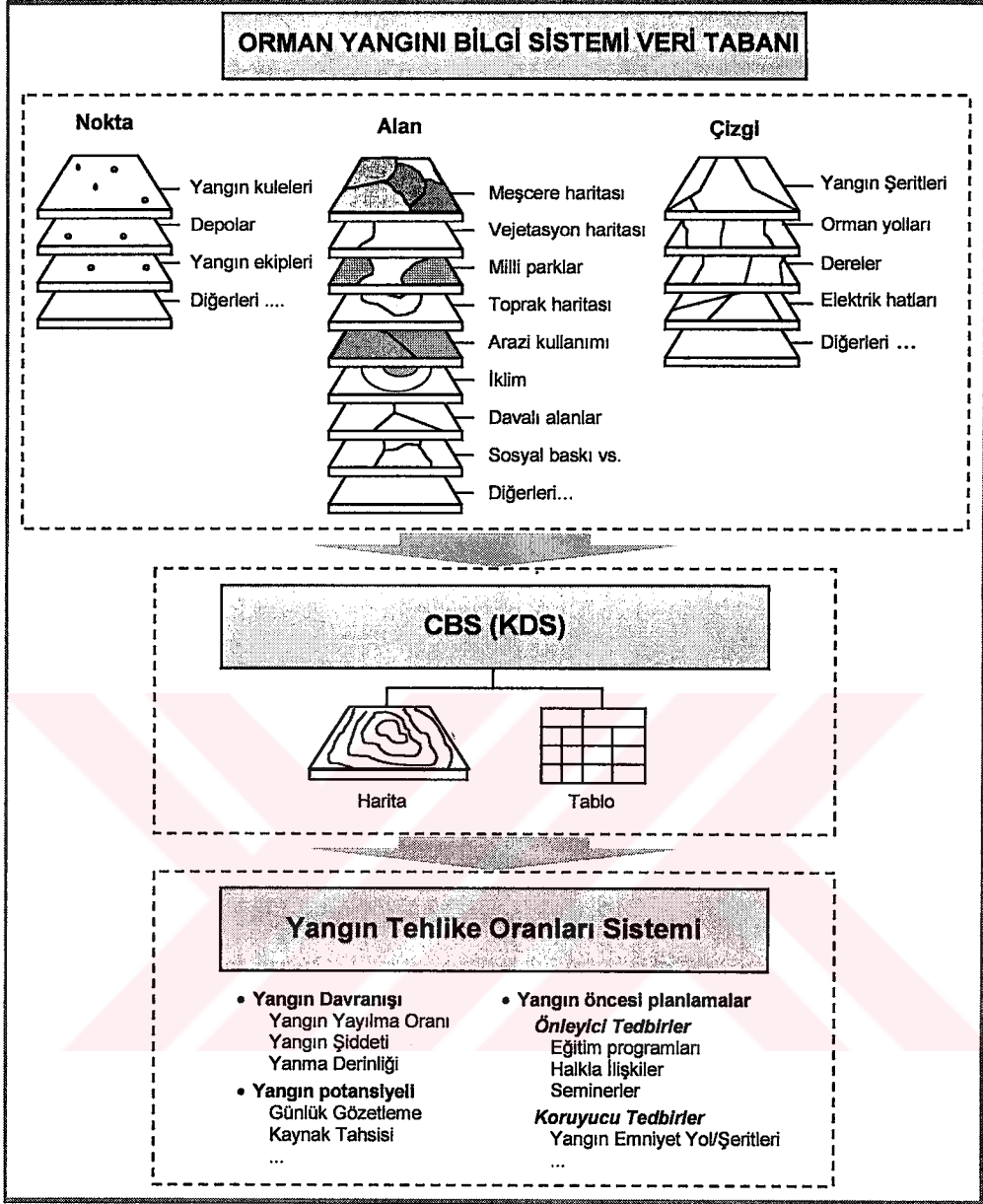
Orman yangınlarıyla mücadelenin başarılı olabilmesi sadece gerekli önlemlerin yerinde ve zamanında alınması ve kaynakların etkin ve ekonomik bir şekilde kullanılmasıyla değil gelişmiş teknolojilerin de yangın sürecinin her aşamasında kullanılmasıyla mümkündür. Gelişmiş teknolojiler, bilgisayar destekli yangın amenajman sistemlerinin gelişmesine yön vermekte ve yangın amenajman planlamalarındaki mevcut eksiklikleri giderme fırsatı sunmaktadır. Modern uzaktan algılama, yapay zeka, coğrafi bilgi sistemleri ve yangın amenajmanı karar destek sistemleri dünya çapında hemen hemen bütün yangın kuruluşları tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Bilgili ve Küçük, 2002). Bu sistemler, yangın öncesi ve yangınlarla mücadelede kaynakların etkin bir şekilde organize edilmesine, mevcut yangının taranmasına ve yangına ait çok sayıda ve geniş bir yelpazede veri elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Bunlar, yangın riski ve tehlikesi, genel vejetasyon tipleri, iklim, hava halleri, yangın istatistikleri, yerleşim alanları, yollar,

yangına ulaşım zamanı, alternatif ulaşım yolları, yangınların çevresel etkileri ve yangın organizasyonunun söndürme kapasitesi gibi verilerdir. Ancak, elde edilen bilgileri depolayan, analiz eden, güncelleştiren ve istenilen formda ve zamanda kullanıcıya verebilen teknolojilere ihtiyaç vardır. Bu teknolojilerin en önemlisi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'dir. CBS sayesinde hem oldukça hızlı hem de istenilen ve arzu edilen bilgilere ulaşmak daha kolay ve ekonomik olmaktadır. Böylece sadece yangın anında değil, yangın öncesi ve sonrası yapılacak çalışmalar için de son derece yararlı veriler elde etmek mümkün olabilmektedir.

CBS'nin çok basit haritaların sayısal olarak hazırlanmasından karmaşık analiz ve modellerin oluşturulmasına kadar tüm aşamalarda kullanımı, karar vericilere hizmet eder. Bu önemli faydalarının temeli öznitelik verilerle grafik veri tabanında birbirlerini mükemmel bir şekilde entegre etmesine dayanmaktadır. Bu önemli özelliğinden dolayı diğer çevre bilimlerinde olduğu gibi, Yangın Bilgi Sisteminin (YBS) oluşturulması ve kullanılması YTO Sisteminde de önemli bir teknolojik araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Orman Yangını Bilgi Sistemi (OYBS) veri tabanı oluşturulduktan sonra, sürekli yapılacak yeni veri girişleriyle mevcut bilgiler güncelleştirilebilmektedir. Böylece, ihtiyaç duyulan her hangi bir zamanda en son bilgilere aynı anda ulaşmak ve istenilen formda raporların alınması CBS ile mümkün olmaktadır (Şekil 4). Yangın yöneticileri, bu gibi sistemlerden faydalanarak yangın potansiyeli ve yangın davranışı ile ilgili gerçeğe yakın tahminlerde bulunabileceklerdir. Bu sonuçlara göre, yangın öncesi planlamalarıyla ilgili daha sağlıklı kararlar verebileceklerdir.

YTOS'nin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi farklı verilerin bir arada depolanabildiği, gerekli güncelleştirmelere izin veren, çok amaçlı analizlerin yapılabildiği, istenilen formda çıktılarının alınabilmesini sağlayan CBS'nin bu sistemler içinde kullanılabilmesine bağlıdır. Ayrıca, yangın tehlike oranları sisteminin kurulması ve başarılı bir şekilde uygulanabilmesi de CBS tabanlı Yangın Bilgi Sisteminin kurulmasını gerektirir. Böylece, yangın yöneticileri yapacakları planlamalarla ilgili, geleceğe ait tahminleri de dikkate alarak daha hızlı, daha doğru ve birden fazla amaca hizmet edebilen kararlar verebileceklerdir. Yangının söndürülmesinden ziyade, çıkma ihtimalini karar destek sistemleriyle daha önceden belirleyerek gerekli önlemlerin önceden alınmasının yangınla mücadelede önemli olduğu unutulmamalıdır (Bilgili, vd., 2001).



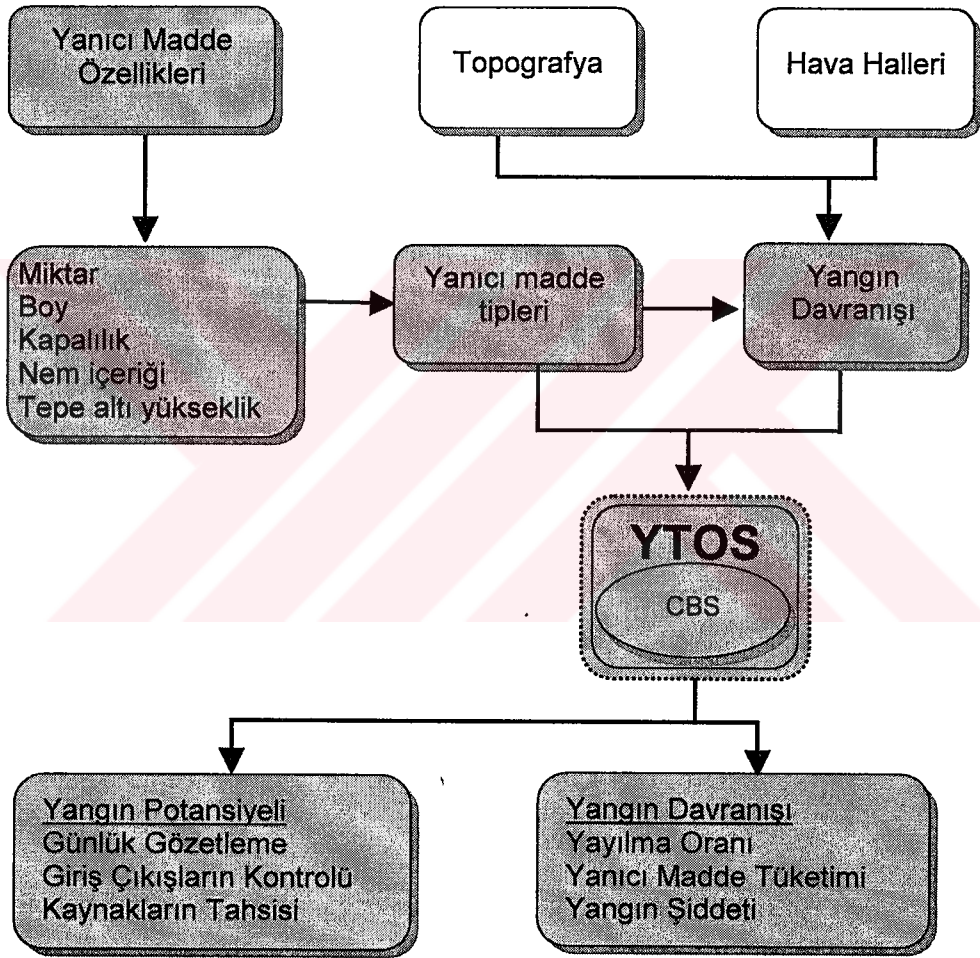
Şekil 4. Orman yangını bilgi sistemi veri tabanında OYTOS ve CBS'nin yeri (Bilgili vd., 2001)

### 1.2.5. Yapılan Çalışmanın Kavramsal Çerçevesi

Bu çalışma Kızılçamda yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi, genç Karaçam yanıcı madde tipinde yangın davranışının belirlenmesi ve yanıcı madde tipleri ve yangın davranışına bağlı olarak yangın potansiyelinin (Korudağ ve Kastamonu uygulama alanları için) belirlenmesi olmak üzere üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Her bölüm kendi içerisinde literatür araştırması, materyal ve yöntem, bulgular, sonuç ve öneriler kısmı şeklinde ele

alınmıştır. En son olarak bu üç bölüm birlikte ele alınarak sonuç ve önerilerde bulunulmuştur.

Çalışma kapsamında elde edilen bilgilerle CBS içerisinde sorgulama ve analizler yapılmıştır. Yanıcı madde tipleri ve yangın davranış özelliklerine bağlı belirlenen yangın potansiyeli görsel olarak sunulmuştur. Sonuçta yangın organizasyonlarında ihtiyaç duyulan bilgilerin bir kısmı ortaya konulmuştur. Böylece ülkemiz için oluşturulmaya çalışılan YTO sistemi için temel adımlardan biri atılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Yapılan çalışmanın kavramsal çerçevesi

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE TARTIŞMA

### 2.1. Yanıcı Madde Miktarı ve Yanıcı Madde Tiplerinin Belirlenmesi

#### 2.1.1. Yanıcı Madde Miktarının Belirlenmesi

Yanıcı madde özellikleri ölçülebilir ve yangın davranışının belirlenmesinde kritik göstergeler olan yangın yayılma oranı, yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketimi ile yakından ilişkili oldukları için, orman yangınları amenajmanının önemli bileşenlerindedir (Davis, 1959; Van Wagner, 1963).

Yanıcı maddeler sadece orman yangınları açısından değil, orman biyoması olarak ta su rejimi, yaban hayatı, ekoloji, toprak koruma, orman amenajmanı, hasılat ve silvikültür gibi birçok bilim dalını ilgilendiren temel bir altlıktır. Bu bilim dalları, biyomasın ağaç türü, karışımı, kapalılığı, çap ve yaş sınıfları dağılımı, yaş, artım, hektardaki serveti ve ekolojik özellikleri gibi farklı yönleriyle ilgilenirler (Sağlam ve Bilgili, 2002). Bu nedenle, biyomasla ilgili yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Yanıcı madde miktarının hesaplanması için yapılan bir çok araştırma sonucunda, özellikle tepe boyu (tboy), tepe çapı (tçap), göğüs yüksekliği çapı ( $d_{1.3}$ ), yaş, ağaç boyu (boy) gibi değişkenlerin kullanıldığı modeller geliştirilmiştir. Kullanılan modeller; basit doğrusal regresyon analizlerinden, parabolik ve üstel fonksiyonlara kadar uzanan değişik biçimlerde oluşturulmuştur (Alemdağ, 1984; Aldred ve Alemdağ, 1988; Story vd., 1955; Olson ve Fahnestock, 1955; Stiell, 1965; Stiell, 1966; Stiell ve Berry, 1977; Sing, 1987; Stock, 1989; Alexander vd., 1984; Küçük, 2000; Sağlam ve Bilgili, 2002).

Pratik olarak ağaç ölçümlerinde ve ağacı oluşturan dal, gövde, ibre ve sürgünlerin ağırlığının belirlenmesi için bir çok metot ve teknik geliştirilmiştir (Bonnor, 1987). Özellikle orman yangınları dikkate alındığında, çok geniş alanlarda yanıcı madde özelliklerinin ortaya konulması gerekmektedir. Bunun için hem araştırmacılar hem de yangın yöneticileri bu bileşenleri hesaplamak için daha hızlı ve daha az masraflı metotlara ihtiyaç duyarlar. Bu açıdan yanıcı madde özelliklerinden boy, tboy, tçap ve  $d_{1.3}$  gibi verilerin yersel ölçümlerle birlikte, uzaktan algılama, çok detaylı hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden elde edilmesi biyomas tahminlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Alemdağ, 1986; Ottomar ve Vihnanek, 1998). Özellikle genç plantasyonlarda hava

fotoğrafları ve uydu verilerine bağlı olarak meşçere ve ağaç özelliklerinin rahatlıkla ortaya konulabilmesi biyomas tahminlerinin yapılabilmesini kolaylaştırmaktadır (Oladi, 1996).

Yangın davranışının doğru olarak tahmin edilebilmesi diğer faktörlerle birlikte yanan alandaki mevcut yanabilir yanıcı madde miktarının bilinmesine bağlıdır. Mevcut envanter ölçümlerinde 8 cm'den küçük çaplı bireyler envantere konu olmadığı için, özellikle genç meşcerelerde yanıcı madde miktarının tespitinde önemli problemlerle karşılaşmaktadır. Bu çalışmada, hem bu eksikliğin giderilmesi hem de potansiyel ve tüketilebilir (ulaşılabilir) yanıcı madde miktarının kolay ölçülebilen parametrelerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için, genç ve yaşlı kızılçam meşcerelerinde kolay ölçülebilen parametreler arasındaki ilişkiler ortaya konularak yanıcı madde miktarını tahmin eden modeller geliştirilmiştir.

### **2.1.2. Yanıcı Madde Tip (Model)'lerinin Belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Haritalanması**

Yanıcı maddeler zaman ve mekanda değişebilir ve kontrol edilebilir özellikte olmaları nedeniyle, üzerlerinde herhangi bir kontrolün söz konusu olmadığı meteorolojik ve topografik faktörlerden ayrılır. Dolayısıyla, yangınların kontrol altına alınabilmeleri ve davranışlarının başarılı bir şekilde tahmin edilebilmesi büyük oranda yanıcı madde özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden, yanıcı madde özelliklerine göre yanıcı madde tiplerinin tanımlanması ve yangın davranış modellerine entegrasyonu konusunda çok yoğun araştırmalar yapılarak yanıcı madde modelleri oluşturulmuştur (Albini, 1976; Anderson, 1982; Burgan vd.,1984; Hirsch 1996).

Yanıcı madde özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar; yangın amenajmanı, karar destek sistemleri ve dinamik vejetasyon modelleri için oldukça önemli olmaktadır. Yanıcı maddeler, yangınlar açısından olduğu kadar ekolojik açıdan da hava kalitesi ve karbon döngüsü modellerinde artan bir şekilde önemli hale gelmektedir (Sanberg vd., 2001). Yanıcı maddelerin sınıflandırması ile ilgili Kanada, Amerika ve Avustralya'da 80 yılı aşkın bir süredir önemli çalışmalar yaygın olarak yapılmaktadır.

Kanada yangın davranış tahmini sisteminde kullanılan yanıcı maddeler, özelliklerine bağlı olarak 17 yanıcı madde tipi ile ortaya konulmuştur. Sınıflandırmada meşçere yapısı, ölü örtü, diri örtü durumu dikkate alınmıştır (Forestry Canada, 1992). Yangın davranışındaki farklılıklar, temelde yanıcı madde tiplerine bağlı olmakla birlikte, yanıcı



madde tipi içerisinde yanıcı madde özelliklerine bağlı farklılıklar mevcut sistem içerisinde açıklanamamaktadır. Karşılaşılan her yanıcı madde bu 17 tipten birisi içerisinde ele alınarak değerlendirilmek durumundadır. Yani, her yanıcı madde tipi statik bir durum ortaya koymaktadır. Yangın davranışı tahmininde, meşcerelerdeki deneysel yaklaşımlarla birlikte güvenilir teorik analizler, laboratuarda ve arazi şartlarında gerçekleştirilen deneysel yangınlar, farklı arazi bilgilerine ait istatistik analizler ve geliştirilmiş modeller kullanılmaktadır (Catchpole ve deMestre 1986; Weber 1991).

Amerikan sisteminde, yanıcı maddeler YTO sistemi ve Yangın Davranış Tahmin Sistemi (YDTS)'ninde kullanılmak üzere iki şekilde sınıflandırılmıştır. YTO sisteminde, yanıcı madde tipleri 13 yanıcı madde modeli ile temsil edilmiştir (Anderson, 1982; Burgan ve Rothermel, 1984; Andrews ve Chase, 1989). Belirlenen bu modeller Kanada sisteminde olduğu gibi statik bir yapıdadır. Dolayısıyla, yanıcı maddelerde meydana gelen bazı değişimleri (yanıcı madde miktarı, derinliği vs.) ortaya koyan bir yapıya gereksinim duyulmaktadır. Yangın davranışı tahmininde ise 16 yanıcı madde modeli kullanılmaktadır. Kullanılan modellere yanıcı maddelerdeki değişimler de dahil edilmiştir. Yangın davranışlarındaki farklılıklar, yanıcı madde gruplarının farklı özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu özellikler; yanıcı madde ağırlığı, derinliği, yoğunluğu, nem içeriği ve yanıcı maddelerin kimyasal bileşimidir (Rothermel, 1972). Amerika'da yanıcı maddelerin daha detaylı olarak sınıflandırılması için geliştirilen sistem örnek olarak aşağıda verilmiştir. Gelişmiş bir yanıcı madde sınıflandırma sisteminde, bir yanıcı madde modeli, çevresel tutuşma faktörlerine göre düşey olarak altı katmandan ve bu katmanlar içerisindeki tabakalardan oluşmaktadır. Her bir yanıcı madde tipi sınıfı fiziksel ve yapısal özelliklere (Sandberg vd., 2001) göre tanımlanmıştır (Tablo 2). Yanıcı maddelerin yapıları ve oldukça çeşitli olan fiziksel özellikleri, potansiyel yangın davranışını etkilediği gibi, yangının kontrol altına alınmasındaki mevcut işlemleri de etkiler.

Tablo 2. Yanıcı madde sınıfları ile bunlara ait fiziksel ve yapısal özellikler

Yanıcı madde katmanı	Yanıcı madde sınıfları	Fiziksel değişkenler	Yapısal özellikler
Tepe	Ağaç	Tepe yapısı	Canlı tepe yüksekliği ve kapallık
	Dikili kurular	Dikili gövde sınıfı	Çap, boy ve hektardaki sayı
Maki	Maki	Türü, kapladığı alan	Ortalama boy ve kapallık
Alçak boylu vejetasyon	Ot ve çayırlar	Sıklığı ve kapladığı alan	Örtme yüzdesi Yükseklik Canlı vejetasyon yüzdesi,
Odunsu yanıcı madde	Devrik, çürümüş odunsu materyal ve kökler	Ebatları ve kapladıkları alan	Çapları, miktarı (ton/ha) ve yanıcı madde derinliği
Yosun, liken, döküntü	Yosun Liken Döküntü	Tipi ve düzeni	Alanı örtme derecesi ve derinliği
Toprak üstü yanıcı maddeleri	Humus	Karakteri	Derinliği, Çürümüş, bozulmuş odunsu madde yüzdesi

Avustralya sisteminde yanıcı madde tipleri hem deneysel hem de teorik yaklaşımlar kullanılarak belirlenmiştir (McArthur, 1966, 1973, 1977; Sneeuwjagt ve Peet, 1985; Kessel, 1987). Avustralya sisteminin önemli bir kısmı Amerikan sisteminden uyarlanmıştır. Yanıcı madde tipleri Amerika ve Kanada sisteminde olduğu gibi çeşitli vejetasyon sınıflarına ayrılmıştır. Her bir vejetasyon tipi standart bir yanıcı madde numarası ile temsil edilerek, farklı yanıcı madde tipleri, yanıcı madde modeli olarak yangın davranışı tahmini sistemi içinde yer almışlardır (Beck, 1988).

Yapılan bu çalışmaların çoğunda yangınların kontrolü temel amaç olmuştur. Bu amaç sadece yangın önleme planlarının ihtiyaç duyduğu araçların genel olarak tespitine ve yangın tehlikesinin değerlendirilmesine hizmet etmiş ancak, yangın davranış tahminlerinde veya yangın davranış modellerinde ihtiyaç duyulan yangının yayılışı, şiddeti ve açığa çıkardığı enerji ile ilgili olan biyomas tüketiminin belirlenmesine hizmet etmemiştir. Bu eksiklik, doğada çok çeşitli olan aktüel yanıcı maddelere ait özelliklerin mevcut yanıcı madde modellerine tam olarak yansıtılmadan sınıflandırılmasından kaynaklanmaktadır. Bunun için de, yanıcı madde özelliklerinin kapsamlı olarak sınıflandırılarak yanıcı madde modellerine dahil edilmesi ihtiyacı doğmuştur (Sanberg vd., 2001; Andrews ve Bevins, 1999; Scott, 1999; Keane vd., 2001).

Yangın yöneticileri, yanıcı madde özelliklerine ait her türlü veriye sahip oldukları zaman yangın potansiyelini rahatlıkla belirleyebilirler. Yangın potansiyeli hesaplanmadan önce yanıcı madde tipleri, yangın davranışı ve yangın etkileri haritalanabilmektedir. Bu

durumda yanıcı madde tiplerini sınıflandırırken kullanılan parametrelerin kolay ölçülebilir ve hızlı bir şekilde elde edilebilir ve istenilen formda kullanılabilir olması büyük önem taşımaktadır.

Yanıcı madde haritalarının yapımı, yangın riskinin değerlendirilmesi, yangın etkilerinin gözlemlenmesi ve yanıcı maddeler ile ilgili birbiri ardına yapılacak işlemlerin değerlendirilmesi, etkili ve tutarlı bir şekilde yapılan yanıcı maddelerin sınıflandırılması sisteminin uygulanmasına bağlıdır. Bu bağlamda geleceğe dönük yangın potansiyelini belirlemek için, geliştirilen YTO sistemi ihtiyaç duyulan verileri sağlayarak yangın organizasyonlarında karar vericiye büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknikleri Yangın Bilgi Programlarının (YBP) amaçlarına iyi bir şekilde hizmet edebilmesinde çok önemli yardımcı rollere sahiptirler. Uzaktan algılama teknolojileri tüm coğrafi alanlar için veri tabanı oluşturmanın yanında yanıcı madde haritaları geliştirmek için de kullanılmaktadır. Bu veri tabanları ve haritalar spesifik olarak meşcerelerden elde edilen veriler kullanılarak geliştirilmektedir. CBS ve diğer veri tabanlı sistemlerde uygun veriler kullanılarak lokal ve ulusal düzeyde yanıcı madde amenajmanı programları geliştirilmektedir. Bu şekilde hem sistemin gelişimini gözlemek, hem de yanıcı madde veri tabanının güncellenmesi mümkün olmaktadır. Böylece, çeşitli taktik programları kolaylıkla geliştirilebilmektedir. CBS ile lokal arazi verileri kullanılarak vejetasyon ve yanıcı madde haritalarının oluşturulması, tehlikeli alanlar ile yangın risk ve tehlikesi altında olan yerlerin belirlenmesi mümkün olmaktadır.

Yanıcı madde haritalarını oluşturmak ve veri tabanı geliştirmek için, yanıcı madde sınıflandırması, yanıcı madde özellikleri, risk altındaki kaynak değerleri, doğal yangın bilgileri ve temel veri katmanları gerekli olmaktadır. Yangın ve yanıcı madde amenajmanında uzaktan algılama verileri ve CBS kullanılarak; sezonsal yanıcı madde nem içeriği, YTO haritaları ve bunların izlenmesi, ulusal yanıcı madde tipleri haritası, yangın aktivitesi haritalarının geliştirilmesi, yangın şiddeti ve yanan alanlar haritası, bölgesel duman ve emisyonların izlenmesi mümkün olmaktadır (Schaaf, 1996; Conard vd., 2001; Loveland 2001; Congaltion, 2001).

Yanıcı madde tipleri haritaları lokal yanıcı madde koşullarını içerir ve yangın potansiyelini ve yangının diğer kaynaklar üzerindeki potansiyel etkilerini ayrıntılı bir şekilde ortaya koyar. Bunun için, yanıcı madde tipleri haritaları sürekli olarak ve tutarlı bir şekilde geliştirilmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu bilgiler, yangın yöneticilerine lokal olarak nerede, ne

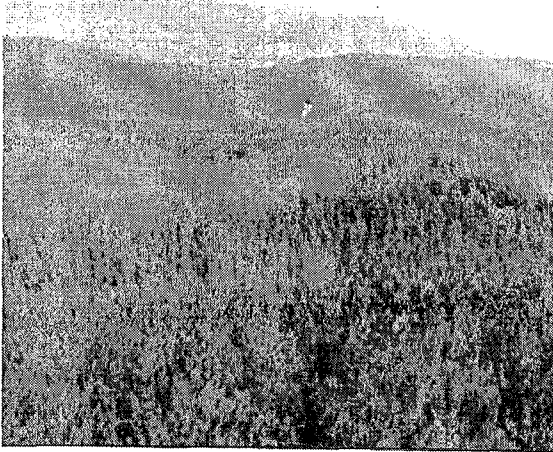
kadar, hangi oranda ve çeşitlilikte tehlikeli yanıcı maddenin bulunduğu belirlenmesinde, yanıcı madde koşullarının yangın rejimleri üzerine güncel potansiyel etkilerinin belirlenmesinde, yangın zararının ve maliyetlerinin belirlenmesinde yardımcı olurlar.

Yapılan bu çalışmada, Kızılcım meşcerelerinde yanıcı madde özelliklerine bağlı yanıcı madde modelleri (tipleri) belirlenmiştir. Ayrıca, CBS kullanılarak yanıcı madde özelliklerine göre belirlenen yanıcı madde tipleri oluşturularak yangın potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Böylece, yangın yöneticilerine lokal olarak nerede, ne kadar, hangi oranda ve çeşitlilikte tehlikeli yanıcı maddenin bulunduğu, yangın çıkması halinde hangi boyutlara ulaşabileceğinin tahmin edilmesinde yardımcı olup, yangın öncesi planlamalarda ve yangın anındaki organizasyonlarda kaynakların en etkili şekilde kullanımında büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

### 2.1.3. Materyal ve Metod

#### 2.1.3.1. Araştırma Alanın Tanıtımı

Araştırma alanı, Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü, Keşan Orman İşletme Müdürlüğü, Korudağ Orman İşletme Şefliğidir. Korudağ Orman İşletme şefliğinin toplam alanı; 18 290 ha olup, bu alanın 12 276 ha'ı ormanlık sahadır (Şekil 6). Araştırma alanı ormanları yangına I. derecede hassas olup yangınlar açısından tehlike arz eden önemli yerler arasında ikinci sırada bulunmaktadır (OGM, 2002).

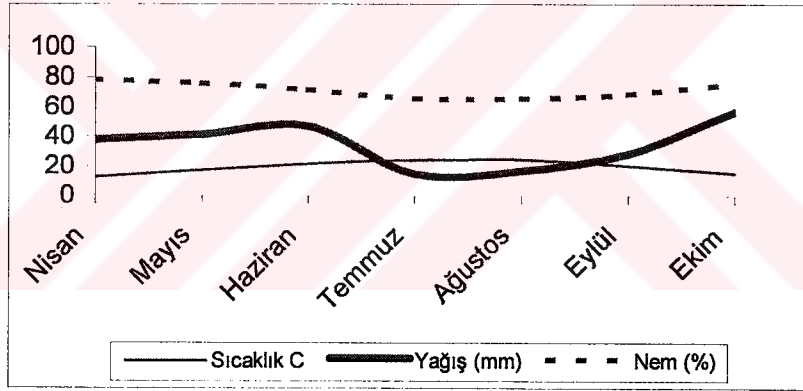


Şekil 6. Araştırma alanının genel görünümü

Korudağ Orman işletme şefliği, kuzeyde Keşan Orman İşletme Şefliği ve Malkara Orman İşletme Şefliği; doğuda Gelibolu Orman İşletme şefliği; batıda Çınarlıdere Orman İşletme Şefliği ve güneyde Çınarlı Orman İşletme Şefliği, Saros Körfezi ve Gelibolu Orman İşletme Şefliği ile çevrilidir.

Coğrafi konum olarak Korudağ Orman İşletme Şefliği; 40° 47' 32" - 40° 38' 53" kuzey enlemleri ve 26° 40' 36" - 26° 54' 43" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Araştırma alanı 1/25000 ölçekli Çanakkale G 17 a3, b3, b4, c1, c2 ve d2 no'lu topografik haritada yer almaktadır.

Araştırma alanında, ortalama en yüksek sıcaklık 37,4 °C ile Ağustos ayında, ortalama en düşük sıcaklık -12 °C ile Ocak ayında, en düşük ortalama nem %66 ile Temmuz ve Ağustos aylarında, ortalama en yüksek rüzgar hızı 24,4 km/s ile Nisan ayında, ortalama en düşük yağış 15 mm ile Temmuz ayında, ortalama en yüksek yağış 112 mm ile Aralık ayında gerçekleşmektedir (Şekil 7) (Anon., 1994).



Şekil 7. Orman yangınlarının en fazla meydana geldiği Nisan-Ekim aylarını içeren ve araştırma alanına ait aylık ortalama sıcaklık, yağış ve nem değerleri

### 2.1.3.2. Yanıcı Madde Ölçümleri

Çalışma sahasında genç bireyler ve ağaçlar için, değişik meşcere özelliklerini temsil etmesi bakımından 10×10 metre boyutlarında 20'si ağaçlara, 16'sı genç meşcerelere ait olmak üzere toplam 36 adet deneme alanı basit rasgele yöntemle alınmıştır. Alınan deneme alanlarının sayısının belirlenmesinde (Kalıpsız, 1988) aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$n = (N \cdot t^2 \cdot p \cdot q) / (N \cdot m^2) + (a \cdot t^2 \cdot p \cdot q) \quad (2)$$

n : deneme alanı sayısı

N: toplum büyüklüğü (12 000 ha)

m: hata yüzdesi (bu çalışma için %15 alınmıştır)

t : güven katsayısı (%95 güven düzeyinde 1,96)

a : örnek alan büyüklüğü (100 m<sup>2</sup> olarak alınmıştır)

p : olma olma durumu

q : olmama durumu

Deneme alanları içerisindeki bireylerin meşcere özelliklerine göre gelişme durumu, ölü örtü durumu, humus oluşumu, alt tabaka vejetasyonunun (boy, adet, tür, yoğunluk) durumu belirlenmiştir. Deneme alanlarında 112'si genç meşcerelerden, 93'ü yaşlı meşcerelerden olmak üzere toplam 205 birey üzerinde ölçümler yapılmıştır.

Genç bireyler ve ağaçlar üzerinde yapılan ölçümlerde; boy, tepe boyu (tboy), tepe çapı (tçap), göğüs yüksekliği çapı (d<sub>1,3</sub>), kök boğaz çapı (kbç) ölçülmüş ayrıca yaşlar belirlenmiştir. Boy ve tepe boyları, boy ölçer ile, tepe çapları ise, üzeri işaretlenmiş ipe ölçülmüştür. Genç bireyler kök boğazı seviyesinden kesilerek kbç ölçülmüş, yaşlar belirlenmiştir. Çap ve tepe çapı ölçümleri birbirine dik iki yatay ölçümün ortalaması alınarak yapılmıştır.

