

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ORMAN YANGINLARININ ORMAN AMENAJMAN PLANLARINA
ENTEGRASYONU**

DOKTORA TEZİ

Orm. Yük. Müh. İsmail BAYSAL

**TEMMUZ 2014
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ORMAN YANGINLARININ ORMAN AMENAJMAN PLANLARINA
ENTEGRASYONU**

Orm. Yük. Müh. İsmail BAYSAL

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07.07.2014
Tezin Savunma Tarihi : 24.07.2014**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ

Trabzon 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
İsmail BAYSAL Tarafından Hazırlanan

**ORMAN YANGINLARININ ORMAN AMENAJMAN PLANLARINA
ENTEGRASYONU**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 08 / 07 / 2014 gün ve 1561 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ

Üye : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Üye : Prof. Dr. Mahmut EROĞLU

Üye : Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK

Üye : Doç. Dr. Ebubekir GÜNDOĞDU

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Orman yangınlarının orman amenajman planlarına entegrasyonu” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Orman ekosistemleri ve oldukça önemli bileşenlerinden biri olan orman yangınlarının orman amenajman planlarıyla olan ilişki ve etkileşimlerinin araştırılmaya çalışıldığı bu doktora tezi konusunun seçiminde ve tezin son halinin ortaya çıkışında büyük katkıları olan, ülkemizde orman yangınları konusundaki çalışmaları ile büyük boşlukları dolduran danışman hocam Ertuğrul BİLGİLİ'ye sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Ülkemizde orman amenajman biliminin çağın gereksinimlerine göre gelişim ve şekillenmesinde büyük emek ve katkıları olan tez jüri üyesi Emin Zeki BAŞKENT hocama teşekkürü bir borç bilir ve ayrıca, doktora süresince tez izleme jürimde yer alan Prof. Dr. Mustafa VAR hocama da emek ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında birlikte çalıştığım Öğr. Gör. Özkan BİNGÖL'e, ETÇAP Simülasyon yazılımının geliştirilmesinde büyük emekleri geçen Doç.Dr. Sedat KELEŞ ile her türlü teknik ve teorik konularda yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI'na teşekkürlerimi sunarım. Tezin arazi çalışmaları kapsamında yardımları dokunan Arş. Gör. Ferhat BOLAT, Uğur KARAKOÇ, Cafer MEYDAN, Merih GÖLTAŞ ve Arş. Gör. Kadir Alperen COŞKUNER ile yardım ve desteklerini esirgemeyen Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Serik Orman İşletme Müdürlüğü kurum ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

YÖK'ün sağladığı yurtdışı doktora araştırma bursu kapsamında araştırma ve incelemelerde bulunduğum bir yıllık zaman diliminde bilgi ve tecrübelerinden ziyadesiyle yararlandığım, Dr. Ajith H. PERERA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca kaynaklarından yararlandığım Ontario Ormancılık Araştırma Enstitüsü kurumu (Ontario Forest Research Institute-OFRI) ve kurum çalışanlarından bilgisayar programcısı Marc Quellte'e, Ekolog Wayne Bell ile editör Lisa Buse'a geçirdiğim süre içindeki her türlü yardım ve dostlukları için ayrıca teşekkür etmek isterim.

Bu çalışmanın hazırlanması süreçlerinde maddi desteği olan TÜBİTAK TOVAG 108O327 kod numaralı proje ve 9738 kod numaralı KTÜ-BAP birimine, ayrıca kullanmış olduğum ETÇAP Simülasyon yazılımının geliştirilmesinde emeği geçen tüm çalışanlara, imkanlarından faydalandığım Karadeniz Teknik Üniversitesi'ne teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince manevi destekleri hiç eksik olmayan eşime, aile büyüklerime ve yeterince vakit ayıramadığım kızım Nurefşan'ıma minnet ve şükranlarımı sunarım.

İsmail BAYSAL

Trabzon 2014

TEZ BEYANNAMESİ

“Orman yangınlarının orman amenajman planlarına entegrasyonu” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ'nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/07/2014

İsmail BAYSAL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No:</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XII
KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Temel Kavramlar	4
1.2.1. Yangın Rejimi	4
1.2.1.1. Yangın Şiddeti	4
1.2.1.2. Yanıcı Madde Tüketimi	4
1.2.1.3. Yangın Büyüklüğü	5
1.2.1.4. Yangın Sıklığı	5
1.2.1.5. Yangın Döngüsü	5
1.2.2. Yangına Bağımlı Orman Ekosistemlerinde Orman Dinamikleri	6
1.2.3. Planlamalarda Risk ve Belirsizlik	9
1.2.4. Orman Yangınlarının Planlamalardaki Yeri	10
1.2.5. Orman Yangınlarının Türkiye Genelindeki Durumu ve Planlamalardaki Yeri ..	14
1.2.6. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP)	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	19
2.1. Kavramsal Çerçeve	19
2.1.1. Planlama	21
2.1.1.1. Yazılım ve Donanım	21
2.1.2. Analiz	22
2.1.2.1. Hedef Orman Yapısı	23
2.1.2.2. Azalan Yaş Sınıfları Yöntemi	24
2.1.3. Tasarım	28
2.1.3.1. Yanıcı Madde Miktarı ve Yanıcı Madde Özelliklerinin Belirlenmesi	28

2.1.3.1.1. Araştırma Alanı.....	30
2.1.3.1.2. Yanıcı Madde Ölçümleri	31
2.1.3.2. Yanıcı Madde Tiplerinin Belirlenmesi.....	34
2.1.3.3. ETÇAP Yazılımında Kullanılacak Yanıcı Madde Modeli.....	35
2.1.3.4. Yangın Potansiyeli Değerlerinin (YPD) Belirlenmesi	36
2.1.3.5. Yangın Modelinin ETÇAP Yazılımına Entegrasyonu	40
2.1.4. Gerçekleştirim.....	47
2.1.5. Uygulama	48
3. BULGULAR VE İRDELEME	58
3.1. ETÇAP Simülasyon Tabanlı Yangın ve Orman Planlama Modeli (ETÇAPSimülasyonYangın)	59
3.1.1. Model Yönetimi.....	60
3.1.2. Veri Girişi.....	60
3.1.3. ETÇAP Simülasyon Yangın Ayarları	61
3.1.4. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Koşturulması	64
3.1.5. Sonuçlar.....	66
3.2. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Hipotetik ve Gerçek Planlama Biriminde Denenmesi.....	67
3.2.1. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Hipotetik Planlama Biriminde Denenmesi ve Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi	69
3.2.2. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Gerçek Planlama Biriminde Denenmesi ve Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi	77
3.3. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Genel Değerlendirmesi	84
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	91
5. KAYNAKLAR	97
6. EKLER	111

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET**ORMAN YANGINLARININ ORMAN AMENAJMAN PLANLARINA
ENTEGRASYONU**

İsmail BAYSAL

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ
2014, 110 Sayfa, 3 sayfa ek

Bu çalışmada, orman yangınlarının orman amenajmanı planlamalarına entegrasyonunun kavramsal çerçevesi çizilerek, kızılçam ormanlarının planlanması ve yönetiminde bu sürecin nasıl gerçekleştirilebileceği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Orman yangınlarına stratejik ve taktiksel seviyede planlamalarda yer verilmesine imkan sağlayan entegre bir planlama yaklaşımı bu sürecin en önemli bölümüdür. Bu amaçla, yanıcı madde özelliklerini dikkate alan bir yanıcı madde modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen yanıcı madde modeli, meşcerelerin yangın potansiyel sınıfları ve yangın potansiyeli değerlerinin belirlenmesi ve simülasyon süresince izlenmesinde kullanılmıştır. Yangın potansiyel sınıfları ve bu sınıflardaki parça özelliklerinden, rüzgar hızı ve yönüne bağlı olarak, yangın büyüklüğü ve şeklinin belirlenmesi aşamasında da yararlanılmıştır. Yangın büyüklüğü, yangın sıklığı ve yangın döngüsü parametreleri kullanılarak, yangınların ekolojisi ve etkilerinin dikkate alındığı bir yaş sınıfları dağılımı ortaya konulmuştur. Planların hazırlanması aşamasında doğal yangın rejiminin dikte ettiği bu yaş sınıfları yapısı dikkate alınmıştır. Bununla birlikte, meşcerelerin yangın potansiyeli değeri ve arazi koşullarına göre bakım çalışmalarına yön veren bir yöntem de geliştirilmiş ve ETÇAP yaklaşımına entegrasyonu gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, hedeflenen yaş sınıfları yapısının, yangın ve ormancılık faaliyetleri etkileşimi neticesinde, önemli bir oranda gerçekleştirildiği görülmüştür. Yaş sınıfları dağılımında görülen farklılık ve sapmaların, büyük oranda gerçekleşen geniş ölçekli yangınlardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Farklı idare süresi değerleri dikkate alındığında, minimum kesim yaşının aşağı çekilmesinin, toplam yanan alan miktarı ve ortalama yangın büyüklüğü üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Özellikle, yangın döngüsüne uyumlu bir idare süresinin belirlenmesinin, sürdürülebilir bir orman amenajman planı ve bu planın gerçekleştirimi üzerinde oldukça önemli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman Yangınları, Orman Amenajman Planları, Entegrasyon, ETÇAP Simülasyon Yangın

VIII

PhD. Thesis

SUMMARY

INTEGRATION OF FOREST FIRES INTO FOREST MANAGEMENT PLANNING

İsmail BAYSAL

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ
2014, 110 Pages, 3 Pages Appendix

In this study, a conceptual framework was designed for the integration of forest fires into forest management planning process. The integration process was explained in the planning and management of pure calabrian pine forest areas. In this context, an integrated planning approach into ETÇAP Simulation program was developed, enabling the integration of forest fires into management plans at strategic and tactical level. For this purpose, a fuel model was developed that takes into account fuel characteristics. The fuel model was used in the simulations to determine fire potential values and fire potential classes of stands in the planning unit. Similarly, fire potential classes and patch characteristic of these classes were utilized for the determination of fire size and fire shape as affected by the wind speed and direction. Fire size, a component of a fire regime, was determined based on fire potential classes and patch characteristic of these classes. An age class structure that considers fire ecology and effects was devised based on fire size, fire frequency and fire cycle. Moreover, another method for the tending operations was developed according to fire potential values and topographical features of stands, and was integrated into ETÇAP approach.

As a result, it is seen that the targeted age class distribution structure was realized as a result of the interaction of fire and forestry activities. Differences and deviations in age class structure are a result of fires that occurred in large scales. When different rotation age is considered, reducing minimum cutting age has an effect on the total area burned and average fire size. Especially, setting a forest rotation age compatible with fire cycle is extremely important in the sustainable forest management and its implementation.

Key Words: Forest fires, Forest Management Plans, Integration ETÇAP Simülasyon Yangın

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Ortalama 100 yıllık yangın döngüsüne sahip ormanlık alandaki negatif ekspanansiyel yaş sınıfları dağılımı (a) ve 100 yıllık idare süresine göre işletilen her yaş sınıfında eşit alanın olduğu ormanlık alandaki teorik yaş sınıfları dağılımı (b) (Van Wagner, 1978 ve Bergeron vd., 1999'a atfen).	7
Şekil 2. Yangına hassas orman işletme müdürlükleri haritası (OGM, 2013)	14
Şekil 3. 1937-2013 yılları arası yangın adedi ve yanan alan miktarı (OGM, 2014)	15
Şekil 4. Son 10 yıllık yangınlarla mücadele masrafları (OGM, 2014).....	16
Şekil 5. Yangın ve ETÇAP entegrasyon sürecinin kavramsal çerçevesi.....	19
Şekil 6. Yangın ve orman amenajmanı entegrasyon süreci akış diagramı	21
Şekil 7. Model bir ormandaki yaş sınıfları dağılımının %2 yıllık üretim (a), %1 üretim ve %1 yangın (b), %2 yıllık yangın (c) olması durumunda karşılaştırılması (Van Wagner, 1983'e atfen).	26
Şekil 8. Üç farklı yangın döngüsü için 100 yıllık idare süresi dikkate alındığında yaş sınıflarında (10'ar yıllık yaş aralıkları) olması gereken ormanlık alan yüzdelерinin 60 yıllık idare süresine göre işletilen ormanlık alandaki yüzde alanlarla kıyaslanması.	27
Şekil 9. Araştırma alanının Türkiye haritasındaki konumu	30
Şekil 10. Arazi çalışmalarından görünümlemler.....	32
Şekil 11. Laboratuvar çalışmalarından görünümlemler.	33
Şekil 12. Hipotetik planlama birimi için eğim (a), bakı (b) ve yükselti (c) haritaları	39
Şekil 13. Akbaş planlama birimi için eğim (a), bakı (b) ve yükselti (c) haritaları.....	39
Şekil 14. Hipotetik (a) ve gerçek planlama birimi (Akbaş OİŞ) yangın risk haritası (b)	42
Şekil 15. Planlama biriminde yangın potansiyel sınıfı ve parçalılık belirleme	43
Şekil 16. Basit elips yangın gelişimi	45
Şekil 17. Basit elips şekli ve hesaplamalarda kullanılan parametrelerin şekil üzerinde gösterimi.....	45
Şekil 18. Hipotetik orman veri tabanına ilişkin arazi kullanım haritası	49
Şekil 19. Genç yaşlı küçük (a) ve genç yaşlı büyük parçalı (b) ile yaşlı küçük (c) ve yaşlı büyük parçalı (d) hipotetik veri tabanlarına ilişkin arazi kullanım haritası ve yaş sınıflarındaki alanları gösterir grafikler.....	50
Şekil 20. Akbaş OİŞ'nin Türkiye haritasındaki konumu	51
Şekil 21. Akbaş OİŞ meşcere tipleri haritası (Anonim, 2011).....	54
Şekil 22. Akbaş OİŞ fonksiyon sınıfları haritası (Anonim, 2011)	55

Şekil 23. Akbaş OİŞ verimli ormanlık alanlarının yaş sınıflarına dağılımı.....	56
Şekil 24. Akbaş OİŞ güncel orman amenajman planındaki bölmeciklerin sayı ve alan olarak parça büyüklüğü sınır değerlerine dağılımı	57
Şekil 25. ETÇAP Simülasyon karar destek sisteminde tablolar (a) ayarlar (b) konumsal ayarlar (c) ve sonuçlar (d) pencereleri (Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009)	58
Şekil 26. ETÇAP Simülasyon karar destek sistemindeki yangın bileşeni ana penceresi	59
Şekil 27. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın rejim parametrelerinin girileceği bölüm	61
Şekil 28. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde rüzgar hızı ve yönüne ilişkin verilerin yer aldığı yangın kayıtları bölümü.....	62
Şekil 29. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde rüzgar hızı ve yönüne ilişkin verilerin yer aldığı yangın kayıtları bölümü	62
Şekil 30. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın potansiyel sınıfı katsayılarının girildiği bölüm	63
Şekil 31. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın potansiyel sınıfları ve bu sınıflardaki parça adedi dikkate alınarak hesaplanan yangın faktörü değerine göre belirlenen katsayıların girildiği bölüm	63
Şekil 32. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın büyüklüğünün minimum ve maksimum büyüklükleri değerlerinin ve bu değerlerden yüzde sapma miktarının girildiği bölüm	64
Şekil 33. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın potansiyel değerinin girildiği bölüm	64
Şekil 34. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın simülasyonunun çalıştırılması	65
Şekil 35. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde Tek Yangın Simülasyonu penceresi .	65
Şekil 36. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde Tek Yangın Simülasyonu sonuçlarının görüntülediği pencere.....	66
Şekil 37. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın simülasyonu sonuçlarının görüntülediği sonuçlar sekmesi	67
Şekil 38. Planlama biriminde başlangıç (a), 40 (b), 80 (c) ve 120 (d) yıl sonraki yaş sınıfları dağılımı.....	70
Şekil 39. Bakım ve son hasılat etası (a) ile toplam etadaki (b) değişim.	71
Şekil 40. Bakım ve son hasılat kesim alanları ile yanan alan miktarındaki değişimler	72
Şekil 41. ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin ikinci periyodu içinde gerçekleşen 6 nolu yangın (a) ve onbirinci periyot içinde gerçekleşen 43 nolu yangının (b) arazideki durumu (kırmızı ile işaretli meşcereler yangın başladığı meşcereler olup, mavi renkli ok rüzgar yönünü göstermektedir).....	72
Şekil 42. Genç-büyük parçalı hipotetik planlama biriminde 120 yıllık simülasyon senaryosu koşullarında birinci (a), dördüncü (b), yedinci (c), ve onuncu (d) periyot için gerçekleşen yangınların şekilleri ve alandaki dağılımları.	74
Şekil 43. Yangın sıklığı haritası	75