Genç ve yaşlı meşcerelerden alınan deneme alanlarında, değişik yaş, boy ve çap kademesine sahip toplam 71 adet birey kesilmiştir. Bu bireylerden genç bireylerin ibre ve dal (0.5 cm'den ince, 0.6-1 cm, 1.1-2.5 cm ve 2.5 cm'den daha kalın çaplı) kısımlarının tamamı birbirinden ayrılarak arazideki gram hassasiyetindeki terazi ile tartılmış, her bir bireye ait toplam yaş ibre ve dal ağırlıkları bulunmuştur. Ağaçların yanıcı madde miktarının belirlenmesi için, kesilmeden önce; boy, tboy ve tçap ve d<sub>1,3</sub> ölçülmüştür. Motorlu testere ile kesilen ağaçların, tepe boyu kısmı 21 eşit seksiyona bölünerek (1., 6., 11., 16. ve 21. seksiyon olmak üzere) 5 seksiyon seçilmiştir. Bu şekilde, tepe tacındaki yanıcı madde miktarının daha sağlıklı belirlenmesi amaçlanmıştır. Seçilen seksiyonlardaki tüm yeşil ve kuru dallar gövdeye birleşim yerlerinden motorlu testere ile kesilmiştir. Seksiyonlardaki ibre ve dal (0.5 cm'den ince, 0.6-1 cm, 1.1-2.5 cm ve 2.5 cm'den daha kalın çaplı) kısımları birbirinden ayrılarak arazideki gram hassasiyetindeki terazi ile tartılmış, her bir seksiyona ait yaş ibre ve dal ağırlıkları bulunmuştur.

Laboratuara götürülmek üzere, ibre ve dal kısımlarından alınan yaş haldeki örnekler arazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Ayrıca, bu deneme alanlarının değişik yerlerinden 3 adet 20×20 cm boyutlarında metal kutular ile ölü örtü örnekleri alınmıştır.

Deneme alanlarındaki içersindeki diri örtü miktarını belirlemek için, her deneme alanından 4×5 m ebatında bir adet deneme alanı alınmıştır. Diri örtü miktarının belirlenmesi için diğer bireyler üzerinde yapılan işlemler aynı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Laboratuara götürülen yaş ibre, dal, ölü ve diri örtü örnekleri 24 saat süre ile 105 °C' de kurutma fırınlarında fırın kurusu hale getirilerek fırın kurusu ağırlıkları hassas (1/100 gr) terazide tartılmıştır. İbre, dal, ölü ve diri örtü örneklerinin kuru/yaş ağırlıkları oranlanarak kuruma katsayıları tespit edilmiştir. Kuruma katsayıları kullanılarak deneme alanlarındaki ibre, dal, ölü ve diri örtü fırın kurusu ağırlıklar belirlenmiştir.

Yanıcı madde özelliklerine göre elde edilen yanıcı madde miktarına (ibre, dal, ölü ve diri örtü) ait fırın kurusu veriler, analiz edilmek ve değerlendirilmek üzere bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Genç bireylerde ve ağaçlarda yanıcı madde miktarını etkileyen boy, tboy, tçap, kbç ve  $d_{1,3}$  bağımsız değişkenlerine bağlı olarak ibre ve dal ağırlıkları arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizleri ile ortaya konulmuştur. İstatistiki analizler SPSS ortamında yapılmıştır.

### 2.1.3.3. Yanıcı Madde Tiplerinin Belirlenmesi

Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi için, farklı yapıdaki kızılçam meşcerelerinden alınan deneme alanları içersindeki bireylerin tepe yapısı (tepe boyu, tepe çapı), kök boğaz çapı, göğüs yüksekliği çapı, kapalılık, yaş, tepenin yerden yüksekliği, boy ve hektardaki fert sayısı belirlenmiştir.

Kızılçamda yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde Kanada ve Amerika'da kullanılan yanıcı maddelerin sınıflandırılması sisteminden yararlanılmıştır (Hirsch, 1996; Anderson, 1982; Sanberg vd., 2001). Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde meşcere yapısı, canlı yanıcı madde miktarı, ölü ve diri örtü miktarı ve durumu, toprak yüzeyindeki ot ve çayır tabakasının durumu, ara tabakadaki çalı vejetasyonun yapısı ve yoğunluğu, meşceredeki dikili kuru ve devrik odunsu materyal durumu değerlendirilmiştir. Yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında 30 yaşından küçük, ortalama boyu 10 m'ye kadar ve tepe altı yüksekliği 4 m'ye kadar olan meşcereler genç yanıcı madde tipi olarak, 30 yaşından büyük, boyu 10 m'den daha uzun ve tepe altı yüksekliği 4 m'den daha yukarı olan meşcereler ise yaşlı yanıcı madde tipi olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda meşcere gelişme çağı "a" ve "b" olan meşcereler genç yanıcı madde tipi, meşcere gelişme çağı "c" ve "d" olan meşcereler yaşlı yanıcı madde tipi olarak değerlendirilmiştir.

### 2.1.3.4. Yanıcı Madde Tiplerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Haritalanması

Meşcere özelliklerine bağlı olarak Korudağ araştırma alanında Kızılcım için genç ve yaşlı olmak üzere iki yanıcı madde tipi belirlenmiştir. Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde meşcere gelişme çağı "a" ve "b" olan meşcereler genç yanıcı madde tipi, "c" ve "d" olan meşcereler yaşlı yanıcı madde tipi olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte makilik alanlar maki yanıcı madde tipi ve diğer türler de ayrı bir yanıcı madde tipi olarak kabul edilmiştir. Böylece araştırma alanı için dört yanıcı madde tipi belirlenmiş (Tablo 3) ve bu yanıcı madde tiplerinin haritaları oluşturulmuştur.

Tablo 3. Meşcere genel özelliklerine göre yanıcı madde tipleri

Grup No	Ağaç türü	Meşcere Çağları	Yanıcı madde tipi
1	Çz, Çk	"a" veya "b"	Genç
2	Çz, Çk	"c" veya "d"	Yaşlı
3	Maki		Maki
4	Diğer		Diğer
5	Z, OT ve İskan		Z, OT ve İskan

Ayrıca, aynı alan için Durmaz 2004'ün meşcere gelişme çağları ve kapalılıklarına (Tablo 4) göre oluşturduğu detaylı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre de yanıcı madde tipleri haritaları oluşturulmuştur. İki sınıflandırmaya göre elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tablo 4. Ağaç türü, gelişme çağı ve kapalılığa göre gruplandırılmış meşcere tipleri

Grup No	Ağaç türü	Kapalılık	Meşcere Çağları
1	Çz, Çk	0 veya 1	"a" veya "ab"
2	Çz, Çk	2	"a" veya "ab"
3	Çz, Çk	3	"a" veya "ab"
4	Çz, Çk	1	"b" veya "bc"
5	Çz, Çk	2	"b" veya "bc"
6	Çz, Çk	3	"b" veya "bc"
7	Çz, Çk	1, 2 ve 3	"c"
8	Çz, Çk	1, 2 ve 3	"c" veya "cd"
9	Bozuk Alanlar		
10	Diğer Türler		
11	Z, OT ve İskan alanları		



Belirtilen iki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırma yöntemi, farklı yanıcı madde ve topoğrafyaya sahip olan başka bir alan için (Karaçam yanıcı madde tipi, Kastamonu) kullanılarak yanıcı madde tipleri haritaları oluşturulmuştur. Karaçam için daha önce yapılmış bir çalışmada oluşturulan yanıcı madde tiplerine ait veriler (Küçük, 2000; Küçük ve Bilgili, 2001) CBS içerisinde kullanılarak Korudağ ve Kastamonu için yanıcı madde haritaları oluşturulmuştur. Yanıcı madde tipleri haritalarının oluşturulmasında benzer özelliklere (yaş, boy, çap, tepe altı yükseklik) sahip meşcereler aynı yanıcı madde tipi içerisinde değerlendirilerek genel sınıflandırma yapılmıştır. Bununla birlikte meşcere tiplerini gelişme çağı ve kapalılıklarına göre sınıflandıran daha detaylı özel bir yanıcı madde tipleri sınıflandırılması da yapılmıştır. Daha sonra iki farklı şekilde oluşturulan yanıcı madde tiplerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu şekilde yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak tehlike arz eden potansiyel alanlar belirlenmiştir.

#### **2.1.4. Bulgular**

Bu bölümde elde edilen bulgular iki ayrı kısımda ele alınmıştır. 1- Yanıcı madde miktarının belirlenmesi, 2- Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi ve CBS ile haritalanması.

##### **2.4.1.1. Yanıcı Madde Miktarına Ait Bulgular**

Tablo 5'de Ağaçlar ve genç bireylere ait yanıcı madde özellikleri ve fırın kurusu yanıcı madde miktarları verilmiştir.

Ölçülen ağaçlarda; boylar 10-20 m arasında, yaşlar ağırlıklı olarak 30-40 nadiren 40-70, göğüs yüksekliği çapları 15-25 cm arasında yoğunlaşmakla birlikte 25 cm ve yukarı çaplardaki fertler de bulunmaktadır. Ağaçların tepe boyları 3,5-9,5 m arasında tepe çapları ise, 2,4-7,5 m arasında değişmektedir. Ağaçlara ait deneme alanlarında yapılan ölçümler sonucu fırın kurusu ölü örtü miktarı  $0,632-1,127 \text{ kg/m}^2$  arasında değişim gösterirken, toplam yanıcı madde miktarı ise  $1,723-4,846 \text{ kg/m}^2$  arasında değişim göstermiştir.

Genç meşcerelerde ölçümleri yapılan bireylerde ise; boylar 1,4-5,1 m, tboy 1,35-4,1 m, tçap 0,95-2,55 m, yaşlar 6-15, kbç 4-11 cm arasında değişim göstermiştir. Genç meşcerelerde yanıcı madde miktarının belirlenmesi için seçilen deneme alanlarında yapılan ölçümler sonucu fırın kurusu olmak üzere, ölü örtü miktarı  $0,435-0,910 \text{ kg/m}^2$ , toplam yanıcı madde miktarı ise  $1,379-3,632 \text{ kg/m}^2$  arasında değişim göstermiştir.



Tablo 5'in devamı

no	boy (m)	tboy (m)	tçap (m)	yaş	d <sub>1,3</sub> (cm)	kbç (cm)	Yanıcı madde miktarı (gr)						
							ibre	0-0,5 cm	0,6-1 cm	aktif 1cm<	1,1- 2,5cm	2,5 cm>	toplam
65	4	3,6	2	14	-	11	1532,1	1559,2	565,3	2124,5	607,2	-	4263,8
66	3,2	2,2	1,5	10	-	5,8	238,7	303,0	228,4	531,4	0	-	770,1
67	2,5	2,1	1,5	12	-	8	657,5	976,9	561,0	1537,9	298,5	-	2493,9
68	3,5	3,05	2,25	14	-	10	1668,5	1101,1	350,3	1451,4	987,5	-	4107,4
69	2,85	2,45	1,95	13	-	10	1293,5	429,8	410,9	840,7	190,9	-	2325,1
70	3,2	2,85	1,75	11	-	7,4	525,7	630,0	306,7	936,7	256,1	-	1718,5
71	5,1	4,1	2,55	15	-	11	1690,5	915,7	839,2	1754,9	880,2	-	4325,6
Ort	6,40	3,99	2,64	19,83	15,91	7,11	1,92	1,51	1,60	3,11	1,82	4,54	9,09
SS	3,905	1,887	1,222	10,526	1,867	2,334	1,528	1,146	1,415	2,508	1,836	1,745	8,201
SH	,463	,224	,145	1,249	,316	,389	,181	,136	,168	,298	,218	,295	,973

ince: 0-0,5cm, orta:0,6-1cm, kalın: 1,1-2,5cm, enkalın: 2,5>cm, aktif: 1cm <  
tepe boyu: tboy, tepe çapı: tçap, göğüs yüksekliği çapı: d<sub>1,3</sub>, kök boğaz çapı: kbç

Yanıcı madde miktarını tespit etmek için seçilen deneme alanlarındaki farklı özelliklerdeki yanıcı madde miktarları ile bağımsız değişkenler olan; boy, tboy, tçap, d<sub>1,3</sub>, kbç arasında ayrı ayrı korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır.

Korelasyon analizi sonucunda ağaçlarda toplam yanıcı madde miktarı ile göğüs çapı (d<sub>1,3</sub>), tepe çapı (tçap), boy ve tepe boyu (tboy) arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır (sıra ile, r = 0,792, r = 0,944, r = 0,910 r = 0,950; P<0,01). Korelasyon analizleri, özellikle tepe boyu ve tepe çapı, bunun yanısıra boy, göğüs yüksekliği çapı ve kök boğaz çapı (kbç)'nin toplam yanıcı madde miktarı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Yanıcı madde özellikleri arasındaki korelasyon

	boy	tboy	tçap	d <sub>1,3</sub>	kbç	ibre	ince	orta	kalın	enkalın	toplam	aktif
boy	1,000											
tboy	0,952**	1,000										
tçap	0,906**	0,933**	1,000									
d <sub>1,3</sub>	0,291	0,674**	0,671**	1,000								
kbç	0,726**	0,756**	0,830**	<sup>a</sup>	1,000							
ibre	0,829**	0,914**	0,912**	0,752**	0,872**	1,000						
ince	0,896**	0,927**	0,938**	0,692**	0,860**	0,899**	1,000					
orta	0,901**	0,918**	0,919**	0,621**	0,827**	0,922**	0,917**	1,000				
kalın	0,889**	0,912**	0,884**	0,456**	0,847**	0,857**	0,895**	0,905**	1,000			
enkalın	0,147	0,842**	0,633**	0,795**	<sup>a</sup>	0,842**	0,641**	0,756**	0,543**	1,000		
toplam	0,910**	0,958**	0,944**	0,792**	0,937**	0,957**	0,951**	0,972**	0,948**	0,927**	1,000	
aktif	0,918**	0,942**	0,947**	0,727**	0,909**	0,931**	0,974**	0,983**	0,920**	0,787**	0,983**	1,000

\*\*0,01 güven düzeyinde anlamlı

a: tanımsız

Ölçümleri yapılan ve yanıcı madde miktarları tespit edilen genç bireylere ve ağaçlara ait gerçek değerler kullanılarak yapılan analizlerde, değişkenlere bağlı olarak katsayılar hesaplanmıştır. Bu katsayılar göre de basit doğrusal regresyon ( $y=a+b.X_1+c.X_2$ ) modelleri oluşturulmuştur. Bunun için, analizlerde veri setinde yer alan bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasında kurulabilecek tüm kombinasyonlar gerçekleştirilerek regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Bunun sonucunda geliştirilen modeller arasında anlaşılabilir, uygulanabilir ve yüksek belirtme katsayısına ( $R^2$ ) ve düşük standart hataya (SH) sahip olan modeller uygun regresyon modelleri olarak seçilmiştir. Modeller, 36 deneme alanından alınan ve ölçümleri yapılan 71 adet kızılçam bireyinden elde edilen veriler üzerine kurulmuştur. Yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak geliştirilen modeller Tablo 7’de verilmiştir.

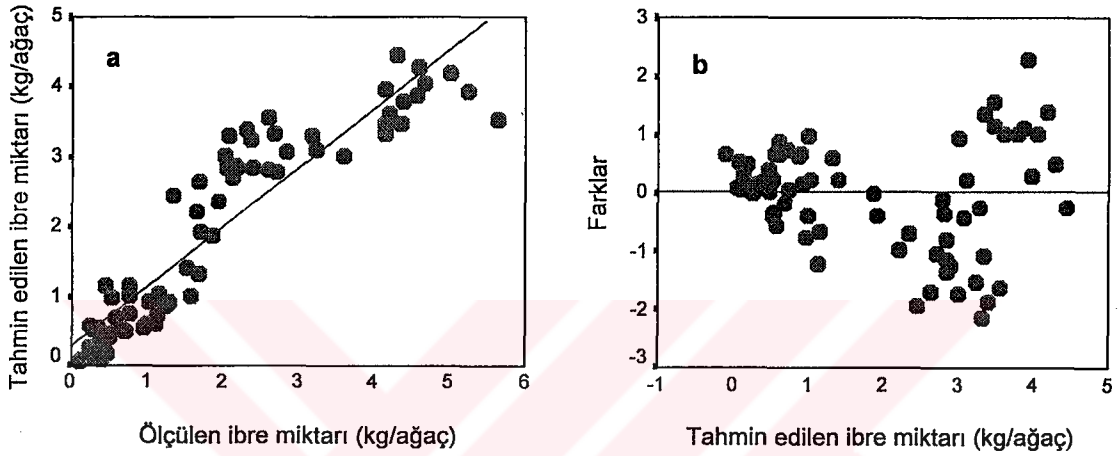
Tablo 7. Yanıcı madde miktarının belirlenmesi için değişkenlere bağlı olarak geliştirilen modeller ( $R^2$ =Belirtme katsayısı, SH=Standart Hata)

Regresyon Modelleri	$R^2$	SH
1a $\ln ibre = 2,162 \cdot \ln tboy - 5,004$	0,666	0,228
1b $\ln ibre = 0,396 \cdot \ln tboy + 0,570 \cdot \ln t\c{c}ap - 1,164$	0,755	0,198
1c $\ln ibre = 1,903 \cdot \ln kb\c{c} - 6,002$ (genç bireylerde)	0,821	0,303
2a $\ln ince = 0,771 \cdot \ln t\c{c}ap + 0,708 \cdot \ln tboy - 2,301$	0,601	0,180
2b $\ln ince = 1,993 \cdot \ln kb\c{c} - 6,696$ (genç bireylerde)	0,813	0,331
2c $\ln ince = 1,636 \cdot \ln d_{1,3} - 3,625$ (ağaçlarda)	0,489	0,200
2a $\ln orta = 2,624 \cdot \ln t\c{c}ap - 5,690$	0,857	0,528
3a $\ln orta = 1,218 \cdot \ln tboy + 1,373 \cdot \ln t\c{c}ap - 6,080$	0,873	0,501
4a $\ln kalın = 3,098 \cdot \ln tboy - 8,447$	0,848	0,645
4b $\ln kalın = 2,180 \cdot \ln boy - 6,235$	0,840	0,663
4c $\ln kalın = 1,755 \cdot \ln tboy + 1,533 \cdot \ln t\c{c}ap - 8,649$	0,865	0,614
5a $\ln en kalın = 1,820 \cdot \ln tboy - 5,925$	0,734	0,220
5b $\ln en kalın = 1,214 \cdot \ln tboy + 0,389 \cdot \ln d_{1,3} - 8,626$	0,802	0,192
5c $\ln en kalın = 1,522 \cdot \ln tboy + 0,663 \cdot \ln t\c{c}ap - 6,696$	0,765	0,209
6a $\ln aktif = 1,001 \cdot \ln tboy + 1,273 \cdot \ln t\c{c}ap - 4,175$	0,897	0,384
7a $\ln toplam = 2,006 \cdot \ln d_{1,3} - 4,786$	0,596	0,198
7b $\ln toplam = 1,293 \cdot \ln tboy + 0,952 \cdot \ln d_{1,3} - 4,603$	0,815	0,136
7c $\ln toplam = 2,487 \cdot \ln tboy - 4,564$	0,920	0,386
7d $\ln toplam = 1,312 \cdot \ln tboy + 1,308 \cdot \ln t\c{c}ap - 4,476$	0,937	0,345

$\ln$  : doğal logaritma

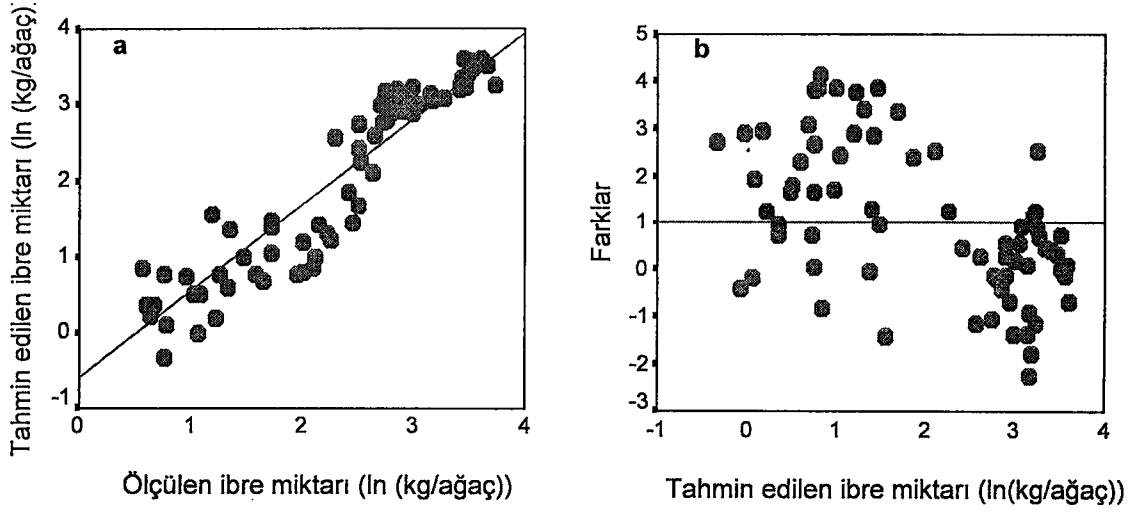
Yanıcı madde miktarının belirlenmesinde her bir analiz yapılırken bağımlı ve bağımsız değişken değerlerine tek örnekli Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi uygulanarak normal dağılım kontrolü yapılmıştır.

İbre miktarının belirlenmesi için, ibre miktarı bağımlı ve tboy ve tçap bağımsız değişken olarak regresyona tabi tutulmuş ve Şekil 8’de gösterilen ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, farklar grafiği incelendiğinde dağılımın homojen olmadığı görülmüştür. Bu sebeple



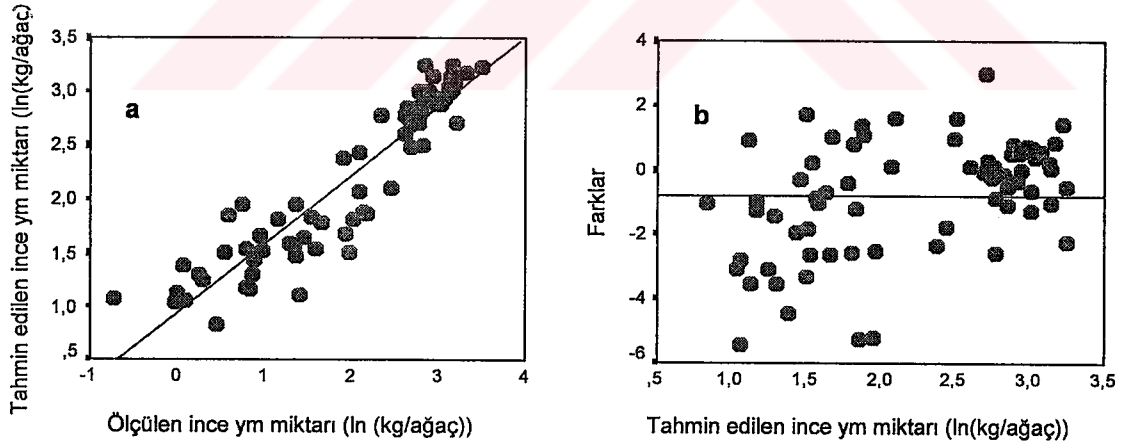
Şekil 8. İbre miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak tahmin edilen değerler arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

analize giren değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Bu şekilde elde edilen yeni değerlerle yapılan analizlerde hata terimleri dağılımının homojen olduğu görülmektedir (Şekil 9). Regresyon modellerinin yer aldığı Tablo 7 incelendiğinde; ibre miktarındaki değişkenliğin %66'sının sadece tboy (md 1a) ile açıklandığı görülmektedir. Analize ikinci bir değişken olarak tçap dahil edildiğinde, ibre miktarında açıklanan değişkenlikte %9'luk ilave bir artış (md 1b) meydana gelmektedir. Genç bireylerde ibre miktarındaki değişkenliğin %82'lik kısmını (md 1c) kbç değişkenine bağlı olarak açıklayan ayrı bir model de geliştirilmiştir.



Şekil 9. İbre miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 1b ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

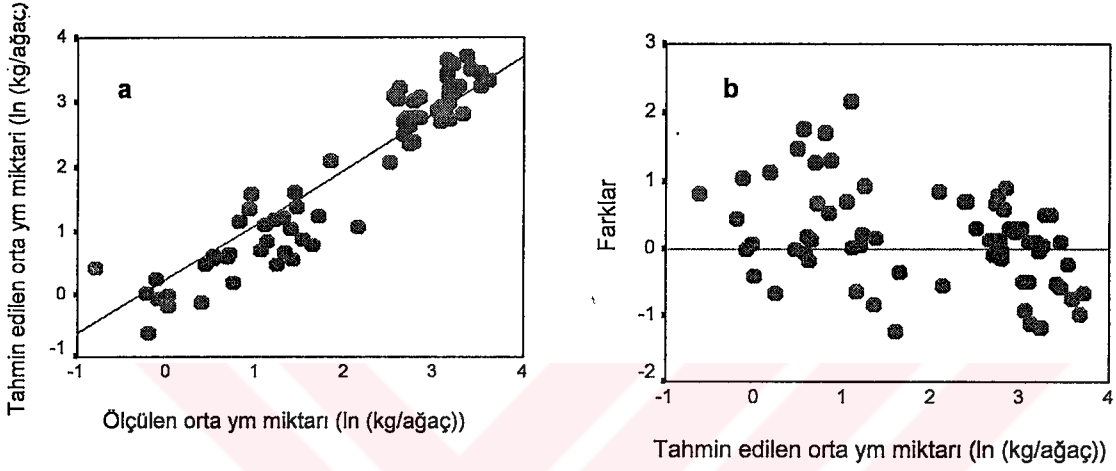
Benzer şekilde ince, orta, kalın, enkalın, aktif ve toplam yanıcı madde miktarları için tboy, tçap ve  $d_{1,3}$  bağımsız değişkenleri kullanılarak regresyon ilişkileri ortaya konulmuştur (Şekil 10-15).



Şekil 10. İnce yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

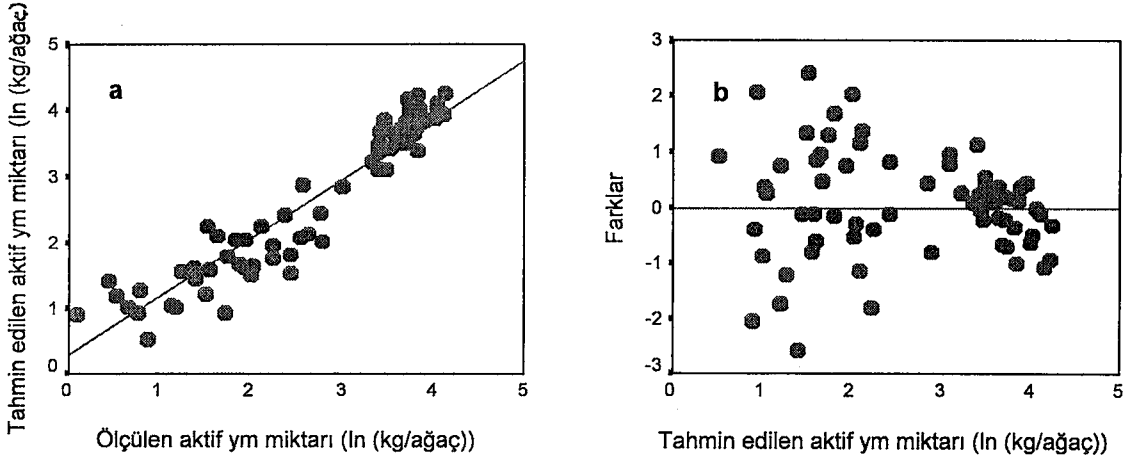
İnce (0-0.5cm) ym miktarı ile tepe boyu ve tepe çapı arasında kuvvetli bir ilişki vardır. İnce ym miktarındaki değişkenliğin %60'ının tboy ve tçap ile açıklandığı (md 2a) görülmektedir. İnce ym miktarındaki değişkenliğin açıklanmasında  $d_{1,3}$  bağımsız

değişkeninin çok yüksek belirleyici bir etkisinin olmadığı yapılan analizlerde görülmüştür. Bununla birlikte genç bireylerde kbç değişkeni tek başına ince ym miktarındaki değişkenliğin %81'ini açıklamaktadır (Şekil 10). Orta (0.6-1cm) kalınlıktaki ym miktarındaki değişkenliğin %85'inin tçap, %87'sinin ise, tçap ve tboy ile birlikte açıklanmaktadır (Şekil 11).



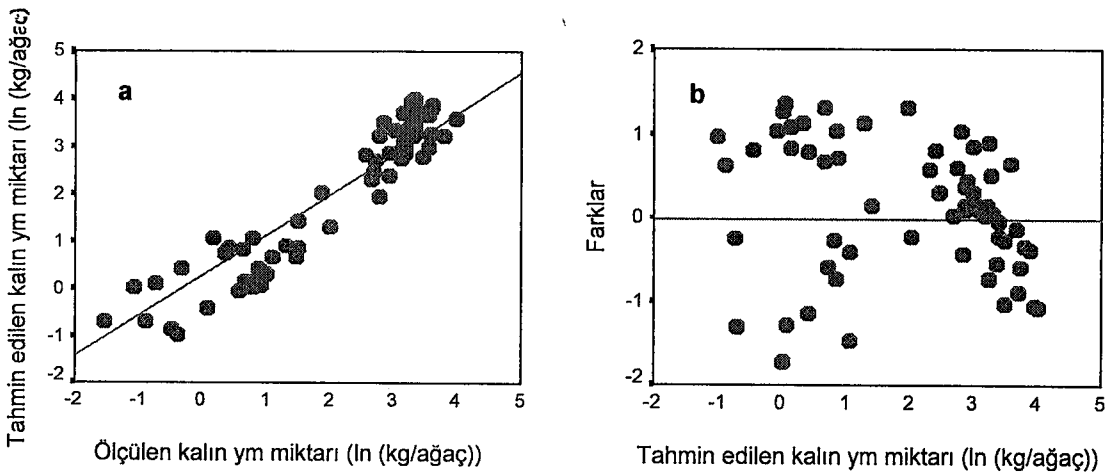
Şekil 11. Orta yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 3a ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

İnce ve orta kalınlıktaki yanıcı madde miktarlarının toplamı olarak nitelendirilen aktif (0-1cm) yanıcı madde miktarındaki değişkenliğin açıklanmasında diğer bağımlı değişkenlerin açıklanmasında olduğu gibi tçap ve tboy etkili olmuştur. Bu değişkenler aktif ym miktarındaki değişkenliğin %89'unu açıklayabilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Aktif yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 6a ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

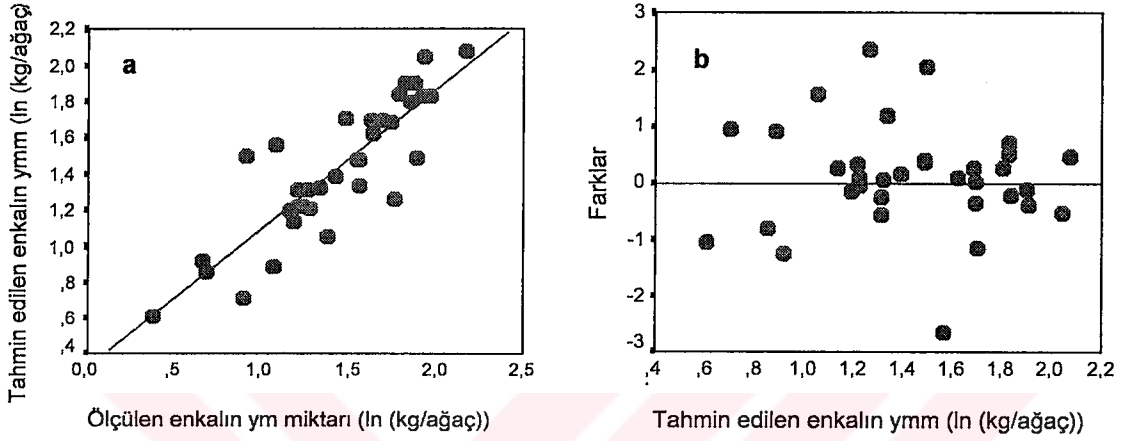
Kalın (1.1-2.5cm) ym miktarındaki değişkenliğin %84'ünün ayrı ayrı tboy hem de boy ile açıklandığı, regresyona tçap bağımsız değişkeni dahil edildiğinde ise kalın ym miktarındaki değişkenliğin açıklanmasında çok az bir artışın olduğu (%2'lik bir artışla %86) görülmektedir. Kalın ym miktarı ile  $d_{1.3}$  bağımsız değişkeni arasında yapılan analizler sonucunda anlamlı ilişkiler ortaya konulamamıştır. Kalın ym miktarının hesaplanan değeriyle tboy ve tçapa bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki ve hata terimleri dağılımı Şekil 13'de gösterilmektedir.



Şekil 13. Kalın yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 4c ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

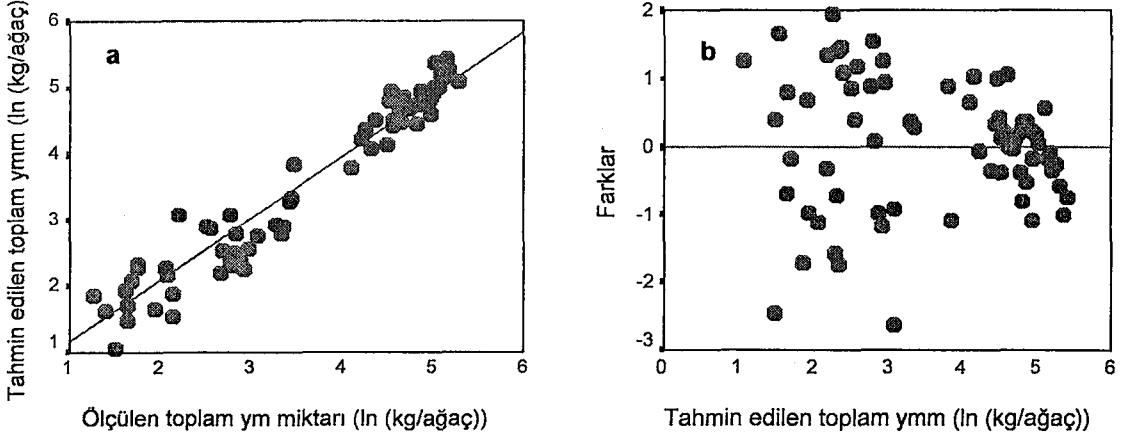


Enkalin ( $2.5\text{cm}>$ ) ym miktarındaki değişkenliğin %73'ünün tboy, %76'sının tboy ve tçap, %80'inin tboy ve  $d_{1.3}$  ile açıklandığı görülmektedir. Enkalin ym miktarının hesaplanan değeriyle tboy ve tçap'a bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki ve hata terimleri dağılımını Şekil 14'de gösterilmektedir.



Şekil 14. Enkalın yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile  $d_{1.3}$  ve tepe boyuna bağlı olarak model 5b ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımını (b)

Toplam ym miktarını farklı bağımsız değişkenlere bağlı olarak tahmin edebilen dört ayrı model geliştirilmiştir. Bu modellerden  $d_{1.3}$  bağımsız değişkeni; tek başına toplam ym miktarındaki değişkenliğin %59'unu, tboy ve  $d_{1.3}$  bağımsız değişkeninin yer aldığı model %81'ini, sadece tboy'un yer aldığı model %92'sini, tboy ve tçap bağımsız değişkeninin yer aldığı model ise %93'lük kısmını açıklamaktadır. Toplam ym miktarının hesaplanan değeriyle tboy ve tçap'a bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki Şekil 15'de gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü regresyona giren değişkenler normal dağılım göstermekte, hata terimleri ise rasgele bir dağılım göstermekte olup ortalamaları sıfırdır.



Şekil 15. Toplam yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile tepe çapı, tepe boyuna bağlı olarak model 7d ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

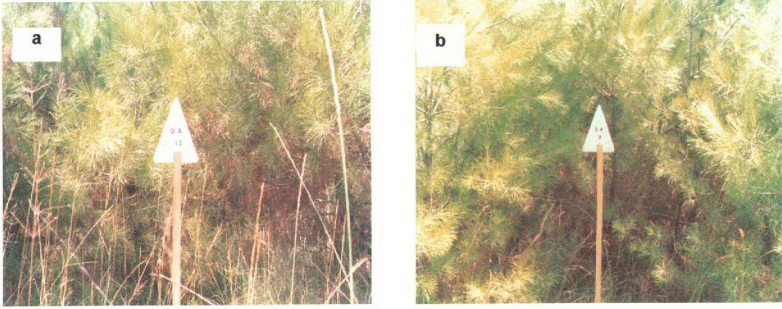
#### 2.4.1.2. Yanıcı Madde Tiplerine Ait Bulgular

Gösterdiği yapısal farklılıklara göre Kızılcımda; genç ve yaşlı olmak üzere iki yanıcı madde (ym) tipi tespit edilmiştir.

##### 2.4.1.2.1. Kızılcım Genç Yanıcı Madde Tipi

Genç yanıcı madde tipinde meşcere ortalama boyu 10'ye kadar çıkmaktadır. Toprak yüzeyi, ibre ve ince yanıcı materyallerle kaplı olup, ölü örtü tabakasının üzerinde otsu materyaller ve çalılar mevcuttur. Ağaçlandırma sahalarında otsu ve çalı materyaller çok az ya da hiç bulunmamakta, ölü örtü tabakası ince, seyrek ve gevşek yapıdadır.

Tepe altı yükseklik özellikle çok genç (10 yaşına kadar olan) meşcerelerde yere yakın (0-50 cm), alt dallar hemen hemen toprak yüzeyinden başlamakta ve tepeye kadar dikey süreklilik göstermektedir. Genç meşcerelerde meşcere boyu ile tepe boyu değerleri ilk yaşlarda (6-7 yaşına kadar) yaklaşık eşit olmaktadır. İleriki yaşlarda (10-25), doğal budamanın etkisi ile tepe altı yerden (2,5-4 m) yükselmektedir. Genç meşcerelerde canlı tepe boyu ortalama olarak 1-5 m arasında değişmektedir (Şekil 16).



Şekil 16. Genç kızılçam meşçelerinden alınan deneme alanları a-b

Doğal meşçelerde fertler oldukça sıkışık olduğu gibi, dikimle oluşturulan meşçelerin büyük çoğunluğunda dikim aralıklarının sık (1,20x1,25m, 1,25x2,50m, 1,50x2m, 2x2m, 2x2,5m, 2,25x3m) olması nedeniyle aynı durum söz konusudur (Şekil 33). Dolayısıyla, bu meşçelerde hektardaki fert sayısı oldukça fazladır.

Genç meşçelerde, özellikle ilk yaşlarda (10 yaşına kadar) ölü örtü tabakası yüzeyi kısmen kaplamakta, 10 yaşından itibaren yüzeyi tam olarak örter bir durum kazanmaktadır. Genç meşçelerde, doğal dal budamasının (10 yaşından itibaren) başlamasıyla birlikte, ölü örtüdeki kuru, ince yanıcı madde miktarında hızlı bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Genç doğal meşçelerde ölü örtü tabakasının kalınlığı, 1-4 cm arasında değişim göstermektedir. İleriki yaşlarda, doğal dal budamasının etkisi ve meşçereye yapılan silvikültürel müdahaleler sonucunda tepe yerden (2-3m>) yükseklik kazanmaktadır (Tablo 8).

Genç yanıcı madde tipini temsil eden meşçelerde ölü veya devrikler olmamasına rağmen, aralama ve sıklık bakımları sonucu sahada kalan artıklar çok önemli kuru yanıcı madde yığınları oluşturmaktadır (Şekil 17). Bu ise, bu tür sahalarda çıkabilecek yangınların kısa sürede tehlikeli hale dönüşmesine neden olmaktadır.

Kızılçam genç yanıcı madde tipinde hektarda 1300-2800 birey bulunmaktadır. Bu yanıcı madde tipinde, yanıcı madde miktarı 0,889-1,622 kg/m<sup>2</sup>, ölü örtü miktarı 0,435-0,910 kg/m<sup>2</sup>, diri örtü miktarı ise; 0,0552-1,11 kg/m<sup>2</sup> arasında değişim göstermektedir. Buna göre; Çz genç yanıcı madde tipinde toplam yanıcı madde miktarı; 1,379-3,632 kg/m<sup>2</sup> arasında değişim göstermektedir.

Tablo 8. Çalışma alanındaki Kızılcım genç yanıcı madde tipi özellikleri

Yanıcı madde katmanı	Yanıcı madde katagorileri	Fiziksel değişkenler	Yapısal özellikler
Tepe	Genç meşcereler	Tepe simetrik bir yapı göstermekte, tepe tipi dar olmamakla birlikte çok da yayvan değildir. Dalkanma ilk yıllarda toprak yüzeyinden itibaren, daha sonraki yıllarda tepe altı yerden yükselmekte	Boy 10m'ye kadar çıkmakta, ortalama tepe boyu 1-5 m, hektardaki fert sayısı 1300-2800 arasında, kapallık %80-90 oranında, yanıcı madde miktarı 0,889-1,622 kg/m <sup>2</sup> arasında
Diri örtü	Çalı, ot ve çayırılar	Önemli oranda maki yok. Makiler, ağaçlandırma alanlarında nadir olarak meşcere boyuna ulaşmakta. Ot ve çayırılar doğal meşcerelerde çok az, ağaçlandırma alanlarında ise daha yoğun	Yanıcı madde miktarı 0,05-1,12 kg/m <sup>2</sup> arasında, Maki elemanlarının ortalama boyu 50 cm, ot ve çayırılının boyu ise 15-30 cm civarında.
Ölü örtü	İbne, ince dal, kabuk kozalak	Ölü örtü ibne, ve ince dal parçalarından oluşmakta, genç meşcerelerde silvikültürel müdahaleler ile meşcere bırakılan kesim artıkları, ölü örtü örtüdeki kuru yanıcı madde miktarını önemli derecede artırmaktadır.	1-3 cm kalınlığındaki ölü örtü tabakası gevşek bir istiflenme göstermekte. Ölü örtü miktarı 0,435-0,910kg/m <sup>2</sup> arasında.



Şekil 17. Bakım müdahalesi görmüş genç meşcere de kesim artıkları

#### 2.4.1.2.2. Kızılcım Yaşlı Yanıcı Madde Tipi

Yaşlı yanıcı madde tipi olarak adlandırılan meşcerelerde ağaç boyları 10 m'den başlamakta ve 15-20 m'ye kadar çıkmaktadır. Ağaçların tepe altı yüksekliği yerden 5-6 m ve daha yukarı yüksekliktedir. Canlı tepe boyu, ortalama olarak 4-7 m arasında değişim göstermektedir. Normal kapalı yaşlı Çz meşcerelerinde ölü örtü tabakasından tepeye kadar

dikey olarak yanıcı madde sürekliliği söz konusu değildir (Şekil 18). Hem doğal budama hem de meşçereye yapılan silvikültürel müdahaleler sonucu tepe altı yerden önemli derecede (5-6m) yükselmiştir. (Tablo 9). Bu durum ise, bu tür meşçerelerde yangını tepeye taşıyacak ara tabakanın olmaması halinde, yangının örtü yangını şeklinde gelişeceğini göstermektedir.

Tablo 9. Çalışma alanındaki Kızılcım yaşlı yanıcı madde tipi özellikleri

Yanıcı madde katmanı	Yanıcı madde kategorileri	Fiziksel değişkenler	Yapısal özellikler
Tepe	Yaşlı meşçereler	Tepe genellikle simetrik bir yapı göstermekte dallar her tarafa eşit büyümekte, tepe tipi yayvan özellikte ancak tepe dağınık formda değildir. Meşçere içerisinde, dikili kuru, Fırtına, rüzgar ve kar devrikleri yok	Ağaç boyları 10 m'den başlayıp 15-20 m'ye kadar çıkmakta. Tepe altı yükseklik 5-6 m ve daha yüksek, canlı tepe boyu 4-7 m arasında. Ağaç sayısı 500-1400 ad/ha'dır. Kapalılık %70 oranında, yanıcı madde miktarı 1,061-2,786 kg/m <sup>2</sup> arasında
Diri örtü	Çalı, ot ve çayırlar	Diri örtü, kapalılığın bozuk olduğu yerlerde 2 m'ye kadar boylanmakta, daha alçak boylu otlar ot ve çayırlarla karışık durumda	Yanıcı madde miktarı 0,03-0,933 kg/m <sup>2</sup> arasında, ortalama boy 50 cm, nadiren 2 m'ye çıkmakta
Ölü örtü	İbre, ince dal, kabuk kozalak	Ölü örtü, ibre, kabuk, kozalak, ince ve kalın dal parçalarından oluşmakta	3-8 cm kalınlığındaki ölü örtü tabakası gevşek bir istiflenme göstermekte. Ölü örtü miktarı 0,632-1,127 kg/m <sup>2</sup> arasında.



Şekil 18. Kızılcım yaşlı yanıcı madde tipi (a) ve ölü örtü durumu (b)

Yaşlı meşcerelerde toprak yüzeyi, özellikle kıvrımlı ibrelerden oluşan kalın ölü örtü tabakası ile kaplıdır. Ölü örtü tabakası; ibre, kuru dal parçaları, kabuk ve kozalaklardan oluşmaktadır. Ortalama 3-5 cm kalınlığında yer yer 7-8 cm kalınlığa kadar ulaşan bu tabaka, gevşek ve gözenekli bir istiflenme göstermektedir. Kapalılığın bozuk olduğu yerlerde ölü örtü tabakası, otsu materyaller ve çalılarla karışık bulunmaktadır.

Kızılcım yaşlı yanıcı madde tipinde hektarda 500-1400 fert bulunmaktadır. Yanıcı madde miktarı 1,061-2,786 kg/m<sup>2</sup>, ölü örtü miktarı 0,632-1,127 kg/m<sup>2</sup> diri örtü miktarı ise; 0,03-0,933 kg/m<sup>2</sup> arasında değişmekte olup toplam yanıcı madde miktarı; 1,723-4,846 kg/m<sup>2</sup> arasında değişim göstermektedir.

Çalışma alanında belirlenen diri örtü elemanları şunlardır: *Myrtus communis* L., *Pistacia lentiscus* L., *Pistacia terebinthus* L., *Sarcopoterium spinosum* L., *Paliurus spinachristi* Miller, *Phillyrea latifolia* L., *Syrax officinalis* L., *Cistus creticus* L., *Spartium junceum* L., *Rhus coriaria* L., *Osyris alba* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Arbutus andrachne* L., *Arbutus unedo* L., *Erica arborea* L., *Quercus ilex* L., *Jasminum fruticans* L., *Ruscus aculeatus* L., *Quercus infectoria* Oliver, *Quercus ithaburensis* Decne ssp. *Macrolepis* (Kotschy) Hedge & Yalt., *Quercus cerris* L., *Quercus coccifera* L., *Amaranthus graecizans* L., *Minuartia anatolica* (Boiss.) Woron., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Laurus nobilis* L., *Hypericum perforatum* L., *Cercis siliquastrum* L., *Anagyris foetida* L., *Psoralea bituminosa* L., *Trifolium campestre* Schreb., *Coridotymus capitatus* (L.) Reichb., *Origanum vulgare* L. ssp. *viride* (Boiss.) Hayek., *Crataegus orientalis* Pallas ex Bieb., *Fraxinus angustifolia* Vahl. ssp. *oxycarpa* (Bieb. Ex Wild.) Franco & Rocha Afonso.

Deneme alanlarında tespit edilen yanıcı madde tipleri ve bu yanıcı madde tiplerine ait özellikler Tablo 10 ve 11'de özet olarak verilmiştir. Genç yanıcı madde tipinde, tepe altı yükseklik yere yakın, bireyler daha ince çaplı ve hektardaki birey sayısı fazla ve kapalılık yüksektir. Yaşlı yanıcı madde tipi tepe altının yerden belirli bir yükseklik kazandığı kalın çaplı fertlerden oluşmaktadır. Kapalılık normal olup hektardaki birey sayısı genç yanıcı madde tipine göre oldukça düşüktür.

Tablo 10. Deneme alanlarında tespit edilen kızılçam yanıcı madde tiplerinin özellikleri

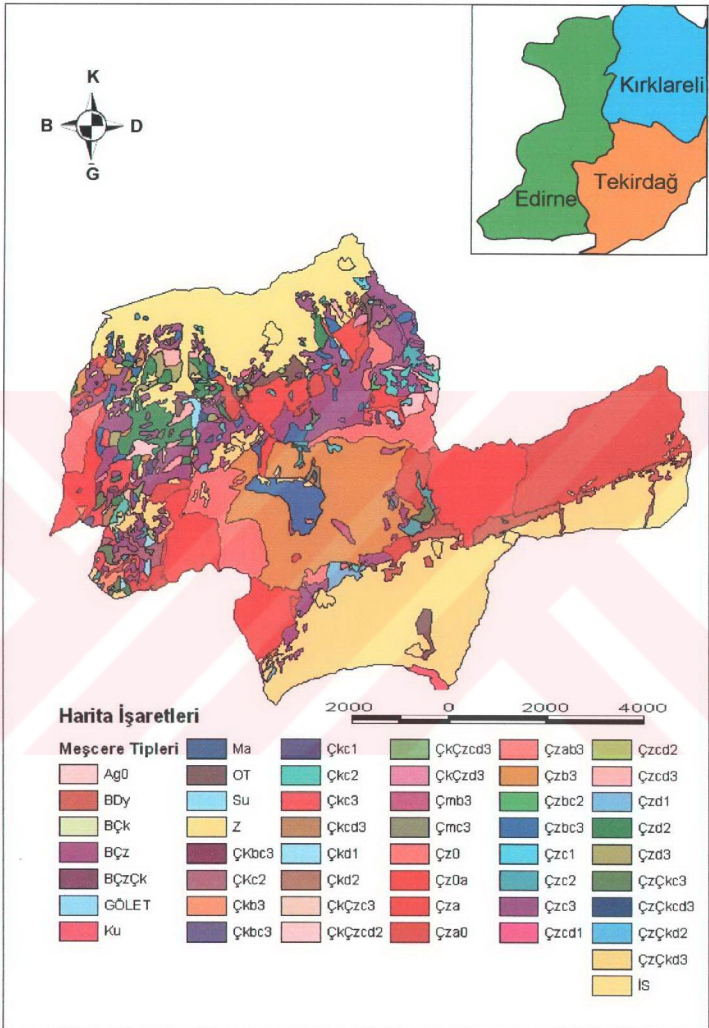
Yanıcı madde tipi	Ort boy (m)	Ort. çap (cm)	Fert sayısı (ad/ha)	Tepe altı yükseklik (m)	Ölü örtü (kg/m <sup>2</sup> )	Ölü örtünün niteliği	Toplam ym (kg/m <sup>2</sup> )
Genç ym tipi	8	10	1300-2800	0-4	0,435-0,910	1-3 cm kalınlıkta,	1,379-3,632
Yaşlı ym tipi	15	25	500-1400	5-6>	0,632-1,127	3-8 cm kalınlıkta,	1,723-4,846

Tablo 11. Deneme alanlarında tespit edilen kızılçam yanıcı madde tipleri

Yanıcı madde tipi	Meşcere yapısı	Ölü örtü tabakası	Ot ve çayırlar	Çalı tabakası	Boylu Yanıcılar
Kızılçam genç yanıcı madde tipi	Doğal meşcereler	Ölü örtü 1-3 cm kalınlığında ibre, ince dal karışık, kozalak yok	Oldukça az ve seyrek	Çok az ve seyrek diri örtü elemanları, boylar nadiren 2m civarında	Ortalama tepe boyu 1-5 m arasında, tepe boyu ilk yaşlarda boya eşit
	Plantasyon meşcereleri	İbrelere oluşan ölü örtü seyrek, ince dal yok deneye kadar az, kozalak yok	Genellikle 15-30 cm boylarında ve meşcere boşluklarında daha sık	Doğal meşcerelere göre biraz daha fazla ve boylar bazen meşcere boyuna ulaşmakta	
Kızılçam yaşlı yanıcı madde tipi	Normal kapalı meşcereler	Ölü örtü 3-7 cm kalınlığında ibre, ince dal, kabuk ve kozalakta oluşmakta ve kısmen ayrılmış	Az miktarda ve seyrek	Meşcere içerisinde çok az, açıklık yerlerde daha yoğun ve boylar 1-2 m civarında	Ortalama tepe boyu 4-7 m arasında, tepe altı yerden 5-6 m yüksekte dikey yanıcı madde sürekliliği yok
	Bozuk kapalıdaki meşcereler	Ölü örtü 3-5 cm kalınlığında ve çoğunlukla ayrılmış durumda	Kapalılığın bozuk olduğu yerlerde yoğun ve diri örtü ile karışık	Biraz daha yoğun ve boyları 2-4m'ye kadar ulaşmakta.	

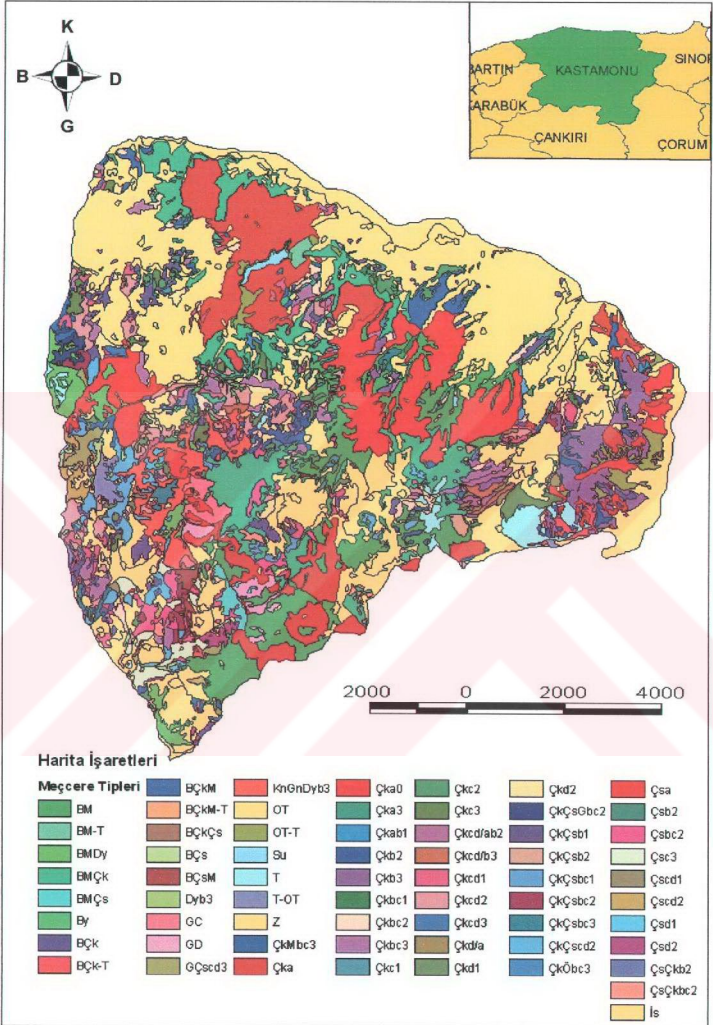
### 2.1.4.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulan Yanıcı Madde Tipleri Haritaları

Korudağ ve Kastamonu çalışma alanlarına ait meşcere tipleri haritası Şekil 19 ve Şekil 20'de verilmiştir. Korudağ ve Kastamonu uygulama alanları için iki ayrı yanıcı madde tipi sınıflandırma metodu kullanılarak yanıcı madde tipleri haritaları oluşturulmuştur (Şekil 21, Şekil 22).

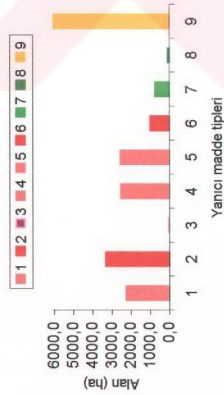
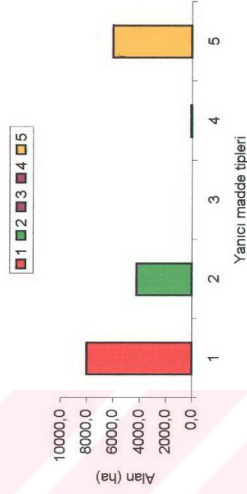
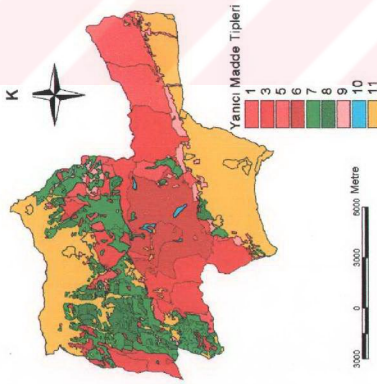
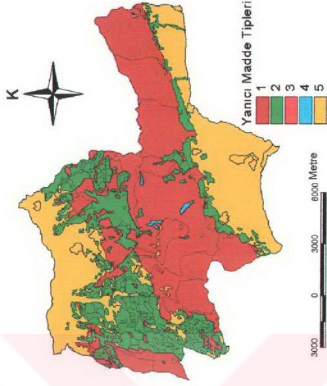


Şekil 19. Korudağ uygulama alanı meşcere tipleri haritası

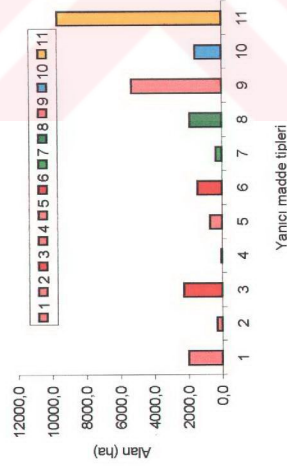
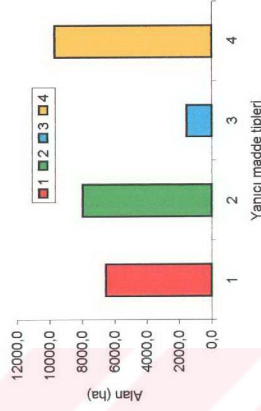
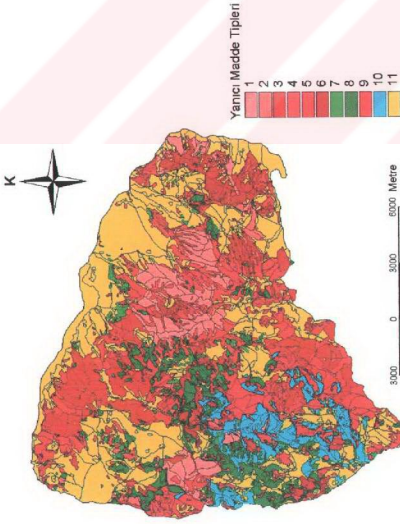
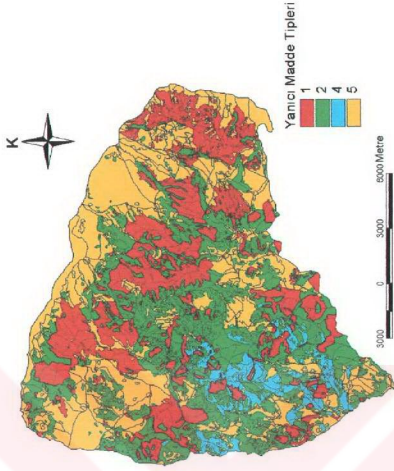




Şekil 20. Kastamonu uygulama alanı meşcere tipleri haritası



Şekil 21. Korudağ uygulama alanında farklı sınıflandırmaya göre yanıcı madde tipleri haritası ve bunlara ilişkin alan dağılım grafikleri



Şekil 22. Kastamonu uygulama alanında farklı sınıflandırmaya göre yanıcı madde tipleri haritası ve bunlara ilişkin alan dağılım grafikleri

### 2.1.5. Sonuç ve Öneriler

Kızılçamda yanıcı madde miktarının belirlenmesi için yapılan bu çalışmada, 16'sı genç meşcerelerden, 20'si yaşlı meşcerelerden olmak üzere toplam 36 adet deneme alanındaki 71 birey üzerinde yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak yanıcı madde miktarları belirlenmiştir. Ölçümü yapılan yanıcı madde özellikleri ve yanıcı madde miktarı değerleri analiz edilerek aralarındaki ilişkiler araştırılmıştır. Sonuçta; yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak yanıcı madde miktarını tahmin edebilen modeller geliştirilmiştir. Aynı yanıcı madde tipinde ancak, yanıcı madde özelliklerinin farklılıklar arz ettiği alanlarda bu tür çalışmalar yapılarak oluşturulan veri seti zenginleştirilebilir. Yanıcı madde miktarının belirlenmesi için yapılacak olan bu tür statik çalışmalar, farklı yanıcı madde özelliklerine sahip geniş alanlarda yapılarak, hem tahmin modellerinin hassasiyeti yükseltilebilir hem de uygulama alanları genişletilebilir.

Yanıcı madde miktarının belirlenmesinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koymak için yapılan korelasyon ve regresyon analizlerinde yanıcı madde miktarları ile tepe boyu, tepe çapı ve göğüs yüksekliği çapı arasında kuvvetli ilişkiler ortaya çıkmıştır. Analizler sonucunda ibre, kalın, enkalın ve toplam yanıcı madde miktarını sadece tepe boyuna bağlı olarak tahmin edebilen modeller geliştirilmiştir. Modellerde bir diğer değişken olan tepe çapı dahil edildiğinde yanıcı madde miktarında değişkenliğin açıklanan kısmında yükselme görülmektedir. Geliştirilen bu modeller, aynı yanıcı madde tipinde ve yanıcı madde özellikleri bakımından benzer özellik arz eden alanlarda yanıcı madde miktarının tahmin edilmesinde kullanılabilir.

Günümüzde uzaktan algılama teknikleri, uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanılarak, tepe boyutları (tepe boyu-tepe çapı) ve göğüs çapları rahatlıkla tahmin edilebilmektedir. Dolayısıyla, tepe boyu ve tepe çapını bağımsız olarak kullanan modellerle (md 7b,7c,7d) kısa sürede çok fazla zaman ve para harcamadan geniş alanlarda yanıcı madde miktarları belirli bir oranda rahatlıkla tahmin edilebilir. Özellikle yangın tehlikesinin çok yüksek olduğu ormanlık alanlarda hem potansiyel yanıcı madde hem de tüketilebilir yanıcı madde miktarı hızlı bir şekilde belirlenebilir. Böylece, saha üzerinde tehlikeyi azaltma önlemlerinin gerekli olup olmadığına karar vermede ve ileride çıkabilecek olası yangınlara karşı alınacak önlemlerin planlanmasında önemli bir veri elde edilmiş olacaktır.

Kızılçam meşcerelerinde yanıcı madde özelliklerinin gösterdikleri yapısal farklılıklara göre genç ve yaşlı olmak üzere iki yanıcı madde tipi belirlenmiştir. Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde meşcere tipleri ve karakteristikleri (boy, çap, tepe boyu, tepe çapı, kök boğaz çapı, yaş, ölü ve diri örtü durumu) esas alınmıştır.

Genç meşcerelerde, özellikle ilk yaşlarda (10 yaşına kadar) toprak yüzeyinde ölü örtünün az olmasına karşın, 10 yaşından itibaren yüzeysel olarak örterek zengin bir hal almaktadır. Genç doğal meşcerelerde ölü örtü tabakasının kalınlığı, 1-4 cm arasında değişim göstermekle birlikte, aynı durum ağaçlandırma sahaları için söz konusu olmamaktadır. Ağaçlandırma sahalarında ölü örtü genellikle fidanların tepe izdüşümü etrafında meydana gelmektedir. Dikim aralıklarından kaynaklanan yer yer boşluklar ot ve çayırlarla kaplıdır. Ağaçlandırma alanlarındaki dikim aralıklarının çok sıkışık olmasından dolayı bu boşluklar, ölü örtünün kesintisiz olarak yatay sürekliliğini engelleyecek düzeyde değildir.

Hem doğal hem de ağaçlandırma alanlarındaki genç meşcerelerde, boy ile tepe boyu ilk yıllarda yaklaşık eşit olmakla birlikte, ileriki yıllarda bu durum boy lehine gelişme göstermektedir. Genç meşcerelerde kapalılığın oluşmasıyla birlikte gerek, doğal dal budaması gerekse meşcereye yapılan silvikültürel müdahaleler sonucunda ileriki yıllarda (meşcereye yaşı 25-30 civarında iken) tepe yerden (2-3m>) yükselmektedir. Bu yapıdaki meşcereler tam olmamakla birlikte, yangının örtüden tepeye dönüşmesi açısından tehlikeden biraz uzaklaşmasını sağlar. Ancak, özellikle aralama kesimleri ve sıklık bakımları sonucu sahada kalan artıklar, çok önemli kuru yanıcı madde yığınları oluşturmaktadır. Bu ise, bu tür sahalarda çıkabilecek örtü yangınlarının kısa sürede şiddetlenip tepe yangınına dönüşmesini destekleyen bir durum arz etmektedir. Kızılçam genç yanıcı madde tipinde, toplam yanıcı madde miktarı; 1,379-3,632 kg/m<sup>2</sup> arasında değişim göstermektedir.

Kızılçam yaşlı yanıcı madde tipinde ölü örtü tabakası ibre, ince dal, kabuk, kozalak gibi yanıcı materyal açısından zengin bir yapı göstermektedir. 7-8 cm kalınlığa kadar ulaşan ölü örtü tabakası oldukça gevşek bir yapı göstermektedir. Kapalılığın bozuk olduğu alanlarda meşcere içerisine güneş ışığının girmesinden dolayı, ölü örtü tabakasının yapısında ayrışma ve bozulmalar söz konusudur. Yaşlı meşcerelerin tepe altı yüksekliği, yerden 5-6 m yüksek olduğundan, bu yükseklik, böyle meşcerelerde ara tabakanın olmaması durumunda, örtü yangının tepeye dönüşmesini zorlaştırıcı veya tamamen engelleyici bir rol üstlenmektedir. Kızılçam yaşlı yanıcı madde tipinde toplam yanıcı madde miktarı; 1,723-4,846 kg/m<sup>2</sup> arasında değişim göstermektedir.

Yanıcı madde tiplerinin özellikleri göz önünde bulundurularak yanıcı madde miktarının fazla olduğu yerlerde, özellikle genç meşcerelerde bakım müdahaleleri sonucu ölü örtü tabakasını zenginleştiren bakım artıkları ile yaşlı meşcerelerde ormanda üretim faaliyetleri sonucunda biriken kesim artıkları ya açık alanlarda veya yangın tehlikesinin olmadığı zamanlarda meşcere içerisindeki açıklık alanlarda amaçlı yakmalar ile yangın tehlikesi azaltılabilir.

Yanıcı madde tipleri haritaları, geliştirilen iki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuştur. Korudağ ve Kastamonu uygulama alanlarındaki yanıcı madde tipleri haritalarının oluşturulmasında coğrafi bilgi sistemleri kullanılmıştır.

Korudağ için yapılan yanıcı madde tipleri haritaları incelendiğinde genel sınıflandırma ve özel sınıflandırma ile oluşturulan yanıcı madde tipleri haritaları arasında çok büyük farklılıkların olmadığı görülmektedir. Meşcerelerin genel özelliklerini dikkate alarak oluşturulan yanıcı madde tipleri haritasına göre 12276 ha olan ormanlık alanın 8102 ha (%66)'ının genç yanıcı madde tipi ile kaplı olduğu, diğer bir ifadeyle potansiyel yangın tehlikesi arz eden alan olduğu görülmektedir. Meşcere kapallığı ve gelişme çağına göre oluşturulan yanıcı madde tipleri haritasında ise, ormanlık alanın 8715 ha (%71)'ının yangın potansiyeline sahip genç yanıcı madde tipleri ile kaplıdır. Görüldüğü gibi Korudağ için yapılan bu iki sınıflandırmaya göre, yangın potansiyeli açısından tehlikeli alan olarak belirlenen yerler ve alanları hemen hemen aynı gibidir. Bu durum, arazi yapısının çok büyük farklılıklar göstermemesi, yani homojen olması ve geniş alanlarda meşcere özelliklerinin çok farklılık göstermemesinden kaynaklanmaktadır.