Şekil 44. Periyotlar itibariyle GYPD değişimi.....	75
Şekil 45. Genç-büyük parçalı hipotetik planlama biriminde 120 yıllık simülasyon senaryosu koşullarında ikinci (a), beşinci (b), dokuzuncu (c) ve onbirinci periyot (d) için planlama birimi genelinde GYPD değişimi.	76
Şekil 46. Yangın faktöründeki zamansal değişim	77
Şekil 47. Planlama biriminde başlangıç (a), 40 (b), 80 (c) ve 120 (d) yıl sonraki yaş sınıfları dağılımı.....	78
Şekil 48. Periyotlar itibariyle bakım ve son hasılat etası (a) ile toplam eta (b)	79
Şekil 49. Bakım ve son hasılat kesim alanları (a) ile yanan alandaki değişim (b).....	79
Şekil 50. ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin birinci periyot içinde gerçekleşen 4 nolu yangın (a) ve onikinci periyot içinde gerçekleşen 48 nolu yangının (b) arazideki durumu (açık mavi ile işaretli meşcereler yangın başladığı meşçeler olup, mavi renkli ok rüzgar yönünü göstermektedir).....	80
Şekil 51. Akbaş planlama biriminde 120 yıllık simülasyon senaryosu koşullarında ikinci (a), beşinci (b), sekizinci (c) ve onbirinci (d) periyotlar için gerçekleşen yangınların şekilleri ve alandaki dağılımları.	81
Şekil 52. Yangın sıklığı haritası.	82
Şekil 53. Periyotlar itibariyle GYPD değişimi.....	82
Şekil 54. Genç-büyük parçalı hipotetik planlama biriminde 120 yıllık simülasyon senaryosu koşullarında üçüncü (a), altıncı (b), dokuzuncu (c) ve onikinci (d) periyotlar için alandaki GYPD değişimi.	83
Şekil 55. Gerçek planlama biriminde simülasyon süresince y faktörü değerindeki değişim.	84

TABLOLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. İdare süresi ve yangın döngüsüne göre yaş sınıflarında olması gereken % alan.	27
Tablo 2. Arazi ölçümlerinin yapıldığı örnekleme alanlarının meşcere tiplerine göre dağılımı ve yanıcı madde özellikleri ile meşcere parametrelerine ilişkin ortalama değerleri.	34
Tablo 3. Meşcere özellikleri sınıf ve yanıcı madde tipi.....	35
Tablo 4. Regresyon analizleri sonucunda geliştirilen meşcere gelişim çağı modeli ve bu modele ait belirtme katsayısı (R^2) ve standart hata (S.H.) değeri.....	36
Tablo 5. Gelişim çağlarının karşılık geldikleri meşcere tipleri ve yangın potansiyel sınıfı değerleri.....	36
Tablo 6. Meşcere gelişim çağlarına göre belirlenmiş yangın potansiyeli sınıf değerleri ..	37
Tablo 7. Topoğrafik özelliklere göre belirlenen sınıf ve yangın potansiyel değerleri.....	38
Tablo 8. Yangın potansiyel sınıfları ve bu sınıflara ait katsayılar ile yangın büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan y faktörü ve bu faktöre bağlı yangın büyüklüğü sınır değerleri	44
Tablo 9. Akbaş OİŞ ormanlarında işletme amacı ve koruma hedefleri.....	52
Tablo 10. Akbaş OİŞ meşcere tipleri, adedi ve ormanlık alanı.....	53
Tablo 11. 60 yıl yangın döngüsü için farklı idare süresi ve minimum kesim yaşı değerleri için planlama birimi genelindeki eta, ormanlık alan ve gerçekleşen yangın değerlerine ilişkin bilgiler.	86
Tablo 12. 60 yıl yangın döngüsü için iki farklı idare süresi ve iki farklı minimum kesim yaşı değeri için planlama birimi genelindeki eta, ormanlık alan ve gerçekleşen yangın değerlerine ilişkin bilgiler.	88

KISALTMALAR DİZİNİ

AKYPD	Arazi Koşulları Yangın Potansiyel Değeri
ETÇAP	Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama
GYPD	Genel Yangın Potansiyel Değeri
MYPD	Meşcere Yangın Potansiyel Değeri
OBM	Orman Bölge Müdürlüğü
OİM	Orman İşletme Müdürlüğü
OİŞ	Orman İşletme Şefliği
YDTS	Yangın Davranışını Tahmin Sistemi
YTOS	Yangın Tehlike Oranları Sistemi
YPD	Yangın Potansiyeli Değeri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Orman ekosistemleri, binlerce canlıya ev sahipliği yapmakla birlikte, yaşamın devamında büyük önem arz eden havaküre dengesinin sağlanması, son zamanların popüler problemlerinden olan iklim değişikliği üzerindeki düzenleyici rolü, odun ve odun dışı orman ürünlerinin temini ile görsel ve sağlık açısından sunduğu son derece geniş yelpazedeki ürün ve hizmetleriyle, yenilenebilir özellikteki en önemli doğal kaynaklardandır. Kuruluş aşamalarından itibaren kendilerine has bir büyüme ve gelişme özellikleri gösteren bu ekosistemler, bileşenleri ve bu bileşenleri arasındaki etkileşimleri ile dinamik bir yapı gösterirler.

Ormancılık faaliyetleri, yaş sınıfları, parçalılık ve tür kompozisyonu gibi bazı sistem dinamiklerinin değişiminde etkilidir. Biyotik ve abiyotik kökenli doğal olayların bu değişim ve gelişim üzerindeki yeri ve önemi ise çok daha büyüktür (Attiwill, 1994). Orman yangınları bu doğal olaylar arasında en fazla dikkat çeken ve mücadele edilenlerden biridir. Orman ekosistemlerden yararlanmanın düzenlenmesi planlar vasıtasıyla gerçekleştirilmek istenir. Ancak, doğa şartlarına açık ve çok geniş alanlarda çalışılıyor olması, planların önemli belirsizlik ortamında hazırlanması mecburiyetini de beraberinde getirmektedir. Özellikle yangın ve diğer doğal olayların sebep olduğu risk ve belirsizlik, planların hazırlanması ve uygulanması süreçlerinde karşılaşılan önemli engellerdendir.

Orman kaynaklarının planlanmasında ve yönetilmesinde, orman yangınları özellikle sıklığı ve zarar düzeyindeki değişkenlik nedeniyle, planlayıcı ve uygulayıcılar için büyük bir risk etmenidir. Aynı zamanda, zaman ve konum olarak gerçekleşmelerindeki bilinmezlik sebebiyle de en önemli belirsizlik kaynağıdır. Bu sebeple, orman yangınlarının amenajman planlamalarına yansıtılması konusu en çok zorlanılan alanlardan birisi olmuştur (Peter ve Nelson, 2005). Zamansal ve mekansal düzenleme ve uygulamaları kapsayan planlamalarda, arzu edilen çıktılarda elde edilebilmesi için, belirsizlik ve risk faktörlerinin dikkate alındığı yöntem ve metotlara ihtiyaç duyulmaktadır (Klenner vd., 2000). Aynı zamanda, ekolojik ve ekonomik gerçekliklerden ve kaynakların çok amaçlı kullanımına yönelik artan isteklerden kaynaklanan baskılar, doğal kaynaklar ve bileşenleri ile ilgili yapılacak planlamalarda yeni yaklaşım ve politikaları da gerekli kılmaktadır (Bilgili, 1998).

Başlangıçta en yüksek odun üretimi amacını gerçekleştirmeye yönelik hazırlanmış planlar, orman ekosistemlerinin sunduğu odun dışı orman ürün ve hizmetlerinin getirisi ve önemi ile birden fazla amacı gerçekleştirmeye yönelik çeşitlenmiştir. Orman ekosistemlerinden çok amaçlı yararlanmada en önemli ormancılık kriterlerinden olan sürdürülebilirlik, hazırlanan planların temel çerçevesini oluşturmuş ve toplumun ekolojik, ekonomik ve sosyal beklentilerini sürdürülebilirlik kapsamında ve doğal yapısına uygun bir biçimde karşılamada orman kaynaklarının yönetiminde öncelikli konuların başına oturmuştur. Özellikle orman ekosistemlerinin bileşenleri ve bu bileşenlerinin birbirleriyle olan sıkı etkileşimlerinin ekosistemlerin sağlıklı bir biçimde yönetimindeki önemlerinin anlaşılması, orman amenajman planlarına önemli görev ve sorumluluklar yüklemiştir. Bir dizi silvikültürel müdahaleleri (araçları) tasarlayıp uygulamak suretiyle orman ekosistemlerinin sunduğu değerlerden (ürün ve hizmetler) talep edilen oranda (amaçlar) zaman ve konum itibarıyla topluma sunan amenajman planları, orman ekosisteminin sağlık ve bütünlüğünü sağlamak kaydıyla, ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel değerleri, yasalar ve talepler doğrultusunda ustaca bütünleştirerek en uygun yararlanma şekline katılımcı yaklaşımla karar vermektedir. Bunun için, çağdaş bilgi teknolojileri ve bilimsel karar verme tekniklerini kullanarak orman dinamiğini zaman ve mekan içerisinde kontrol altına alarak sürdürülebilirliğini sağlamayı amaçlamaktadır (Başkent vd., 2002).

Bitki örtüsü, arazi yapısı ve iklim özellikleri bakımından Avrupa ormancılığına benzerlik gösteren Türkiye ormancılığı uzun yıllar Avrupa ormancılığının etkisi altında kalmıştır (Başkent vd., 2002). Planlı ormancılığa geçilen 1960'lı yıllardan 1990'lı yıllara kadar, orman kaynaklarının planlanmasında odun üretiminin en iyilenmesinin ana amaç kabul edildiği klasik orman amenajmanı planlama anlayışı hakimdi. 1990'lı yıllardan itibaren ormanların planlanmasına yönelik yaklaşımlarda bir çeşitlilik göze çarpmaktadır. Bu yeni yaklaşımlar çerçevesinde, orman ekosistemlerinin su üretimi, toprak koruma, biyolojik çeşitlilik gibi sunduğu bazı ürün ve hizmetleri planlara entegre edilebilmiştir (Keleş, 2003; Karahalil, 2003; Başkent vd., 2005a). Yürürlükte olan Orman Amenajman Yönetmeliği esaslarına göre, Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama ilkeleri doğrultusunda, on yıllık geçerlilik süresine sahip planlar şeklinde hazırlanmakta olan amenajman planlarında (OGM, 2012a), plan uygulamalarını belirleyici en önemli unsurlardan biri olan orman yangınları ele alınmamaktadır. Bu durum sadece ülkemize özgü bir durum da değildir.

Ormanlık faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlarda gerçekleşen yangınlar, orman ekosistemlerinden beklenen ürün ve hizmetlerin temininde bir takım kayıp ve aksaklıklara sebep olmaktadır. Özellikle ormanın mevcut durumunu (aktüel) arzu edilen hedef yapıya (optimal) ulaştırma, yıllık üretim, bakım ve gençleştirme gibi bir takım silvikültürel faaliyetlerle, idare süresi sonunda istenilen düzeye getirme amaçlı orta ve uzun vadeli hedeflere çoğu kez ulaşamamaktadır. Ayrıca, beklenmeyen doğal olaylar sonrasında planlarda yapılan değişiklikler, planlar hazırlanırken belirlenen hedeflerden sapmalara sebep olmakta ve uzun vadeli stratejik değerlendirmeler yapılabilmesinin de önüne geçebilmektedir.

Orman amenajman planlamalarında, planlamalarda temel alınan unsurlar, orman ekosistemlerindeki yaş sınıfları, parçalılık ve bunların birbirleriyle olan konumsallıkları neticesinde oluşan mevcut yapı (aktüel kuruluş)'dır. Orman yangınları da yangına bağımlı veya yangından yoğun bir şekilde etkilenen ekosistemlerde kendine has özellikleri ile benzer bir yapı (yangın rejimi) oluşturmaktadır. Nitekim yangınlar; şiddeti, zarar düzeyi, büyüklüğü, sıklığı ve mevsimi gibi zamansal ve mekansal ölçekteki yangın rejimini tanımlayan özellikleri ile (Gill ve Allan, 2008; Cui ve Perera, 2008) yaş sınıfları, meşcere büyüklüğü, meşcerelerin birbirleriyle olan konumsallıkları, tür kompozisyonları ve idare süresi gibi orman amenajmanı açısından önemli dinamikler üzerinde etkili ve belirleyicidir.

Orman ekosistemlerinde, biyotik ve abiyotik faktörler ile insan faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan bir yapı söz konusudur. Ortaya çıkan bu yapı üzerinde yangınlar baskın ve belirleyici ise, planlama süreçlerinde yangın rejimi neticesinde ortaya çıkan yapının mutlak surette dikkate alınması gerekmektedir. Bu bağlamda orman ekosistemlerindeki üretim, bakım ve diğer ormanlık faaliyetlerinin, yangın rejimini tanımlayıcı unsurlarla olan ilişki ve etkileşimleri planlamalarda yol göstericidir. Sistemin sağlıklı bir şekilde devamında orman amenajmanının sistem üzerindeki en büyük düzenleyici araçlarından olan yaş sınıfları, parçalılık ve konumsallık gibi düzenleyici araçların, yangın rejiminde karşılık bulduğu yangın döngüsü, yangın büyüklüğü ve yangın sıklığı gibi unsurları dikkate alınarak, ekolojik-ekonomik açıdan mevcut yapıdan faydalanma ve sürekliliğini sağlama yoluna gidilmelidir.

Bu çalışma kapsamında yangınların, etkili olduğu orman ekosistemlerinde ortaya koyduğu yapıyı dikkate alan, orman yangınlarının ETÇAP yaklaşımına entegrasyonunun gerçekleştirildiği ve böylelikle farklı yangın rejimi senaryolarında orman

ekosistemlerdeki değişim ve gelişim üzerine olası etkilerin anlaşılması ve araştırılması hedeflenmiştir.

1.2. Temel Kavramlar

1.2.1. Yangın Rejimi

Yangın rejimi; bir ekosistemdeki yangınların şiddeti, yanıcı madde tüketimi (yangın zararının derecesi), büyüklüğü, sıklığı, mevsimi (Weber ve Flannigan, 1997), konumsal olarak dağılımı ve tarihsel süreçteki rollerinin bütünü olarak ifade edilmektedir (Agee, 1993; Agee, 1995; Morgan vd., 2001). Yangına bağımlı ekosistemler, sisteme özgü bir yangın rejiminde şekillenirler. Sistemin işleyişi ve bileşenlerinin sağlıklı bir biçimde devamı ancak sisteme özgü olan bu doğal yangın rejimi ile mümkün olabilmektedir.

1.2.1.1. Yangın Şiddeti

Birim yangın hattı uzunluğunda açığa çıkan enerji miktarıdır. Yangın şiddeti, yangın davranışının ve yangının toprak üstü bitki kısımlarına olan doğrudan etkisinin belkide en önemli göstergesidir (Alexander, 1982). Yanma için gerekli olan yanıcı madde miktarı (kg/m^2), yanıcı maddenin sahip olduğu yanma ısı (kJ/kg) ve yayılma oranı (m/sn) değerleri yardımıyla hesaplanır (Byram, 1959). Yangın şiddeti ekosistem genelinde vejetasyon, toprak ve fauna üzerindeki farklı etkilerinden kaynaklanan değişken yapının ortaya çıkmasında yangın rejiminin ilk basamağında yer alan en önemli bileşendir. Yangın amenajmanında, yangınlarla olan mücadele çalışmaları için oldukça iyi bir yol göstericidir.

1.2.1.2. Yanıcı Madde Tüketimi

Yanıcı madde tüketimi yangının vejetasyon, toprak ve mikroorganizmalar üzerinde neden olduğu ekolojik değişim(ler)in genel bir göstergesidir (Keeley, 2009). Aynı zamanda yangın zararının bir göstergesi olarak da ifade edilmektedir (Simard, 1991). Yanıcı madde tüketimi yangın sonrası ortaya çıkan yapı ve bu yapının değişimine bağılı olarak, ekosistemlerin sunmuş olduğu ürün ve hizmetlerden yararlanmada hazırlanacak reçeteler için gerekli bilgilerin temininde önemlidir.

1.2.1.3. Yangın Büyüklüğü

Yangının etkili olduğu alan yangın büyüklüğünü verir. Farklı büyüklükte etkili olan yangınlar, ekosistem genelinde yangın büyüklüğü dağılımını belirler. Yanan alan büyüklük ve dağılımları, biyolojik çeşitlilik için oldukça önemli olan ormandaki değişken yapı ve parçalılık üzerinde etkili ve belirleyicidir (Fisher ve Wilkinson 2005). Yangın büyüklüğünün parça dinamikleri üzerindeki belirleyici etkisinden dolayı, üretim ve gençleştirme çalışmalarıyla yakın bir ilişkisi söz konusudur.

1.2.1.4. Yangın Sıklığı

Yangın sıklığı; belirli bir alanda birim zamanda meydana gelen yangın sayısıdır (Johnson, 1979). Yangın sıklığı, türlerin hayat süreleri, tohum tutma zamanı, alanda tutunabilme özellikleri ve bitki kompozisyonlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Morgan vd., 2001). Dolayısıyla belirli bir alanda meydana gelen yangınlar, hakim yangın rejimlerinde mevcut bitki örtüsünün zamansal ve konumsal desenini belirleyen en önemli unsur olarak öne çıkmaktadır. Yangın sıklığının planlamalarda zaman ve mekan boyutunda belirlenmiş düzenlemeler üzerindeki zamansal etkisi orman amenajmanı ile olan ilişki ve etkileşimini belirler.

1.2.1.5. Yangın Döngüsü

Çalışma konusu bir alanın yüzölçümüne denk gelen büyüklükteki bir alanın yanması için gerekli olan süreye yangın döngüsü denilmektedir (Van Wagner, 1978; Bridge, 2001). Yangın döngüsü, orman ekosistemlerinin uzun vadeli göstergelerinden olan yaş sınıfları ve orman amenajmanının uzun vadeli göstergelerinden olan idare süresi ile yakından ilişkilidir. Dolayısıyla doğal yangın döngüsündeki olası değişimler, yangın döngüsünün dikte ettiği doğal yapı ve bu yapıya uyum sağlamış organizmalar üzerinde etkili olmaktadır. Bu bağlamda; yangınların baskın unsur olduğu orman ekosistemlerindeki ürün ve hizmetlerden faydalanmada ve bu faydalanmanın zamansal ve mekansal düzenlenmesinde, doğal yangın döngüsünün ortaya koyduğu yapının dikkate alınması önem arz etmektedir (Perera vd., 2004a; Perera ve Cui, 2010).

1.2.2. Yangına Bağımlı Orman Ekosistemlerinde Orman Dinamikleri

Orman ekosistemleri, insanların doğrudan ya da dolaylı müdahalelerinin yanı sıra, yangın, böcek, fırtına, çığ gibi biyotik ve abiyotik etmenlerin etkisi altında sürekli bir değişim ve gelişim süreci içerisinde. Orman yangınları, yangına bağımlı ekosistemler ve gerçekleştiği diğer alanlar için sistemdeki yapı ve işleyiş üzerindeki en önemli değiştirici ve yenileyicilerindendir.

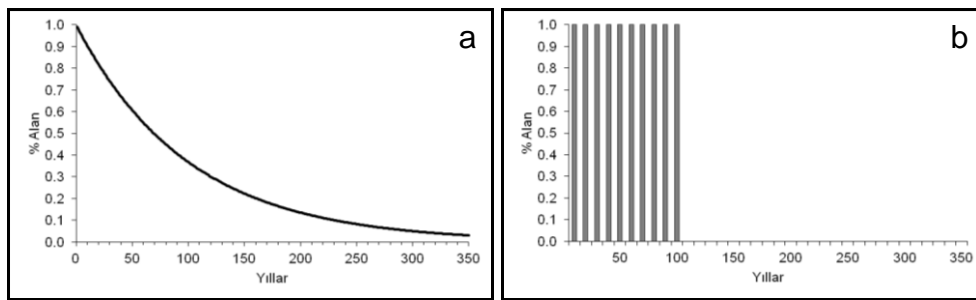
Dünya genelinde her yıl yaklaşık 200-500 milyon hektarlık alan, değişik şiddet ve büyüklükteki yangınlardan etkilenmektedir (Goldammer ve Mutch, 2001). Sibiryaya ve Kuzey Amerika Boreal kuşak ormanları, Amerika'nın batısındaki ibrelili ormanlar ve kuzeyinde yer alan geniş yapraklı ormanlık alanlar ile Akdeniz ülkeleri maki ve ibrelili ormanlık alanlarında gerçekleşen yangınlar (Heinselman, 1970; Weber ve Stocks, 1998; Keeley vd., 1999; Moritz, 2003; Guyette ve Larsen, 2000; Trabaud, 1994) yangına bağımlı bu ekosistemlerin gelişimi, şekillenmesi ve sürekliliklerinde önemli görevler üstlenmektedir. Afrika ve Avustralya savanalarında 1-5 yıl gibi kısa bir zaman aralığında her yıl ortalama 40 milyon ha alanda etkili olan yangınlar (Williams vd., 1999), en büyük iki orman biyomundan biri olan Boreal ormanlarında (Payette, 1992) 20 ile 500 yıl gibi değişen bir zaman aralığında ve her yıl yaklaşık 5-15 milyon hektarlık alanda etkili olabilmektedir.

Ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz kuşağında, her yıl çıkan yaklaşık 45.000 yangın neticesinde ortalama 500.000 hektarlık orman alan yangınlardan zarar görmektedir (San-Miguel ve Camia, 2009). Akdeniz ülkeleri orman ekosistemlerinde her geçen gün, sayısı ve etkisini artıran bu yangınlar, vejetasyon topluluklarının gelişiminde, ekosistemlerin tür çeşitliliği, yapısı ve yaş sınıfları dağılımlarının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Trabaud, 1994; Tavşanoğlu ve Gürkan, 2014). Yangın ve diğer doğal olayların ekosistemlerdeki etkilerinin ve ortaya koydukları yapının anlaşılması sürdürülebilir ormancılık için önemli bir mihenk taşıdır. (Hirsch vd., 2001).

Doğal olayların, özellikle de orman yangınlarının, ekosistemler üzerinde son derece değişken etkileri söz konusudur. Meşçere yenileyici özellikteki şiddetli ve tahripkar yangınlar orman ekosistemlerinde birtakım izler bırakır. Yangından tamamen etkilenerek hayatiyetlerini kaybetmiş bireylerin bulunduğu meşçereler ve yangından etkilenen fakat yaşamlarına devam edebilen bireylerden oluşan meşçereler ile yangından hiç etkilenmemiş olan bazı meşçereler yangın alanı içinde bir desen oluşturur (Turner ve Romme, 1994). Bu

tür izler bırakan yangınların etkili olduğu ormanlık alanlardaki yaş sınıfları dağılımı negatif eksponansiyel bir dağılım gsterir. Belirli sıklık ve şiddetteki yangınlar tarafından yenilenen doğal yapıdaki ormanlarda, genç meşcerelerin alan olarak fazla bulunduğu, ilerleyen yaşlarda yaşlı meşcerelerin gittikçe azalan bir oranda bulunduğu ters J şeklinde bir yaş sınıfları dağılımı söz konusudur (Van Wagner, 1978, 1983) (şekil 1a). Diğer biyotik ve abiyotik faktörlerin etkili olduğu ormanlık alanlarda da, bu etmenlerin orman ekosistemi ile olan ilişki ve etkileşimleri neticesinde ortaya çıkan ve bu sisteme özgü yapıyı temsil eden bir durum söz konusudur (Royama vd., 2005; Morin vd., 2007).

Orman ekosistemlerinden yararlanmada, bazı yöntem ve ilkeler doğrultusunda hazırlanan planlar ve bu ekosistemlerdeki doğal olaylar dikkate alınmaktadır. Planlar genellikle tek tip yararlanma ve bu yararlanma biçiminde en fazla öne çıkan en yüksek miktarda odun üretimi amaçlı ormancılık faaliyetleri ile hazırlanmaktadır. Bu amacın gerçekleştirilmesine, ormanlardaki doğal yapıya uymayan farklı bir çerçeveden hareketle ulaşılmak istenmektedir. Söz konusu çerçeveyi, ormancılıkta yararlanmanın zamansal düzenleyicisi olarak idare süresi, mekansal düzenleyicisi olarakta üretim, gençleştirme ve ağaçlandırma faaliyetleri belirlemektedir. Planlamalarda idare süresi, hemen her zaman belirli sınır değerleri için sınıflara ayrılmakta, üretim, gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmaları ile bu sınıflar için eşit bir alanın oluşturulması hedeflenmektedir. Herşey yolunda gittiği taktirde; belirlenen yaş sınıfları için eşit alanlardan oluşan dikdörtgen bir yaş sınıfları dağılımının oluşacağı beklenmektedir (şekil 1b) (Bergeron vd., 1999).



şekil 1. Ortalama 100 yıllık yangın döngüsüne sahip ormanlık alandaki negatif eksponansiyel yaş sınıfları dağılımı (a) ve 100 yıllık idare süresine göre işletilen her yaş sınıfında eşit alanın olduğu ormanlık alandaki teorik yaş sınıfları dağılımı (b) (Van Wagner, 1978 ve Bergeron vd., 1999'a atfen).

Orman kaynaklarının planlanmasında faydalanmanın düzenlenmesi için belirlenen idare süresi, çoğu kez doğal olaylar neticesinde oluşmuş orman yapısından uzaklaşılmasına neden olmaktadır. Özellikle orman ekosistemlerinden tek tip yararlanma ve bu yararlanma

biçiminde en fazla öne çıkan en yüksek odun hasılası hedefli ormancılık faaliyetlerinin bunda önemli bir katkısı bulunmaktadır. Aynı zamanda, üretim ve ağaçlandırma çalışmalarının bu ekosistemlerdeki parça büyüklükleri (McRae, 2001) ve dinamikleri (Seymour ve Hunter, 1999) ile çoğu kez bir uyumsuzluğu söz konusudur.

Yangınlardan etkilenmeyen ya da düşük şiddetli yangınlar sonrasında hayatîyetlerine devam edebilen ormanlık alanlar ve yaşlı meşcereler sistem genelinde biyolojik ve konumsal açıdan bir çeşitlilik ortaya koyarlar. Söz konusu bu çeşitlilik, farklı flora ve fauna türlerinin yaşam alanı bulma ve birbirleriyle olan karşılıklı veya tek taraflı etkileşimlerin ortaya çıkmasında hayati önemdedir (Turner ve Romme, 1994, Gauthier vd., 1996). Eşit alan-eşit hasıla temeline dayalı planlamalarda varılmak istenen hedef(ler)e ulaşıldığı varsayıldığında; biyolojik çeşitlilik açısından büyük önem arz eden yaşlı ormanlık alanların sistemden uzaklaştırılması (Harvey vd., 2002) söz konusu olmaktadır. Ancak, farklı yangın döngülerine sahip alanlarda ise zamansal ve mekansal açıdan farklı yaşam alanlarının oluşması sağlanmaktadır. Yangınlar neticesinde ortaya çıkan bu yapının sürdürülebilir ve ekolojik bir planlama yaklaşımı ile ormanlardan faydalanmanın planlanması ve gerçekleştirilmesinde yangına bağımlı ormanlık alanlarda dikkate alınması gerekmektedir.

Doğal olayların yoğun bir şekilde etkili olduğu ekosistemlerdeki planlamalarda, doğal olayların ekosistemlerde yapmış olduğu etkinin benzerinin oluşturulmasına yönelik planlamalar ve uygulamaların sayısı ve önemi her geçen gün artmaktadır. Söz konusu bu çalışmalar; yangınlardan farklı şiddette etkilenen alanlarda oluşan değişken yapının ve yangınların tamamının uzun vadede orman ekosistemindeki yaş sınıfları dağılımına olan etkisini ve bu iki yapının etkileşimine bağlı olarak ortaya çıkan yaşam alanlarına bağımlı organizmaların yaşam koşullarının sürdürülmesine imkan sağlayan son derece önemli çalışmalardır (Baker, 1989a; Gauthier vd., 1996; Bergeron vd., 1999; Bergeron vd., 2001; Bergeron vd., 2002; Harvey vd., 2002; Bergeron vd., 2004). Sistem genelinde planlamalar yapılmadan önce sistemin doğasında var olan ve uzun yıllar olagelen olayların sistem üzerindeki etkilerinin detaylı bir şekilde analiz edilmesi ve doğal olaylardan kaynaklanan belirsizliğin planlama biriminde en aza indirilmesinde, doğal olayların bu istenmeyen etkilerinin planlamaların başında dikkate alınarak planlama yoluna gidilmesi gerekir.

1.2.3. Planlamalarda Risk ve Belirsizlik

Orman ekosistemlerinin gelişimine temel teşkil eden yetişme ortamı koşullarındaki büyük değişkenlik ile şekillenmesinde etkili olan iklim ve doğal olaylardan kaynaklanan geleceğe yönelik bilinmezlik, planlamalar için önemli bir belirsizlik kaynağıdır. Belirsizlik bilgi eksikliği olarak nitelendirilebilir ve alınacak kararların, bu kararları etkileyen parametreler ile bu kararların çıktılarına yönelik gerçek-kesin bir bilgiye sahip olunmadan verilmesi gerekliliği anlamına gelir. Ormancılıkta planların uzun süreleri kapsayacak şekilde hazırlanması, beraberinde çeşitli belirsizlik kaynaklarının planlamalar içinde yer almasını kaçınılmaz kılmaktadır. Özellikle son derece geniş alanlarda ve sayıları onbinleri bulan meşcerelerde çalışılıyor olması, ormancılıktaki en önemli belirsizlik kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca, büyüme modelleri, üretim ve pazarlama fiyatlarındaki dalgalanmalar, teknolojik yenilikler, sosyal ve siyasal değişimler ormancılıktaki diğer belirsizlik kaynaklarıdır (Kangas ve Kangas, 2004).

Ormancılıkta planlamada risk, belirli bir alan ve zaman aralığında gerçekleşen zarar neticesinde beklenen kayıptır. Bu kayıp zararın olasılığına bağlı olarak hesaplanabilir (Gadow, 2000). Orman ekosistemlerinde zarar; böcek, yangın, fırtına, kar gibi biyotik ve abiyotik etmenlerden kaynaklanabileceği gibi (MacLean vd., 2000; Schelhaas vd., 2003; Hanewinkel vd., 2008; Bilgili vd., 2010), insan faaliyetleri neticesinde de gerçekleşebilir (Fahrig, 1997). Kuruluş aşamasından üretim aşamasına kadar olan zaman zarfında, biyotik ve abiyotik etmenler ormancılıktaki en önemli risk kaynağıdır (Gadow, 2000). Orman yangınları bu etmenler arasında, amenajman planları önündeki en önemli risk kaynağı (Bettinger, 2009) ve önlenmesi en zor ve masraflı olanlarıdır (Donovan ve Brown, 2007).

Yangın riski, belirli bir zamanda ve alanda, belirtilen bir şiddet düzeyindeki yangının çıkma olasılığı (Preisler vd., 2004) veya doğadaki etmenlere yada diğer etkili unsurlara bağlı olarak yangının gerçekleşme ihtimali olarak tanımlanmaktadır (Hardy vd., 2005). Yangının gerçekleşmesi ya da gerçekleşmemesi, gerçekleşmesi durumunda etkili olacağı alan büyüklüğü ve alan içindeki etkilenme dereceleri, planlamalarda yangınlara ilişkin belirsizlik kaynaklarıdır. Hava halleri, topoğrafya, yanıcı madde özellikleri ve insan faaliyetlerine bağlı olarak çıkacak yangınların olasılığı ve ortaya koyacakları zarar düzeyi ise yangın riskini ifade etmektedir. Yerleşim alanları ve korunması gereken diğer değerler üzerindeki olası etkileri kısa dönemdeki yangın risk faktörlerindedir. Yangınlar

neticesinde gerçekleşmesi muhtemel alan kayıpları ile bu kayıpların yaş sınıflarına olan etkisi uzun vadeli yangın riski faktörlerindedir. Yangın çıkma ihtimalinin yer ve adet olarak tahmin edilebildiği ve sebep olacağı zararı meşcere özellikleri ve yangın davranışına bağlı olarak dönem, plan periyodu ve plan yörüngesi boyunca planlamalara yansıtılmak ve neticesinde hedeflenen amacın gerçekleştirilmesi noktasında en uygun planlama yaklaşımı belirlemek çağımız ormancılığının gereklerindedir.

1.2.4. Orman Yangınlarının Planlamalardaki Yeri

Orman yangınları geniş alanları etkileyebilmekte ve bu etkilerin sonuçları ise oldukça uzun sürelerde görülebilmektedir. Yangınların planlamalar üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar, ilk olarak meşcere seviyesindeki etkilerinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilmiştir. Sonrasında yapılan çalışmalarla farklı büyüklükteki ve özellikteki meşcerelerden oluşan ormanlık alanlardaki etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Orman yangınlarının etkileri ve ekosistemde neden oldukları değişimleri konularında yapılan çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen bilgiler, yangınların planlamalarda ekosistem seviyesinde ele alınabilmesine büyük katkılar sağlamıştır.

Orman yangınlarının planlamalarda ele alındığı çalışmalar iki ana başlık altında ele alınabilir. Birincisi, yangınlar neticesinde oluşan kayıpların açıklanmaya çalışıldığı ve bu kayıpların azaltılmasına yönelik faaliyetlerin gerçekleştirildiği ekonomik odaklı ormancılık faaliyetleridir. Zamansal olarak kullanılan yöntemler ve uygulamalar dikkate alındığında; yangınlarının faiz oranı ve büyüme oranlarının değiştiği koşullarda net bugünkü değer üzerine olan etkisinin orman ekosistemi genelinde sebep olduğu kayıpları açıklayıcı modeli geliştiren Van Wagner'ın (1979) çalışması bu konuda yapılmış ilk çalışmalardandır. Ayrıca, yangınların odun üretimi üzerine olan zararı ile üretim ve yangın arasındaki ilişki ve etkileşimlerinin araştırıldığı çalışması, yangınların planlamalarda orman seviyesindeki etkilerini ortaya koymaya yönelik yapılmış ilk çalışmalardandır (Van Wagner, 1983).

Meşcerelerin, orman yangınları risk ve zararı dikkate alınarak ekonomik olarak yönetimindeki en uygun seçeneklerin kararlaştırılmasında doğrusal programlamanın kullanımı ile yöneylem araştırmaları tekniklerinin kullanımına geçilmiş ve orman yangınları neticesinde oluşacak kayıpların açıklanması ve ortaya konulmasında yöneylem araştırmaları ve simülasyon yöntemlerinden birlikte yararlanılmaya başlanılmıştır (Reed ve Errico, 1986). Doğrusal programlama, orman yangınlarının neden olduğu kayıpların en aza

indirilmesi hedefli çalışmalarda en yaygın kullanılan yöntemlerdendir. Orman amenajman planlarının hazırlanmasında ve ormancı uygulayıcılar ile karar vericilere alternatif seçeneklerin sağlanmasında uzun zamandır kullanılmaktadır (Bettinger ve Chung, 2004). Yangın riski altındaki meşcerelerde tomruk üretimi ve en uygun meşcere yönetiminin ele alındığı çalışmalarda temel amaç genellikle maksimum odun hasılatının elde edilebileceği optimal yaş sınıfları dağılımının belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır (Routledge, 1980; Martell, 1980; Reed, 1984; Reed ve Errico, 1985; Reed ve Errico, 1986; Caulfield, 1988; Gassmann, 1989; Martell, 1994; Boychuk ve Martell, 1996; Gonzalez vd., 2005a; Savage vd., 2011).