Kastamonu için oluşturulan yanıcı madde tipleri haritasına bakıldığında, genel sınıflandırmaya göre 16077 ha olan ormanlık alanın 6591 ha (%41)'ının, özel sınıflandırmaya göre alanın 12057 ha (%75)'inin yangın açısından potansiyel tehlike arz ettiği belirlenmiştir. İki sınıflandırma arasında önemli bir farklılık görülmektedir. Bu ise, meşcere özelliklerinin yapılan müdahaleler sonucu çok farklılık göstermesi ve arazi yapısının çok değişik olmasından kaynaklanmış olabilir.

Yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılmasında yanıcı madde özellikleri açısından benzer özellik arz eden alanlarda genel sınıflandırma yeterli olurken, yanıcı madde özellikleri açısından çok büyük değişimlerin olduğu alanlarda ise çok daha detaylı sınıflandırmanın yapılması gerekli olmaktadır. Bunun yanında yanıcı madde tiplerini, yanıcı maddelerin diğer özellikleri göz önünde tutularak gözetilen amaçlar doğrultusunda daha çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkün olabilir.

Yanıcı madde tipleri haritaları ile yangın potansiyeli belirlenebilecektir. Yanıcı madde tiplerine bağlı olarak yangın potansiyelinin belirlenmesi, yangın öncesi ve yangınla mücadelede kaynakların etkin bir şekilde kullanılabilmesinde büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

## **2.2. Karaçam Yanıcı Madde Tipinde Yangın Davranışının Belirlenmesi**

Yangın davranışının tahmin edilmesi, orman yangınları amenajmanı aktivitelerinin önemli bir bileşenidir (Bilgili ve Methven, 1990). Yangın davranışı tahminin doğruluğu, yanıcı madde tipleri, topografya ve meteorolojik verilere ait kaliteli ve çok sayıda güvenilir bilgilere bağlı olmaktadır.

Yangın yöneticileri sürekli olarak belirli koşullar altında yangının nasıl bir davranış göstereceği sorusuna cevap ararlar. Yangın davranışının doğru olarak anlaşılmasının bir yolu da, doğal olarak çıkmış orman yangınlarının kontrol altına alınması veya kontrollü yangınların yapılmasıdır. İnsan müdahalesinin söz konusu olduğu ve yangın davranışı üçgeninin bir köşesini oluşturan yanıcı maddeler ve özellikleri, yangın yöneticileri için her zaman önemli olmuştur (Bilgili, 2003).

Yangın davranışının ortaya konulmasının bir yolu da kontrollü yangınlarda yangın davranışının belirlenmesidir. Kontrollü yangınlar, doğal yangınların potansiyel olumsuz etkilerini azaltmak için ayırıcı bir zon oluşturmak amacıyla bir silvikültürel araç olarak insan kontrolünde yapılan yangınlar olarak tanımlanmaktadır. Arzu edilen bitki türlerinin alana getirilmesi, biyolojik çeşitliliğin, yaban hayatı habitatının artması kontrollü yangınların sağladığı bazı faydalardır (Morales vd., 2000).

Yangın davranış özelliklerinin önceden tahmin edilememesinden dolayı, yapılacak müdahale şeklinin belirlenmesi ve kaynakların kullanımı her zaman doğru ve etkin olamamaktadır. Özellikle, büyük yangınlarda veya aynı anda birden çok yangının çıktığı durumlarda gerek koordinasyon ve gerekse kaynakların etkin kullanılmaması nedeniyle büyük sıkıntılar yaşanmaktadır. Yangın davranışının doğru olarak tahmin edilmesi karar vericilere kaynak kullanımı ve mücadele şekillerinin belirlenmesi aşamalarında etkin kararlar alabilmelerine yardımcı olacaktır (Sağlam, 2002).

Yangın amenajmanı organizasyonlarında; istenmeyen yangınların minimum düzeyde tutulması, aşırı derecedeki yangın söndürme harcamalarından kaçınılması, yenilenebilir kaynaklardaki potansiyel zararın azaltılması hedeflenirken bunlar sosyo-politik, ekonomik

ve ekolojik gerçeklerle uygun olması gerekir (Wilson, 1975; Burrows vd., 1989; Anon, 1991; Alexander, 1994). Bu ise, yangın davranışının doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi ile mümkün olabilir.

Yangın davranışını tahmin etmek için, kullanılan modellerde (Catchpole vd, 1998) yanıcı maddeler her zaman ana bileşenlerden biri olmuştur (Burgan ve Rothermel, 1984). Yanıcı madde miktarı, yangın davranışı ile doğrudan ilişkili olup, yangın davranışı tahminleri ve tartışmaları bu temel üzerine kurulmuştur (Rothermel, 1983).

Yangın davranışının tahmin edilebilmesi için farklı koşullarda, değişik yanıcı madde tiplerinde kontrollü yangınlar yapılmaktadır. Kontrollü yangınlarda elde edilecek başarı, farklı meşcerelerdeki mevcut yanıcı madde özelliklerinin iyi bir şekilde belirlenmesine ve çok değişik meteorolojik koşullar altında yangınların yapılmasına bağlıdır.

Yanıcı madde tiplerine göre geliştirilmiş olan yangın davranış modellerinin kullanılabilmesi hava halleriyle birlikte topoğrafya ve yanıcı madde özelliklerinin de bilinmesini gerektirir. Dolayısıyla, herhangi bir yerde çıkabilecek bir yangının nasıl bir davranış göstereceğinin tahmin edilebilmesi; mevcut hava halleri, topoğrafya ve yanıcı madde özelliklerinin sayısal olarak ortaya konulmasının gerektirir.

Arazide yangın davranışını tahmin edebilen etkili modeller geliştirmek ve geliştirilen modellerin test edilmesi için, daha doğru yanıcı madde verilerine (yapı ve koşul olarak) ve yangın meteoroloji verilerine gerek duyulmaktadır. Yangın davranış modelleri farklı yanıcı madde tiplerinde ve farklı arazi şartlarında elde edilen verilerle güncellenerek geliştirilmektedir. Yangın davranış modellerindeki hataların temel iki kaynağı; doğru olmayan yanıcı madde verileri ve etkisiz yangın meteoroloji bilgileridir (Conard vd., 2001). Yangın sıklığı, şiddeti ve büyüklüğü ile ilgili bilgilerin yer aldığı haritaların varlığı ile arazi kullanımı, vejetasyon, topografya ve iklimin yangın rejimi üzerine olan etkilerinin bilinmesi yangın yöneticilerine stratejik planların geliştirilmesinde yardımcı olurlar (Andrews ve Queen, 2001).

Yangın davranışıyla ilgili güvenilir sayısal verilerin toplanması zaman alıcı ve yavaş bir işlemdir. Bu konuda dünyada yangına hassas ülkeler tarafından uzun yıllardan beri çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır. Kuzey Amerika'da 1960'lı yıllardan sonra yapılan çalışmalarla yangınlar kapsamlı bir şekilde ele alınarak yangın verileri toplanmaya başlanmıştır (Anderson, 1968; Sando ve Haines, 1972; Walker ve Stocks, 1972; Stocks ve Walker, 1973; Wade ve Ward, 1973; Stocks, 1975; Alexander vd., 1983; Simard vd., 1983; Street ve Stocks, 1983). Ülke genelinde yapılan bu gibi çalışmalarla elde edilen bilgiler bir



araya getirilerek orman yangını veri tabanı oluşturulmuştur. Bunun yanında Kanada yangın araştırmacıları *Pinus resinosa* ağaçlandırma alanları (Van Wagner, 1968), *Pinus concorta* doğal meşcereleri (Lawson, 1973), *Pinus banksiana* yüksek dağ ormanları (Quintilio vd., 1977) ve *Pinus baksiana* kesim artıklarının bulunduğu alanlar (Stocks ve Walker, 1972) gibi önemli yanıcı madde tiplerinde deneme yangınları yaparak daha önce oluşturulan yangın veri tabanına ilaveler yapmışlardır. Kanada'da uzun süreden beri çıkacak bir yangında, yangın yayılma oranı ve yangın şiddetinin tahmin edilebileceği, orman yangın tehlike oranları sisteminin bir ara parçasını oluşturan yanıcı madde tipine özel yangın davranış modelleri (Mc Alpine vd, 1990) kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak, hem doğal meşcerelerde (Stocks, 1985) hem de tıraşlama kesim artıklarında (Stocks ve Walker, 1972; McRae, 1985) deneme yangınları yapmışlardır. Küçük boyuttaki deneme yangınlarından ve önemli yanıcı madde tiplerinde çıkan yangınlardan elde edilen verilerle yangın davranış modelleri oluşturularak yangın davranış tahmini sistemlerini oluşturmuşlardır.

Amerika'da yangın tehlike oranları sistemi için değişik yanıcı madde modelleri oluşturulmuştur. Sistem, 1964 yılında iki yanıcı madde modelinden (USDA, 1964) oluşurken, yanıcı madde modelleri 1972 yılında 9'a (Deeming vd., 1972), 1978 yılında ise 20'ye (Deeming vd., 1978) ulaşmıştır. Bu dönemde, yangınların kontrol edilmesi ve yangının potansiyel zararlarının hesaplanması için, yangın davranışının tahmin edilmesi ön plana çıkmıştır. Sistem, hava halleri ve yanıcı madde farklılıklarının yangın davranışı üzerindeki etkilerinin ölçüldüğü laboratuvar denemelerine dayanmaktadır (Rothermel, 1972; Albini, 1976).

Amerikan yangın tehlike oranları sistemi, özel bir alan için, yangın davranışını tahmin etmekten öte genel olarak yangın potansiyelini ortaya koymaktadır. Yangın tehlike oranı, belli bir alandaki yangın davranışını tahmin etmek için kullanılamaz. Fakat, yangın davranış tahmini sistemi, (Andrews, 1986) veya yangın büyüme simülasyonu (Finney, 1994; Andrews ve Bevins, 1993) gibi diğer araçlar, belli bir alandaki yangın davranışını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bu gibi araçlarla yangın davranışının tahmin edilmesi için, rüzgar hızı ve yönü, eğim oranı, yanıcı madde nem içeriği ve bir yanıcı madde modeli kullanılmaktadır. Yangın davranışının tahmin edildiği süre boyunca yanıcı madde, yanıcı madde nemi, rüzgar ve eğimin sabit kabul edilmesi bu araçların eksikliğidir (Andrews ve Bradshaw, 1996).

Avustralya'da, yanıcı madde tipleri hem deneysel hem de teorik yaklaşımlar kullanılarak belirlenmiştir (McArthur, 1966, 1973, 1977; Sneeuwjagt ve Peet, 1985;

Kessel, 1987). Yangın tehlike oranları sistemi daha çok McArthur tarafından geliştirilen çayırılık alanlar yangın tehlike indeksi ve okaliptüs ormanlarında geliştirilen orman yangın tehlike indeksinden oluşan iki yangın modeline dayanmaktadır (McArthur, 1966; McArthur, 1967).

Ülkemizde ise, yangın davranış modelleri henüz uygulanmaya başlanılmadığı gibi bu konuda maki yanıcı madde tipinde yangın davranışına ait modellerin oluşturulması (Bilgili ve Sağlam, 2003) dışında yeterli ve kapsamlı bir araştırma da yapılmamıştır. Bu çalışmada, karaçam ağaçlandırma sahasında mümkün olduğunca farklı meteorolojik koşullar altında küçük deneysel yangınlarla yangın davranışı özelliklerinin ölçülmesi ve modellenmesi amaçlanmıştır. Bunun için 18 adet yanıcı madde parselinde farklı meteorolojik koşullarda gerçekleştirilen deneysel yangınlarda örtü ve tepedeki yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak yangın yayılma oranı, yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketimi ölçümleri yapılmış ve yangın davranış modelleri geliştirilmiştir. Böylece, Türkiye Yangın Tehlike Oranları Sisteminin (TYTOS) oluşturulmasına yönelik temel adımlardan birisi atılmıştır.

### **2.2.1. Materyal ve Metot**

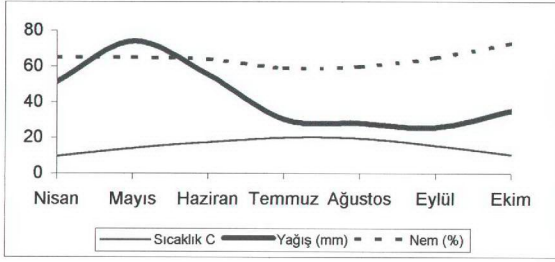
Karaçam yanıcı madde tipinde yangın davranışını tespit edebilmek için yapılan bu çalışmada, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Merkez Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde Kastamonu Orman İşletme Şefliği, Kastamonu Serisinde Karaçam (Çk<sub>a</sub>) plantasyon meşcerelerinde deneme yangınları yapılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 23). İşletme şefliğinin alanı 25752 ha olup bu alanın 16077 ha'ı ormanlarla kaplıdır. Çalışma alanının bu bölgede seçilmesinde; topografik faktörlerden eğimin elimine edilmesi, yanıcı maddenin aynı yapıda ve arazi üzerinde homojen dağılım göstermesi ve olası tehlike durumunda kontrol imkanlarının yüksek olması gibi faktörler etkili olmuştur. Deneme yangınlarının gerçekleştirildiği saha, 1/25000 ölçekli memleket haritasında, Kastamonu F<sub>31</sub> a<sub>3</sub> paftasında yer almaktadır. Deneme yangınları, Orman Genel Müdürlüğünün 20.09.2002 tarih ve B44 I OGM 0 00 01 02/OY-342 sayılı izinleri ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 23. Deneme yangınlarının yapıldığı arazinin genel görünümü

Arazi güney bakıda olup, yükseklik; 1050 m, ortalama arazi eğimi %5 civarındadır. Deneme yangınlarının yapıldığı yerde parsellerin konumlarını belirlemeden önce hakim rüzgar yönü tesbit edilmiştir. Parsellerin uzun kenarları, rüzgar yönüne paralel olarak planlanmıştır. Tutuşturmalar rüzgar yönünde ve alev ibrği ile bir hat şeklinde yapılmıştır. Deneme yangınlarının tümünde nokta halinde başlayan yangının bir hat şeklinde tepe yangınına dönüşmesi için belirli bir süre geçmesi gerektiğinden, yangının kısa sürede tepe yangınına dönüşebilmesi için tutuşturmanın en idealinin hat şeklinde yapılması olduğu belirtilmektedir (Alexander vd., 1991).

Araştırma alanında, ortalama en yüksek sıcaklık 27,6°C ile Ağustos ayında, ortalama en düşük sıcaklık -5°C ile Ocak ayında, en düşük ortalama nem %59 ile Temmuz aylarında, ortalama en yüksek rüzgar hızı 1,7 m/sn ile Nisan ayında, ortalama en düşük yağış 25,8 mm ile Eylül ayında, ortalama en yüksek yağış 74,1 mm ile Mayıs ayında gerçekleşmektedir (Şekil 24). Meteorolojik şartlar açısından sıcaklığın en yüksek bağıl nemin en düşük olduğu ve yangın tehlikesinin çok yüksek olduğu Ağustos ayında deneme yangınları yapılmıştır.



Şekil 24. Orman yangınlarının en fazla meydana geldiği Nisan-Ekim aylarını içeren ve araştırma alanına ait 60 yıllık, aylık ortalama sıcaklık, yağış ve nem değerleri

### 2.2.1.1. Yangın Öncesi Ölçümler

Deneme yangınları yapılmadan önce yanıcı madde özellikleri, hava halleri ve yanıcı madde nem içeriğinin belirlenmesi için ölçümler yapılmıştır (Şekil 25).



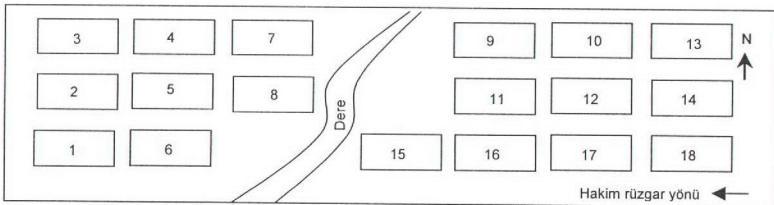
Şekil 25. Deneme yangınlarının yapıldığı parsellerde yanıcı madde ölçümleri

### 2.2.1.1.1. Yanıcı Madde Ölçümleri

Yanıcı madde (YM) miktarını belirlemek için, yanıcı madde parsellerindeki yapıyı temsil eden genç karaçam bireyleri kesilmiştir. Kesilmeden önce bu bireylerin boy, tepe boyu (tboy), tepe çapı (tçap), kök boğaz çapı (kbç) ölçülmüştür. Bu bireylerin tüm ibre ve dal (0.5 cm<, 0.6-1 cm, 1.1-2.5 cm ve 2.5 cm'den daha kalın çaplı) kısımları birbirinden ayrılıp, bu yanıcı madde kısımları ile, her parselden 30x30 cm ebatlarında üç ayrı yerden alınan ölü örtü örnekleri laboratuarda 24 saat süre ile 105 °C'de kurutularak fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Arazide yanıcı madde üzerinde yapılan ölçümler ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen fırın kuru ağırlıklarına ait veriler, analiz edilmek ve değerlendirilmek üzere bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Yanıcı madde miktarını etkileyen tboy, tçap, göğüs yüksekliği çapı ( $d_{1.3}$ ) ve kbç bağımsız değişkenlerine bağlı olarak ibre ve dal ağırlıkları arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizleri ile ortaya konulmuştur. Analizler SPSS istatistik programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasında kurulabilecek tüm kombinasyonlar gerçekleştirilerek regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller arasında anlaşılabilir, uygulanabilir ve yüksek belirleyicilik katsayısına ( $R^2$ ) ve düşük hata varyansına (SH) sahip olan modeller en uygun regresyon modeli olarak seçilmiştir. Daha sonra, deneme yangınlarının yapıldığı her parselde YM miktarını belirlemek için her parseldeki bireyler üzerinde, YM miktarını etkileyen bağımsız değişkenler ölçülmüştür. En uygun regresyon denklemleri kullanılarak tüm parselerde YM miktarı belirlenmiştir. Her parselde belirlenen ölü örtü miktarı ile regresyon modelleri ile tespit edilen YM miktarları kullanılarak toplam yanıcı madde miktarları belirlenmiştir.

Deneme yangınlarının yapıldığı, 0.04-0.12 ha arasında alanlara sahip olan 18 adet parselin (Şekil 26 ) etrafı 5m genişliğinde yangın emniyet şeritleri ile bölünmüştür.



Şekil 26. Deneme yangınlarının yapıldığı yanıcı madde parsellerinin arazideki konumları

### 2.2.1.1.2. Hava Halleri

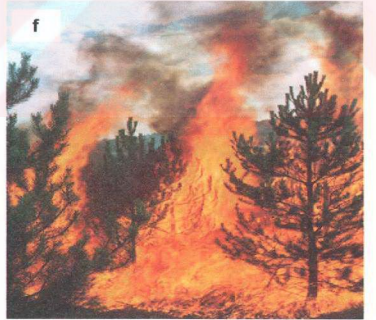
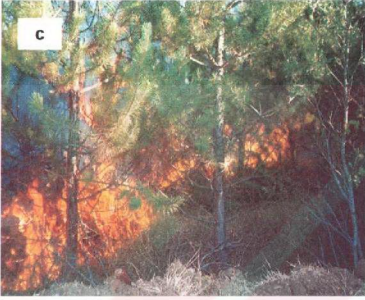
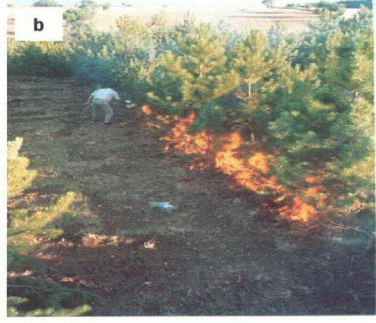
Deneme yangınlarından bir hafta öncesinden başlayarak (24 Temmuz-7 Ağustos 2003) çalışma alanına kurulan elektronik seyyar meteoroloji istasyonundan günlük hava halleri (sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve yağış miktarı) ölçülüp bilgisayara kaydedilmiştir. Bu veriler, daha sonraki analizlerde yangın davranışı ile ilişkiye getirilerek yangın davranış modellerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır.

### 2.2.1.1.3. Yangın Öncesi Yanıcı Madde Nem İçeriklerinin Belirlenmesi

Deneme yangınlarında ölü örtü ve canlı materyalin olduğu katmanlarda yanıcı maddenin yanma koşulları ile ilgili olarak sahip oldukları nem içerikleri belirlenmiştir. Yanıcı maddenin nem içeriğini belirlemek için, deneme yangınları yapılmadan hemen önce her parselde 3 farklı yerden ölü ve canlı yanıcı madde örnekleri alınıp hassas terazide tartılarak bunların yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Bu örnekler laboratuvarında kurutma fırınlarında 105° C'de 24 saat süre kurutulduktan sonra tartılarak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir.

### 2.2.1.2. Yangınlar Sırasında Yapılan Ölçümler

Deneme yangınlarının yapıldığı süre boyunca, yangınların diğer alanlara sıçramasını önlemek ve gerektiğinde söndürmek için en az 2 arazöz ve 2 yangın ekibi hazır bulundurulmuştur. Yangınlar her parselde rüzgar yönüne dik olacak şekilde parselin rüzgarın geldiği kenarından alev ibriği ile hat halinde başlatılmıştır (Şekil 27, Şekil 28). Yangının yayılması, parsellerin karşılıklı kenarlarına daha önceden 2m aralıklarla dikilen direklere çekilen iplere ulaşma zamanları kaydedilerek tespit edilmiştir. Bunun için, yangının direklerdeki ipliklere ulaşma zamanı eş zamanlı olarak tutulan iki kronometre değerinin ortalaması olarak alınmıştır. Elde edilen bu değerler, yangın yayılma oranı hesaplamalarında kullanılmıştır. Yangınlar sırasındaki meteorolojik ölçümleri yapabilmek için bir mobil meteoroloji istasyonu (Huger) ve bir de el rüzgar, sıcaklık ve nem ölçer (Kestrel 3000) kullanılmıştır. Mobil meteoroloji istasyonu, deneme yangını yapılan her parselin 20-25 metre uzağına ve yerden 5m yüksekliğe kurulmuştur. Ayrıca, yangınlar sırasında 10-15 sn aralıklarla rüzgar hızı okumaları da yapılmıştır.



Şekil 27. Deneme yangınlarına ait görüntüler (yangınların şeritler halinde başlatılması a-b, yangının örtü şeklindeki seyri ve tepe yangınına dönüşmesi c-d, tepe yangını e-f

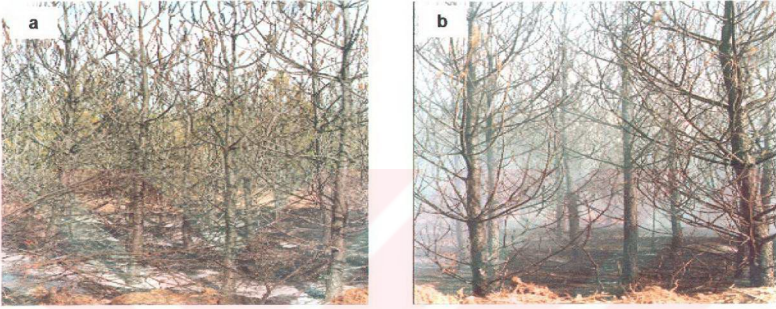


Şekil 28. Tepe yangını görüntüleri a-b-c-d-e-f



### 2.2.1.3. Yangınlar Sonrası Yapılan Ölçümler

Yangınların yapıldığı parsellerin tamamında, yangın öncesi yapılan ölçüm değerlerinin geliştirilen regresyon modellerinde kullanılması sonucunda yanıcı madde miktarları belirlenmiştir. Yangınlardan hemen sonra yanıcı madde tüketiminin tespit edilmesi için tüm parsellerde yanıcı madde ölçümleri (Şekil 29) yapılmıştır.



Şekil 29. Yangın sonrası deneme alanlarından görüntüler a-b

Bu amaçla, yangından sonra her parselden, parseldeki yanma durumunu temsil eden 5X5m boyutlarında deneme alanları alınmış ve içerisinde yer alan tüm ağaçlar kesilmiştir. Ağaçların kesilmeden önceki göğüs yükseklikleri çapları ölçülmüştür. Göğüs yüksekliği çapının tercih edilmesi hem tüm regresyon eşitliklerinde yanıcı madde bileşenlerinin miktarlarının belirlenmesinde en yüksek ilişkiyi vermesi hem de yangın sonrası yanmadan dolayı herhangi bir ölçüm kaybının olmamasıdır. Yanıcı Madde Tüketimi (YMT)'nin belirlenmesi için kesilen bu ağaçların ibre ve dal (çap kademelerine göre) kısımları ayrılarak arazide hassas terazi ile tartılmıştır. Daha sonra bu kısımlardan örnekler alınıp laboratuarda fırın kurusu hale getirilip tartılmıştır. Elde edilen bu değerler kullanılarak yangından sonra her parselde kalan yanıcı madde miktarı tespit edilmiştir. Böylece, yangın sırasında yanıcı maddelerin hangi kısımlarının ne kadarının yandığı belirlenmiştir. YMT'nin belirlenmesi için kesilen bireylere ait çap değerleri geliştirilen (Tablo 14, md 5c) regresyon modellerinde kullanılarak, kesilen bu ağaçların yanmadan önceki yanıcı madde miktarları hesaplanmıştır. Böylece bu iki değer karşılaştırılması sonucu her parseldeki tüketilen yanıcı madde miktarı ( $\text{kg/m}^2$ ) belirlenmiştir.

## 2.2.2. Bulgular

### 2.2.2.1. Yanıcı Madde Bulguları

Parsellerdeki yanıcı madde miktarını tespit etmek için önceden kesilen ve fırın kurusu ağırlıkları tespit edilen yanıcı madde özellikleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Yanıcı madde miktarını belirlemek için yanıcı madde parsellerinde kesilen karaçamlara ait yanıcı madde özellikleri ve gerçek fırın kurusu ağırlıklar

	boy (m)	tboy (m)	çap (m)	d1.3 (cm)	kbç (cm)	yaş	ibre (kg)	ince (kg)	orta (kg)	aktif (kg)	kalın (kg)	enkalın (kg)	toplam (kg)
1	9,5	5,4	3	17	.	29	6,40	2,42	3,74	5,98	6,91	1,64	20,93
2	11,5	4,3	7,5	22	.	53	8,15	2,28	3,8	6,08	16,69	3,97	34,89
3	12	4,4	9	25	.	39	9,78	2,53	4,22	6,75	18,52	4,41	39,46
4	11,5	3,6	7	16	.	36	5,92	1,00	1,68	2,68	7,37	1,76	17,73
5	11	5,1	6,5	18	.	34	8,01	1,89	3,15	5,04	13,84	3,30	30,19
6	12,5	4,7	8	17	.	42	9,46	1,67	2,78	4,44	12,18	2,90	28,98
7	8,6	5,3	3,6	16	.	30	9,28	2,09	3,48	5,56	9,36	2,23	26,43
8	7,6	4,2	2,3	12	.	29	6,80	1,26	2,10	3,36	3,47	0,83	14,46
9	7,9	4,5	3	14	.	33	5,45	1,64	2,73	4,36	4,56	1,09	15,46
10	3	2,8	1,6	6	8,5	13	1,68	1,28	0,92	2,20	0,50	0,12	4,49
11	4,3	4,1	1,7	7	9	13	2,42	0,65	1,28	1,93	1,17	0,28	5,80
12	3,5	3,2	1,9	6	9	13	2,00	0,57	0,97	1,54	0,50	0,12	4,15
13	3,1	2,9	2,1	6,5	10	13	3,37	0,89	1,41	2,29	0,64	0,15	6,46
14	3,4	3	1,7	7	10	13	3,16	1,67	0,99	2,66	0,86	0,20	6,88
15	3,9	3,7	2,3	7	11	13	2,75	0,67	1,26	1,93	0,58	0,14	5,40
16	4	3,8	2,1	10	11,5	13	5,10	1,34	2,83	4,17	1,88	0,45	11,60
17	4,9	4,7	2,4	10	12,5	13	5,60	0,89	4,28	5,17	3,04	0,73	14,54
18	3,8	3,6	2	8	12,5	13	3,66	1,15	1,03	2,18	1,54	0,37	7,75
19	4,6	4,4	2,1	10	13,5	13	6,13	1,81	2,46	4,27	2,95	0,70	14,05
20	4	3,8	2,6	10	14	13	4,58	1,66	2,27	3,92	2,83	0,67	12,0
Ort	6,73	4,07	3,62	12,23	11,05	23,40	5,48	1,48	2,37	3,82	5,47	1,30	16,08
S.H.	,781	,172	,547	1,255	,574	2,867	,569	,133	,257	,357	1,278	,3043	2,399
S.S.	3,494	,768	2,446	5,616	1,903	12,824	2,545	,595	1,147	1,599	5,716	1,361	10,732

Yanıcı madde miktarını tespit etmek için bağımlı değişkenler olan yanıcı madde miktarları ile bağımsız değişkenler olan; boy, tboy, çap, d<sub>1,3</sub>, kbç arasında korelasyon (Tablo 13) ve regresyon (Tablo 14) analizleri yapılmıştır.

Tablo 13. Deneme yangını yapılan karaçam meşcerelerinin yanıcı madde özellikleri arasındaki korelasyon

	boy	tboy	çap	kbç	d <sub>1,3</sub>	ibre	ince	orta	aktif	kalin	enkalın	toplam
boy	1,000											
tboy	0,638*	1,000										
çap	0,908**	0,393	1,000									
kbç	0,621*	0,631**	0,790**	1,000								
d <sub>1,3</sub>	0,935**	0,656**	0,884**	0,877**	1,000							
ibre	0,859**	0,759**	0,773**	0,851**	0,896**	1,000						
ince	0,618**	0,579**	0,532**	0,526**	0,782**	0,738**	1,000					
orta	0,631**	0,802**	0,536**	0,605**	0,778**	0,808**	0,681**	1,000				
aktif	0,678**	0,780**	0,584**	0,720**	0,844**	0,852**	0,851**	0,964**	1,000			
kalin	0,907**	0,587**	0,929**	0,863**	0,963**	0,871**	0,734**	0,714**	0,784**	1,000		
enkalın	0,907**	0,587**	0,929**	0,863**	0,963**	0,871**	0,734**	0,714**	0,784**	1,000**	1,000	
toplam	0,903**	0,683**	0,883**	0,841**	0,973**	0,939**	0,786**	0,806**	0,868**	0,983**	0,983**	1,000

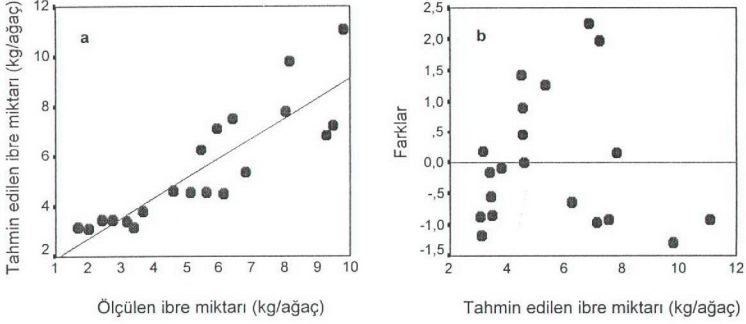
\*0,01 güven düzeyinde anlamlı

\*\*0,05 güven düzeyinde anlamlı

Korelasyon analizi sonucunda; toplam yanıcı madde miktarı ile göğüs çapı (d<sub>1,3</sub>), kök boğaz çapı, tepe çapı (çap), boy ve tepe boyu (tboy) arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır (r = 0,973, r = 0,841, r = 0,883, r = 0,903, r = 0,683; P<0,05). Korelasyon analizleri özellikle göğüs çapının, bunun yanında boy, tepe boyu ve tepe çapının toplam yanıcı madde miktarı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Yine korelasyon analizlerinde ibre, aktif yanıcı ve kalın madde miktarı ile göğüs çapı arasında yüksek bir ilişkinin olduğu görülmüştür (r = 0,896, r = 0,844; r = 0,963; P<0,05).

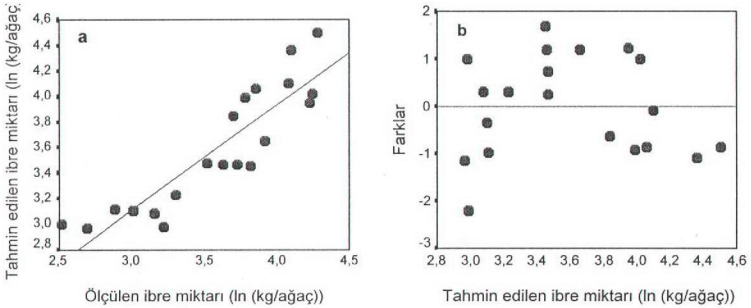
Yanıcı madde miktarının belirlenmesinde her bir analiz yapılırken bağımlı ve bağımsız değişken değerlerine tek örnekli Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi uygulanarak normal dağılım kontrolü yapılmıştır.

İbre miktarının belirlenmesi için, ibre miktarı bağımlı ve tboy ve çap bağımsız değişken olarak regresyona tabi tutulmuş ve Şekil 30'da gösterilen ilişki ortaya çıkmıştır. Farklar grafiği incelendiğinde dağılımın homojen olmadığı görülmüştür.