Yangınlardan kaynaklanan kayıpların, birden fazla işletme amacını da en iyileyecek şekilde, en aza indirilmesinde sezgisel yöntemlerden de yararlanılmaktadır. Tabu arama, tavlama, genetik algoritma gibi sezgisel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar, planlama biriminde yangın riski, yanıcı madde düzenlemesi, kesim düzeni gibi uygulamaların simülasyon periyodu süresince yangın zararının en aza indirilmesi veya yangına dayanıklılığın en iyilenmesi amaçlı gerçekleştirilmiş çalışmalardır (Campbell ve Dewhurst, 2007; Bettinger, 2009; Kim vd., 2009; Acuna vd., 2010).

Orman yangınlarının planlamalarda ele alındığı ikinci yaklaşım şekli ise, orman ekosistemlerinde uzun süreler içinde ortaya çıkan doğal yapıyı ve bu doğal yapının sağlıklı bir biçimde devamını sağlamaya yönelik ekolojik odaklı ormancılık faaliyetleri çalışmalarıdır. Orman yangınlarının, ekonomisinden ziyade kısa, orta ve uzun vadedeki ekolojik etkilerinin dikkate alınarak planlamalara yansıtılması düşüncesi, planlamalarda ekolojik odaklı olarak yer alan çalışmalardır. Bu yaklaşımın temelinde, uzun bir tarihsel süreçte ve doğal olayların etkisi altında gelişmiş veya şekillenmiş orman ekosistemlerindeki doğal yapıyı ve bu yapının bileşenlerini sağlıklı ve sürdürülebilir bir şekilde yönetme düşüncesi yatmaktadır (Hunter, 1999; Perera vd., 2004a; North ve Keeton, 2008).

Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren hız kazanan doğaya yakın ve doğaya uygun bu ormancılık anlayışı, günümüzde orman kaynaklarının planlanması ve yönetimi konularında gittikçe ağırlığını hissettirmektedir. Hunter (1993), uygulanmakta olan mevcut ormancılık faaliyetlerinin doğal olayları taklit etmesi olayını üç yönden tanımlamaktadır. Üretimin zamanı doğal olayın meydana geliş sıklığı ile uyumlu olmalı, kesim bloklarının büyüklüğü ve dağılımının doğal olaylardaki büyüklük ve farklı etkilenme derecelerinden dolayı ortaya çıkan yapının şekli ile alansal büyüklükleri benzer olmalı, üretimden sonra alanda kalan

kesim artıklarının ise doğal olaylar sonrasında alanda görülen miktar ve özellikleri ile uyumlu olmalıdır. Bu üç konu dikkate alındığı takdirde mevcut doğal olayların ormancılık planlamaları ve faaliyetlerinde benzetimi mümkün olabilmektedir.

Hunter (1993)'in bu yaklaşımla ilgili çalışmaları ağırlıklı olarak alan büyüklüğü ve bu alan içerisinde ortaya çıkan parça büyüklükleri ile ilgilidir. Bununla birlikte, stokhastik olarak doğal olayların ortaya çıkış özelliği ve ortaya koydukları durumu dikkate alarak sürdürülebilir bir orman amenajmanı planlamasında, doğal olayların sıklık ve büyüklükleri de dikkate alınmıştır (Armstrong vd., 1999).

Yangına bağımlı orman ekosistemlerinin planlanması ve planların uygulanmasında, yangınların olumsuz etkilerinin aşılması ya da bertaraf edilmesinde ekolojik yapıyı ve süreçleri dikkate alan farklı yöntem ve uygulamalar bulunmaktadır. Kuzey Amerika ve Avustralya'da yangın sıklığı ve bu sıklıkla ilişkili türlerin yönetimi odaklı, yangının aktif bir biçimde kullanımını içine alan yangın-orman amenajmanı entegrasyon çalışmaları (Cissel vd., 1998; Boer vd., 2009), Boreal kuşakta, yangın sıklığı ve yaş sınıflarının oluşturulması kapsamında doğal süreçlerin taklidi esasına dayalı daha geniş ölçekli entegrasyon çalışmalarını kapsamaktadır (Harvey vd., 2002).

Ormancılıkta üretim faaliyetlerinde kullanılan traşlama metodu ile meşcere yenileyici özellikteki orman yangınları arasında bir benzerlik bulunmaktadır (McRae vd., 2001). Benzer şekilde seçme ya da kısmi seçme işletmeciliği ile düşük şiddetli yangınların ortaya koyduğu etki bakımından da bir benzerlik söz konusudur (Bergeron ve Harvey, 1997). Zamansal ve konumsal ölçekte ormancılık faaliyetlerinin ekosistem genelindeki tahsisi ile biyotik ve abiyotik etmenlerin şekillendirdiği geçmişteki doğal orman ekosistemi yapısına ulaşma düşüncesi arasında da bir benzerlik bulunmaktadır (Bergeron vd., 2002). Bu bağlamda büyüklük, şekil, dağılım, uygulama özellikleri ve yöntemleri arasındaki benzerlik ve bağlantılar dikkate alınarak gerçekleştirilen ormancılık faaliyetleri Kanada ormancılık çalışmalarına yön vermektedir (OMNR, 2001). Böylelikle, doğal olaylar ile ormancılık faaliyetleri arasındaki bu benzerliklerden hareketle planların hazırlanması ve uygulanması neticesinde sürdürülebilirliğin sağlanması hedeflenmektedir.

Kanada ormancılığında orman kaynaklarının planlanmasında, orman ekosistemlerinin şekillenmesinde çok önemli rol oynayan yangın davranış ve yangın rejimi özellikleri dikkate alınmaktadır. Yıldırım kaynaklı çıkan ve müdahalede bulunulmayan yangınlarda farklı yangın şiddeti değerlerindeki yangından etkilenmeyen ormanlık alanlar, üretim alanı içinde miktar, şekil ve dağılım olarak doğal yapıdakine benzer bir durum gözetilerek elde

edilmeye çalışılmaktadır. Böylelikle bir yangın alanı içinde yangın davranışı neticesinde oluşan değişken yapı üretim faaliyetleri ile gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Yangın büyüklüğü, yangın sıklığı ve yangın döngüsü gibi etkileri uzun vadede ortaya çıkan yangın rejimi parametrelerinin ekosistemdeki etkileri; bu etkilerin orman amenajman planlarında karşılık bulduğu parça büyüklüğü, idare süresi ve yaş sınıfları gibi parametrelerle ilişkiye getirilerek orta ve uzun vadede elde edilmeye çalışılmaktadır (OMNR, 2001).

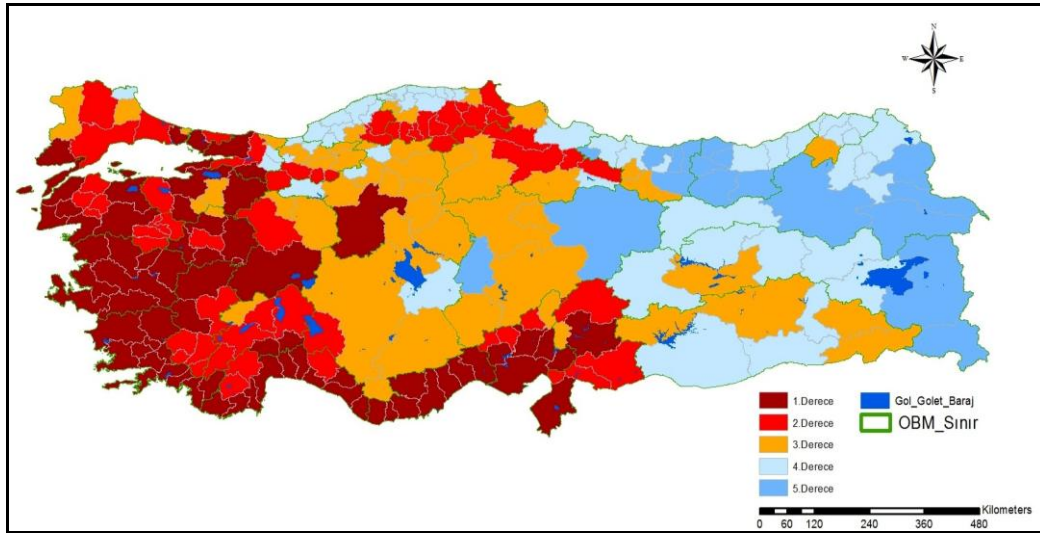
Kanada'daki üretim çalışmalarında göl, ırmak, nehir gibi sulak alanlara belirli mesafedeki ve bataklıklardaki ormanlık alanlara üretim esnasında dokunulmamaktadır. Kesimler, meşcere sınırları keskin düz hatlar yerine, girintili ve çıkıntılı sınırların oluşacağı kenar özelliği fazla olacak şekilde gerçekleştirilmektedir. Böylelikle yangınlar sonrasında yanmayan yahut yangından az etkilenip hayatiyetlerini sürdürebilen ormanlık alanlar ve bir yangın alanı içinde oluşan desen oluşturulmaya çalışılmaktadır (Lee ve Symth, 2003; Perera vd., 2009; Dragotescu ve Kneeshaw, 2012).

Yangına bağımlı ekosistemlerde, yangın bir amenajman aracı olarakta kullanılmaktadır. Kuzey Amerika başta olmak üzere, orman yangınlarının geniş alanlarda etkili olduğu ülkelerde, planlayıcılar yangın tehlikesinin azaltılması, yanıcı maddenin uzaklaştırılması, yetiştirme ortamının hazırlanması, yaban hayatının iyileştirilmesi, hastalıkların kontrolü gibi farklı işletme amaçlarını gerçekleştirmek ve sistem genelinde yangının ortaya koyduğu etkiyi oluşturabilmek amacıyla denetimli yangınlar gerçekleştirmekte (Wade ve Lunsford, 1989; Gill vd., 1999; Walkingstick ve Liechty, 2007) ya da doğal olarak çıkmış orman yangınlarına yerleşim yerlerini tehdit etmediği müddetçe müdahalede bulunmayarak yangının doğal şartlarda ortaya koyacağı etkiyi oluşturmasına müsaade ederek kendisinden faydalanma yoluna gitmektedir (Zimmerman ve Bunnell, 1998; OMNR, 2001).

Avrupa ormancılığında orman yangınlarının orman kaynaklarının yönetiminde ele alınmış şekli; ormancılık amaç ve hizmetlerini sekteye uğratan yangınların, sıklık ve büyüklüğünün kontrol edilebilir bir seviyede tutulması odaklı ve yangın rejiminin ilk basamağını teşkil eden yangın davranışının ılımlaştırılmasına yönelik çalışmalar üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar; yoğun yangın önleme ve yangınla mücadele çalışmaları ile yangınların büyüklük ve şiddet olarak etkisini azaltacak yangın emniyet yol ve şeritlerinin tesisi, var olan doğal yangın engellerinden yararlanma ile üretim, bakım ve ağaçlandırma faaliyetlerinin yangın zararını en az seviyede tutacak şekilde planlanması ve uygulanmasına yönelik çalışmalardır.

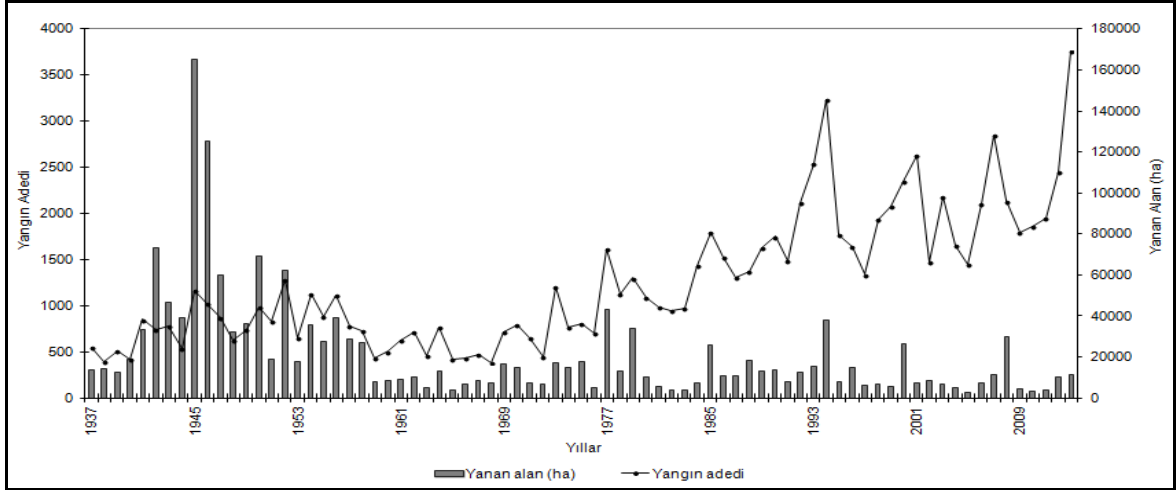
1.2.5. Orman Yangınlarının Türkiye Genelindeki Durumu ve Planlamalardaki Yeri

Ülkemiz orman varlığı yaklaşık 21.7 milyon hektar olup, bu alanın %47'si verimsiz ve %53'lük kısmı ise verimli ormanlık alanlardan oluşmaktadır (OGM, 2013). Özellikle Akdeniz ve Ege sahili boyunca en önemli yanıcı madde tiplerinden kızılçam ve makilik alanların ağırlıklı olarak bulunduğu yangına birinci derece hassas 7.84 milyon ha ormanlık alan ve yangına ikinci derece hassas 4.61 milyon ha ormanlık alan, ülke ormanlarımızın yaklaşık % 57'sini oluşturmaktadır (Şekil 2), (OGM, 2014).



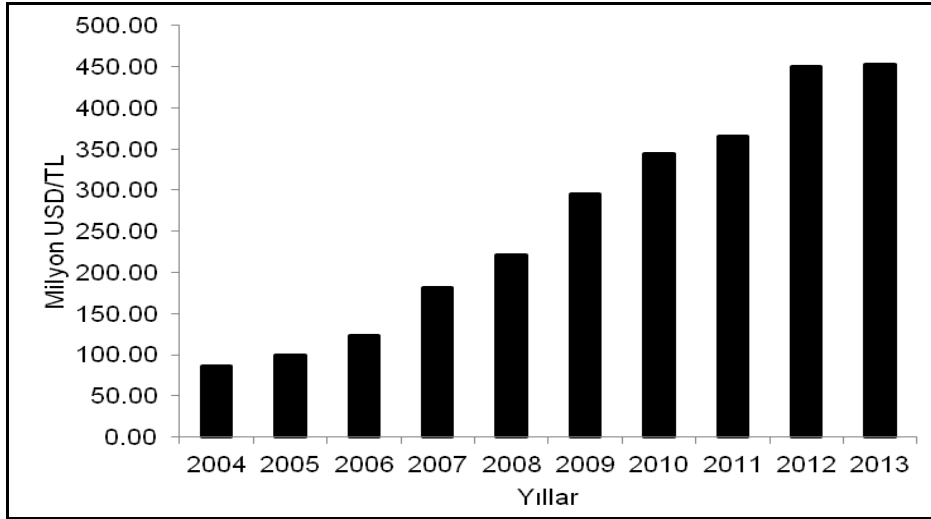
Şekil 2. Yangına hassas orman işletme müdürlükleri haritası (OGM, 2013)

Yangın istatistiklerinin düzenli olarak kayıt altına alınmaya başlandığı 1937 yılından 2013 yılı sonuna kadar meydana gelen 96504 adet orman yangını ile toplam 1645858.23 hektar, yıllık ortalama olarak da 21374.8 hektar ormanlık alan yanmıştır. Bu dönem içerisindeki yıllık ortalama yangın sayısı 1253 adet olup, bir yangın başına düşen yanan alan miktarı 17 hektar dolaylarında gerçekleşmiştir (OGM, 2014). Özellikle yangınla mücadele çalışmalarında, teknolojik gelişme ve yeniliklerin yangınların tespiti ve söndürülmesi aşamalarında yoğun bir şekilde kullanımı, yangın başına düşen ortalama yanan alan miktarındaki azalışı da beraberinde getirmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. 1937-2013 yılları arası yangın adedi ve yanan alan miktarı (OGM, 2014)

OGM bütçesinin oldukça önemli bir miktarı orman yangınlarıyla mücadele çalışmalarında harcanmaktadır (Şekil 4), (OGM, 2014). Yangınlarla mücadele politikası olarak, çıkan yangınlara mümkün olan en kısa sürede ve yangın zararı en az düzeyde olacak şekilde müdahale yangın amenajmanı çalışmalarının temel stratejisini oluşturmaktadır. Fakat, gerçekleştirilen bu yangın amenajmanı çalışmalarında yangınların ekolojik etkileri, ekonomisi ve sosyal boyutu gibi belirlenen idare amaçlarına ulaşmada oldukça önemli konuları göz ardı edilebilmektedir. Oysaki yangınlar sosyal, ekonomik ve ekolojik boyutu olan bir sorundur (Bilgili, 1999). Bazı ekosistemler için mutlak surette gerekli, bazı ekosistemleri ise tehdit edici bir unsur olarak görülen yangınlar, ülkemiz için sistemden mutlak surette uzak tutulması gereken bir olgu olarak kabul görmüştür (Bilgili, 1997; Bilgili ve Goldammer, 2000; Bilgili vd., 2002). Bu bakış açısı ve yaklaşım, harcamaların büyük bir kısmının sürekli artan bir şekilde yangınla mücadele masraflarına yapılmasına sebep olmuştur.



Şekil 4. Son 10 yıllık yangınlarla mücadele masrafları (OGM, 2014).

Ülkemiz ormancılığında yangınların planlamalardaki yeri ve ele alınış şekli Avrupa'da olduğu üzere yangın davranışı çerçevesinden hareketle gerçekleştirilen yanıcı madde amenajmanı ağırlıklı çalışmalardan ibarettir. Bu çalışmalar; yangına hassas ormanlık alanlarda yangınların yayılmasını yavaşlatıcı türlerin kullanımı (Neyişçi vd., 1996), yanıcı madde yönetimi amaçlı bakım çalışmaları (OGM, 2012b), yangın sonrası yanan ormanlık alanların rehabilitasyonu ve yangına dirençli ormanlar tesisi gibi çalışmalardan oluşmaktadır (OGM, 2008). Çok az sayıdaki çalışma ise yangın ekolojisi ve yangın rejimi konularının anlaşılmasına yönelik gerçekleştirilmiştir (Neyişçi, 1986; Neyişçi vd., 2002).

Yangınların yangın davranışı üzerinde etkili faktörlere bağlı olarak gerçekleşmesi olası etkilerinin anlaşılmasına yönelik çalışmalar, planlamalara en fazla konu edilen yangın riskinin ortaya konulmasına yönelik çalışmalar olması nedeniyle önemli çalışmalardandır (Erten vd., 2004; Başaran vd., 2004; Erten vd., 2005; Sağlam vd., 2008a; Karahalil, 2009). Fakat bu çalışmalarda yangınların kısa, orta ve uzun vadede ortaya koydukları etkileri ve bu etkilerin azaltılmasına yönelik strateji ve yöntemler orman amenajman planlarında ele alınmamış ve çalışmalara konu edilmemiştir.

1.2.6. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP)

Doğal kaynaklara olan taleplerin çeşitliliği, nüfustaki hızlı artış, arazi kullanım özellikleri ve orman ekosistemlerinin bünyesinde barındırdığı biyolojik çeşitlilik vb

değerleri ekolojik ve ekonomik önemi her geçen gün artan orman kaynaklarından sürdürülebilir ve doğal yapıya uygun bir biçimde yararlanmada öncelikli konuların başında gelmektedir. Bu istek ve taleplerin yerine getirilmesinde orman amenajman planları belirleyici konumdadır.

Ülke ormancılığında ekonomik açıdan en yüksek miktarda odun üretimi odaklı ormancılık faaliyetleri, son 10 yıllık süreçte Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama felsefesi ile planlanmakta ve yürütülmektedir (OGM, 2012a). Genelde ekonomik getirisi olan unsurların en iyilenmesi amacıyla olan bu planlama yaklaşımından, son zamanlara doğru ekolojik ve biyolojik açıdan önem arz eden unsur ve bileşenlerin en iyilenmesi ve sürdürülebilirliği hedefine doğru zorunlu bir kayma gözlemlenmektedir. Bunun neticesinde ise ekosistem ve bileşenlerinin karşılıklı ilişki ve etkileşimlerini en iyilemek hususunda modelleme, simülasyon ve kombine optimisasyon teknikleri gibi yöntemlerin kullanıldığı ve konumsal bir amenajman planının hazırlanmasına imkan sağlayabilen karar destek sistemlerinin kullanılması ile planların hazırlanması gerekliliği doğmuştur. Bu bağlamda ülkemiz ormancılık faaliyetleri için geliştirilmekte olan modelleme prensip ve yöntemlerinin yoğun bir biçimde kullanıldığı Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) anlayışı (Başkent vd., 2005b) sürdürülebilir ve ekolojik açıdan ormanların planlanmasında öne çıkmaktadır. Fakat ülkemizde planlı ormancılıkta gelinilen bu noktada da, planların süreklilikleri ve orman korumanın önemli bir problemi olan orman yangınları ve diğer doğal olaylar planlamalarda dikkate alınmamaktadır.

Temelde ekosistemin sağlık ve bütünlüğü temeline dayanan ETÇAP kavramı, ormanın sunduğu değerleri katılımcı yaklaşımla ve sürdürülebilir bazda toplumun hizmetine sunmayı hedefler. ETÇAP yaklaşımının öne çıkan beş bileşeni bulunmaktadır: i) Biyolojik çeşitliliğin envanteri ve korunması, ii) Çok amaçlı planlama iii) Yöneyim araştırması teknikleri ile (modelleme) en iyi seçeneğin oluşturulması, iv) Katılımcılık ve v) Kurumsal kapasitenin geliştirilmesi. Bu bileşenlere göre ETÇAP süreci, orman ekosistemi envanterini yapan, ormanı barındırdığı değerlere (fonksiyonları) göre sayısallaştıran ve bölümleyen, ormanı belirlenen amaçlara ve koruma hedeflerine ulaştıracak stratejileri belirleyen ve plan uygulamasının etkinleştirilmesi için paydaşların katılımını sağlayan bir planlama yaklaşımıdır. Bu anlayış, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği, üretim, yenilenme kapasitesi, canlılık ve orman ekosistemlerinin uzun vadeli dengesine zarar vermeden onların ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel fonksiyonlarının yeterliliğine odaklanır (Başkent vd., 2005b). Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamanın esasına

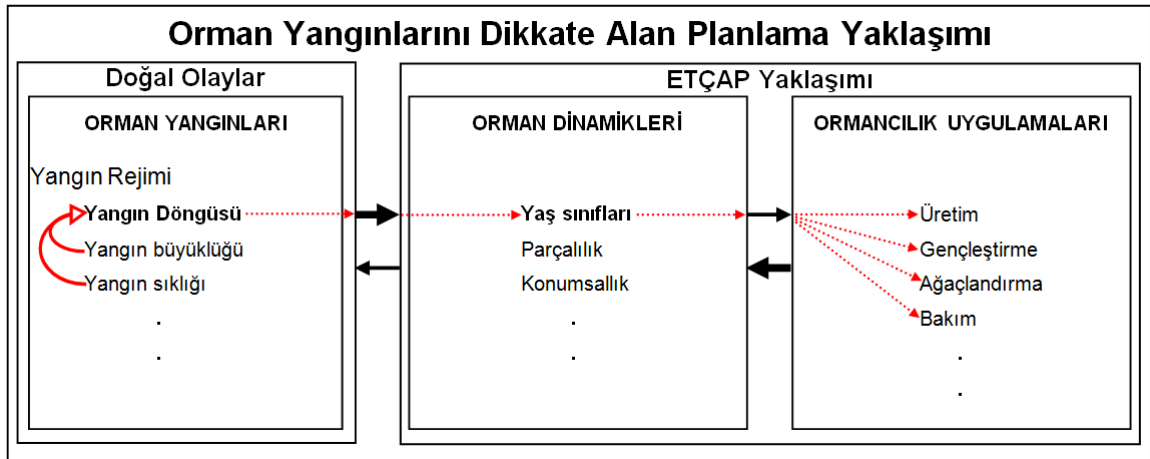
bakıldığında bilimsel ve teknolojik gelişmelerin ağırlıkta olduğu bir açılım görülmektedir. Bilimsel gelişmeler itibarıyla, ekosistem sağlığı ve bütünlüğü, stratejik planlama, ekosistem sürdürülebilirliği, kapasite geliştirme, biyolojik çeşitlilik, doğa koruma, bilinçlendirme çok amaçlılık ve katılımcılığın etkinleştirilmesi anlaşılmaktadır. Teknolojik açılımlar itibarıyla CBS, veri tabanı, uzaktan algılama ve yöneylem araştırması tekniklerinin ETÇAP sürecindeki etkinliği anlaşılmaktadır (Başkent vd., 2005b).

Bir çok ülkenin ormancılığında kabul gören ekosistem tabanlı planlama çalışmalarıyla benzer olarak ülkemizde de ekosistemin bir bütün olarak ele alınıp araştırıldığı (Yolasiğmaz vd, 2005) çok sayıda bilimsel (Başkent vd., 2008a; Başkent vd., 2008b; Keleş ve Başkent, 2011; Başkent vd., 2013a; Kadioğulları vd., 2013) ve uygulamaya dönük çalışmalar mevcuttur (Başkent vd., 2013b). Orman ekosistemlerinden ekonomik ve ekolojik bir şekilde yararlanma amaçlı hazırlanan bu planlarda biyolojik çeşitlilik, odun dışı orman ürünleri gibi konulara yer verilmekle birlikte, ekosistemin sağlıklı bir şekilde işleyişinde önemli bir yeri olan doğal olayların da dikkate alındığı bir planlama yaklaşımına gerek vardır. Orman amenajmanının sistem üzerindeki en büyük düzenleyici araçlarından olan yaş sınıfları ve parçalılık gibi unsurlarının yangınlarla olan etkileşimi neticesinde oluşan yapıyı sürdürme ve amenajmanın bu düzenleyici araçlarını kullanarak ekonomik-ekolojik bir faydalanma ile sürekliliklerini sağlama ekosistem ormancılığının hedefleri ve gerekleri arasındadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Kavramsal Çerçeve

Çalışmanın amacı, orman yangınları ile orman amenajman planları arasında eşgüdüm oluşturmak ve orman ekosistemlerinde hakim yangın rejimine bağlı olarak oluşan yaş sınıfları dağılımının planlama aşamasında dikkate alınmasını sağlamaktır. Ayrıca yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak ormancılık faaliyetleri ve orman yangınları etkileşiminde gerçekleşen yangın potansiyelindeki zamansal değişimin izlenmesi ve belirlenmesine yardımcı olmaktır. Böylelikle, yangınların planlama birimindeki etkilerinin izlenmesine ve kontrolüne imkan sağlayan, sürdürülebilir ve çok yönlü faydalanmayı sağlayacak bir biçimde uygulanabilir bir amenajman planı yapılmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Bu amaçla, ETÇAP planlama yaklaşımına, yanıcı madde ve yangın modelleri geliştirilerek ilave edilmiştir. Yanıcı madde modeli ile yanıcı madde özelliklerindeki zamansal ve konumsal değişimin belirlenmesi ve izlenmesi sağlanmıştır. Yangının meşçeler üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla ilgili yangın modelinin tasarımı ve yazılımının ETÇAP'a entegrasyonu gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Yangın ve ETÇAP entegrasyon sürecinin kavramsal çerçevesi

ETÇAP Simülasyon yazılımına entegre edilen yanıcı madde modeli, yangın modeli ve yangın-orman amenajmanı entegrasyonu çalışmasının kavramsal çerçevesi planlama, analiz, tasarım, gerçekleştirim ve uygulama aşamalarından oluşmaktadır. Kavramsal çerçeveyi oluşturan bu aşamalarla ilgili bilgiler özet şeklinde aşağıda ifade edilmiştir.

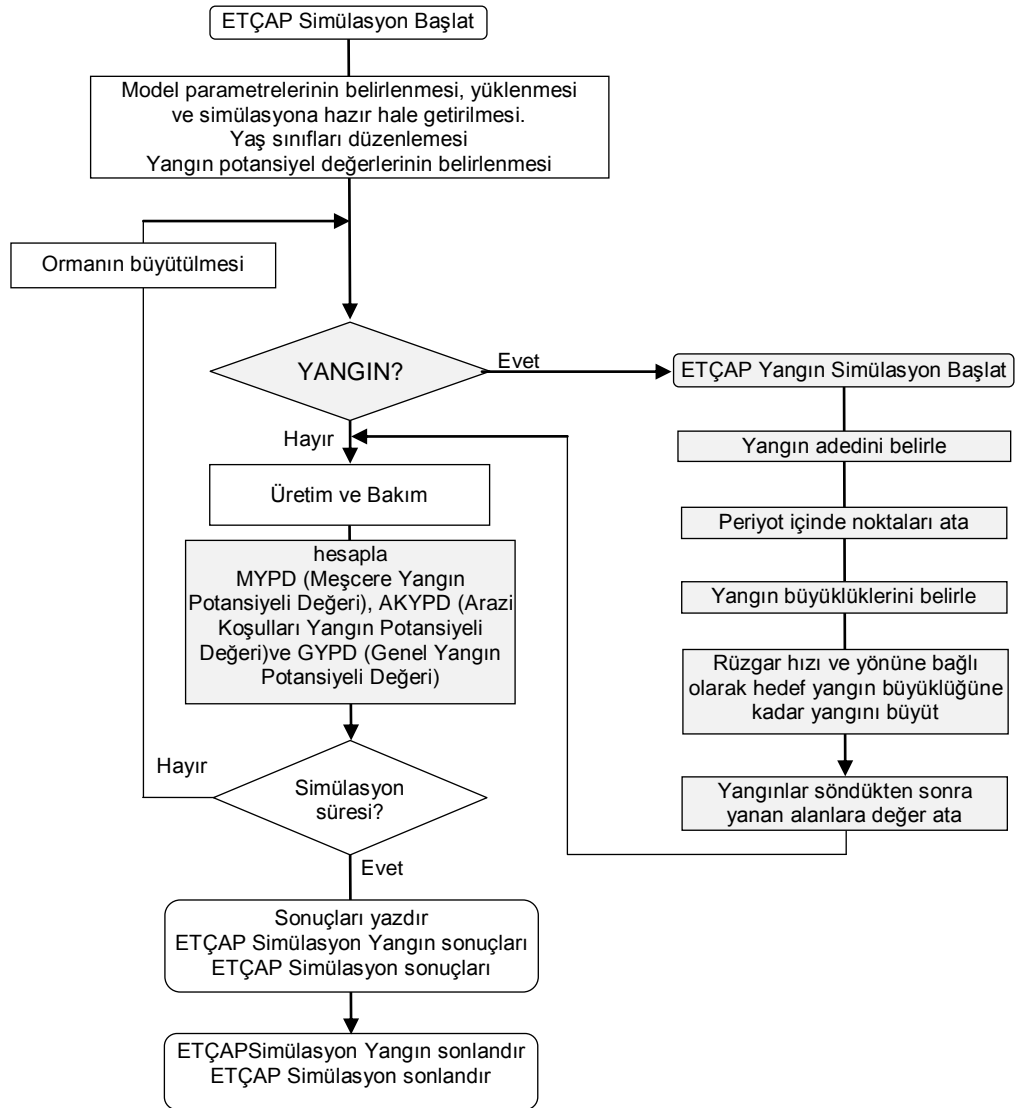
Planlama aşaması, çalışmanın dayandığı temel prensiplerin ve teorilerin belirlendiği aşamadır. Bu çalışmada ETÇAP olarak adlandırılan amenajman planlama anlayışı temel alınmıştır. Bu amaçla, planlamalarda plan başında dikkate alınmayan ve orman kaynaklarının planlanmasında en önemli belirsizlik kaynaklarından biri olan yangın unsurunun dikkate alındığı bir planlama yaklaşımı geliştirilmiştir. Geliştirilen bu planlama yaklaşımında öncelikle, ormancılık faaliyetleri ve yangın neticesinde değişime konu olan meşcereler için yanıcı madde özellikleri ve yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında yanıcı madde ve arazi özelliklerine bağlı olarak belirlenen yangın potansiyeli değerlerinin hesaplaması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Böylelikle yangın potansiyel değerleri kullanılarak yangın potansiyelindeki zamansal ve konumsal değişiminin belirlenmesi ve izlenebilmesi sağlanmıştır.

Analiz aşamasında, ETÇAP yaklaşımında orman yangınlarına dayalı bir planlama için hangi konulara yer verilebileceği ele alınmıştır. Yangınların etkili olduğu orman ekosistemleri için yaş sınıflarında yapılacak bir düzenlemenin dikkate alınacağı bir planlama yaklaşımı geliştirilmiştir.

Tasarım aşamasında, ETÇAP'a entegre edilecek olan yangın ve gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek senaryoların belirlenmesine yönelik bir sistem tasarımı geliştirilmiştir. Bu amaçla ilk aşamada yanıcı madde özelliklerindeki değişimin belirlenmesine imkan sağlayan yanıcı madde model yazılımı geliştirilmiş ve ETÇAP yazılımına entegre edilmiştir. İkinci aşamada ise yangın adedi, yangının yayılması ve büyüklüğünü dikkate alan bir yangın modeli tasarlanmış ve ETÇAP yazılımına entegre edilmiştir (Şekil 6). Ayrıca, geliştirilen yangın modelinin ETÇAP Simülasyon yazılımında kullanılabilmesi için yangın modülünün arayüz tasarımı yapılmış ve programa eklenmiştir.

Gerçekleştirim aşamasında, tasarımı yapılacak olan yangın modeline ilişkin kodlama ve yazılım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yanıcı madde ve yangın modeli modüler yapıda hazırlanmış, ETÇAP programı ile uyumlu bir arayüz ile desteklenecek şekilde tasarlanmıştır.

Uygulama aşamasında geliştirilen yangın planlama modeli, hipotetik bir orman alanı ve gerçek bir planlama birimi için test edilmiştir.