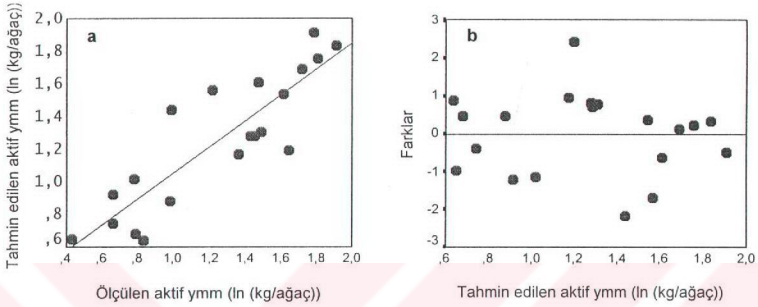
Şekil 30. İbre miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapı çapına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

Bunun üzerine bu değerlere logaritmik dönüşüm uygulanarak doğal logaritmaları alınmıştır. Bu şekilde elde edilen yeni değerlerle yapılan analizlerde dağılımın normal olduğu, hata terimlerinin rasgele bir dağılım göstermekte olup ortalamalarının sıfır olduğu görülmektedir (Şekil 31). Yanıcı madde miktarını tahmin etmek için yapılan regresyon analizleri sonucu geliştirilen modellerin yer aldığı Tablo 14 incelendiğinde, ibre miktarındaki değişkenliğin %83'ünün  $d_{1,3}$  bağımsız değişkeni ile (md 1a), %89'nun ise, tboy ve çap değişkenleri ile (md 1b) birlikte açıklanmaktadır.



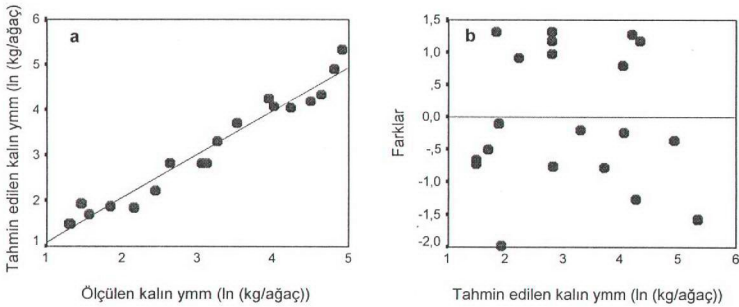
Şekil 31. İbre miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapı çapına bağlı olarak model 1a ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

Benzer şekilde ince, orta, aktif, kalın, enkalın ve toplam yanıcı madde miktarlarının tahmin edilmesi için toby, tçap ve  $d_{1.3}$  bağımsız değişkenleri kullanılarak regresyon ilişkileri ortaya konulmuştur.



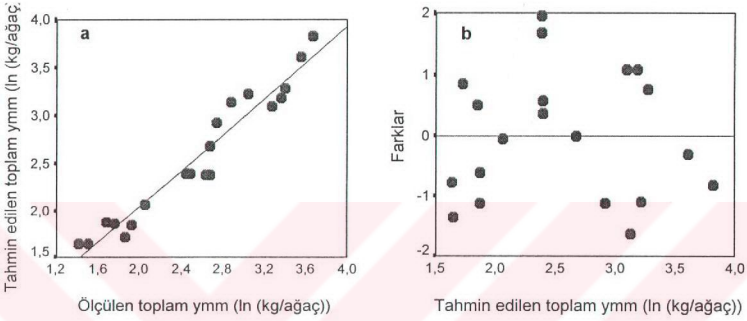
Şekil 32. Aktif yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapı ve tepe çapına bağlı olarak model 3b ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

İnce (0-0,5cm) ve orta (0,6-1cm) kalınlıktaki yanıcı madde miktarlarının toplamı olarak nitelendirilen aktif (0-1cm) yanıcı madde miktarındaki değişkenliğin % 72'si sadece  $d_{1.3}$  bağımsız değişkeni ile açıklanırken (md 3a) modele ikinci bir bağımsız değişken olarak tçap dahil edildiğinde, değişkenliğin açıklanan kısmı %82'ye (md 3b) yükselmektedir. (Şekil 32).



Şekil 33. Kalın yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapına bağlı olarak model 4a ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

Kalın (1-2,5cm) ve enkalın (2,5cm >) ym miktarı ile  $d_{1,3}$  bağımsız değişkeni arasında çok kuvvetli bir ilişki ortaya çıkmıştır. Kalın ve enkalın ym miktarındaki değişkenliğin %92'si tboy ve tçap bağımsız değişkeni (md 4b-d) ile açıklanırken, %96'sı sadece  $d_{1,3}$  bağımsız değişkeni (md 4a-c) ile tek başına açıklanmaktadır (Şekil 33).



Şekil 34. Toplam yanıcı madde miktarının ölçülen değeri ile göğüs çapına bağlı olarak model 5c ile tahmin edilen değerleri arasındaki logaritmik ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

Toplam ym miktarını farklı bağımsız değişkenlere bağlı olarak tahmin edebilen üç farklı model geliştirilmiştir. Toplam yanıcı madde miktarındaki değişkenliğin % 82'sinin (md 5a) sadece boy ile, %89'unun tboy ve tçap (md 5b) ile, %95'inin ise sadece  $d_{1,3}$  (md 5c) ile açıklandığı üç ayrı model geliştirilmiştir. Toplam ym miktarının hesaplanan değeriyle  $d_{1,3}$ 'e bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki Şekil 34'de gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü regresyona giren değişkenler normal dağılım göstermekte, hata terimleri ise rasgele bir dağılım göstermekte olup ortalamaları sıfırdır.

Yanıcı madde miktarları belirlenen bireylere ait değerler kullanılarak yapılan analizlerde, değişkenlere bağlı olarak katsayılar hesaplanmıştır. Bu katsayılara göre de basit doğrusal regresyon modelleri oluşturulmuştur. Modeller, bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasında kurulabilecek tüm kombinasyonlar gerçekleştirilerek oluşturulmuştur. Yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak yanıcı madde bileşenlerinin miktarlarının belirlenebilmesi için geliştirilen modeller Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14. Yanıcı madde parsellerindeki yanıcı madde miktarını tahmin eden gerçek değerlere bağlı regresyon modelleri ( $R^2$ =Belirtme katsayısı, S.H.=Standart Hata)

Regresyon Modelleri	$R^2$	S. H.
1a $lnibre = 1,072*ln d_{1.3} - 0,996$	0,837	0,219
1b $lnibre = 1,445*ln tboy + 0,458*ln tçap + 1,069$	0,894	0,251
2a $lnince = 0,736*ln d_{1.3} + 0,524$	0,551	0,308
2b $lnorta = 0,982*ln d_{1.3} + 0,372$	0,687	0,307
2c $lnorta = 2,302*ln tboy - 0,460$	0,698	0,302
2d $lnorta = 0,551*ln d_{1.3} + 1,349*ln tboy - 0,463$	0,795	0,256
3a $lnaktif = 0,849*ln d_{1.3} - 0,793$	0,723	0,243
3b $lnaktif = 1,451*ln d_{1.3} - 0,529*ln tçap - 1,654$	0,820	0,202
4a $lnkalın = 2,644*ln d_{1.3} - 3,275$	0,964	0,237
4b $lnkalın = 1,348*ln tçap + 2,894*ln tboy - 2,423$	0,921	0,360
4c $lnenkalın = 2,644*ln d_{1.3} - 3,275$	0,964	0,237
4d $lnenkalın = 1,348*ln tçap + 2,894*ln tboy - 2,423$	0,921	0,360
5a $lntoplamlam = 1,227*ln tboy + 0,373$	0,822	0,306
5b $lntoplamlam = 0,756*ln tçap + 1,693*ln tboy - 0,634$	0,891	0,247
5c $lntoplamlam = 1,525*ln d_{1.3} - 1,115$	0,952	0,158

Yanıcı madde parsellerindeki her birey üzerinde boy, tboy, tçap,  $d_{1.3}$  ve kbç değerleri ölçülmüştür. Bu değerler, parsellerdeki yanıcı madde miktarının belirlenmesi amacıyla, analizler sonucu geliştirilen modellerde kullanılmıştır. Parsellerdeki toplam yanıcı madde miktarının belirlenmesinde, Tablo 11’de yer alan modellerden faydalanılmıştır. Hem yüksek bir belirtme katsayısına sahip olması hem ölçümünün kolay ve basit olması hem de toplam yanıcı madde miktarındaki değişkenliğin büyük bir kısmını açıklaması sebebiyle, tek bağımsız değişken olarak  $d_{1.3}$ ’ün yer aldığı model, tercih nedeni olmuştur. Bu model yardımıyla tüm parseller için hesaplanan toplam yanıcı madde miktarı değerlerine parsellerde yapılan ölçüm ve hesaplamalar sonucu elde edilen ölü örtü miktarı değerleri eklenerek tüm parseller için, toplam yanıcı madde miktarları belirlenmiştir Yangından sonra Yanıcı Madde Tüketimi (YMT) hesaplamalarında da bu modelden yararlanılmıştır.

#### 2.2.2.2. Yangın Davranışına Ait Bulgular

Deneme yangınlarına ait yanıcı madde özellikleri Tablo 15’de verilmiştir. Deneme yangınlarının yapıldığı yerde ortalama meşcere boyu 4 m, canlı tepe boyu 3,8 m, göğüs yüksekliği çapı ise 7,5 cm civarında olmuştur. Yanıcı madde parsellerindeki ölü örtü miktarı,  $0,145 \text{ kg/m}^2$  ile  $0,386 \text{ kg/m}^2$  arasında, canlı yanıcı madde miktarları  $1,80 \text{ kg/m}^2$  ile

2,87 kg/m<sup>2</sup> arasında olmak üzere toplam yanıcı madde miktarı 2,14 kg/m<sup>2</sup> ile 3,09 kg/m<sup>2</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Yanıcı madde nem içerikleri; ölü örtüde %17,2-33,6 arasında, canlı yanıcı maddelerde %69,7–100,1 arasında değişiklik göstermiştir. Deneme yangınlarının yapıldığı sırada mobil meteoroloji istasyonlarından sürekli okumalar yapılarak meteorolojik parametreler ölçülmüştür. Sıcaklık 21 ile 29 °C arasında, bağıl nem % 22 ile % 55 arasında, rüzgar hızı ise, 1,7-14,4 km/s arasında değişiklik göstermiştir.

Tablo 15. Deneme yangınlarına ait yanıcı madde özellikleri

D.A. No	Ort. boy (m)	Kap (%)	Fırın kuruşu yanıcı madde ağırlıkları (kg/m <sup>2</sup> )			Yanıcı madde nem içeriği (%)	
			Ölü	Canlı	Toplam	Ölü	Canlı
1	3,6	76	0,176	2,63	2,81	23,8	72,1
2	3,2	84	0,230	2,30	2,53	23,1	74,9
3	3,2	71	0,212	2,05	2,26	26,7	69,8
4	3,6	92	0,281	2,67	2,95	17,2	71,1
5	3,7	89	0,245	2,40	2,65	22,6	70,6
6	3,6	82	0,338	1,80	2,14	17,5	72,7
7	3,9	77	0,215	2,87	3,09	15,5	89,8
8	4,2	75	0,145	2,81	2,96	26,2	91,2
9	4,1	75	0,192	2,71	2,90	31,4	97,6
10	4,1	75	0,192	2,71	2,90	27,2	81,4
11	4,7	83	0,215	2,66	2,88	28,4	78,3
12	4,7	83	0,215	2,66	2,88	28,7	93,3
13	5,4	68	0,285	2,21	2,50	23,3	87,1
14	4,8	85	0,251	2,63	2,88	26,4	69,7
15	4,5	72	0,203	2,17	2,37	33,6	84,8
16	4,5	72	0,203	2,17	2,37	29,8	84,8
17	5,2	108	0,386	2,49	2,88	23,3	100,1
18	4,9	104	0,312	2,04	2,35	25,5	100,1
Ort	4,2	82	0,238	2,44	2,68	25,0	82,74
S.S	0,660	10,97	0,061	0,310	0,287	4,842	10,85
S.H.	0,156	2,59	0,014	0,073	0,067	1,141	2,55

Deneme yangınlarının yapıldığı yanıcı madde parsellerindeki yanıcı madde özelliklerinden ölü örtü miktarı, ölü örtü nem içeriği, kapalılık ve toplam yanıcı madde miktarındaki değişiklikler yangın davranışında farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yangın davranışını karakterize eden parametrelerden; yayılma oranı 1.1 ile 12.2 m/dk, yanıcı madde tüketimi 1.36 ile 2.09 kg/m<sup>2</sup>, yangın şiddeti ise 777 ile 8467 kW/m arasında değişiklik göstermiştir. Bu farklılıklar yanıcı madde özellikleri ile meteorolojik



parametrelerdeki farklılıklardan kaynaklanmıştır. Deneme yangınlarına ait meteorolojik parametreler ve yangın davranış verileri Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Deneme yangınlarına ait meteorolojik parametreler ve yangın davranış verileri

Yangın No	Sıcaklık (°C)	Rüzgar (m/dk)	Bağıl nem (%)	Yayıma oranı (m/dk)		Yanıcı madde tüketimi (kg/m <sup>2</sup> )		Yangın şiddeti (kW/m)	
				Ölçüm	Tahmin	Ölçüm	Tahmin	Ölçüm	Tahmin
1	27	5,5	38	1,2	3,12	1,69	1,74	2789	2856
2	26,4	7,3	43	2,6	4,93	1,71	1,75	3736	3852
3	28,5	7,5	45	4,5	4,81	1,49	1,51	3353	3226
4	21	7,9	48	4,4	5,89	2,09	2,02	4953	4936
5	21	5,8	48	3,3	3,77	1,81	1,81	3149	3343
6	29	11,9	22	10,8	9,08	1,87	1,73	6676	5882
7	24	6,6	41	4,6	4,05	1,99	2,05	3940	4215
8	28,6	6,5	31	3,0	3,51	1,76	1,68	3437	3227
9	24,5	1,7	43	1,1	-65	1,56	1,52	777	260
10	24,5	13,3	43	12,2	7,98	1,67	1,64	6663	6540
11	24	12,2	50	9,1	8,51	1,62	1,66	5929	6189
12	24	5,2	50	4,9	2,69	1,59	1,66	2480	2627
13	24	12,3	52	6,0	9,75	1,53	1,63	5646	6037
14	28	10,9	29	9,6	7,73	1,75	1,72	5723	5650
15	24,6	8,6	55	4,4	5,71	1,36	1,33	3509	3441
16	24,6	12,6	55	7,8	9,14	1,48	1,44	5594	5746
17	29	14,4	26	11,1	12,42	1,96	1,93	8467	7879
18	28	9,3	28	9,6	6,65	1,72	1,80	4799	5367
Ort	25,59	8,86	41,50	6,12	6,06	1,70	1,70	4534,44	4515
S.S.	2,56	3,45	10,30	3,53	3,16	,19	,19	1854,89	1830
S.H.	,604	,813	2,428	,831	,744	0,045	0,044	437,20	431,27

Deneme yangınlarının yapıldığı yer ağaçlandırma alanı olması özelliği ile yanıcı madde parsellerindeki yanıcı madde özellikleri birbirine yakın olmasına rağmen yangın davranışları arasında büyük farklılıklar görülmüştür. En yüksek yayılma oranı 12,2 m/dk ile 10 no'lu parselde, en yüksek yangın şiddeti ise, 8467 kW/m ile 17 no'lu yangında kaydedilmiştir. Bu iki parselde yayılma oranı ve yangın şiddetinin yüksek çıkması birbirine yakın en yüksek rüzgar iki rüzgar değerinin bu parsellerde kaydedilmesinden kaynaklanmıştır. En düşük yayılma oranı 1,1 m/dk ve en düşük yangın şiddeti 777 kW/m ile 9 no'lu yangında, kaydedilmiştir. Bunun en büyük nedeni ise, en düşük rüzgar hızının 9 no'lu yangında ölçülmüş olmasıdır. Bunun yanında ölü ve canlı yanıcı madde nem içeriklerinin bu yangının yapıldığı deneme alanında oldukça yüksek değerlere sahip olması yayılma oranı ve yangın şiddetinin düşük çıkmasında etkili olan diğer bir neden olmuştur. Yapılan korelasyon analizinde rüzgar hızı ile yayılma oranı ve yangın şiddeti arasında kuvvetli birli ilişkisinin çıkması bu sonucu doğrulamıştır. YMT ise, 2,09 kg/m<sup>2</sup> ile 4 no'lu

parselde en yüksek çıkmıştır. Bu parseldeki ölü örtü ve canlı yanıcı madde nem içeriğinin çok düşük değerlere sahip olması bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olmuştur. En düşük YMT değeri ise, 1,36 kg/m<sup>2</sup> ile 15 no'lu parselde çıkmıştır. Bu parseldeki ölü örtü nem içeriğinin en yüksek değere sahip olması bu değerinde elde edilmesinde önemli bir neden olmuştur. Yangın davranış özellikleri ile yanıcı madde özellikleri ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkileri belirlemek için korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Analizler SPSS istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu oluşan korelasyon matrisi Tablo 17'de, regresyon modelleri ise, Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 17. Yangın davranışı özellikleri ile yanıcı madde özellikleri ve meteorolojik parametreler arasındaki korelasyon matrisi

	SCK	BN	RÜZ	YO	YMT	YŞ	ÖN	CN	OB	KAP	ÖLÜ	CAN	TOPL
SCK	1,000												
BN	-,757**	1,000											
RÜZ	,232	-,159	1,000										
YO	,295	-,379	,868**	1,000									
YMT	-,029	-,525*	,049	,150	1,000								
YŞ	,257	-,341	,955**	,876**	,328	1,000							
ÖN	,044	,375	-,069	-,055	-,843**	-,280	1,000						
CN	,136	-,125	-,030	,097	-,079	-,021	,270	1,000					
OB	,055	-,015	,472*	,463	-,194	,402	,337	,608**	1,000				
KAP	,153	-,513*	,193	,373	,601**	,386	-,291	,246	,223	1,000			
ÖLÜ	,219	-,465	,509*	,553*	,466	,646**	-,449	,134	,318	,708**	1,000		
CAN	-,321	,082	-,320	-,251	,315	-,222	-,021	,155	,047	-,026	-,454	1,000	
TOPL	-,299	-,010	-,237	-,153	,438	-,103	-,118	,195	,118	,122	-,278	,982*	1,000

SCK: sıcaklık (°C), BN: bağıl nem (%), RÜZ: rüzgar (km/sa), YO: yayılma oranı (m/dk), YMT: yanıcı madde tüketimi (kg/m<sup>2</sup>), YŞ: yangın şiddeti (kW/m), ÖN: nem ölü (%), CN: nem canlı (%), OB: ortalama boy (m), KAP: kapalılık (%), ÖLÜ: ölü örtü miktarı (kg/m<sup>2</sup>), CAN: canlı yanıcı madde miktarı (kg/m<sup>2</sup>), TOPL: toplam yanıcı madde miktarı (kg/m<sup>2</sup>)

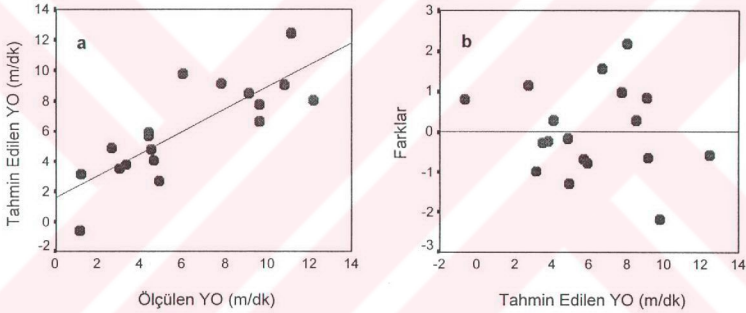
\*\* Korelasyon 0.01 güven düzeyinde anlamlı

\* Korelasyon 0.05 güven düzeyinde anlamlı

Yapılan korelasyon analizi sonucunda yayılma oranı ile rüzgar arasında kuvvetli bir ilişki ( $r=0.868$ ;  $P<0.01$ ) ortaya çıkmıştır. Bu ilişki Tablo 18'de yer alan regresyon modellerinin incelenmesi ile yayılma oranında gözlenen değişkenliğin %75'ini ( $R^2=0.753$ ;  $P<0.01$ ) rüzgarın tek başına (md 1a) açıkladığı görülmektedir. Yayılma oranının açıklanmasında rüzgar hızı ile birlikte ölü örtü miktarının analize dahil edildiğinde (md 1b)

yayılma oranındaki değişkenliğin açıklanan kısmının yaklaşık %77'ye ( $R^2=0.769$ ;  $P<0.01$ ) yükseldiği görülmektedir.

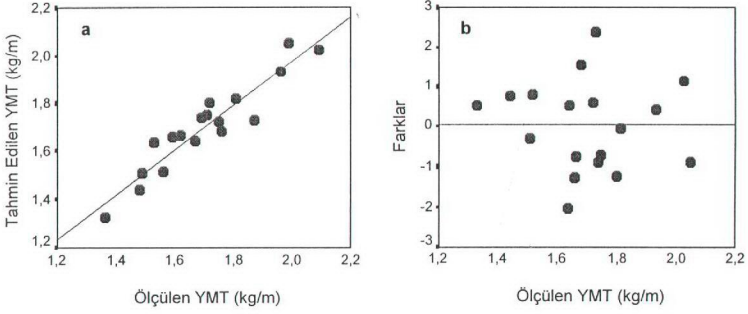
Ölü ve canlı yanıcı madde nem içeriğinin özellikle yanıcı maddelerin tutuşabilirliği (Wilson, 1985) ve yanma oranı üzerine olan bilinen etkilerinden (Countryman, 1972; Rothermel, 1983; Chandler vd., 1991; Catchpole, 1998; Burrows, 1999) dolayı yangın davranışı üzerine önemli bir etkisinin olacağı beklenmekte idi. Ancak, böyle bir sonuç ortaya konulamamıştır. Bu durum, deneme yangınlarının yapıldığı zamanlarda ölü ve canlı yanıcı madde nem içeriklerinin çok fazla değişken olmamasından kaynaklanmış olabilir. Yayılma oranının ölçülen değeri ile rüzgar ve ölü yanıcı madde miktarına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı Şekil 35'de verilmiştir.



Şekil 35. Yayılma oranının ölçülen değeri ile rüzgar ve ölü örtü miktarına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

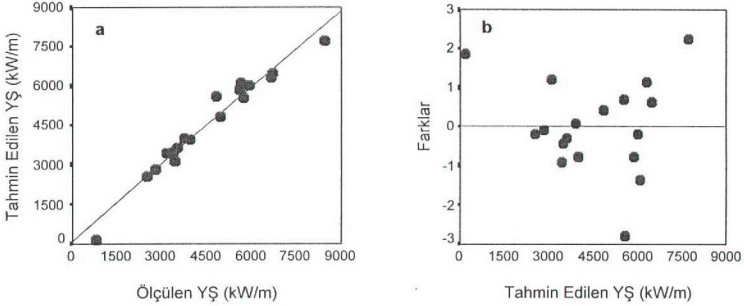
Korelasyon analizi sonucu yanıcı madde tüketimi ile kapalılık ve ölü örtü nem içeriği arasında yapılan yüksek bir ilişki belirlenmiştir ( $r = 0.601$ ;  $P<0.01$ ,  $r = 0.843$ ,  $P<0.01$ ). Yanıcı madde tüketimindeki değişkenliğin %71'i ( $R^2 = 0.710$ ;  $P<0.01$ ) ölü örtü nem içeriği ile (md 2a) açıklanırken, analize ikinci bir değişken olarak kapalılık dahil edildiğinde (md 2b) yanıcı madde tüketimindeki değişkenliğin açıklanan kısmı %84'e ( $R^2=0.848$ ;  $P<0.01$ ) yükselmektedir. Analize üçüncü bir değişken olarak canlı yanıcı madde miktarı dahil edildiğinde ise (md 2c), değişkenliğin açıklanan kısmında %10'luk gibi önemli bir artış meydana gelerek değişkenliğin açıklanan kısmı %94'e ( $R^2=0.944$ ;  $P<0.01$ ) yükselmektedir. Yanıcı madde tüketiminin ölçülen değeri ile ölü örtü nem içeriği, kapalılık

ve canlı yanıcı madde miktarına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı Şekil 36'de verilmiştir.



Şekil 36. Yanıcı madde tüketiminin ölçülen değeri ile ölü örtü nemi, kapalılık ve canlı yanıcı madde miktarına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

Korelasyon analizi ile yangın şiddeti ile rüzgar ( $r = 0.955$ ;  $P < 0.01$ ) ve ölü örtü nem içeriği ( $r = 0.646$ ;  $P < 0.01$ ) arasında çok kuvvetli bir ilişki belirlenmiştir. Regresyon modellerinin yer aldığı Tablo 15'e bakıldığında rüzgarın tek başına yangın şiddetindeki değişkenliğin %91'ini yani, oldukça yüksek bir belirtme katsayısı ( $R^2 = 0.913$ ;  $P < 0.01$ ) ile, (md 3a) açıkladığı görülmektedir. Rüzgar ile birlikte analize ölü nem içeriği dahil edildiğinde değişkenliğin %95'lik ( $R^2 = 0.954$ ;  $P < 0.01$ ) kısmının açıklandığı (md 3b), analize üçüncü bir değişken olarak kapalılık girdiğinde yangın şiddetindeki değişkenliğin açıklanan kısmının %98 ( $R^2 = 0.978$ ;  $P < 0.01$ ) (md 3c) yükselmektedir (Şekil 37). Belirtilen bu değişkenlerin yanında toplam yanıcı madde miktarının da analize dahil edilmesi durumunda (md 3d) değişkenliğin açıklanan kısmında çok fazla bir değişikliğinin olmadığı ( $R^2 = 0.984$ ;  $P < 0.01$ ) görülmektedir.



Şekil 37. Yangın şiddetinin ölçülen değeri ile rüzgar, ölü örtü nemli ve kapalılığa bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki (a) ve hata terimleri dağılımı (b)

Yangın davranışının tahmin edilmesi için geliştirilen regresyon modelleri, 18 adet deneme yangınında elde edilen veriler üzerine kurulmuştur. Yanıcı madde özellikleri ve meteorolojik parametrelere bağlı olarak geliştirilen modeller Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. Yangın davranışı ile ilgili geliştirilen regresyon modelleri ve bu modellere ait belirte katsayıları ( $R^2$ ) ve standart hata (S.H.) değerleri

No	Modeller	$R^2$	S.H.
1a	$YO = 0.886 \cdot Rüzgar - 1.725$	0.753	1.808
1b	$YO = 0.808 \cdot Rüzgar + 8.713 \cdot Ölü \text{ ym miktarı} - 3.111$	0.769	1.803
2a	$YMT = -0.03 \cdot Ölü \text{ nem} + 2.539$	0.710	0.106
2b	$YMT = -0.03 \cdot Ölü \text{ nem} + 0.0068 \cdot Kapalılık + 1.781$	0.848	0.079
2c	$YMT = -0.03 \cdot Ölü \text{ nem} + 0.007 \cdot Kapalılık + 0.192 \cdot Canlı \text{ ym miktarı} + 1.736$	0.944	0.050
3a	$YŞ = 513.079 \cdot Rüzgar - 10.639$	0.913	564.569
3b	$YŞ = 505.109 \cdot Rüzgar - 82.604 \cdot Ölü \text{ nem} + 2125.996$	0.954	399.451
3c	$YŞ = 490.204 \cdot Rüzgar - 65.535 \cdot Ölü \text{ nem} + 26.949 \cdot Kapalılık - 371.196$	0.978	277.425
3d	$YŞ = 502.236 \cdot Rüzgar - 62.600 \cdot Ölü \text{ nem} + 24.894 \cdot Kapalılık + 530.511 \cdot Toplam - 1806.1$	0.984	235.207

### 2.2.3. Sonuç ve Öneriler

Karaçam genç yanıcı madde tipinde yangın davranışının belirlenmesi için yapılan bu çalışmada yanıcı madde özellikleri ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur.

Deneme yangınları sırasında ölçülen rüzgar değerleri ile yangın yayılma oranı arasında oldukça kuvvetli bir ilişki çıkmıştır. Buna göre yayılma oranını rüzgar hızına bağlı olarak tahmin etmek için regresyon modeli geliştirilmiştir. Modele ölü örtü miktarı dahil edildiğinde, yayılma oranını daha yüksek bir belirleme katsayısı ile tahmin eden başka bir model geliştirilmiştir. Rüzgar hızının belli bir düzeyin üzerine çıkması durumunda, yanıcı madde özelliklerindeki farklılıkların yangın davranışı üzerine olan etkilerini ortadan kaldırarak, özellikle yangın yayılma oranını belirleyen tek faktör durumuna geçtiği (NWCG, 1981; Öymen, 1986; Bilgili, 1991; Bilgili vd., 2002) bu çalışma sonucunda da kısmen ortaya konulmuştur. Yangın yayılma oranı üzerinde yanıcı maddenin diğer özelliklerinin de etkili olacağı beklenirken böyle bir sonuç ortaya çıkmamıştır. Bunun nedeni, yanıcı madde miktarı ve sürekliliğinin homojen olması olabilir. Özellikle canlı ve ölü yanıcı madde nem içeriğinin yangın davranışı üzerine etkili olacağı beklenmiştir. Deneme yangınların yapıldığı birkaç gün içinde ve birkaç ay öncesinde hava hallerinde çok önemli bir değişikliğin olmaması bunda etkili olmuştur. Ölü ve canlı yanıcı madde nem içeriklerinin yangın yayılma oranı üzerine olan etkisinin belirlenebilmesi için, yanıcı madde nem içeriklerindeki farklılıkların gözlenebileceği farklı meteorolojik koşulların etkili olduğu değişik dönemlerde bu tür çalışmalar yapılabilir.

Yanıcı madde tüketimi, yangınlarının önemli etkilerinden birisidir. Yangın sırasında açığa çıkan ısının kaynağı tüketilen yanıcı maddedir. Yangın sırasında ne kadar humus ve odunsu materyal tüketilmişse o kadar fazla enerji açığa çıkmaktadır. Bu sebeple, çalışmada yanıcı madde tüketimi ile yanıcı madde özellikleri arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır. Özellikle ölü örtü nem içeriği, kapalılık ve canlı yanıcı madde miktarının yanıcı madde tüketimi üzerinde oldukça belirleyici bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle ölü örtü nem içeriğinin yüksek ve kapalılığın daha düşük olduğu parsellerde tüketilen yanıcı madde miktarı daha az olmuştur. Yanıcı madde tüketimi ile ilgili deneysel olarak yapılan araştırmalarda (Beaufait vd., 1977; Chrosciewicz, 1978; Sandberg ve Ottomar, 1983; Brown vd.,1985) modelleme olmaksızın yanıcı madde neminin yanıcı madde tüketimi ile

ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada özellikle ölü yanıcı madde nem içeriğinin yanıcı madde tüketimi üzerine olan benzer bir etkisi ortaya konulmuştur.

Yangın şiddeti ile rüzgar ve yanıcı madde özelliklerinden ölü örtü nem içeriği, toplam yanıcı madde miktarı ve kapalılık arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Literatürde de belirtildiği gibi diğer faktörlerle birlikte rüzgarın yangın şiddeti üzerinde etkili faktör olduğu bu çalışma sonucunda da ortaya konulmuştur.

Bu çalışma düze yakın bir arazide gerçekleştirildiği için, eğimin yangın davranışı üzerine olan etkisi ortaya konulamamıştır. Eğimin yangın davranışı üzerine olan etkisi oldukça önemlidir. Yangın davranışında değişik yanıcı madde özellikleri ve hava hallerine bağlı olarak büyük farklılıklar olduğu gibi, farklı eğim durumlarında da aynı durum söz konusu olmaktadır. Rüzgarın olmadığı varsayıldığında yangının, dik ve eğimli arazide daha hızlı yayılacağından eğimin yangının yayılma oranı üzerine hem de alev uzunluğu üzerine doğrudan bir etkisi söz konusudur (Hirsch, 1996; Pyne vd., 1996; NWCG, 1981). Dolayısıyla, farklı eğimlerde çok değişik yanıcı madde ve meteorolojik koşulları içeren çalışmalar yapılmalıdır.

Orman yangınları ile mücadele çalışmalarında mevcut şartlar altında yangının nasıl bir davranış göstereceğinin tahmin edilememesi karşılaşılan en önemli problemlerden birisidir. Dolayısıyla, yangın davranışını karakterize eden yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi ve yangın şiddeti yangınlarla mücadele çalışmalarında karşımıza çıkan üzerinde durulması gereken önemli göstergelerdendir. Uygulayıcılar yangınlarla mücadelede, yangınları bir amenajman aracı olarak kullanma ve yangın öncesi planlamalarda sağlıklı kararlar verebilmek için, doğru ve zamanlı bilgilere ihtiyaç duyarlar. Bu çalışmada olduğu gibi bu çalışmaya benzer çalışmaların artmasıyla değişik şartlar altında yangın davranışının tahmin edilmesi mümkün olabilecek, elde edilecek sonuçlar, uygulayıcılara karar verme aşamasında büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

Bu çalışma belli yanıcı madde özellikleri ve topoğrafik özelliklere sahip bir alanda gerçekleştirildiği için, sonuçlar çalışmanın yapıldığı durumlarda geçerlidir. Dolayısıyla farklı yanıcı madde özellikleri ve çok farklı meteorolojik koşulların olduğu yerlerde benzer çalışmalar yapılarak hem modellerin hassasiyetleri hem de uygulama alanları genişletilebilir.