Şekil 6. Yangın ve orman amenajmanı entegrasyonu süreci akış diagramı

2.1.1. Planlama

2.1.1.1. Yazılım ve Donanım

Yangın modeli ve ETÇAP programına entegrasyonu kapsamında gerek duyulan yazılım çalışmalarında Delphi programlama dili kullanılmıştır. Delphi, nesne yönelimli bir programlama dilidir. Hızlı bir uygulama geliştirme aracı olan Delphi (Başçıftçi ve İnal, 2008), güçlü ve esnek bir programlama dili olmakla birlikte, Windows API fonksiyonlarını kullanabilmesi sayesinde çok hızlı ve güçlü programlar üretebilmektedir (Barengi, 2001;

Köseoğlu, 2004). Delphi programlama dilinde ihtiyaç duyulan veri tabanının kurulması, kullanılması ve geliştirilmesi aşamalarında bir Microsoft ürünü olan MS Access veri tabanı yönetim programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında gerek duyulan konumsal veri tabanı ve harita bilgilerinin üretilmesinde ve görselleştirilmesinde ArcGIS 10.1 programı kullanılmıştır. Bu amaçla, hipotetik çalışma altlığı ve gerçek bir planlama birimi için gereken sayısallaştırılmış veriler üretilmiş ve temin edilmiştir. Sayısal hipotetik çalışma altlığının hazırlanmasında, altıgen şeklinde poligonlar çizilmiş ve bu poligonlara ait öznitelik bilgileri tanımlanmıştır. Gerçek bir planlama birimine ilişkin veri tabanının sayısal altlığı Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Temin edilen sayısal altlık ve bu çalışma için tasarlanan hipotetik çalışma altlığına ait veri tabanlarında gerekli kontrol ve düzenlemeler yapılmıştır. Konumsal planlama için gerekli yakınlık (buffer) analizinde ihtiyaç duyulan açı ve komşuluk tabloları, ArcToolbox'daki Proximity komutu altındaki Neighborhood analizi komutu kullanılarak elde edilmiştir. ArcGIS programından, bölmecik bazında yanan alan ve müdahale seçeneklerinin haritalanması ve sunumu gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi aşamasında yararlanılmıştır.

2.1.2. Analiz

Bu çalışmanın en önemli hedeflerinden birisi planlamanın düzenlenmesi aşamasında benimsenecek yaklaşımın başarılı olabileceğini ortaya koymaktır. Söz konusu yaklaşım, geleneksel orman amenajmanı planlama tekniği anlayışından farklılık gösteren; orman yangınlarının sistemde neden olduğu değişimi ve gelişimi dikkate alacak bir planlama anlayışı yaklaşımıdır.

Sistemin, üretim, gençleştirme, bakım, ağaçlandırma, omancılık faaliyetleri gibi gerçekleşecek yangın neticesinde oluşan orman yapısını dikkate alacak bir planlama anlayışına göre tasarlanmış olması gerekmektedir. Çalışma bu bağlamda, planlamalarda hedeflenen amaçlara (yaş sınıfları) ulaşabilmek için; üretim, bakım ve ağaçlandırma faaliyetleri ile birlikte etkili doğal faktörlerden biri olan orman yangınının zamansal ve konumsal ölçekteki değişkenliğinin belirlenmesi ve orman dinamiği üzerindeki etkilerinin araştırılmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda bu etki ve sonuçlarının, amenajman planları ile olan etkileşimlerinin izlenebilmesi ve analizlerinin yapılabilmesine de imkan sağlamaktadır.

2.1.2.1. Hedef Orman Yapısı

Orman ekosistemleri uzun idare süresine sahip, son derece geniş alanları kapsayan doğal koşullara açık sistemlerdir. Geniş alanlarda etkili olabilen yangın, fırtına, hortum, dolu, sel, kar gibi meteorolojik kökenli olaylar ile böcek, mantar, virüs, nematod gibi biyotik kökenli etmenler, orman ekosistemlerinin değişim ve gelişimlerinde büyük rol oynarlar. Bu değişim ve gelişim ise, orman ekosistemlerinden yararlanmada en önemli belirleyici konumda yer alabilmektedir. Dolayısıyla, yararlanmanın gerçekleştirileceği ormanlarda bu durum göz önünde bulundurularak hedeflenen orman yapısı belirlenmelidir.

Ülkemizde planlama sürecinde dikkate alınan ve uygulanmakta olan planlarda benimsenen yaklaşım, geleneksel planlama yaklaşımıdır. Bu planlama yaklaşımında her periyotda eşit yaş sınıflarından oluşan düzenli (optimal kuruluş) yaş sınıfları dağılımı hedeflenmektedir. Hedeflenen bu yapıya mevcut yapıdan hareketle bir düzenleme süresi sonunda ve belirlenen idare süresi için oluşturulan periyot genişlikleri ile ulaşılmak istenmektedir. İdeal bir orman yapısı olarak hedeflenen bu yapıdan kaynaklanan birtakım olumsuzluklar söz konusudur.

- Klasik planlama yaklaşımı, hedef yaş sınıfları dağılımı ve parçalılık itibariyle orman yangınlarının oluşturabileceği dinamikleri kapsamamaktadır
- Silvikültürel faaliyetlerden olan üretim ve gençleştirmede yangının ortaya koyduğu (koyacağı) konumsal ve zamansal değişken durum dikkate alınmamaktadır.
- Yangınlardan, ormancılık faaliyetlerinin belirlenmesi ve uygulanması aşamalarında faydalanılmamaktadır. Örneğin, gençleştirilecek veya ağaçlandırılacak alanların büyüklükleri, dağılımları ve konumsallıkları gibi yangınlarla olan ilişki ve etkileşimleri dikkate alınmamaktadır.
- İdare süresi sonunda ve üretim işletme sınıfı alanının tamamında müdahalenin öngörülmesi, farklı yangın döngülerine sahip orman ekosistemlerinde yangınlardan etkilenmeyen yaşlı meşcerelerin alandan uzaklaştırılması gibi ekosistemin doğal yapısından uzak ve biyolojik çeşitlilik için olumsuz sayılabilecek bir takım sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.
- Bozuk ormanlık alanlar, makilik ve diğer ormanlık alanlarda sık gerçekleşen yangınlar sonrasındaki tek tür ile yeniden ormanlaştırma çalışmaları, uzun yıllar

belli bir yangın rejimi neticesinde ortaya çıkan yapı üzerinde olumsuz bir durum oluşturmakta ve sistemin işleyişinde bozulma ve aksaklıklara neden olabilmektedir.

Ülkemizde yangınların sık olarak ve geniş alanlarda etkili olduğu ormanlık alanlardaki ormancılık faaliyetlerinin belirlenmesi ve yürütülmesinde yangına gereken önem veril(e)memiştir. Yangına verilen önem, ayrıl(a)maz bir bileşeni olduğu orman ekosistemlerindeki işleyişini önleme ya da kontrol edilebilir bir seviyede tutma amaçlı yapılan mücadelelerden öteye geçememiştir. Ayrıca, yangınların şekillendirdiği hakim yangın rejimi neticesinde ortaya çıkan bu ekosistemler, orman dinamiklerinin dikkate alınmadığı bir ormancılık yöntemi ile yönetilmeye çalışılmıştır.

Dolayısıyla, mevcut yangın rejiminin belirlenmesi, bu yangın rejimine özgü yangın döngüsü ve çok yakından ilişkili olduğu idare süresi ile olan ilişkilerin analizi ve ortaya konulması, bu analiz ve ilişkilerden faydalanarak arzu edilen orman yapısının belirlenmesi ve de en önemlisi günümüz ormancılığının ihtiyaçlarına en iyi cevap verebilecek olan bir planlama yaklaşımı ile arzu edilen bu orman yapısına ulaşılması son derece önemlidir. Söz konusu bu olumsuzlukların giderilmesi ve planlardan beklenen çıktılara ulaşılmasında, farklı planlama yaklaşımları ve yöntemlerine gereksinim duyulmaktadır.

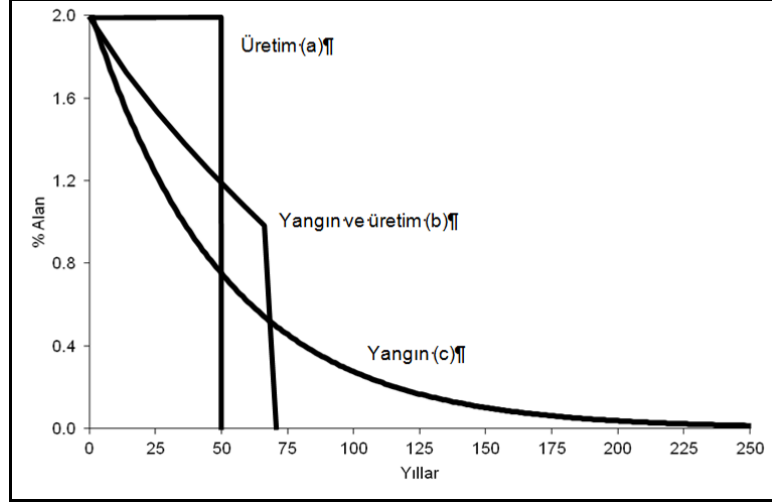
2.1.2.2. Azalan Yaş Sınıfları Yöntemi

Orman ekosistemleri, değişik yaş, şekil ve büyüklüklerde, birbirleriyle farklı konumsal ilişkileri olan çok sayıdaki meşcerelerden oluşmaktadır. Yararlanmanın gerçekleştirildiği ormanlarda en belirleyici unsur genellikle ormancılık faaliyetleridir. Orman amenajman planlarında ormancılık faaliyetlerinin planlanması ve düzenlenmesinde kullanılan yöntem ve süreçler, ormanın sunduğu ürün ve hizmetlerin temininde olduğu kadar ormanın gelecekte ulaşacağı kuruluşun belirlenmesinde de önemli ve yol gösterici olmaktadır.

Orman amenajman planlarına yön veren temel bileşen hedeflenen yaş sınıfları yapısıdır. Hedeflenen yaş sınıfları yapısının gelecek için vaad ettiği bir düzenli hasılat yani odun üretimi amacı bulunmaktadır. Amenajmanın görevi, orman ekosistemlerinden beklenen ürün ve hizmetlerin, ekolojik ve sosyal bir çok beklentiyi de göz önünde bulundurarak, hedeflenen yaş sınıfları yapısı ile uzun dönemde garanti altına alabilmektir. Bu sebeple, yaş sınıfları yapısının belirlenmesi ve beklentileri en iyilemesi amenajmanın önemli hedefleri arasındadır (Bilgili ve Baysal, 2013).

Ormanlardan beklenen odun üretiminin en yüksek miktarda ve düzenli bir biçimde karşılanması hedefli ormancılık faaliyetleri, ormancılıkta klasik planlama yaklaşımı olarak adlandırılmaktadır. Bu planlama yönteminde, ormanlık alandaki meşcerelerin en yüksek ekonomik kazancı sağladıkları bir yaşta kesilmesi öngörülmektedir. Söz konusu bu yaş ormanlık alandaki meşcerelerin ulaşabilecekleri en son yaş olup, aynı zamanda ormanlık alan için idare süresi olarak da kabul edilmektedir. İdare süresi, ormanlık alanların işletilmesinde planlamayla sermaye (=odun) ve gelir arasındaki düzeni kurmak için gerekli süre olarak belirlenir. Ormanlık alan büyüklüğünün idare süresine bölünmesi ile her bir yıl için gençleştirme yapılacak alan büyüklüğü belirlenir. Ardışık gençleştirmenin yapıldığı yıllar ve alanlar belirli bir sınır değeri için sınıflara ayrılır. Sınıfların sayısı ve bu sınıflarda bulunan meşcerelerin alanları toplamı, ormanlık alan için yaş sınıfları dağılımını verir.

Klasik planlama yaklaşımına göre yaş sınıflarını esas alan amenajman planlarında idare süresi kadar bir zaman aralığında alanın tamamının gençleştirileceği varsayılır. Ayrıca, idare süresi sonunda her yıl ve her yaş sınıfında eşit alanlardan oluşan ve dikdörtgen bir dağılım gösteren yaş sınıflarına sahip bir orman yapısının oluşması beklenir (Bergeron vd., 1999). Oysa, son derece değişken yetişme ortamı koşulları ve doğal olayların etkili olduğu şartlar, plan öncesinde öngörülen hedef ve amaçları öteleyebilmekte ya da öne çekebilmektedir. Klasik planlama yaklaşımı esas alınarak belirlenen teorik dikdörtgen yaş sınıflarında, yangının alanda gerçekleşme zamanı ve büyüklüğü ile birlikte üretim faaliyetlerine de bağlı olarak bazı sapmalar gerçekleşir (Şekil 7). İdare süresini doldurmamış alanlarda özellikle de genç meşcerelerde çıkan yangınlar, arzulanan bu hedef yapıdan uzaklaşılmasına (Van Wagner, 1983; Van Wagner, 1985) ve daha da önemlisi etkisini uzun yıllar hissettirebilecek yaş sınıfları dağılımındaki büyük dalgalanmalara sebep olabilmektedir (Armstrong vd., 1999). Özellikle büyük ölçekli ve düzensiz zaman aralıklarında gerçekleşen yangınlar, orman ekosistemlerinde değişken yaş sınıflarının ortaya çıkmasında etkili olmakta (Baker, 1989b; Bilgili ve Baysal, 2013), uzun vadede yaş sınıfları dağılımındaki denge düzeyine ulaşılmasının önündeki en büyük engel olabilmektedir (Li ve Barclay, 2001).



Şekil 7. Model bir ormandaki yaş sınıfları dağılımının %2 yıllık üretim (a), %1 üretim ve %1 yangın (b), %2 yıllık yangın (c) olması durumunda karşılaştırılması (Van Wagner, 1983'e atfen).

Yangınların, yaş sınıflarındaki değişim üzerinde sebep olduğu etki(leri)nin anlaşılması ve planlamalarda dikkate alınması gerekir. Bunun için, sistemin doğasına uygun ve oldukça basit bir yöntem olarak, doğal yangın döngüsünün dikte ettiği yaş sınıfları dağılımı ve bu yaş sınıfları dağılımının belirleyeceği bir idare süresinin seçilmesi çoğunlukla yeterli olabilmektedir. Yangına bağımlı orman ekosistemlerinde gözlemlenen negatif azalan yaş sınıfları dağılımı bu noktada başlangıç noktası kabul edilebilir ve yangınlara planlamalarda stratejik ölçekte yer verilebilmesine olanak sağlar. Bu çalışma kapsamında, genç yaş sınıflarında alansal olarak fazla ve ilerleyen yaşlarda ise gittikçe azalan bir oranda ormanlık alanın bulunduğu ve bundan sonra "azalan yaş sınıfları yöntemi" diye adlandırılan planlama yaklaşımı benimsenmiştir. Bu yaklaşımın temeli, sabit bir yanma oranında periyodik olarak çıkan yangınların ormanlık alandaki yaş sınıflarında neden olduğu zamansal değişime dayanır. Sistemin tasarımı ve planlanmasında ihtiyaç duyulan alansal ve zamansal verilerin temininde negatif eksponansiyel dağılım formülünden yararlanılmıştır. Formül;

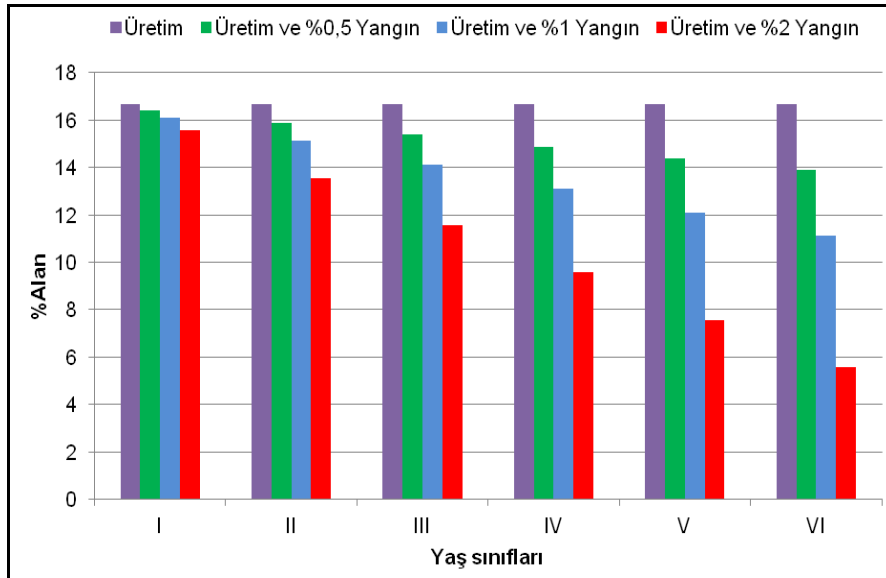
$$f(x) = pe^{-px} \quad (1)$$

şeklinde olup, formüldeki x = zamanı, p ise yüzde yanma oranını ifade etmektedir (Van Wagner, 1978). Bu formüle göre farklı yanma oranları değeri için belirlenen yangın döngüsü süreleri ve bu yangın döngüsü süreleri için idare süresi dikkate alındığında ortaya çıkacak yaş sınıflarında olması gereken yüzde alan değerleri hesaplanabilmektedir (Tablo

1). Farklı yanma oranları için yangın döngüsü süresi ve idare süresi dikkate alındığında oluşacak yaş sınıfları dağılımı aşağıdaki gibidir (Şekil 8).

Tablo 1. İdare süresi ve yangın döngüsüne göre yaş sınıflarında olması gereken % alan

İdare süresi	Yaş sınıfları	Yangın döngüsü 40 yıl (% alan)	Yangın döngüsü 60 yıl (% alan)	Yangın döngüsü 80 yıl (%alan)
40 yıl	0-10	46	39	35
	10-20	27	27	26
	20-30	16	19	21
	30-40	11	15	18
60 yıl	0-10	29	26	23
	10-20	22	21	20
	20-30	17	17	17
	30-40	13	14	15
	40-50	10	12	13
	50-60	9	10	12
80 yıl	0-10	26	21	19
	10-20	20	18	16
	20-30	15	15	14
	30-40	12	12	12
	40-50	9	10	11
	50-60	7	9	10
	60-70	6	8	9
	70-80	5	7	9



Şekil 8. Üç farklı yangın döngüsü için 100 yıllık idare süresi dikkate alındığında yaş sınıflarında (10'ar yıllık yaş aralıkları) olması gereken ormanlık alan yüzdelerinin 60 yıllık idare süresine göre işletilen ormanlık alandaki yüzde alanlarla kıyaslanması.