### 2.3. Yangın Davranışının Coğrafi Bilgi Sistemler Yardımıyla Uygulamaya Aktarılması: Kastamonu ve Korudağ Örneği

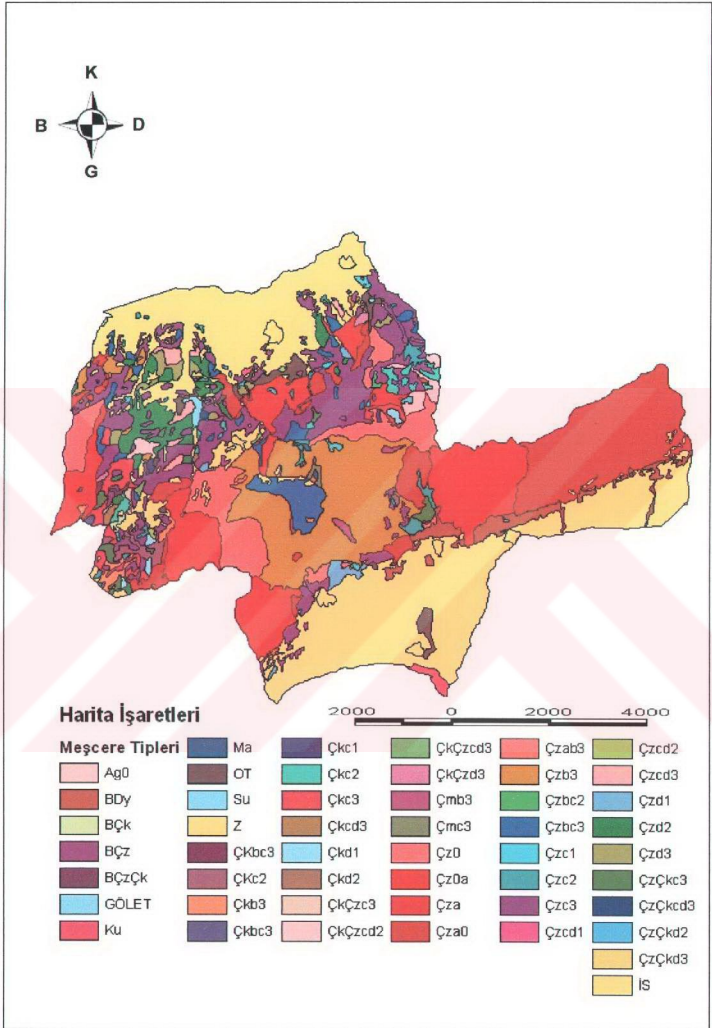
Yangın organizasyonlarının yangınlarla mücadeledeki başarısı, yapacakları yangın amenajmanı planlamalarında YTO sistemlerinin ve bu sistemlerin etkin bir şekilde çalışabilmesi için gelişmiş teknolojilerin kullanımına bağlıdır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) yangın amenajmanı içerisinde her türlü verilerin değerlendirilmesinde, planlama ve karar verme aşamasında fonksiyonu oldukça önemlidir. CBS, kısa sürede, hızlı ve etkili kararlar vermeye imkan tanımaktadır. CBS gibi teknolojik sistemlerin yangın amenajmanı içerisinde kullanımı ile, yangın organizasyonlarında yangınlarla mücadelede etkili kararlar verilip, gereksiz kaynak kullanımının önüne geçilebilecektir. Bu bölümde Kastamonu ve Korudağ uygulama alanlarında Kızılçam ve Karaçam için yangın davranış özelliklerinin ortaya konulmasında CBS kullanılmıştır.

Bu iki örnek çalışmayla önceki bölümlerde Kızılçam yanıcı madde miktarı ve yanıcı madde modeli için elde edilen veriler ile Karaçam genç yanıcı madde tipinde yanıcı madde miktarı ve yangın davranışı ile ilgili geliştirilen modellerin uygulamadaki sonuçları CBS ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunu gerçekleştirmek için değişik Kızılçam ve Karaçam meşcerelerinde farklı hava hallerinde yangın davranış özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek söz konusu yerlerde yangınlarla mücadele çalışmaları için alternatif çözümler önerilmiştir.

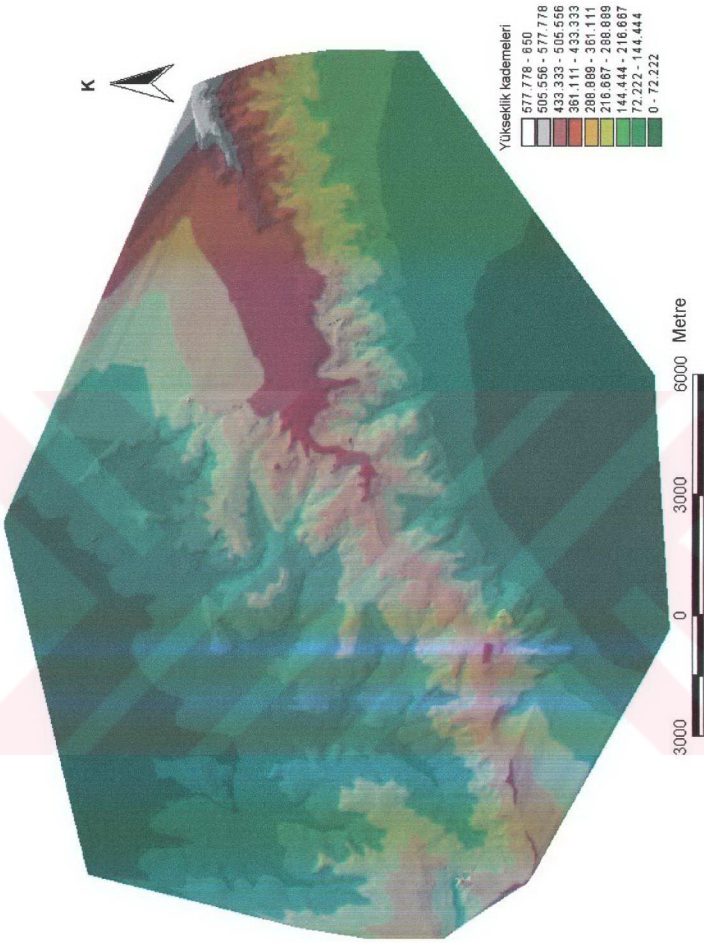
#### 2.3.1. Materyal ve Metod

Çalışma alanları Kızılçam için, Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü, Keşan Orman İşletme Müdürlüğü, Korudağ Orman İşletme Şefliği (Şekil 38, 39), Karaçam için Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Merkez Orman İşletme Müdürlüğü, Kastamonu Orman İşletme Şefliğidir (Şekil 40, 41). Korudağ Orman İşletme Şefliğinin toplam ormanlık alanı 12276 ha, Kastamonu Orman İşletme Şefliğinin toplam ormanlık alanı 16077 ha.'dır.

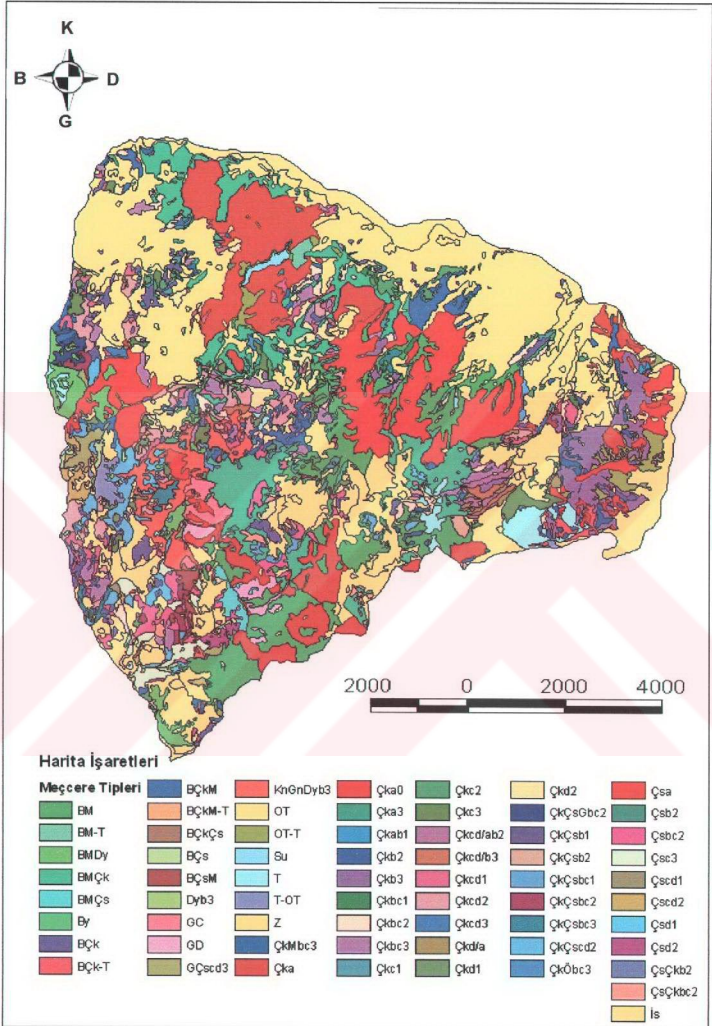




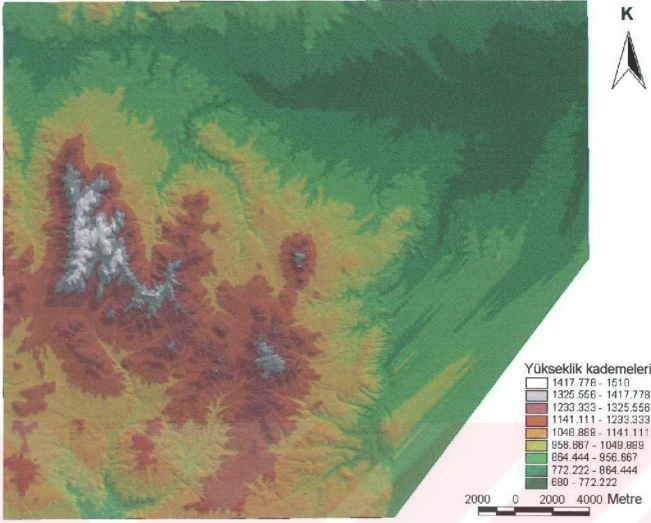
Şekil 38. Korudağ uygulama alanı meşcere tipleri haritası



Şekil 39. Korudağ uygulama alanının sayısal arazi modeli



Şekil 40. Kastamonu uygulama alanı meşçere tipleri haritası



Şekil 41. Kastamonu uygulama alanı sayısal arazi modeli

Bu iki örnek çalışmada Karaçam ve Kızılcım yanıcı madde tipinde yanıcı madde özellikleri ve hava hallerine bağılı olarak yangın davranış özelliklerinden yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi ve yangın şiddeti hesaplanmış, elde edilen değerler CBS yardımıyla sorgulanarak değerlendirilmiştir. Karaçam alanları ile ilgili yanıcı madde miktarı, yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi ve yangın şiddeti tahminleri ile Kızılcım alanları ile ilgili yanıcı madde miktarı tahminleri bundan önceki bölümlerde geliştirilen modeller kullanılarak yapılmıştır. Maki alanları ile ilgili yanıcı madde miktarı ve yangın davranış verileri bu konuda daha önce yapılmış bir çalışmadan (Sağlam, 2002) elde edilmiştir. Bunların dışındaki meşcere tiplerindeki yanıcı madde özelliklerinin belirlenmesinde daha önce yapılmış çalışmalardan (Erkan, 1996; Alemdağ, 1962; Yeşil, 1992) yararlanılmıştır. Bu meşcereler için tepe boyu, tepe altı yüksekliği, tepe hacmi indeksi, tepe yanıcı madde miktarı, yüzey yanıcı madde miktarı ve ölü örtü miktarının hesaplanmasında Bilgili (1994, 1995b ve 1998b)'nin geliştirdiği modeller kullanılmıştır.

Yangın davranış özelliklerinin belirlenmesi için kullanılacak meteorolojik veriler Başlangıç Yayılma İndeksine (BYİ), yanıcı madde nem içerikleri Birikmiş Yanıcı Madde İndeksine dönüştürülmüş, BYİ ve BYMİ değerleri Kanada Yangın Tehlike Oranları sistemi kullanılarak hesaplatılmıştır (Enviroment Canada, 1984; Forestry Canada, 1989; Forestry Canada 1992). Kanada Yangın Tehlike Oranları Sisteminin yapısının daha basit ve ülkemiz şartlarına uyarlanmasının daha kolay olması tercih nedeni olmuştur. Kızılcım ve Karaçamda üç farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yangın davranış özellikleri hesaplatılmış, CBS kullanılarak bunlara ait yangın davranış haritaları oluşturulmuştur. Yangın davranış haritalarının oluşturulmasında meşcere tipleri, yanıcı madde özelliklerinin genel olarak (boy, yaş, tepe altı yüksekliği, göğüs yüksekliği çapı) sınıflandırıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırması ve meşcere tiplerinin gelişme çağları ve kapalılıklarına göre sınıflandırıldığı (Durmaz, 2004) üç ayrı sınıflandırma sistemi kullanılmıştır. Böylece, kullanılan bu sınıflandırma sistemlerinin yangın davranış özellikleri açısından arasındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya konularak değerlendirmeler yapılmıştır.

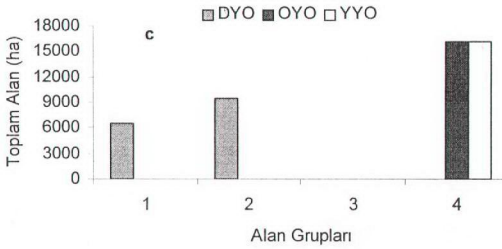
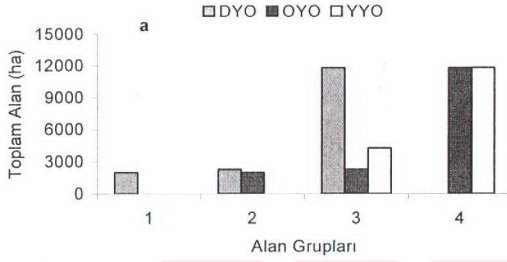
Korudağ ve Kastamonu uygulama alanlarında üç ayrı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre, rüzgar dışındaki diğer bütün özellikler sabit kabul edilerek yayılma oranı haritaları oluşturulmuştur. Yayılma oranı haritaları oluşturulurken düşük (10 km/s), orta (20 km/s) ve yüksek (30 km/s) olmak üzere üç değişik rüzgar durumu dikkate alınmıştır. Bu rüzgar değerlerine göre hesaplanan yayılma oranı değerleri kendi içerisinde

4 ayrı (0-3, 3.1-7, 7.1-15 ve 15 m/dk>) gruba ayrılarak sınıflandırılmıştır. Aynı şekilde yanıcı madde tüketimi hesaplamaları da yayılma oranı haritalarının oluşturulmasında yapıldığı gibi, diğer bütün özellikler sabit kalmak koşuluyla düşük (%20), orta (%30) ve yüksek (%50) olmak üzere üç farklı nem durumuna göre yapılmıştır. Bu şekilde hesaplanan yanıcı madde tüketimi değerleri kendi içerisinde 5 gruba (0-0.3, 0.31-0.6, 0.61-1.5, 1.51-2.5 ve 2.5 kg/m<sup>2</sup>>) ayrılarak sınıflandırılmıştır. Yangın şiddeti hesaplamalarında ise üç farklı şekilde hesaplanan tüketilen yanıcı madde ve yayılma oranı değerleri kullanılmıştır. Hesaplanan yangın şiddeti değerleri kendi içerisinde 4 gruba (0-1000, 1001-2000, 2001-4000 ve 4000 kW/m>) ayrılarak sınıflandırılmıştır.

Elde edilen veriler söz konusu alanlara ait hazırlanmış olan sayısal haritalara (Yomraloğlu vd., 2002) veri tabanı olarak girilmiştir. Veri tabanının oluşturulmasında ve sorgulamaların yapılarak sonuçların sunumu için Arc/Info<sup>TM</sup> ve Arc/View<sup>TM</sup> CBS (ESRI, 1993; ESRI, 1996) katmanları kullanılmıştır. Arc/Info ile uygulama alanlarının eğim haritası katmanları oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni katmanın öznelik veri tablosunda yüzde eğimler kendi içerisinde 6 gruba (0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-35, 35>) ayrılmış ve bu gruplara göre belirlenen eğim faktörü (Van Wagner, 1977b; Hirsch, 1996) yeni bir alan olarak eklenerek bu alanlar eğim gruplarına göre ayrılmıştır. Oluşturulan eğim haritası ile meşcere tipleri haritası karşılaştırılarak her meşcerenin eğim grubu ve ona bağlı olarak eğim faktörü hesaplatılmıştır. Buna bağlı olarak da yayılma oranı, yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketiminin düşük, orta ve yüksek değerleri hesaplatılarak bunlara ait yeni katmanlar oluşturulmuştur. Bu katmanlarla mevcut her türlü yol, yangın emniyet yolu ve yangın emniyet şeritlerinin bulunduğu katman karşılaştırılarak birleştirilmiştir. Daha sonra bu katmanlar yangınlarla mücadele çalışmalarında alternatif yöntemlerin belirlenmesi için kullanılmıştır. Yangın davranış özelliklerine ait haritalardan yayılma oranı ve yanıcı madde tüketimini içine alan yangın şiddeti haritaları örnek olarak gösterilmiştir.

### 2.3.2. Bulgular

Korudağ ve Kastamonu için oluşturulan veri tabanı kullanılarak CBS'nin sorgulama ve analiz fonksiyonları ile yangın davranış özellikleri (yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi, yangın şiddeti) düşük, orta ve yüksek değerlere göre belirlenmiştir. Yangın davranış özelliklerinin uygulama alanlarındaki şiddet sınıflarına göre alan dağılımları ortaya konulmuştur (Şekil 42).



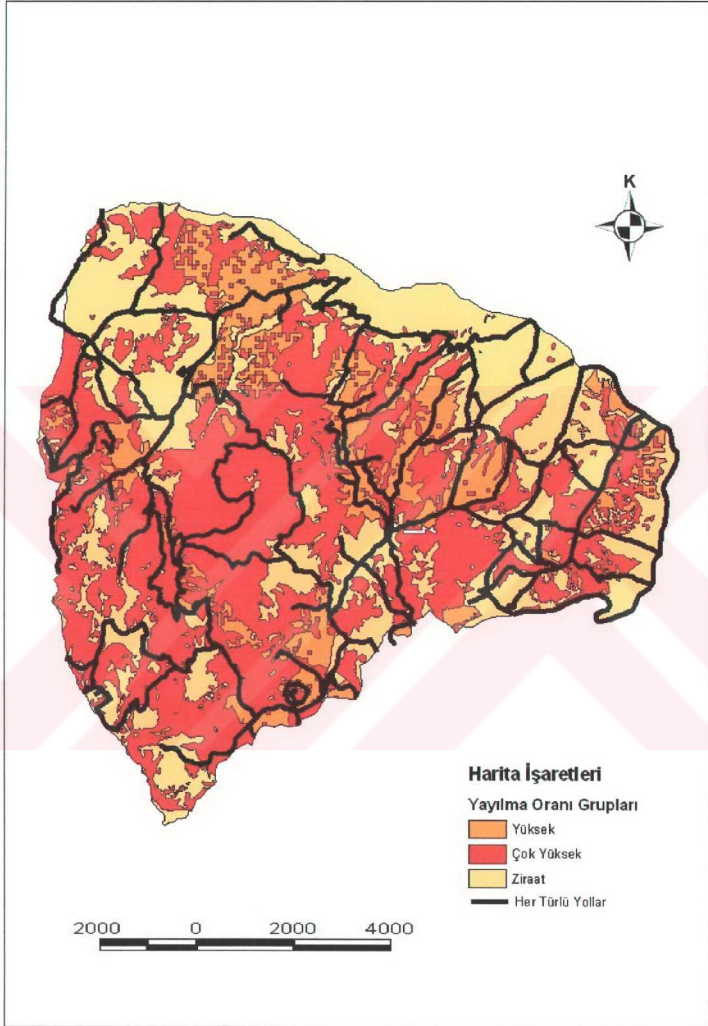
Şekil 42. Kastamonu uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yayılma oranının şiddet sınıflarına göre alan dağılımları (a: meşcere tipleri, b: kapalılık ve gelişme çağları, c: meşcere genel özelliklerine göre yapılan sınıflandırma)

Yangın davranış özelliklerinden biri olan ve müdahale hattının oluşturulmasında karar vermek için kullanılan yangın yayılma oranı, yanıcı madde tiplerinin üç farklı şekilde sınıflandırıldığı durumlarda ortaya konulmuştur. Yanıcı madde tiplerinin meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yapıldığı sınıflandırmada (Şekil 42a), Kastamonu uygulama alanında düşük rüzgar hızına göre hesaplanan Düşük Yayılma Oranı (DYO), toplam ormanlık alanın 4259 ha (%26)'ında düşük ve orta seviyede gerçekleşirken, 11796 ha (%73)'ında yüksek seviyede çıkmıştır. Meşcere tiplerini esas alan yanıcı madde sınıflandırmasına göre uygulama alanındaki DYO değerleri ve şiddet sınıflarına göre alan dağılımları (Şekil 42b) meşcere kapalılığı ve gelişme çağını dikkate alan sınıflandırmada ortaya çıkan değerlerle aynı çıkmıştır. Yanıcı madde tiplerini yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı sınıflandırmada ise, DYO değerleri uygulama alanının 6546 ha (%40)'ında düşük, 9519 ha (%59)'ında orta seviyede çıkmıştır. Bu sınıflandırmaya göre uygulama alanında DYO'nunda yüksek ve çok yüksek seviyede yayılma oranı değerleri bulunmamaktadır (Şekil 42c).

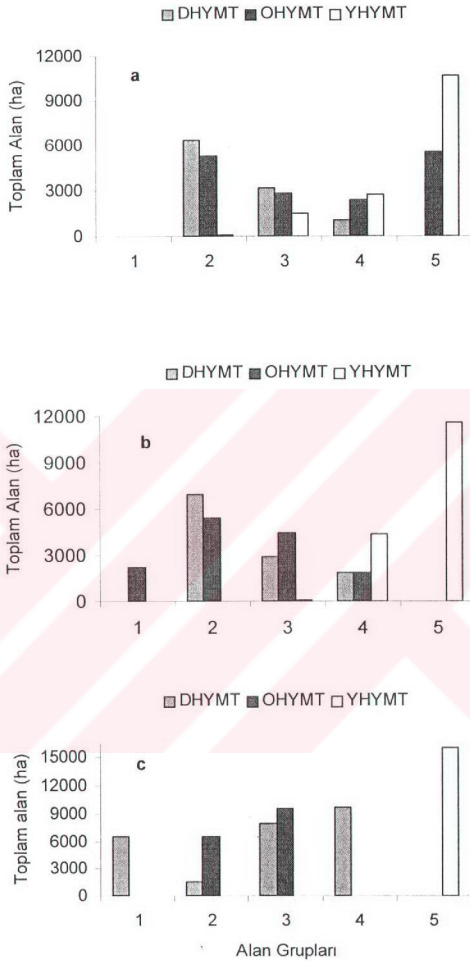
Orta rüzgar hızına göre hesaplanan Orta Yayılma Oranı (OYO), yanıcı madde tiplerinin meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yapıldığı sınıflandırmada (Şekil 40a), uygulama alanında orta rüzgar hızına göre hesaplanan (OYO), toplam ormanlık alanın 1990 ha (%12)'ında orta seviyede gerçekleşirken, 2269 ha (%14)'ında yüksek seviyede, 11796 ha (%73)'ında çok yüksek seviyede çıkmıştır. Meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmaya göre de orta rüzgar hızında uygulama alanındaki OYO değerleri meşcere kapalılığı ve gelişme çağını dikkate alan sınıflandırmada ortaya çıkan değerlerle aynı çıkmıştır (Şekil 42a-b). Yanıcı madde özelliklerinin genel özelliklerine göre yapılan sınıflandırmaya göre ise, orta rüzgar hızında uygulama alanında düşük, orta ve yüksek yayılma oranı değerleri bulunmamaktadır.

Yüksek rüzgar hızına göre hesaplanan Yüksek Yayılma Oranı (YYO), yanıcı madde tiplerinin meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarını ile meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmada (Şekil 42) uygulama alanında toplam ormanlık alanın 11796 ha (%73)'ında çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 42a, Şekil 42b). Yanıcı madde özelliklerinin genel özelliklerine göre yapılan sınıflandırmaya göre ise, uygulama alanının 15001 ha (%93)'ın çok yüksek yayılma oranı değerlerinin yer aldığı grupta bulunmamaktadır (Şekil 42c). Kastamonu uygulama alanında yüksek yayılma oranı değerlerinin uygulama alanındaki dağılımı Şekil 43'de görülmektedir.





Şekil 43. Yüksek yayılma oranı değerlerinin uygulama alanındaki dağılımı (Kastamonu)



Şekil 44. Kastamonu uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yanıcı madde tüketiminin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları

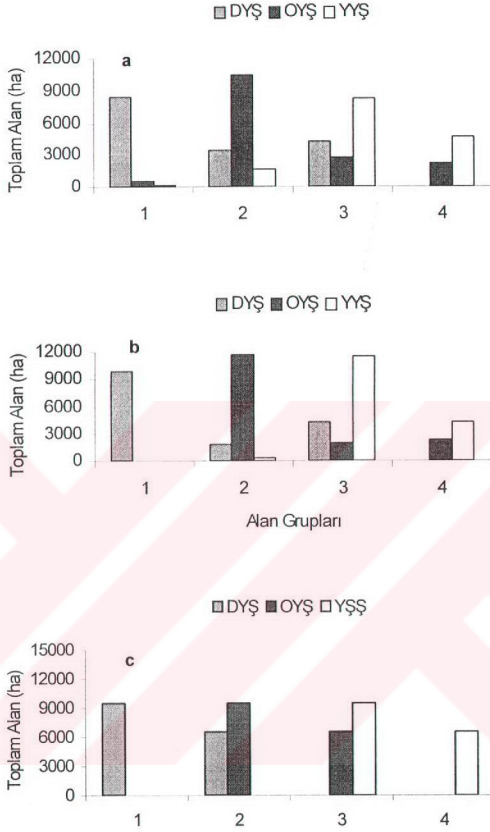
Yangının ekolojik etkilerinin ortaya konulmasında önemli bir yere sahip olan humus yanıcı madde tüketimi uygulama alanında yayılma oranında olduğu gibi üç farklı yanıcı

madde tipleri sınıflandırma yöntemi kullanılarak üç farklı nem durumuna göre ortaya konulmuştur (Şekil 44). Meşcere tiplerine göre yapılan sınıflandırmada Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) toplam ormanlık alanın 6355 ha (%39)'ında düşük seviyede, 4090 ha (%27)'inde orta seviyede olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT) ise, 5331 ha (%33)'ında düşük, 5196 ha (%32)'inde orta, 5515 ha (%34)'ında yüksek alan grubu içerisinde gerçekleşmiştir. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) ise, uygulama alanının 4244 ha (%26)'ında orta, 10716 ha (%66)'ında yüksek seviyede olmuştur (Şekil 44a).

Yanıcı madde tiplerinin meşcere kapallığı ve gelişme çağlarını ile meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmada uygulama alanında toplam ormanlık alanın, Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) toplam ormanlık alanın 6938 ha (%43)'ında düşük seviyede, 4786 ha (%29)'ında orta seviyede olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT) ise, 7682 ha (%42)'inde düşük, 6346 ha (%39)'ında orta seviyede gerçekleşmiştir. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) ise, uygulama alanının 4410 ha (%27)'inde orta, 11606 ha (%72)'inde yüksek seviyede olmuştur (Şekil 44b).

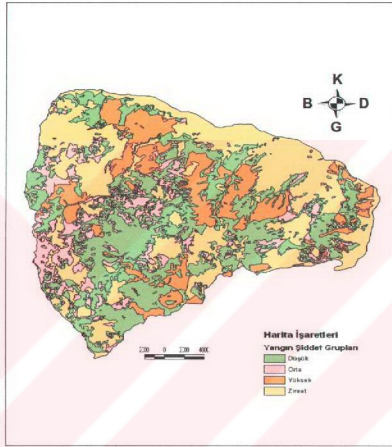
Yanıcı madde tiplerini yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı sınıflandırmada ise, Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) toplam ormanlık alanın 8102 ha (%50)'ında düşük seviyede, 7945 ha (%49)'ında orta seviyede olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT) ise, 6546 ha (%40)'ında düşük, 9519 ha (%59)'ında orta alan grubu içerisinde gerçekleşmiştir. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) ise, uygulama alanının 15075 ha (%93)'ında yüksek seviyede olmuştur (Şekil 44c).

Yangın şiddeti hesaplamaları, yayılma oranı ve yanıcı madde tüketimine bağlı olarak üç farklı şekilde ve üç farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırma sistemine göre yapılmıştır (Şekil 45). Uygulama alanındaki düşük orta ve yüksek düzeydeki yangın şiddeti alan gruplarına ait haritalar ve şekiller gösterilmiştir.

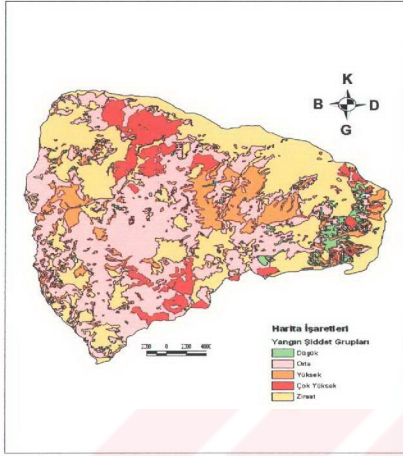


Şekil 45. Kastamonu uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yangın şiddetinin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları

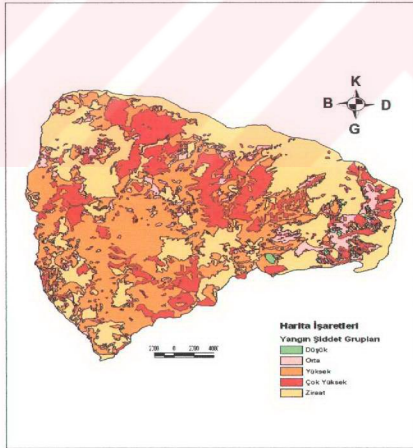
Meşcere tiplerine göre yapılan sınıflandırmada Düşük Yangın Şiddeti (DYŞ), uygulama alanının 8438 ha (%52)'nda düşük seviyede, 3416 ha (%21)'nda orta seviyede, 4224 ha (%26)'nda yüksek seviyede olmuştur. Orta Yangın Şiddeti (OYŞ) ise, 10534 ha (%64)'nda orta seviyede, 4497 ha (%37)'nda yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır. Yüksek Yangın Şiddeti (YYŞ) ise, toplam ormanlık alanın 1643 ha (%10)'nda orta, 13068 ha (%81)'nda yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 45a, Şekil 46,47,48).



Şekil 46. Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı

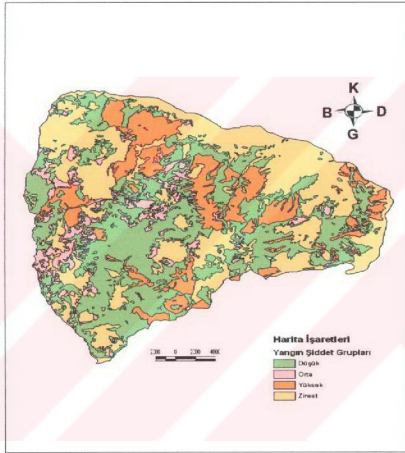


Şekil 47. Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı

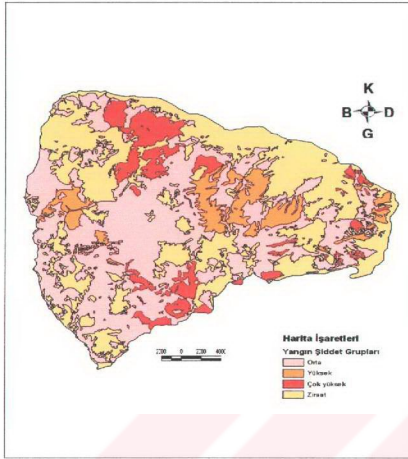


Şekil 48. Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı

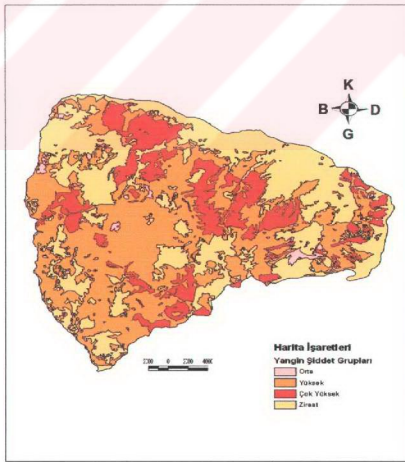
Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarını esas alan yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre, Düşük Yangın Şiddeti (DYŞ), uygulama alanının 9928 ha (%61)'ında düşük seviyede, 1889 ha (%11)'ında orta seviyede, 4250 ha (%26)'ında yüksek seviyede olmuştur. Orta Yangın Şiddeti (OYŞ) ise, 11736 ha (%72)'ında orta seviyede, 4259 ha (%26)'ında yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır. Yüksek Yangın Şiddeti (YYŞ) ise, toplam ormanlık alanın 1643 ha (%10)'ında orta, 15477 ha (%97)'ında yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 45b, Şekil 49,50,51).