2.1.3. Tasarım

Yangınların planlamalara entegrasyonunu sağlayabilmek amacıyla, ETÇAP yaklaşımına göre uygulanabilir nitelikte orman amenajman planlarının hazırlanmasına yönelik bir yangın modeli ve bu modelin kullanılacağı altlık olan ETÇAP yaklaşımına entegrasyonunun gerçekleştirileceği bir model yazılımının geliştirilmesi tasarlanmıştır. Tasarımda, ETÇAP programına entegre edilecek olan yangın olayının ve gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek çeşitli senaryoların belirlenmesine yönelik bir sistem tasarımı geliştirilmiştir. Bu amaçla yanıcı maddeler, yangın modelinde kullanılacak bir veri yapısına dönüştürülmüştür. Yangının çıkışı, yayılması ve sönmesi süreçlerinde, yangın modelinin temel bileşenlerinden olan yangın adedi (yangın sıklığı), büyüklüğü ve yayılmasında etkili rüzgar verilerinden yararlanılmıştır.

Yangın adedi ve büyüklüğünün belirlenmesinde literatür bilgilerinden yararlanılmış olmakla birlikte, modelin gerçek bir planlama biriminde test edilmesi aşamasında eski tarihli orman yangınları verilerinden de yararlanma yoluna gidilmiştir. Meşcerelerin yangın geçirmesi durumunda tamamen öleceği ve yangından etkilenen alanın yılı içerisinde başarılı bir şekilde ağaçlandırılacağı varsayımı dikkate alınmıştır. Ayrıca, yangın modelinde her bir yangın için; yangının çıktığı zaman, yeri ve etkili olduğu alan gibi bilgileri bir veri tabanında kayıt edilmiştir.

2.1.3.1. Yanıcı Madde Miktarı ve Yanıcı Madde Özelliklerinin Belirlenmesi

Yanıcı maddeler yangının çıktığı ve geliştiği yer olması sebebiyle yangınların önlenmesi ve söndürülmesi aşamalarında yangın üçgeninin en önemli ayağını oluştururlar. Yanıcı maddelerin tipi, boyutu, miktarı, arazideki dağılımları gibi özelliklerinin bilinmesi başarılı ve etkin bir yangın amenajmanın uygulanmasını, dolayısıyla da orman amenajman planlarının uygulanabilirlik yüzdesini artırmaktadır.

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 (Küçük, 2004). Yanıcı madde özellikleri, ölçülebilir ve yangın davranışının belirlenmesinde kritik göstergelerden olan yangın yayılma oranı, yangın

şiddeti ve yanıcı madde tüketimi ile yakından ilişkili oldukları için yangın amenajmanının önemli bileşenlerindedir (Van Wagner, 1963).

Yanıcı madde haritalarının yapımı, yangın riskinin değerlendirilmesi, yangın etkilerinin gözlemlenmesi ve yanıcı maddeler ile ilgili birbiri ardına yapılacak işlemlerin değerlendirilebilmesinde kapsamlı bir yanıcı madde sınıflamasına gereksinim vardır (Bilgili vd., 2002). Geleceğe dönük yangın potansiyelinin belirlenmesi, uzun vadede ormanın yangınlarla olan münasebetlerinin kestirilmesi ve uygulayıcılara yol göstermesi açısından yanıcı madde özellikleri ve tiplerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında sınıflandırılması, yangın ve orman amenajmanı için karar vericilere önemli bilgiler sağlar (Bilgili vd., 2001).

Yangın davranışının doğru olarak tahmin edilebilmesi ve yangın potansiyelinin zamansal ve konumsal ölçekte ortaya konulabilmesi için yanıcı madde özelliklerinin belirlenmesine yönelik dünya genelinde çok sayıda çalışma yapılmıştır (Anderson, 1982; Burgan ve Rothermel, 1984; Andrews ve Chase, 1989; Forestry Canada, 1992).

Ülkemizde, yanıcı maddelerin sınıflandırılması (Küçük, 2000; Küçük ve Bilgili, 2001; Küçük, 2004) ve yanıcı madde miktarının belirlenmesi (Sağlam ve Bilgili, 2002; Küçük ve Bilgili, 2008; Küçük vd., 2008; Sağlam vd., 2008b; Bilgili ve Küçük, 2009) kapsamında yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen veriler yanıcı madde haritalaması (Küçük, 2004; Küçük vd., 2005), yangın davranışı ve yangın potansiyelinin ortaya konulmasına yönelik (Bilgili ve Sağlam 2003, Bilgili, 2003; Küçük vd., 2005; Küçük ve Bilgili, 2006; Küçük vd., 2007; Küçük ve Bilgili, 2008; Sağlam vd., 2008a) çalışmalarda kullanılmışlardır. Bu çalışma kapsamında ülkemizde ilk defa, meşcere seviyesinde bir sınıflandırma ile amenajman planlarında stratejik ve taktiksel seviyede yanıcı madde özelliklerinin dikkate alındığı bir planlama yaklaşımı geliştirilmeye çalışılmıştır.

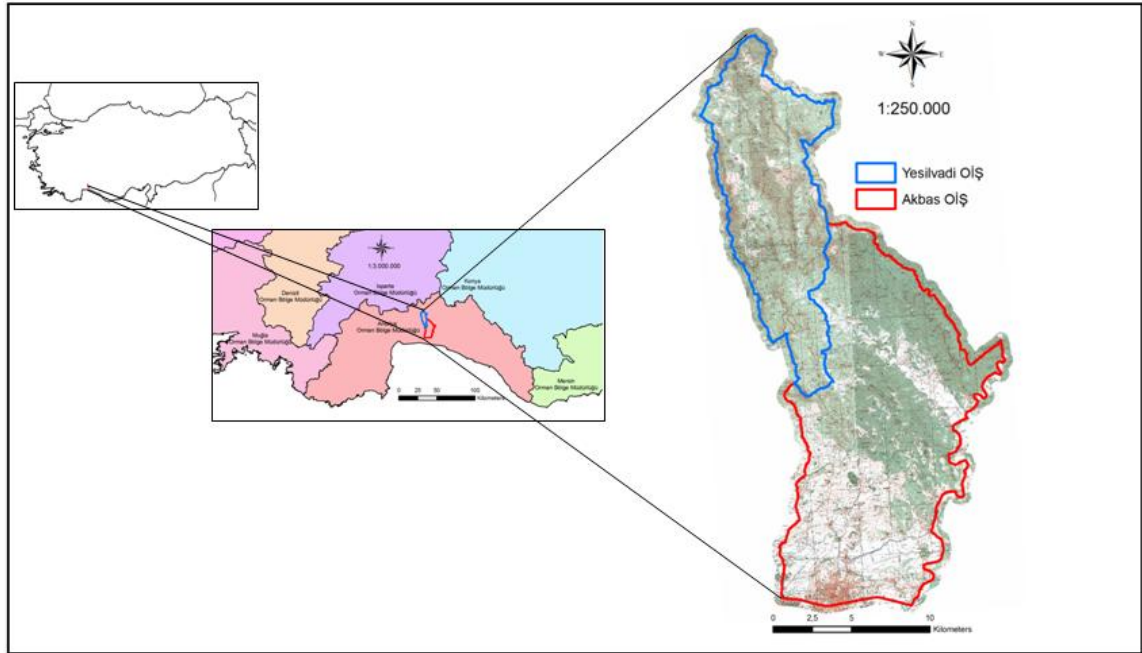
Yangın modelinde kullanılacak yanıcı madde miktarı ve yanıcı madde özelliklerine göre yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi gereklidir. Farklı gelişim çağlarındaki kızılçam meşcereleri için yangın potansiyel değerlerinin elde edilmesi ve ETÇAP yazılımında meşcere tiplerindeki yanıcı madde özelliklerindeki değişimin zamansal olarak ortaya konulabilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında ele alınan kızılçam türüne yönelik meşcere gelişim çağlarına bağlı yanıcı madde miktarı ve yanıcı madde özellikleri ile yanıcı madde tiplerinin sayısal olarak ortaya konulması gerekmektedir. Bu bağlamda, ETÇAP ve yangın modelinde gerek duyulan yanıcı madde özellikleri, yanıcı madde miktarı ve yangın

potansiyel değerlerinin belirlenmesi için kullanılacak sayısal verilerin temininde kızılçam ormanlarında arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.1.1. Araştırma Alanı

Araştırma, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü (OBM), Serik Orman İşletme Müdürlüğü (OİM), Akbaş ve Yeşilvadi Orman İşletme Őeflikleri (OİŞ) ormanlık alanlarında gerçekleştirilmiştir. Akbaş ve Yeşilvadi OİŞ toplam alanı; 31194,7 ha olup, bu alanın 19426,5 hektarı ormanlık sahadır. Araştırma alanı, I. derecede yangına hassas alanlar içerisinde bulunmaktadır (OGM, 2014). Coğrafi konum olarak Akbaş ve Yeşilvadi Orman İşletme Őeflikleri, $36^{\circ} 54' 36''$ - $37^{\circ} 10' 58''$ kuzey enlemleri ile $31^{\circ} 02' 00''$ - $31^{\circ} 13' 52''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır.

Bölge arazisi Akdeniz bölgesi ikliminin etkisi altında olup, yazları sıcak ve kurak, kişları ılık ve yağışlıdır. Araştırma alanında görülen ortalama en yüksek sıcaklık $31,2^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz ayında, ortalama en düşük sıcaklık $0,6^{\circ}\text{C}$ ile Şubat ayında, ortalama en düşük yağış $1,8\text{ mm}$ ile Ağustos ayında, ortalama en yüksek yağış $283,8\text{ mm}$ ile Aralık ayında gerçekleşmektedir (Anonim, 2012). Çalışma alanlarının Türkiye haritasındaki konumunu gösterir harita Şekil 10'da görülmektedir (Şekil 9).



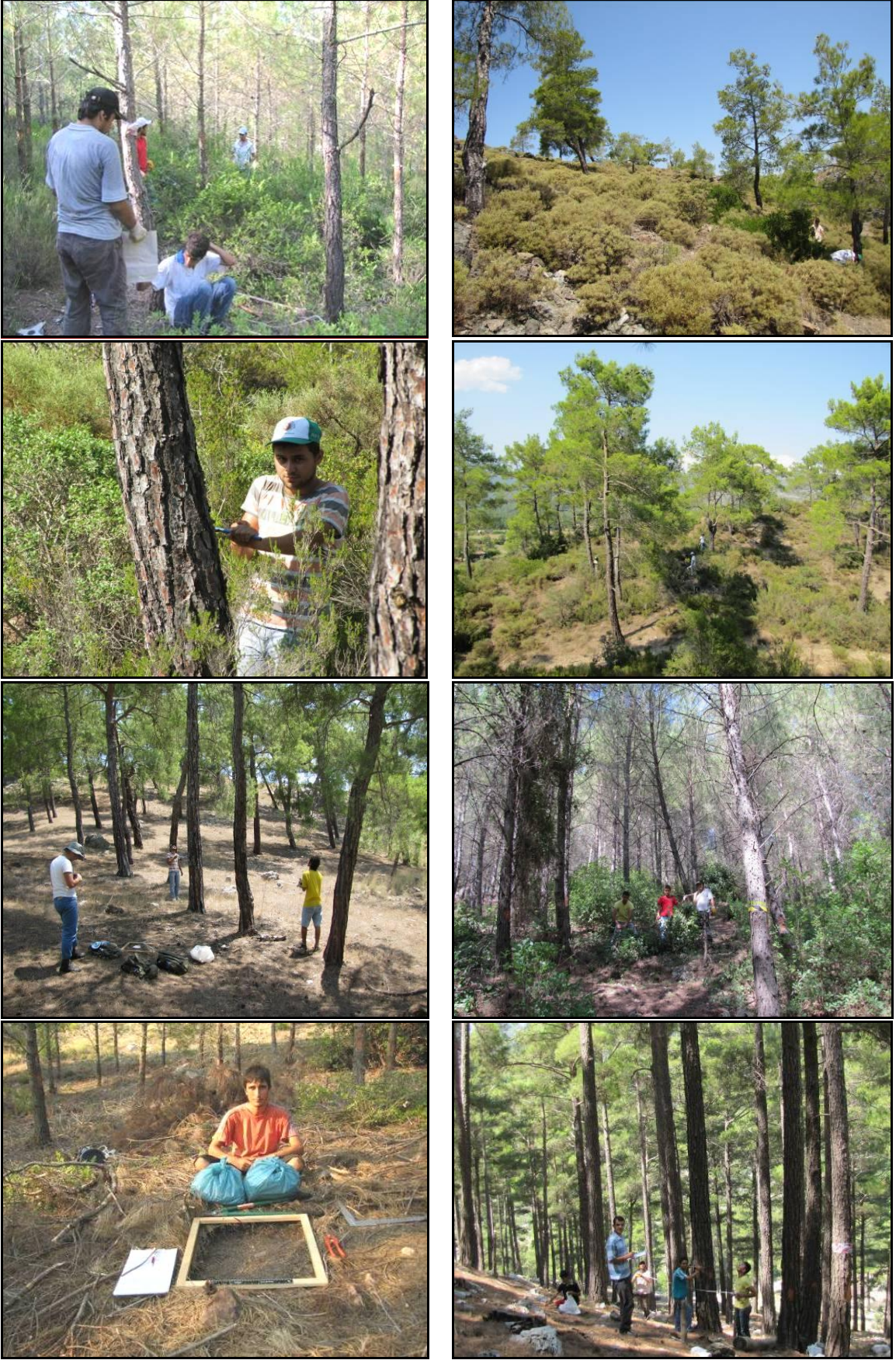
Şekil 9. Araştırma alanının Türkiye haritasındaki konumu

2.1.3.1.2. Yanıcı Madde Ölçümleri

Araştırma alanındaki ormanlık yapıyı ve bu yapıyı oluşturan farklı özellikteki meşcereleri temsil edecek şekilde, gelişim çağı, kapalılık ve yükseltiyi de dikkate alarak 115 adet örnekleme alanı, farklı yükselti ve kapalılıkları da temsil edecek şekilde seçilmiştir. Örnekleme alanındaki meşcerenin kapalılığına göre, 1 kapalı alanlarda 800 m², 2 kapalı alanlarda 600 m², 3 kapalı alanlarda ise 400 m² (ab çağı ve 3 kapalı meşcerelerde 200 m²) büyüklüğündeki merkezden çekilen ip yardımıyla sınırları belirlenen daire şeklindeki alan içerisinde bulunan bütün ağaçlarda ($d_{1,30} > 3$ cm) ölçümler yapılmıştır. Örnekleme alanına giren her bir ağaç numaralandırılmış ve $d_{1,30}$ çapı ölçümlerine ek olarak; boyu, tepe altı yüksekliği, tepe çapı, dip kabuk kalınlığı gibi özellikleri belirlenmiştir. Meşcereyi temsil eden en az 3 ağaçta yaş ölçümleri yapılmış ve alanı temsil edecek şekilde 50 cm x 50 cm büyüklüğünde 2-3 ayrı noktada ölü örtü ve humus örnekleme yapılmıştır (Şekil 10).

Örnekleme alanı içinde diri örtü mevcut ise meşcerenin genelindeki diri örtü yapısını temsil edecek şekilde 5x5 m boyutlarındaki alanda bulunan diri örtünün toprak seviyesinden kesilerek arazideki toplam yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Fırın kurusu ağırlıklarını belirlemek amacıyla, kesilmiş diri örtü materyallerinden karışıma giren türler ve oranları da dikkate alınarak örnek numuneler alınmıştır. Arazideki yaş ağırlıkları 0,1 gr hassasiyetinde tartılarak kese kâğıtları içerisine konulan örnekler, fırın kurusu ağırlıklarının belirlenmesi için laboratuvar ortamına taşınmıştır. Laboratuvar ortamına getirilen örnekler üzerinde detaylı bir şekilde boyut ve tiplerine göre sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 11). Örnekleme alanında bulunan diri örtü türleri, diri örtünün ortalama boyu, alanı kaplama yüzdesi, kapalılık yüzdesi gibi parametreleri de belirlenerek arazi not defterine kayıt edilmiştir. Örnekleme alanı merkez noktasından, örnekleme alanının dört bir cephelerini ayrıntılı bir şekilde gösteren fotoğraf ve video çekimleri yapılmış ve örnekleme alanının koordinat değerleri Coğrafi Konum Belirleme (GPS) aleti ile belirlenerek bir örnekleme alanında yapılması gereken ölçümler tamamlanmıştır.

2010-2011 yıllarında iki farklı yaz döneminde alınan örnekleme alanlarında, toplam 1905 adet ağaç üzerinde ölçümler yapılmıştır. Örnekleme alanlarının gelişim çağlarına göre sayıları ve bazı tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 2'de verilmiş olup, örnekleme alanlarında yapılan ölçümlere ilişkin ortalama değerler Ek Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 10. Arazi çalışmalarından görünümeler.



Şekil 11. Laboratuvar çalışmalarından görünümeler.