Şekil 49. Meşcere gelişme çağları ve kapalılığa göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı



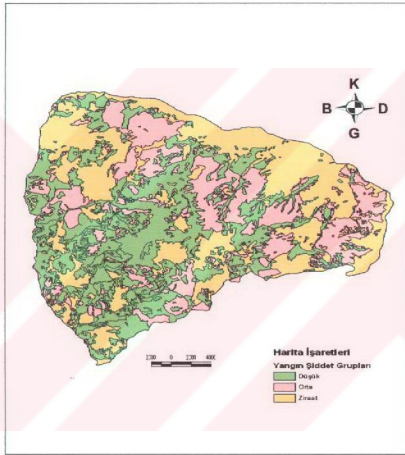
Şekil 50. Meşcere gelişme çağı ve kapalılığa göre yangıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı



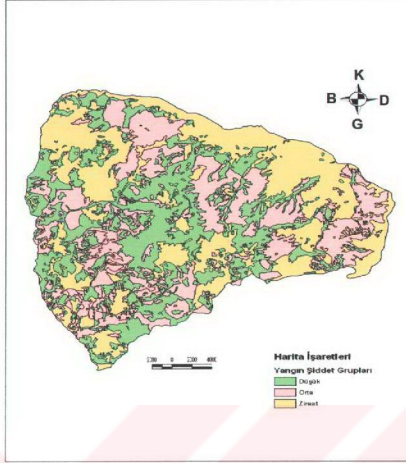
Şekil 51. Meşcere gelişme çağı ve kapalılığa göre yangıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı



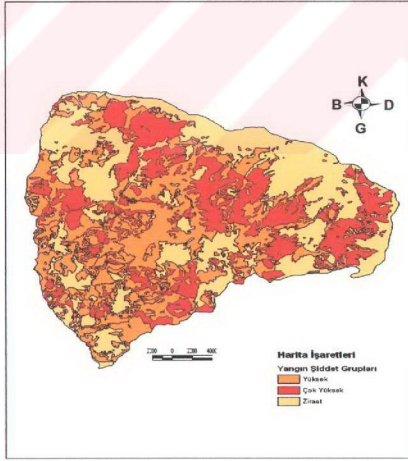
Yanıcı madde tiplerini yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı sınıflandırmada ise, Yanıcı madde tiplerinin meşcere kapallığı ve gelişme çağlarını ile meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmada, Düşük Yangın Şiddeti (DYŞ), uygulama alanının 9504 ha (%59)'ında düşük seviyede, 6546 ha (%40)'ında orta seviyede seviyede olmuştur. Orta Yangın Şiddeti (OYŞ) ise, uygulama alanının 9504 ha (%59)'ında orta seviyede, 6546 ha (%40)'ında yüksek seviyede çıkmıştır. Yüksek Yangın Şiddeti (YYŞ) ise, toplam ormanlık alanın 9504 ha (%59)'ında yüksek, 6546 ha (%40)'ında çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 45c, Şekil 52,53,54).



Şekil 52. Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı



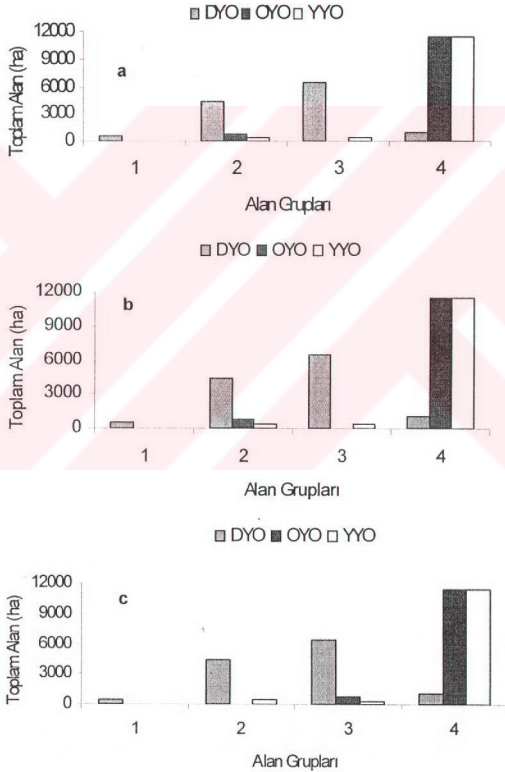
Şekil 53. Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı



Şekil 54. Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı

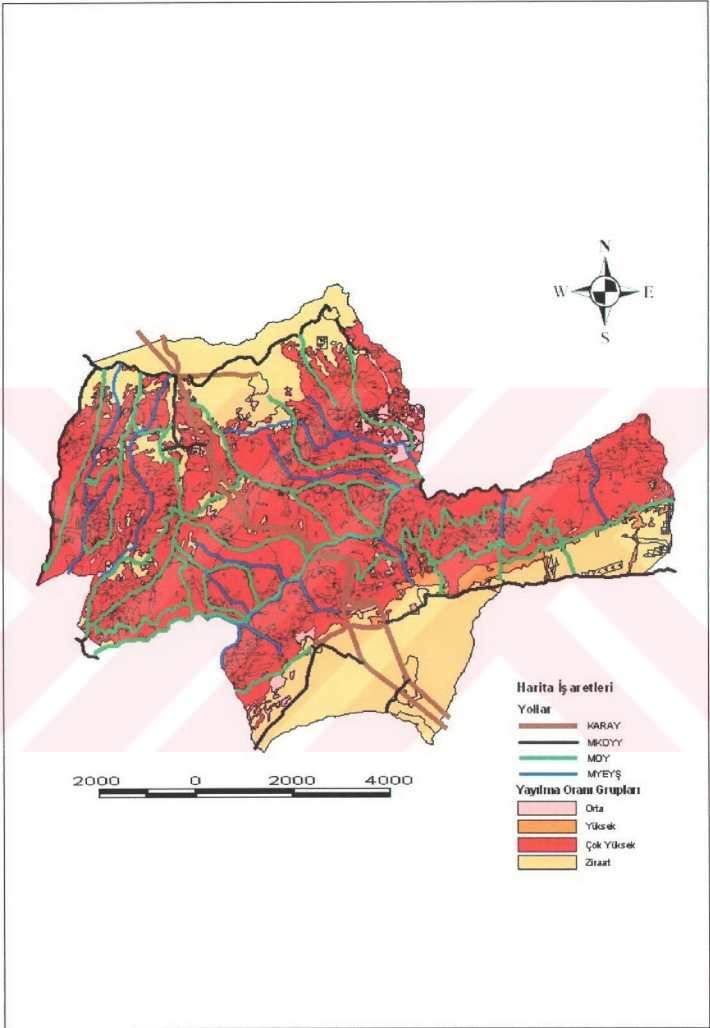
Şekillerden de görüldüğü gibi yangın şiddeti sınıfı yükseldikçe düşük yangın şiddeti grubundaki alanlar dahi yüksek ve çok yüksek yangın şiddeti gözlenmekte, sonuçta uygulama alanının önemli bir kısmında yüksek yangın şiddeti ortaya çıkmaktadır.

Keşan Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Korudağ uygulama alanında Kastamonu uygulama alanında yapılan işlemler aynı şekilde yapılmıştır. Yangın yayılma oranı, yanıcı madde tiplerinin üç farklı şekilde sınıflandırıldığı durumlarda hesaplanmıştır (Şekil 55,57,58).

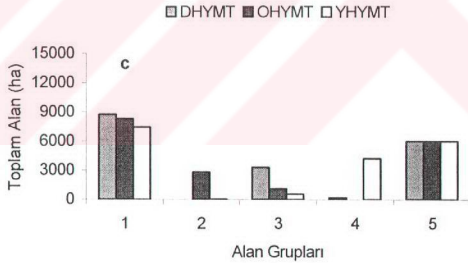
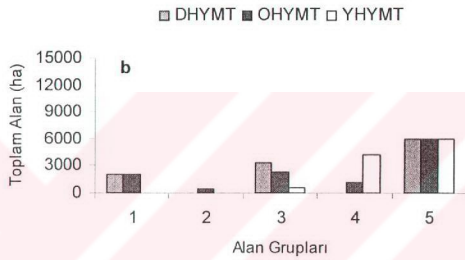
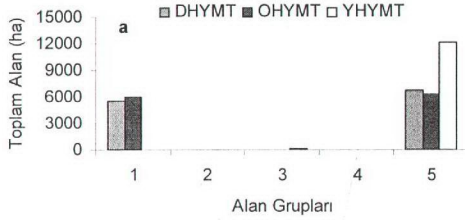


Şekil 55. Korudağ uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırılmasına göre yayılma oranının şiddet sınıflarına göre alan dağılımları

Meşçere tiplerini esas alan yanıcı madde sınıflandırma (Şekil 55a), Korudağ uygulama alanında düşük rüzgar hızına göre hesaplanan Düşük Yayılma Oranı (DYO), toplam ormanlık alanın 4800 ha (%39)'ında düşük ve orta seviyede gerçekleşirken, 6254 ha (%52)'ında yüksek seviyede, 1018 ha (%8)'ında çok yüksek seviyedeki alan grubunda yer almıştır (Şekil 55). Uygulama alanındaki hesaplanan bu DYO değerleri, meşçere kapalılığı ve gelişme çağını dikkate alan sınıflandırmada ve yanıcı madde tiplerini yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı sınıflandırmada ortaya çıkan değerlerle aynı çıkmıştır. (Şekil 55b). Orta rüzgar hızına göre hesaplanan Orta Yayılma Oranı (OYO), meşçere tiplerini esas alarak yapılan sınıflandırmada (Şekil 55a), uygulama alanında orta rüzgar hızına göre hesaplanan (OYO), toplam ormanlık alanın 827 ha (%6)'ında orta seviyede gerçekleşirken, 11446 ha (%93)'ında çok yüksek seviyede çıkmıştır. Bu değerler diğer iki sınıflandırma için yapılan hesaplamalarda da aynı çıkmıştır. Yüksek rüzgar hızına göre meşçere tipleri sınıflandırması kullanılarak hesaplanan Yüksek Yayılma Oranı (YYO), uygulama alanında toplam ormanlık alanın 458 ha (%3)'ında orta seviyede gerçekleşirken uygulama alanının 11816 ha (%96)'ı yüksek ve çok yüksek yayılma oranı değerlerinin yer aldığı grupta yer almakta olup bu değerler diğer iki sınıflandırmaya göre yapılan hesaplamalar ile aynı çıkmıştır (Şekil 55c). Meşçere tiplerini esas alan sınıflandırmaya göre hesaplanan yüksek yayılma oranı değerlerinin Korudağ uygulama alanındaki dağılımı Şekil 56'da görülmektedir.



Şekil 56. Yüksek yayılma oranı değerlerinin uygulama alanındaki dağılımı



Şekil 57. Korudağ uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yanıcı madde tüketiminin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları

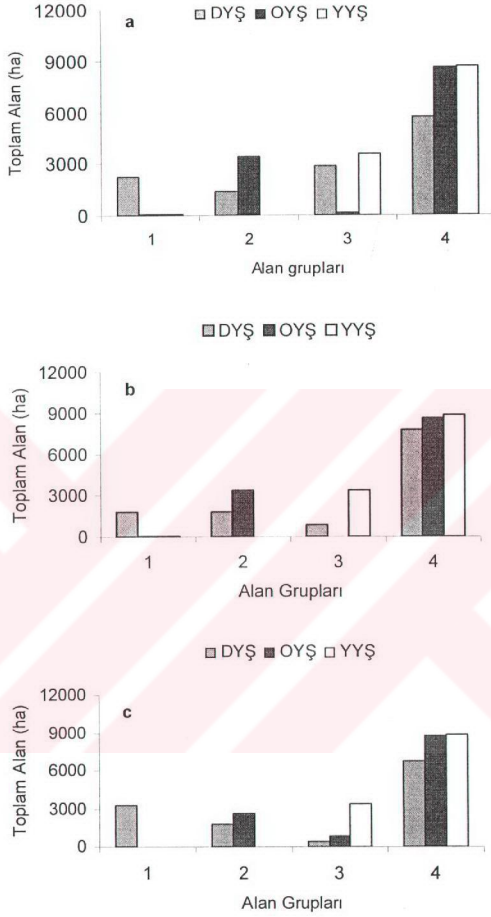
Humus yanıcı madde tüketimi uygulama alanında üç farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırma yöntemi kullanılarak üç farklı nem durumuna göre ortaya konulmuştur (Şekil 57). Meşcere tiplerine göre yapılan sınıflandırmada Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) toplam ormanlık alanın 5583 ha (%45)'inde düşük seviyede, 6676 ha (%54)'inde yüksek seviyede olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT)

ise, uygulama alanının 6026 ha (%49)'ında düşük, 6233 ha (%50)'ında yüksek alan grubu içerisinde gerçekleşmiştir. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) ise, uygulama alanının 12143 ha (%98)'ında yüksek seviyede olmuştur (Şekil 57a).

Yanıcı madde tiplerinin meşcere kapallığı ve gelişme çağlarını ile meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmada, Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) toplam ormanlık alanın 2087 ha (%17)'ında düşük seviyede, 3289 ha (%26)'ında orta seviyede, 6030 ha (%49)'ı yüksek seviyedeki alan grubunda yer almıştır olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT) ise, 2087 ha (%17)'ı düşük, 3495 ha (%28)'ında orta, 6030 ha (%49)'ı yüksek alan grubu içerisinde yer almıştır. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) ise, uygulama alanının 4783 ha (%38)'ında orta, 6013 ha (%48)'ı yüksek seviyedeki alan gurubunda yer almıştır. seviyede olmuştur (Şekil 57b).

Yanıcı madde tiplerinin yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı sınıflandırmada ise, uygulama alanında toplam ormanlık alanın, Düşük Humus Yanıcı Madde Tüketimi (DHYMT) toplam ormanlık alanın 8763 ha (%71)'ında düşük seviyede, 3512 ha (%28)'ında orta seviyede olmuştur. Orta Humus Yanıcı Madde Tüketimi (OHYMT) ise, 11147 ha (%90)'ında düşük, 1130 ha (%9)'ında orta seviyede gerçekleşmiştir. Yüksek Humus Yanıcı Madde Tüketimi (YHYMT) ise, uygulama alanının 4785 ha (%38)'ında orta, 6014 ha (%48)'ında yüksek seviyede olmuştur (Şekil 57c).

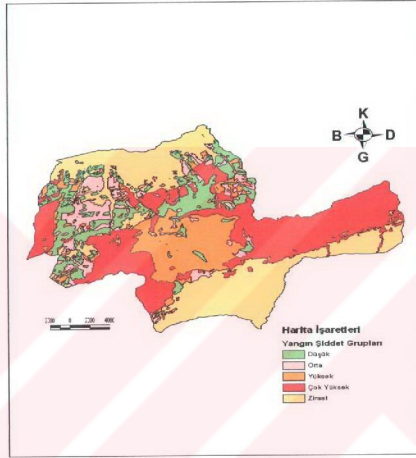
Yangın şiddeti hesaplamaları Korudağ uygulama alanı için de, yayılma oranı ve yanıcı madde tüketimine bağlı olarak üç farklı şekilde ve üç farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırma sistemine göre yapılmıştır. Uygulama alanındaki düşük orta ve yüksek düzeydeki yangın şiddeti alan grupları Şekil 58 ve bunlara ilişkin yangın şiddeti haritaları Şekil 59, 60, 61'de verilmiştir.



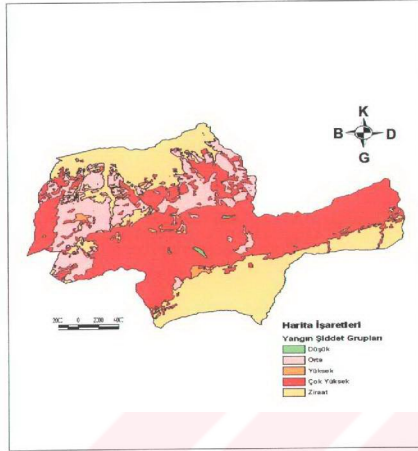
Şekil 58. Korudağ uygulama alanındaki farklı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre yangın şiddetinin şiddet sınıflarına göre alan dağılımları



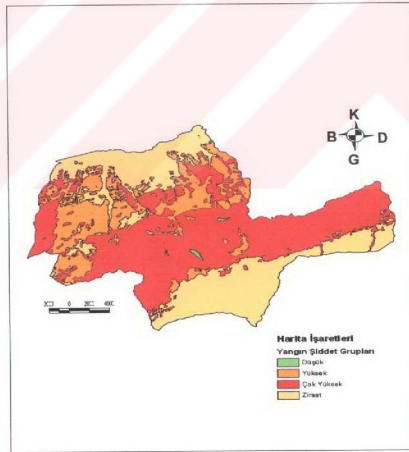
Meşcere tiplerine göre yapılan sınıflandırmada Düşük Yangın Şiddeti (DYS), uygulama alanının 2235 ha (%18)'inde düşük seviyede, 1381 ha (%11)'inde orta seviyede, 2898 ha (%23)'inde yüksek, 5745 ha (%46)'inde çok yüksek seviyede olmuştur. Orta Yangın Şiddeti (OYŞ) ise, 3441 ha (%28)'inde orta seviyede, 8796 ha (%71)'inde yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır. Yüksek Yangın Şiddeti (YYŞ) ise, toplam ormanlık alanın tamamında yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 58a ve Şekil 59,60,61).



Şekil 59. Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı

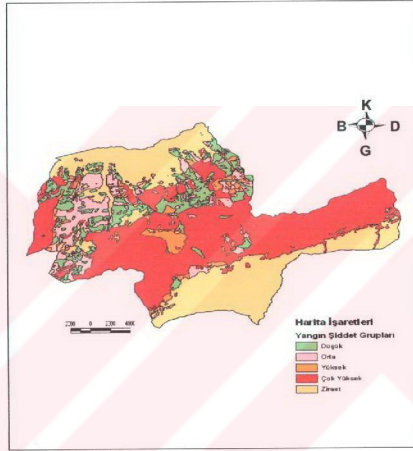


Şekil 60. Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı

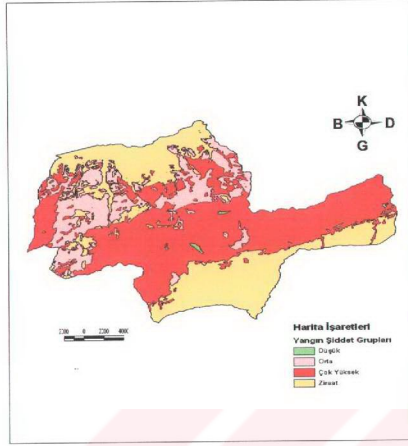


Şekil 61. Meşcere tiplerine göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı

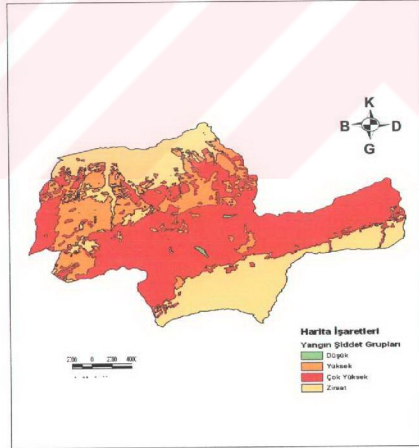
Yanıcı madde tiplerinin meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmada, Düşük Yangın Şiddeti (DYS), uygulama alanının 1806 ha (%14)'ü düşük, 1809 ha (%14)'ü orta, 8642 ha (%70)'ü yüksek ve çok yüksek alan grubu içerisinde yer almıştır. Orta Yangın Şiddeti (OYS) ise, 3374 ha (%27)'ü orta, 8623 ha (%70)'ü çok yüksek alan grubunda yer almıştır. Yüksek Yangın Şiddeti (YYS) ise, ormanlık alanın tamamı yüksek ve çok yüksek yüksek ve çok yüksek seviyedeki yangın şiddeti alan grubunda yer almıştır (Şekil 58b ve Şekil 62,63,64).



Şekil 62. Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı

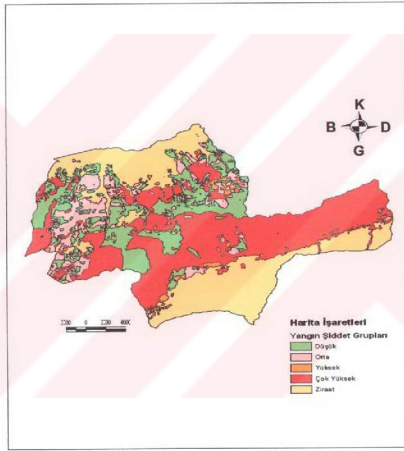


Şekil 63. Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı

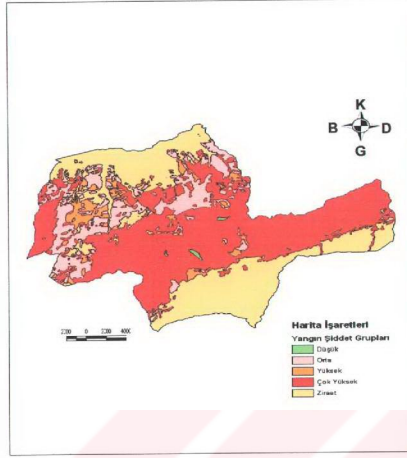


Şekil 64. Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarına göre yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı

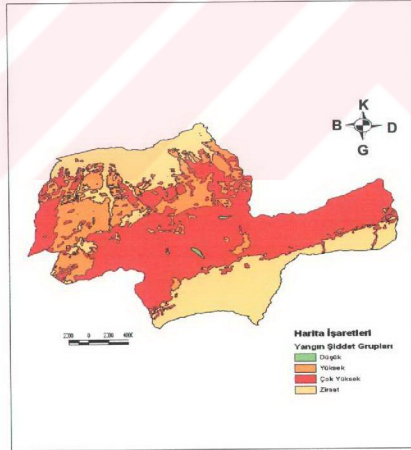
Yanıcı madde tiplerini yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı sınıflandırmada ise, Yanıcı madde tiplerinin meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarını ile meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmada, Düşük Yangın Şiddeti (DYS), uygulama alanının 3261 ha (%2)'nda düşük seviyede, 1827 ha (%40)'nda orta seviyede 7171 ha (%71)'nda yüksek ve çok yüksek seviyede olmuştur. Orta Yangın Şiddeti (OYS) ise, uygulama alanının 2657 ha (%21)'nda orta seviyede, 9580 ha (%78)'nda yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır. Yüksek Yangın Şiddeti (YYS), bu sınıflandırmaya göre de toplam ormanlık alanın tamamında yüksek ve çok yüksek seviyede çıkmıştır (Şekil 58c ve Şekil 65,66,67).



Şekil 65. Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında düşük yangın şiddetinin alandaki dağılımı



Şekil 66. Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında orta yangın şiddetinin alandaki dağılımı



Şekil 67. Yanıcı maddelerin genel özelliklerine göre yapıldığı yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında yüksek yangın şiddetinin alandaki dağılımı

### 2.3.3. Sonuç ve Öneriler

Bu bölümde Kızılcıam ve Karaçamda üç farklı şekilde sınıflandırılan yanıcı madde tiplerinin değişik şartlar altındaki yangın davranış özellikleri coğrafi bilgi sistemleri ile ortaya konularak değerlendirilmiştir.

Kastamonu uygulama alanında meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmaya göre yayılma oranı rüzgar hızındaki artışa paralel olarak artış göstermiştir. Yayılma oranı düşük rüzgar hızında (10 km/s) uygulama alanının %26'sında düşük değerde gerçekleşirken, rüzgar hızının 30 km/s olması durumunda %73'ünde yüksek değerde gerçekleşmiştir. Bu alanlar incelendiğinde, düşük rüzgar hızında bile genç meşcerelerin bir kısmının düşük yayılma oranına sahip alanlarda yer aldığı, ancak rüzgar hızındaki artışla, genç meşcerelerle birlikte kapalılığı bozuk olan meşcerelerde yüksek yayılma oranı alan grubu içerisinde yer almıştır. Meşcere kapalılıkları ve gelişme çağlarını esas alan yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında da aynı durum görülmüştür. Meşcerelerin genel özelliklerini dikkate alarak yapılan sınıflandırmaya göre ise, düşük rüzgar hızında alanın %40'ı düşük yayılma oranı alan grubunda yüksek rüzgar hızında ise, %93'ü ise yüksek yayılma oranı alan grubunda olmuştur. Yanıcı madde tiplerinin sınıflandırmasından kaynaklanan farklılıklar yayılma oranına önemli ölçüde yansımıştır. Bu durum ise, meşcere özelliklerinin çok farklılık gösterdiği bu tür alanlarda daha detaylı sınıflandırmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Yayılma oranı değerleri göz önünde bulundurularak her türlü yol, yangın emniyet yol ve şeritleri dikkate alınarak çıkacak olan bir yangına en kısa sürede ve en uygun olan yerde müdahale edilebileceğine doğru ve hızlı bir şekilde karar verilebilir. Bu şekilde ekiplerin yangına ulaşma zamanı ve yangın yayılma oranları karşılaştırılarak yangınların söndürülmesinde çok önemli olan ilk müdahale yerleri doğru olarak belirlenebilir. Böylece, müdahale için geç kalınacak gereksiz alanlara ekiplerin sevk edilmesi önlenmiş olacaktır.

Yanıcı madde tüketiminin hesaplanması ile yangının ekolojik etkilerini değerlendirebilmek mümkündür. Yanıcı madde tüketiminin fazla olduğu alanlarda yangının vejetasyona ve toprağa olan etkisi yüksek olacaktır. Bu tür alanlarda, yangından sonra kısa süre içerisinde ağaçlandırma çalışmalarına başlanmadığı takdirde yabanlaşma alabilir. Humus yanıcı madde tüketimi için uygulama alanında elde edilen verilerden meşcere tiplerini ve meşcere kapalılığı ile gelişme çağlarını esas alan sınıflandırmada

benzer çıkarken, genel sınıflandırmada farklılıklar görülmüştür. Bu ise farklı özelliklere sahip yanıcı madde tiplerinde humus miktarının farklı olmasından kaynaklanmıştır. Bu farklılık, yanıcı madde tiplerini genel özelliklere bağlı olarak sınıflandıran sistemde çok detaya inilmediği için, belirgin olarak ortaya çıkmıştır.

Yangın şiddeti hesaplanarak yangınlarla mücadelede kullanılacak yöntem, araç ve gereçler daha kolay ve doğru bir şekilde belirlenebilir. Uygulama alanında oluşturulan yangın şiddet grupları dikkate alındığında, DYŞ meşcere tiplerine göre yapılan yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında uygulama alanının %52'sinde, kapalılık ve gelişme çağlarına göre yapılan yanıcı madde tipleri sınıflandırılmasında %61'inde, genel sınıflandırmada %59'inde düşük çıkmıştır. YYŞ ise, aynı sınıflandırmalara göre alanın %81 ve %97'sinde yüksek ve çok yüksek olurken, genel sınıflandırmaya göre alanın %40'ı yüksek yangın şiddeti grubunda yer almıştır.

Yangın şiddeti düşük olan alanlarda örtü yangını beklendiği için, bu tür alanlarda yangın çıkması halinde bu durum dikkate alınarak müdahaleler düşünülmelidir. Özellikle, aynı bölgede birden çok yangının çıkması durumunda, yangın şiddetinin nerelerde yüksek nerelerde düşük olabileceği bu şekilde ortaya konulduğu takdirde ekiplerin istenildiği düzeyde ve olması gereken yerlere sevkiyatı rahatlıkla yapılabilir. Böylece, gereksiz yerlerde aşırı kaynak israfının önüne geçilip, hem yangınlarla daha ekonomik mücadele yapılabilir hem de yangınlar sırasındaki organizasyon karmaşasının önüne geçilmiş olunabilir.

Korudağ uygulama alanı için ise, yangın davranış özellikleri şu şekilde olmuştur. Üç farklı şekilde yapılan yanıcı madde tipleri sınıflandırmasına göre DYO uygulama alanının %39'unda düşük şiddete olmuştur. Rüzgar hızı arttıkça DYO oranı grubundaki alanlar OYO grubundaki alanlar içerisinde yer almıştır. Yüksek rüzgar hızında ise, uygulama alanının %96'sı yüksek yayılma oranı alan grubu içerisinde yer almaktadır.

Aynı şekilde yapılan HYMT hesaplamaları da üç ayrı sınıflandırma sistemi için yapılmıştır. Üç farklı nem durumuna göre hesaplanan HYMT değerleri sınıflandırmalar göre farklılıklar göstermiştir. Genel sınıflandırmaya ve meşcere kapılığı ile gelişme çağlarını esas alan sınıflandırmaya göre, YHYMT alanın %48'inde yüksek meşcere tiplerini esas alan sınıflandırmaya göre ise %98 'inde yüksek çıkmıştır. HYMT özellikle, yangın sonrası yapılacak olan soğutma çalışmalarında oldukça kullanışlı olmaktadır. Yanıcı madde tüketiminin yüksek olduğu alanlarda soğutma çalışmaları uzun süre yapılmalı ve toprak içerisindeki dal ve köklerin tamamıyla söndürülmesine dikkat



edilmelidir. Bu alanlarla bitişindeki ormanlık alanlar arasında yangının yanmamış alanlara geçişini engelleyecek şekilde mineral toprağın açığa çıkarıldığı şeritler oluşturulmalıdır.

Yangın şiddeti hesaplamalarına göre; üç sınıflandırmaya göre de düşük rüzgar hızında uygulama alanının %71'i YYS alan grubu içerisinde yer almakatdır. Yüksek rüzgar hızında ise, alanın tamamına yakın bir kısmı yüksek ve çok yüksek yangın şiddeti alan grubunda yer almaktadır. Bu durum bu alanda çıkabilecek bir yangının ne kadar tehlikeli boyutta olacağının bir göstergesidir. Bu tür alanlarda sayısal haritalar yardımıyla yangın şiddetinin yüksek olduğu alanlar belirlenerek taktik ve stratejiler belirlenebilir. Örneğin, çok küçük bir alanda çıkan bir yangının sayısal harita üzerindeki konumu belirlenip yangın şiddetinin yüksek olarak gerçekleşmesi beklenen alanlara geçişi engellenir.



### 3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Kızılçamda yanıcı madde özelliklerine bağlı yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi, genç Karaçam ağaçlandırma alanlarında yangın davranışının belirlenmesi ve yangın davranışının coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla Korudağ ve Kastamonu uygulama alanlarında uygulamaya aktarılması olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde yanıcı madde tipleri belirlenmiştir. Bu bölüm, yanıcı madde miktarının tahmini ve yanıcı madde tiplerinin belirlenerek haritalanması olarak iki alt bölüm şeklinde ele alınmıştır.

Kızılçam meşcerelerinden alınan deneme alanlarındaki yanıcı madde özellikleri ile yanıcı madde miktarları arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile ortaya konulmuştur. Yapılan analizler sonucunda; ibre ince, orta, aktif, kalın, enkalın ve toplam yanıcı madde miktarını tahmin eden basit, kullanışlı ve kolay ölçülebilen parametrelerin yer aldığı modeller geliştirilmiştir. Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları gibi uzaktan algılama teknikleri ile bazı meşcere özelliklerinin tespit edilebildiği günümüzde, geliştirilen modeller yardımıyla geniş alanlarda yanıcı madde miktarı fazla emek ve para harcamadan tahmin edilebilecektir. Böylece, yangın öncesi planlamalarda, yangınlarla mücadelede ve yangınları bir amenajman aracı olarak kullanmada gerekli bilgilerden önemli bir kısmı elde edilmiş olacaktır. Ancak, yanıcı madde özelliklerinin çok farklılık gösterdiği alanlarda ve farklı yanıcı madde tiplerinde benzer çalışmalar yapılmalıdır.

Kızılçamda yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak yanıcı madde tipleri belirlenmiştir. Belirlenen yanıcı madde tiplerinde, yanıcı madde miktarları geliştirilen regresyon modellerince tahmin edilmiştir. Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde benzer yanıcı madde özelliklerini (tboy, tçap, tepe altı yükseklik) aynı yanıcı madde tipi olarak kabul eden sınıflandırma sistemi ile meşcereleri gelişme çağı ve kapalılığa göre sınıflandıran iki farklı sınıflandırma sistemi kullanılmıştır. Oluşturulan yanıcı madde tiplerinin coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla haritaları oluşturularak yanıcı madde özelliklerine bağlı yangın potansiyeli ortaya konulmuştur.

Korudağ uygulama alanında genel sınıflandırma ile meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarını esas alan sınıflandırma kullanılarak oluşturulan yanıcı madde tipleri haritaları arasında çok büyük farklılıklar görülmemiştir. Genel sınıflandırma ile ormanlık alanın %66'sının genç yanıcı madde tipi ile kaplı olduğu, diğer bir ifadeyle potansiyel yangın

tehlikesi arz eden alan olduğu belirlenmiştir. Meşcere kapalılığı ve gelişme çağlarını dikkate alan daha detaylı sınıflandırmaya göre ise ormanlık alanın %71'inin yangın potansiyeli yüksek yanıcı madde tipi niteliğinde olduğu görülmüştür. Her iki sınıflandırmaya göre Korudağ için yangın potansiyeli açısından tehlikeli olarak belirlenen yerler alan olarak birbirine yakındır. Bu durum, arazi yapısının çok farklılık göstermemesi, ve geniş alanlarda meşcerelerin aynı yapıda ve benzer özelliklere sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Kastamonu uygulama alanında genel sınıflandırmaya göre oluşturulan yanıcı madde tipleri haritasında ormanlık alanın %41'inde, özel sınıflandırmaya göre ise alanın %75'inde yangın potansiyelinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Korudağı örneği aksine, bu alanda iki sınıflandırmaya göre belirlenen yangın potansiyeli arasında önemli bir farklılık görülmektedir. Bu durum, yanıcı madde özelliklerinin çok küçük alanlarda büyük farklılıklar göstermesi ve arazinin çok değişken bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmış olabilir. Yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılmasında yanıcı madde özellikleri açısından benzer özellik arz eden alanlarda genel sınıflandırma yeterli olurken, yanıcı madde özellikleri açısından çok büyük farklılıklar gösteren alanlarda yeterli olamamaktadır. Böyle alanlarda yanıcı madde özelliklerini daha detaylı olarak ele alan sınıflandırmalar kullanılmalıdır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise, genç karaçam yanıcı madde tipinde yangın davranışının belirlenmesi için deneme yangınları yapılmıştır. Deneme yangınlarında yanıcı madde özellikleri ve hava halleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Yangın davranışını karakterize eden yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi ve yangın şiddetini tahmin etmek için regresyon modelleri geliştirilmiştir.

Yayılma oranını tahmin etmek için rüzgar ve ölü miktarına bağlı olarak iki farklı regresyon modeli geliştirilmiştir. Yayılma oranı üzerinde en etkili faktör rüzgar ( $r^2= 0,753$ ) olmuştur. Deneme yangınları düz bir alanda yapıldığı için topografik faktörlerin etkisi ortaya konulamamıştır. Topografya ve diğer faktörlerin yayılma oranı üzerine olan etkisini ortaya koyabilmek için farklı yanıcı madde ve arazi koşullarında çok sayıda deneme yangını yapılmalıdır.

Yanıcı madde tüketimini tahmin etmek için ölü örtü nem içeriği, kapalılık ve canlı yanıcı madde miktarı değişkenlerinin kullanıldığı üç farklı regresyon modeli geliştirilmiştir. Üç değişkenin birlikte kullanıldığı model yanıcı madde tüketimindeki değişkenliğin %94'ünü açıklayan en iyi model olmuştur.

Yangın şiddeti ile rüzgar hızı arasında oldukça yüksek bir ilişki ortaya çıkmıştır. Rüzgarla birlikte ölü örtü nem içeriği ve kapalılık değişkenleri kullanıldığında yangın şiddetindeki değişkenliğin açıklanan oranı %98'lere çıkmaktadır. Yanıcı madde özelliklerinin ve hava hallerinin yangın davranışı üzerindeki etkilerini çok boyutlu olarak ortaya koymak için farklı zamanlarda ve değişik meteorolojik şartlar altında bu tür çalışmalar yapılmalıdır.

Karaçamda yangın davranışının belirlenmesi için yapılan bu çalışmada ortaya konulan yangın davranış modelleri yangın davranış tahmini sisteminin oluşturulmasında önemli bir adımı oluşturmaktadır. Bu tür çalışmaların yangın tehlikesinin yüksek olduğu bütün yanıcı madde tiplerinde ve değişik hava hallerinde yapılması yangın tehlike oranları sistemi için bir ihtiyaçtır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde daha önceki bölümlerde ortaya konulan veriler de kullanılarak karaçam ve kızılçamda yangın davranışının coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla uygulamaya aktarımı ele alınmıştır. Çalışma kapsamında meşcere tipleri, meşcere kapalılıkları ve gelişme çağları ile meşcere genel özelliklerini ayrı olarak değerlendiren üç ayrı yanıcı madde tipi sınıflandırmasına göre yangın davranış özellikleri belirlenerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak oluşturulan sayısal haritalar yangın davranışı ile ilgili hızlı ve zamanlı sonuçlar ortaya koyarak yangın amenajmanı planlamalarında çok önemli bir rol oynarlar. Bu planlamalarda mevcut yangın emniyet yol ve şeritleri ile alternatif yollar değerlendirilerek yangına en kısa sürede ulaşma ve yangına müdahale etme zamanı belirlenebilir ve kaynaklar en uygun şekilde konuşlandırılabilir. Yangın yayılma oranı haritaları kullanılarak yayılma oranının yüksek olduğu alanlara bitişik olan kaynak değeri yüksek alanların korunması için tedbirler alınabilir.

Yayılma oranı haritalarının oluşturulması gibi yangın şiddeti sayısal haritaları da oluşturulabilir. Yangın şiddeti, hem ekolojik açıdan yangının yanıcı maddeler üzerine olan belirleyici etkisi ve hem de yangınla mücadeledeki rolü açısından bilinmesi gereken önemli bir parametredir. Yangınla mücadele çalışmalarında, yangın organizasyonlarının ihtiyacı olan araç ve gereç ihtiyacının belirlenmesi ve bunların yangın anında etkili ve ekonomik şekilde kullanımı yangın şiddetinin sağlıklı olarak belirlenmesi ile mümkün olabilir.

Yangın davranışını karakterize eden diğer bir parametre yanıcı madde tüketimidir. Yanıcı madde tüketimi yangının ekolojik açıdan toprağa olan etkilerinin ve yangınla

mücadelede yangının kontrol edilebilme güçlüğü'nün bir göstergesidir. Yanıcı madde tüketimi haritaları sayesinde yangının toprağa etkisi ve yangın sonrası soğutma çalışmalarının nerelerde daha yoğun ve uzun süreli olacağı belirlenebilir.

Kızılçam ve Karaçamda yangın davranışının uygulamaya aktarılmasıyla ilgili olarak yapılan bu iki örnek çalışmaya benzer çalışmalar yangına hassas olan bütün alanlar için yapılmalıdır. Böylece elde edilen verilere yeni veriler ilave edilerek OYBS için veri tabanı oluşturulmalıdır. Bunu gerçekleştirmek için ise, farklı yanıcı madde tiplerinde yanıcı madde modelleri geliştirilmeli ve bu yanıcı madde modellerinde değişik şartlar altında yangın davranış özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak yangın organizasyonlarının yangın öncesi, yangınla mücadele ve yangınları bir amenajman aracı olarak kullanabilmesi için, yangın potansiyeli ve yangın davranışı ile ilgili ihtiyaç duyduğu bir çok bilgi temin edilmiş olacaktır. Bu bilgiler CBS ile sorgulanıp, analiz edildikten sonra sayısal haritalar oluşturulmak suretiyle yangın organizasyonlarında karar vericilere görsel olarak sunulabilecektir. Böylece, YTO sisteminin daha etkin bir şekilde kullanılması mümkün olacaktır. Bu gibi karar destek sistemleri kullanılarak orman yangınları ile mücadelede başarı oranı artacaktır. Son olarak ülkemiz için YTO sistemi en kısa sürede oluşturulması, yapılacak benzer çalışmalar ile sistemin eksiklerinin giderilmesi ve kullanıcılara sunulması gerektiği söylenebilir.

#### 4. KAYNAKLAR

- Albini, F.A., 1974. Fire Behavior Estimation, U.S. For. Serv. Nor. For. Fire Lab., Unnumbered Report, 76, Processed.
- Albini, F.A., 1976. Estimating Wildfire and Effects, Gen. Tech. Rep., U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Exp. Sta., INT-30, 92.
- Aldred, A.H. ve Alemdag, I.S., 1988. Guidelines for Forest Biomass Inventory, Information Report PI-X-77, Petawa National Forestry Institute Canada.
- Alemdag, I. S., 1984. Total Tree and Merchantable Stem Biomass Equations for Ontario Hardwoods, Can. For. Ser., Nat. For. Inst., Inf. Rep., PI-X-46-54, Petawawa.
- Alemdağ, I.S., 1986. Estimating Oven-dry Mass of Trembling Aspen and White Birch Using Measurements From Aerial Photographs, Can. J. of Forest Res., 16 (1), 163-165.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye’de Kızılcım Ormanlarının Gelişim, Hasılatı ve Amenajman Esasları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını Teknik bülten 1, Ankara.
- Alexander, M. E., B. Janz ve D. Quintilio. 1983. Analysis of Extreme Wildfire Behavior in East-Central Alberta: A Case Study. Proceedings of the 7th Conference on Fire and Forest Meteorology, 25-28 April 1983, Fort Collins, CO. American Meteorological Society, Boston, MA., 38-46.
- Alexander, M.E., Lawson, B.D., Stocks, B.J. ve Van Wagner, C.E., 1984, User Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System, Rate of Spread Relationships, Interm. Edition, Environ Can., Can For. Ser., Fire Danger Group, 77+ Suppl., Canada.
- Alexander, M.E., Stocks B.J. ve Lawson B.D., 1991. Fire Behavior in Black Spruce-Lichen Woodland: The Porter Lake Project, Information Report Nor-X-310, Forestry Canada Northwest Region Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.
- Alexander, M.E., 1994. Proposed Revision of Fire Danger Class Criteria for Forest and Rural Areas in New Zeland, National Rural Fire Authority, Wellington, New Zeland Circular 1994/2. 73.
- Alexander, M.E., 2000. Fire Behavior as a Factor in Forest Fire Supression, Forest Research, Rotorua, in Association with the New Zealand Fire Service Commission and the National Rural Fire Authority, Wellington. Forest .
- Anderson, H.E., 1968. Sundance Fire: An Analysis of Fire Phenomena, USDA For. Ser. Res. Pap. INT-56.
- Anderson, H.E., 1969. Heat Transfer and Fire Spread, Res. Pap. INT-69, Ogden, UT: Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 20.

- Anderson, H.E., 1982. Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior. General Technical Report INT-122 Ogden,22.
- Andrews, P.L., 1986. BEHAVE: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System-BURN Subsystem, Part L USDA For. Serv., Gen Tech. Rep. INT-194, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, 130.
- Andrews, P.L. ve Bradshaw, L.S., 1996. Interpration of the National Fire Danger Rating System for Yellowstone National Park, Ecological Implication of Fire in Greater Yellowstone, IAWF, USDA.
- Andrews, P. L. ve Chase C.H., 1989. BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system - BURN subsystem, part 2. USDA, For. Serv., Intermt. Res. Stn., Gen. Tech. Rep. INT-260.
- Andrews, P.L. ve Bevins, C.D., 1993. In Press, Fire Growth Simulation for Prescribed Natural Fire, In Fire in wilderness and Park Management: Past Lessons and Future Opportunities, Proceedings of Symposium, Missoula, Montana.
- Andrews, P.L. ve Bevins C.D., 1999. BEHAVE Fire Modeling System: Redesing and Expansion. Fire Management Notes 59(2), 16-19.
- Andrews, P.L. ve Queen P.L., 2001. Fire Modeling Information System Technology, Int. Journal Wildland Fire, Vol: 10, 343-352.
- Anonim, 1994. Çanakkale Ormanlarının Ekolojik Özellikleri ve Yangınlar, Orman Mühendisliği Dergisi, Sayı:3,4,5,6, Ankara.
- Anonymus, 1991. Standard for Wildfire Control. 1991 Edition NFPA 295. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts , 48.
- Barrows, J.S., 1951. Fire Behavior in Northern Rocky Mountain Forests, U.S. Forest Serv. Range Expt. Sta. 29, Missoula.
- Beck, J.A., 1988. Decision Suppert for Australian Fire Management, MScF Thesis, The Australian National University Department of Forestry, 84.
- Beaufiat, W.R., Hardy C.E. ve Fischer W.C., 1977. Broacast Burning in Larch-Fir Clearcuts the miller Creek Newman Ridge Study, USDA Fob. Serv. İnt. For. And Range Exp. Station Research paper INT-175 Ogden 53.
- Bilgili, E. ve Methven, I.R., 1990. Analysis of the Simple Ellipse as a Basic Fire Growth Model, In Proc. International Conference on Forest Fire Research, Univ. Coimbra, Coimbra, Portugal, B. 18-1 to 18-14.
- Bilgili, E., 1991. Analysis of the Simple Ellipse as a Basic Fire Growth Model, MsC Thesis, University of New Brunswick, Canada.
- Bilgili, E. ve Methven, I.R., 1994. A Dynamic Fuel Model for use in Managed Even Aged Stands, Int., Journal of Wildland Fire, 4, (2), 177-184.

- Bilgili, E., 1995a. Kanada Orman Yangınları Tehlike Oranı Sistemi ve Türkiye’de Uygulanabilme İmkanları, Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Mücadelesi Semineri, Orman Bölge Müdürlüğü, İstanbul.
- Bilgili, E., 1995b. Fuel Characterization and Fire Behavior Prediction in Even-Aged Conifer Stands, PhD. Thesis, University of New Brunswick, Fredericton, Canada.
- Bilgili, E., 1998a. Yangın Amenajmanı Planlamalarında Yanıcı Madde Amenajmanının Rolü, Orman Yangınları Politikası ve Planlaması Eğitim Kursu, Ankara.
- Bilgili, E., 1998b. A State- Dependent Model of Forest Floor Development, Tr. Journal of Agriculture and Forestry, 22, 323-328.
- Bilgili, E., 1999a. Yangın Amenajmanında Yangın Tehlike Oranları Sisteminin Yeri, Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Mücadelesi Semineri, Akçay, Balıkesir.
- Bilgili, E., 1999b. The Use of Decision Support Systems in Fire Management Planning. 18-22 Mayıs, Fethiye, Muğla.
- Bilgili, E., 2000. Orman Yangınları Tehlike Oranları Sistemine Doğru, T.C. Orman Bakanlığı Teknik Bülten, 1, 1, 13-14, Ankara.
- Bilgili, E., Sağlam, B. ve Başkent, E.Z., 2001. Yangın Amenajmanı Planlamalarında Yangın Tehlike Oranları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 4, 2, 288-97.
- Bilgili, E. ve Küçük, Ö., 2002. Orman Yangınlarının Uzaktan Algılama Tekniği ile Belirlenmesi, IV. GAP Mühendislik Kongresi (Uluslararası Katılımlı) Bildiriler kitabı, 2(1), 1631-1637, Şanlıurfa.
- Bilgili, E. ve Sağlam, B., 2002. Orman Yangınlarıyla Mücadele Kapsamında 2000 Yılı Yangınlarının Değerlendirilmesi, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 15-18 Mayıs Artvin.
- Bilgili, E., Küçük, Ö. ve Sağlam, B., 2002. Yangın Davranışının Tahmini ve Yangınlarla Mücadeledeki Önemi, GÜ. Orman Fakültesi Dergisi 2(2), Kastamonu.
- Bilgili, E., 2003. Stand Development and Fire Behavior, Forest Ecology and Management 179, 333-339.
- Bilgili, E. ve Sağlam, B., 2003. Fire Behavior in Maquis in Turkey, Forest Ecology and Management 184, 201-207.
- Blackmarr, W.H., 1972. Moisture Content Influences Ignitability of Slash Pine Litter, USDA For. Serv. Note SE-173.
- Bonnor, G.M. 1987. Forest Biomass inventory In Hall. D.O.: Overened R.P. eds. Biomass: Regenerable energy John Wiley and Sons Ltd. 720.



- Brown, J.K., Marsden M.A., Ryan K.C. ve Reinhardt, ED., 1985. Predicting Duff and Woody Fuel Consumed By Prescribed Fire in the Northern Rocky Mountains. USDA For. Serv Research paper INT-337 Ogden 23.
- Burgan, R.E., 1979. Fire Danger/Fire Behavior Computation With the Texas Instrument TI-59 Calculator: User Manual. U.S. For. Serv. Gen. Tech. Report INT-61, 25.
- Burgan, R.E. ve R.C. Rothermel 1984. BEHAVE: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System- Fuel Subsystem. USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT 167.
- Burrows, N., McCaw, L. ve Friend, G (ed) 1989. Fire Managements on Nature Conservation Lands. Proceedings of A National Workshop, Busselton, Western Australia,
- Byers, H. R., 1944. General Meteorology, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Byram, G.M., 1954. Atmospheric Conditions Related to Blowup Fires, U.S. Forest Serv. Southeast. Forest Expt. Station, 35.
- Byram, G.M., 1959a. Forest Fuels. Pages 61-89 in Davis, K.P. (ed) Forest Fire: Control and Use Mc Graw-Hill, New York.
- Byram, G.M., 1959b. Combustion of Forest Fuels. Pages 90-123 in Davis, K.P. (ed) Forest Fire: Control and Use Mc Graw-Hill, New York.
- Catchpole, T. ve deMestre, N., 1986. Physical Models For a Spreading Line Fire, Aust. For. 49: 102-111.
- Catchpole, W., Bradstock, R., Choate, J., Fogarty, L., Gellie, N., McCarty, G, McCaw, L., Marsden-Smedley, J.ve Pearce, G., 1998. Cooperative Development of Equations for Heathland Fire Behaviour, In: Viegas, D.X. (Ed.), Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Conf. On Forest Fire Research/14<sup>th</sup> Fire and Forest Meteorology Conf., Luso, 16-20 November 1998. ADAI, University of Coimbra, 631-645, Coimbra.Hodgson, A., 1968. Control Burning in Eucalypt Forests in Victoria, Australia, Journal of For. 66 (8), 601-605.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L.ve Williams, D., 1991. Fire in Forestry, Volume:1, Chapter 2, 31-54, U.S.A.
- Chrosiewicz, Z. 1978. Slash and Duff Reduction By Burning on Clearcut Jack Pine Sites in Southwestern Manitoba. Canadian Fob. Serv. Information Report NOR-X-199, Edmonton, AB. 11.
- Conard, S.G., T. Hartzell, M.W. Hilburuner ve G.T. Zimmerman, 2001. Changing Fuel Management Strategies Challenge of Meeting New Information and Analysis Needs vol: 10, 267-275.
- Congalton, R.G., 2001. Accuracy Assessment and Validation of Remotely Sensed and Other Spatial Information, Int. Journal Wildland Fire, Vol: 10, 321-328.
- Countryman, C.M. 1971. This Humidity Business. U.S. For. Serv. Pasific Southwest Forest and Range Exp. Sta., Berkeley, Cal., Unnumbered Report.

- Countryman, C.M., 1972. Moisture in Living Fuels Affects Fire Behavior, Fire Management, Volume: 2, U.S. Department of Agriculture.
- Crane, W.J.B., 1982. Computing Grassland and Forest Fire Behavior, Relative Humidity and Drought Index by Pocket Calculator, Aust. For.
- Çanakçıoğlu, H., 1993. Orman Koruma, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No:3624, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın NO: 411, İstanbul.
- David, V. Sanberg, Roger D. Ottomar ve Geoffrey H. Chuson. 2001. Characterizing Fuels in the 21 st Century, International Journal of Wildland Fire, Vol:10, 381-387.
- Davis, K.P., 1959. Forest Fuels, In: Forest Fire: Control and Use. McGraw-Hill.
- Deeming, J. E., Lancaster, J.W., Fosberg, M.A., Furman, R.W. ve Schroeder, M.J., 1972. The National Fire-Danger Rating System. U.S. For. Serv., Rocky Mt. For. And Range Exp. Stn, Fort Collins, Colo., Res. Paper RM-84, 165.
- Deeming, J. E., Burgan, R.E. ve Cohen, J.D., 1978. The National Fire-Danger Rating System, Gen Tech. Rep. INT-39, Ogden UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Defant, F., 1951. Local Winds, in Compendium Meteorology, American Meteorological Society, Waverly Press, Inc., Baltimore.
- Durmaz, D.B., 2004. Meşçere Özelliklerinin Yangın Potansiyeli Üzerine Etkileri, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Elizabeth, D. Reinhardt, R.E. Keane ve J.K. Brown 2001. Modeling Fire Effect, Int. Journal of Wildland Fire, Vol: 10, 373-380.
- Environment Canada, 1984. User Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System (Interim Edition), Canadian Forestry Service, 75.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3010/318, 512, İstanbul.
- Erkan, N., 1996. Kızılçamda (*Pinus brutia* Ten.) Meşçere Gelişiminin Simülasyonu, Orman Bakanlığı, Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No:1, ISBN 975-7829-41-2, Elazığ.
- ESRI, 1993. Understanding GIS The ARC/INFO Method, Esri Press, Redlands California, ABD.
- ESRI, 1996. Arc/View, Esri Press, Redlands California, ABD.
- Finney, M.A., 1994. Modeling the Spread and Behavior of Prescribed Natural Fire, Proceedings of the 12<sup>th</sup> Conference on Fire and Forest Meteorology, 138-143, Georgia.

- Fischer, W.C. ve C.E., Hardy 1976. Fire-Weather Observes Handbook. U.S. For. Serv. Agric. Handbook No. 494.
- Forestry Canada, 1989. Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP), System Technology and Information Transfer Workshop, Winnipeg, Manitoba, December (12-13), 114.
- Forestry Canada, 1992. Development and Structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System, Forestry Canada, Fire Danger Group, Inf. Rep., St-X-3.
- Gisborne, H.T., 1941. How the Wind Blows in The Forest Of Northern Idaho, U.S. For. Serv. North. Rocky Mt. Forest and Range Expt. Sta.
- Hayes, G.L., 1941. Influence of Altitude and Aspect on Daily Variations in Factor of Forest Fire Danger. U.S. Dept. Agr. Cir.591.
- Hayes, 1944. Where and When to Measure Forest Fire Danger, Jour. of Forestry, 42:744-751.
- Hayes, 1949. Forest Fire Danger, U.S. Dept. Agr. Yearbook.
- Hirsch, K.G., 1996. Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System:User's Guide, Nat. Resour. Can.,Can For. Serv. Northwest Reg., North. For. Cent., Spec. Rep. 7, Edmonton, Alberta.
- Kalıpsız, A., 1988. İstatistik Yöntemler, İ.Ü. Yay. No: 3522, Fakülte Yayın No: 394, İstanbul, 558.
- Keane, R.E., Burgan R. ve Van Wagendonk, J., 2001. Mapping Wildland Fuels for Fire Management Across Multiple Scales: Integrating Remote Sensing, GIS, and Biophysical Modeling, International Journal of Wildland Fire 10, 301-319.
- Kessel, S.R., 1987. PREPLAN Users' Manual, National Parks and Wildlife Serv., NSW, Australia.
- Kourtz, P., 1984. Decision-Making for Centralized Forest Fire Management, For. Chron. 60: 320-327.
- Küçük, Ö., 2000. Karaçamda Yanıcı Madde Miktarının Tespiti ve Yanıcı Madde Özelliklerine Bağlı Yanıcı Madde Modelleri, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Küçük, Ö.ve Bilgili, E., 2001. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da Yanıcı Madde Tipleri, GÜ. Kastamonu Eğitim Dergisi (9) 1, 189-196.
- Lawson, B. D., 1972. An Interpretive Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Rating System, Can. For., Serv., BCP-3-72.
- Lawson, B. D., 1973. Fire Behavior in Lodgepole Pine Stands Related to The Canadian Fire Weather Index, Can. For. Serv. Inf. Rep. BC-X-76.

- Lawson, B. D., Stocks, B. J., Alexander, M. E. ve Van Wagner, C. E., 1985. A System for Predicting Fire Behavior in Canadian Forests. In Proc Eighth Conf. Fire and Forest Meteorology, Soc., Am For., Md. SAF Public. 85-04, 6-16, Bethesda.
- Loveland T.R., 2001. Toward a National Mapping Strategy: Lessons From Selected Mapping Programs, Int. Journal Wildland Fire, Vol: 10, 289-299.
- McAlpine, R.S., Stocks, B.J., Van Wagner, C.E., Lawson, B.D., Alexander, M.E. ve Lynham, T.J., 1990. Fire Behavior Research in Canada, In proc. International Conference on Forest Fire Research. Univ. Coimbra, Portugal. A 02, 1-12.
- McArthur, A.G., 1966. Forest Fire Danger Meter, Mk4. For. And Timber Bur., For. Res. Dist, Canberra.
- McArthur, A.G., 1973. Forest Fire Danger Meter, Mk5. For. Res. Ins., For. Timber Bur., Canberra.
- McArthur, A. G. 1977. Grassland Fire Danger Meter Mk 5. Country Fire Authority of Victoria, Melbourne.
- McRae, D.J., Alexander, M.E.ve Stocks, B.J., 1979. Measurement and Description of Fuels and Fire Behavior on Prescribed Burns: A Handbook, Environ. Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., Sault Ste. Marie, Ontario. Rep. O-X-287.
- Morales, H.A., J. N avar ve P.A. Domínguez 2000. Forest Ecology and Management 137, 199-207.
- Natioanal Wildlife Coordinating Group (NWCG) 1981. Fire Behavior (Training manuals), Boise Interagency Fire Center, Boise, ID.
- NeyiŐi, T., 1985. Antalya Doyran Y resi Kızılc am (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında Yangınların Tarihsel etkileri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Raporlar Serisi No: 29.
- NeyiŐi, T., 1986. Kızılc am Orman Ekosistemlerinde Denetimli Yakmanın Toprak Kimyasal  zellikleri ve Fidan Gelişimi  zerine Etkileri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi N : 205.
- NeyiŐi, T., 1988. Orman Yangınlarına Ekolojik YaklaŐım, Orman Mühendisliği Dergisi, Şubat, 26-29.
- Noble, I.R., Bary, G.A.V., Gill, A.M., 1980. McArthur's Fire Danger Meters Expressed as Equations, Aust. J. Ecol. 5,201-203.
- OGM 2002. 2002 Yılı Orman Yangınları ile Mücadele Değerlendirme Raporu, Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman Koruma ve Yangınlarla Mücadele Dairesi BaŐkanlıĐı, Ankara.
- Oladi, D., 1996. Developing a Framework a Methodology for Plantation Assessment Using Remotely-Sensed Data, PhD Thesis. University of New Brunswick, Faculty of Forestry and Environmental Management. Canada. 172.

- Olson, D.S. ve Fahnestock, G.R., 1955. Logging Slash: A Study of the Problem in Inland Empire Forest, Univ., Idaho, Forest, Wildlife and Range Expt., Sta., USA.
- Ottomar, R.D. ve Vihnanek R.E., 1998. Stereo photo Series for Quantifying Natural Fuels, Vol. II: Black Spruce and White Spruce Types in Alaska. PMS 831 (National Wildfire Coordinating Group, National Interagency Fire Center: Boise, ID) 65.
- Öymen, T., 1986. Yangın Davranışlarını Belirleyen Bazı Etkenler ve Kantitatif Yaklaşımlar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Cilt: 35, Sayı: 2, Seri: B, İstanbul.
- Pyne, S.J., P.L. Andrews, R.D., Laven, 1996. Wildland Fire, John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Quintilio, D., Fahnestock, G. R.ve Dube, D. E., 1977. Fire Behavior in Upland Jack Pine: The Darwin Lake Project, Can. For. Serv. Inf. Rep. NOR-X-174.
- Robertson, F.C., 1971. Terminology of Forest Science, Technology, Praticce and Product, D.C.,349, Washington.
- Rothermel, R.C., 1972. A mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels, Res, U.S. Department of Agriculture, Forest Service,Res., 40, INT-115, Ogden.
- Rothermel, R.C., 1983. How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires, US, Department of Agriculture Forest Service,Gen. Tech. Rep. INT-143.
- Ryan, W.C., 1977. A Mathematical Model for Diagnosis and Prediction of Surface Winds in Mountainous Terrain, J. Appl. Met. 16, 571-584.
- Sağlam, B., 2002. Meteorolojik Faktörlere Bağlı Yanıcı Madde Nem İçerikleri ve Maki Tipi Yanıcı Maddelere Yangın Davranışı, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Sağlam, B.ve Bilgili, E., 2002. Maki Tipi Yanıcı Maddelerde Yanıcı Madde Miktarının Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi, Kastamonu Eğitim Dergisi, 10, 1, 181-186, ISSN 1300-8811, Kastamonu.
- Sandberg, D.V. ve Ottomar R.D., 1983. Slash Burning and Fuel Consumption in the Douglas-Fir Subregion, In Seventh Conference on Fire And Forest Meteorology Symp. Proceedings 90-93.
- Sando, R. W. ve Haines, D. A., 1972. Fire Weather and Behavior at the Little Sioux Fire, USDA For. Serv. Res. Pap. NC-76.
- Schaaf, M.D., 1996. Development of Fire Emission Trade off Model (FEMT) and Aplication to the Grande Ronde River Basin, Oregon. (Place of Publication Unknow): (Publisher Unknown); Final Report; USDA Forest Service, Pacific Northwest Region Contract 53-82FT-03-2. Available From: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region, 333 SW First Avenue, Portland, OR 97208, USA.

- Schroeder, M.J. ve C.C., Buck 1970. Fire Weather A Guide for Application of Meteorological Information to Forest Fire Control Operations. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Idaho.
- Scott, J.H., 1999. NEXUS: A System for Assessing Crown Fire Hazard, Fire Management Notes 59(2), 20.
- Simard, A. J., Haines, D. A., Blank, R. W. ve Frost, J. S., 1983. The Mack Lake Fire, USDA For. Serv. Gen.Tech. Rep.NC-83.
- Sing, T., 1987. Estimating Downed-Dead Fuel Volumae in Central Alberta, Information Report Nor -X- 289 Northern Forestry Centre, Canada.
- Sneeuwjagt, R.J. ve Peet, G.B., 1985. Forest Fire Behavior Tables for Western Australia, Western Australia Department of Conservation and Land Management, Perth, Western Australia.
- Stiell, W.M., 1965. Twenty-Year Growth of Red Pine Planted at Three Spacings, Department of Forestry Publication No, 1045, Canada.
- Stiell, W.M., 1966. Red Pine Crown Development in Relation to Spacing Department of Forestry Publication No, 1145. Canada.
- Stiell, W.M. ve Berry, A.B., 1977. A-20 Year Trial of Red Pine Planted at Seven Spacings, Canada For. Manage Ins., Inf. Rep., FMR-X-97, Canada.
- Stinson, K.J. ve Wright, H.A., 1969. Temperature and Headfires in the Southern Mixed Prairie of Texas, J. Range. Mgmt. 22: 169-174.
- Stocks, B. J. ve Walker, J. D., 1972. Fire Behavior and Fuel Consumption in Jack Pine Slash in Ontario, Can. For. Serv. Inf. Rep. O-X-169.
- Stocks, B. J. ve Walker, J. D., 1973. Climatic Conditions Before and During Four Significant Forest Fire Situations in Ontario, Can. For. Serv. Inf. Rep. O-X-18.
- Stocks, B. J., 1975. The 1974 Wildfire Situation in Northwestern Ontario, Can. For. Serv. Inf. Rep. O-X-232.
- Stocks, B.J., 1985. Fores Fire Behavior in Spruce Budworm – Killed Balsam Fir, In Recent Advances In Spruce Budworms Researchs, Proceedings of CANUSA Spruce Budworms Research Symposium, 16-20 September 1984, Bangor, ME. Edited by C.J. Sanders, R.W. Stark, E.J. Mullins ve J. Murphy, Canadian For. Serv. Ottawa, Ont. 188-199.
- Stocks, B.J., 1989. Fire Behavior in Mature Jack Pine, Can. J. For. Res., 19: 783-790. Canada.
- Storey, T.G., Fons, F.L. ve Sauer, F.M., 1955. Crown Characteristics of Several Coniferus Tree Species, Interim Tech. Rep. AFSVP-416.

- Street, R. B. ve Stocks, B. J., 1983. Synoptic-scale Fire Weather in Northwestern Ontario, In. Proceedings of the 7th Conference on Fire and Forest Meteorology, 25-28 April 1983, Fort Collins, CO. American Meteorological Society, Boston, MA.
- USDA, 1964. Handbook on National Fire-Danger Rating System, USDA For. Serv. Handb. FSH 5109.11, Washington, D.C.
- Van Nest, T.A. ve Alexander, M.E., 1999. Systems for Rating fire Danger and Predicting Fire Behavior Used in Canada, U.S. National Interagency Fire Behavior Workshop, Phoenix, Arizona.
- Van Wagner, C.E., 1963. Prescribed Burning Experiments Red and White Pine, Can., For. Res. Br., Dept. For. Publ. No: 1020.
- Van Wagner, C. E., 1968. Fire Behavior Mechanisms in A Red Pine Plantation, Can. Dep. For. Rural Dev. For. Br. Ottawa , Ont., Publ. No. 1229.
- Van Wagner, C.E., 1973a. Height of Crown Scorch in Forest Fires, Can. J. For. Res. 3:373-378.
- Van Wagner, C.E., 1973b. Rough Prediction of Fire Spread Rates by Fuel Type. Can. For. Serv., Petawa For. Exp. Stn. Chalk River, Ontario. Inf. Rep. Ps-X-42. 9.
- Van Wagner, C.E., 1975. A Comparison of the Canadian and American Forest Fire Danger Rating Systems, Can. For. Serv., Petawa For. Exp. Sta. Info. Report PSX-59, 19.
- Van Wagner, C.E., 1977a. Conditions for the Start and Spread of Crown Fire, Can. J. For. Res. 7:23-34.
- Van Wagner, C.E. 1977b. Effect of Slope on Fire Spread Rate, Environ. Can., Can. For. Serv., Bi-Mon.Res. Notes 33:7-8.
- Van Wagner, C.E., 1989. Prediction of Crown fire Behavior in Conifer Stands, Pages 207-212 in Proc. 10th Conf. Fire and For. Meteor. (17-21 April 1989, Ottawa, Ontario), For. Can. and Environ. Can., Ottawa, Ontario.
- Van Wagner, C.E., ve Methven I.R., 1980. Fire in the Management of Canada's National Parks: Philosophy and Strategy, National Parks Occasional Paper.
- Vezina, P.E., 1962. Crown Width-d.b.h. Relationships for Open-Grow Balsam Fir and White Spruce in Quebec. For. Chron. 38, 4: 463-473.
- Wade, D. D. ve Ward, D. E., 1973. An Analysis of the Air Force Bomb Range Fire, USDA For. Serv. Res. Pap. SE-105.
- Walker, J. D. ve Stocks, B. J., 1972. Analysis Of Two 1971 Wildfires in Ontario:Thackeray and Whistle Lake. Can. For. Serv. Inf. Rep. O-X-229.
- Weber, R.O., 1991. Modelling fire Spread Through Fuel Beds, Prog., Energy Combust. Sci., 17: 67-82

- Whelan, 1995. The Ecology of Fires, Cambridge Univ. Press, Cambridge, MA.
- Williams, D.E., 1963. Forest Fire Danger Manual. Dept. of Forestry, Canada.
- Wilson, C.C., 1975. Detection and Control of Forest Fires for The Protection of The Human Enviroment- Proposals for A Global Programme. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, Italy. 63 pages.
- Wilson, R., 1985. Obsorvation of Extinction and Marginal Burning States in Free in Burning Porous Fuel Beds, Combust. Sci. Technol. 44, 179-193.
- Yeşil, A., 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetdeki Kızılçam Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T., Acar. H.H., Bilgili, E. ve Gümüş, S., 2002. Coğrafi Bilgi sistemleri ile Orman Yangın Emniyet Yol ve Şeritlerinin Planlanması, KTÜ Araştırma Fonu Projesi, Proje Kod No: 99.112.006.1, Trabzon.





## ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Akçaabat'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Akçaabat'ta tamamlayan KÜÇÜK, liseyi Trabzon'da okudu.

1992 yılında KTÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümüne girdi. 1996 yılında mezun olan Küçük, aynı yıl KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisansa başladı.

1998 yılında GÜ Kastamonu Orman Fakültesine araştırma görevlisi olarak atandı. 2000 yılı Ocak ayında "Karaçamda Yanıcı Madde Miktarının Tespiti ve Yanıcı Madde Özelliklerine Bağlı Yanıcı Madde Modelleri" isimli yüksek lisans tezini tamamlayarak yüksek lisans programını bitirdi. Aynı yılın Şubat ayında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında doktora programına girdi.

Evli ve bir çocuk babası olan Ömer KÜÇÜK İngilizce bilmektedir.