Tablo 2. Arazi ölçümlerinin yapıldığı örnekleme alanlarının meşcere tiplerine göre dağılımı ve yanıcı madde özellikleri ile meşcere parametrelerine ilişkin ortalama değerleri.

MeşcereTipi	Çzab	Çzb	Çzbc	Çzc	Çzcd	Çzd
Deneme Alanı Sayısı	11	19	13	19	19	34
Ölçüm yapılan ağaç adedi	300	470	276	361	255	243
Min d1.30	2,0	5,0	8,0	10,0	10,0	25,0
Max d1.30	23,0	26,0	37,0	48,0	62,0	89,0
Ort. d1.30	9,8	14,8	19,3	25,3	32,5	51,0
Min yaş	5,0	4,0	12,0	16,0	22,0	39,0
Max yaş	18,0	24,0	42,0	80,0	123,0	132,0
Ort. yaş	10,5	13,4	19,6	46,6	67,7	77,0
Min boy	2,10	3,5	4,5	5,0	5,3	11,5
Max boy	15,5	18,0	23,2	24,5	30,0	32,5
Ort. boy	7,0	10,6	14,2	17,1	18,6	23,0
Min tepe çapı	0,9	1,1	1,1	1,5	1,5	3,1
Max tepe çapı	6,2	7,9	8,0	9,0	12,2	14,0
Ort. tepe çapı	2,5	3,5	3,8	4,4	5,2	7,5
Min tepe altı yüksekliği	0,1	0,1	0,1	1,0	1,4	2,5
Max tepe altı yüksekliği	5,3	7,5	12,5	15,0	18,0	21,0
Ort. tepe altı yüksekliği	1,4	3,0	5,0	8,1	9,5	10,9

2.1.3.2. Yanıcı Madde Tiplerinin Belirlenmesi

Yanıcı madde tipleri; farklı gelişim çağlarındaki kızılçam meşcerelerinden alınan örnekleme alanları içerisindeki bireylerin göğüs yüksekliği çapı, kapalılık, yaş, tepe altı yüksekliği, tepe çapı, boy ve fert sayısı gibi özellikleri dikkate alınmak suretiyle belirlenmiştir. Aynı zamanda, ölü ve diri örtü miktarı ve durumu, toprak yüzeyindeki ot ve çayır tabakasının durumu, ara tabakadaki çalı vejetasyonunun yapısı ve yoğunluğu gibi canlı ve ölü organik materyalin durumları da yanıcı madde tipleri ve miktarlarının belirlenmesi amacıyla ayrıca ölçülmüştür.

Yanıcı madde tipleri sınıflandırmasında 0-10 yaş arası, ortalama boyu 7 m'ye kadar ve tepe altı yüksekliği yaklaşık 1.5 m'ye kadar olan meşcereler, *çok genç* (a çağı meşcereler); 10-30 yaş arası, ortalama boyu 15 m'ye kadar ve tepe altı yüksekliği 5 m'ye kadar olan meşcereler, *genç* (ab, b ve bc çağı meşcereler); 30-50 yaş arası, boyu 15-20 m ve tepe altı yüksekliği 5-10 m arası olan meşcereler, *orta yaşlı* (c ve cd) ve 50 yaşından fazla ve boyu 20 m ve yukarıdaki tepe altı yüksekliği de 10 m den yüksek olan meşcereler ise *yaşlı yanıcı madde tipi* (d çağı meşcereler) olarak değerlendirilmiştir (Küçük, 2004; Dinç Durmaz, 2004) (Tablo 3). Arazi ölçümleri ve literatür taramaları neticesinde belirlenen

yanıcı madde tiplerinden, yangın potansiyel sınıflarının belirlenmesi aşamasında yararlanılmaktadır.

Tablo 3. Meşcere özellikleri sınıf ve yarııcı madde tipi

Kategori	Sınıf	Yarııcı madde tipi
Meşcere tipi	Çza0, Çza1, Çza2, Çza3,	Çok genç
	Çzab1, Çzab2, Çzab3, Çzb1, Çzb2, Çzb3, Çzbc1, Çzbc2, Çzbc3	Genç
	Çzc1, Çzc2, Çzc3, Çzcd1, Çzcd2, Çzcd3	Olgun
	Çzd1, Çzd2, Çzd3	Yaşlı
	BÇz, Dy	Diğer

2.1.3.3. ETÇAP Yazılımında Kullanılacak Yarııcı Madde Modeli

Yarııcı madde miktarı ve özelliklerinin belirlenmesi kapsamında gerçekleştirilen arazi ölçümlerinden elde edilen veriler kullanılarak, farklı gelişim çağlarındaki kızılçam meşcerelerinin ETÇAP yazılım programında simülasyon süresince hesaplanarak izlenmesine imkan sağlayan bir model geliştirilmiştir (Tablo 4). Model, her bir bölmecik için göğüs yüzeyi çapı, yaş, boy ve yetiştirme ortamı verim gücü değerlerini kullanarak gelişim çağı değerini tahmin etmektedir. Geliştirilen modelden, ETÇAP yazılımına entegre edilen yangın modeli için gerekli olan gelişim çağı, yarııcı madde özellikleri ve miktarlarının hesaplanmasında kullanılan formüller için de yararlanılmaktadır.

Çalışmada gelişim çağlarının belirlenmesinde ihtiyaç duyulan göğüs yüzeyi çapı, yaş ve boy gibi meşcere parametrelerinin simülasyon süresince elde edilmesinde ETÇAP Simülasyon büyüme modelinden yararlanılmıştır. Bu amaçla, Göğüs Yüzeyi Oranları Benzetim Metodu (GYOBEM) olarak adlandırılan ve Kadioğulları (2009) tarafından geliştirilen büyüme modelinden yararlanılmıştır. Model, meşcerelerin gençleştirilmesi durumunda optimal olarak gelişeceği varsayımına dayanmakta olup, meşcerelerin büyütülmesinde hasılat tablosu değerlerini kullanmaktadır. Aktüel durumdaki meşcere parametrelerinin optimal duruma oranlanmasıyla ve bu oranlama işleminde de göğüs yüzeyi oranı kullanılması bakımından Keleş (2008) tarafından geliştirilen Artım Oranları Benzetim Metodu (AROBEM) metodundan farklılık göstermektedir (Kadioğulları (2009)).

Tablo 4. Regresyon analizleri sonucunda geliştirilen meşcere gelişim çağı modeli ve bu modele ait belirtme katsayısı (R^2) ve standart hata (S.H.) değeri

No	Model	R^2	S.H.
1	$GC = -0,674 + 0,035 \times d1,30 + 0,01 \times yaş + 0,135 \times boy_{orta} + 0,599 \times bonitet$	86,2	$\pm 0,642$

Geliştirilen model yardımıyla hesaplanan gelişim çağları, yangın modelinin ihtiyaç duyduğu yanıcı madde özellikleri, yanıcı madde tipi, yangın potansiyel sınıfı ve meşcere yangın potansiyeli değerleri gibi parametrelerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Model ile hesaplanan gelişim çağları ve rakamsal olarak ifade ettikleri karşılıkları belirlendikten sonra meşcere yanıcı madde miktarı ve özelliklerine bağlı olarak belirlenen her bir gelişim çağının karşılık geldiği yangın potansiyel sınıfına atanması işlemi gerçekleştirilmiştir (Tablo 5). Gelişim çağları, yangın modelinin simülasyon süresince bölmecik veri tabanındaki gelişim çağlarının hesaplanmasında kullanılan veriler yardımıyla izlenebilmektedir. Gelişim çağlarına karşılık gelen yangın potansiyel sınıfının belirlenmesi aşamasında, yanıcı madde tipi ile meşcere tipinin dikkate alındığı bir sınıflandırma işlemi dikkate alınmıştır. Yapılan bu sınıflandırma işleminden, yangın modelinin ETÇAP yazılımına entegrasyonu bölümünde, yangın büyüklüğüne karar verilmesi aşamasında yararlanılmaktadır.

Tablo 5. Gelişim çağlarının karşılık geldikleri meşcere tipleri ve yangın potansiyel sınıfı değerleri

Yanıcı Madde Tipi	Gelişim çağı	Meşcere tipi	Yangın Potansiyel Sınıfı	Derecesi
A	1	Çza ($d1,30 < 8\text{cm}$)	1	Düşük
B	2	Çzab	2	Orta
	3	Çzb	3	Yüksek
	4	Çzbc	3	Yüksek
C	5	Çzc	2	Orta
	6	Çzcd	1	Düşük
D	7	Çzd	1	Düşük
	-	Z, OT, İs	4	Yok

2.1.3.4. Yangın Potansiyeli Değerlerinin (YPD) Belirlenmesi

Alan genelinde yanıcı madde özellikleri ve topoğrafya koşullarına bağlı olarak yangın potansiyeli değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ormancılık faaliyetleri ve orman yangınlarının, orman dinamikleri ve yangın rejimi üzerindeki etkilerinin

anlaşılmasında, sistemin yangın potansiyeli açısından göstereceği değişim ve gelişimin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu amaçla, meşcere özelliklerine bağlı meşcere yangın potansiyeli değeri ile arazi özelliklerine bağlı arazi koşulları yangın potansiyeli değerleri belirlenmiştir. Sonrasında ise her iki potansiyel değer kullanılarak alan için genel bir yangın potansiyeli değeri elde edilmiştir. Yangın potansiyeli değerleri belirlendikten sonra alanda gerçekleştirilecek ormancılık faaliyetleri ve/veya yangınlara bağlı olarak sistemdeki yangın davranış potansiyelinin zaman içerisindeki değişimin izlenebilmesine olanak sağlanmıştır. Ayrıca, meşcere ve arazi özelliklerine bağlı olarak belirlenen genel yangın potansiyeli değerinin dikkate alınması ile, ormancılık faaliyetlerinden olan bakım çalışmalarının planlanmasında öncelikli alanların belirlenmesine imkan sağlanmıştır.

- Meşcere Yangın Potansiyeli Değerinin (MYPD) Belirlenmesi: Alandaki bölmeciklerin meşcere özelliklerine bağlı olarak MYPD değerlerinin belirlenmesinde; kapalılık, gelişim çağı, tepe altı yüksekliği, meşcerede bulunan toplam ölü örtü miktarı, diri örtü miktarı ve meşcere yanıcı madde miktarı gibi özellikleri dikkate alınarak belirlenen yanıcı tipi ve gelişim çağları gibi değerlerine ek olarak kapalılık özellikleri de dikkate alınmak koşuluyla 1-3 arasında göreceli bir değer verilmek suretiyle en üst ve en alt değerleri oluşturulmuştur. Meşcere gelişim çağlarına ve kapalılığa bağlı olarak belirlenen yangın potansiyeli değerleri aşağıda verilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Meşcere gelişim çağlarına göre belirlenmiş yangın potansiyeli sınıf değerleri

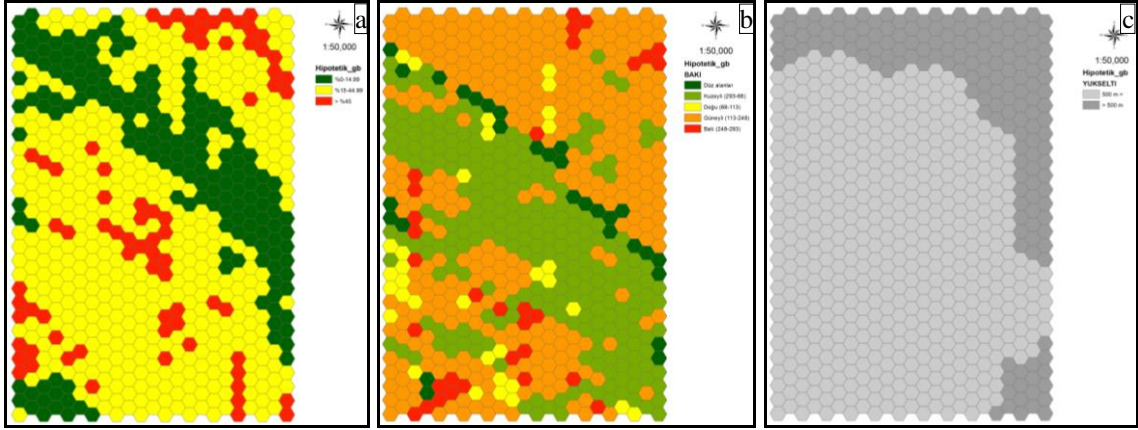
Yanıcı Tipi	Meşcere tipi	Gelişim çağı	Kapalılık (%)	Yangın Potansiyel Sınıf Değeri	Derecesi
A	Çza (d1,30 < 8cm)	1	0-1-2	1	Düşük
			3	2	Orta
B	Çzab	2	1 ve 2	2	Orta
			3	3	Yüksek
	Çzb	3	1	2	Orta
			2 ve 3	3	Yüksek
	Çzbc	4	1	2	Orta
			2 ve 3	3	Yüksek
C	Çzc	5	1 ve 2	1	Düşük
			3	2	Orta
	Çzcd	6	1 ve 2	1	Düşük
3			2	Orta	
D	Çzd	7	1, 2 ve 3	1	Düşük
	Diğer alanlar (Ziraat, OT, İskan, Kayalık-taşlık alanlar, nehir, baraj vb.)		0	0	Yok

• Arazi Koşulları Yangın Potansiyeli Değerinin (AKYPD) Belirlenmesi: Arazi koşulları, sabit yangın davranışı öğelerinden biri olup, yangınların yayılması ve mücadelesinde hava hallerinden sonra gelen önemli yangın davranış parametrelerindedir. Eğimin yangın davranışına olan etkisi rüzgar etkisine benzemektedir. Her 10 derecelik bir artışta yayılma oranı iki kat artmaktadır (McArthur, 1967). Güney bakılı alanlar güneş ışınlarına daha çok maruz kaldıklarından yanıcı madde nem içerikleri az olup, vejetasyon yapısı da yangına daha hassas bir özellik göstermektedir (Hayes, 1941). Bu bağlamda, bölmecikler için arazi özelliklerini de dikkate alacak şekilde göreceli yangın potansiyel değerleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (Tablo 7).

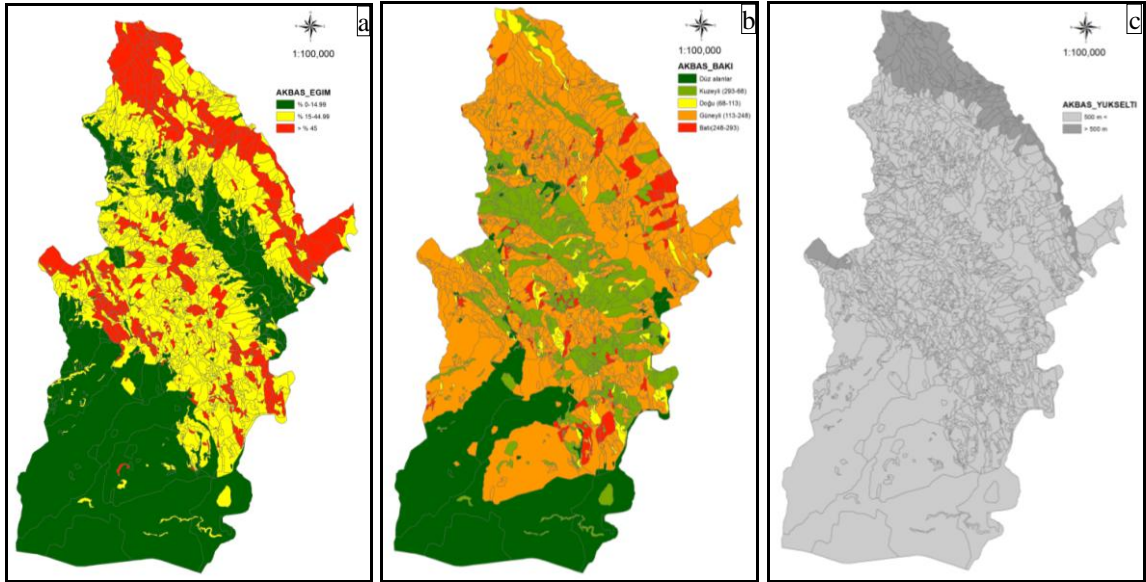
Tablo 7. Topoğrafik özelliklere göre belirlenen sınıf ve yangın potansiyel değerleri

Kategori	Bakı	Eğim	AKYPD	Derecesi
Hakim Bakılar	Düz alanlar (0 – 23)	Düz	2	Orta
	Kuzey (0 – 23) ve (293 – 360)	1 (% 0 - 15)	1	Düşük
		2 (% 15 - 45)	1	Düşük
		3 (% > 45)	2	Orta
	Doğu (68 – 113)	1 (% 0 - 15)	1	Düşük
		2 (% 15 - 45)	1	Düşük
		3 (% > 45)	2	Orta
	Güney (113 – 248)	1 (% 0 - 15)	2	Orta
		2 (% 15 - 45)	3	Yüksek
		3 (% > 45)	3	Yüksek
	Batı (248 – 293)	1 (% 0 - 15)	2	Orta
		2 (% 15 - 45)	3	Yüksek
		3 (% > 45)	3	Yüksek

Eğim, yükselti ve bakı arazi özelliklerinin hipotetik altlıklar ve gerçek planlama birimi (Akbaş OİŞ) için, Tablo 7'deki sınıflandırma dikkate alınarak alan genelindeki AKYPD durumlarını gösterir haritaları aşağıda verilmiştir (Şekil 12 ve Şekil 13).



Şekil 12. Hipotetik planlama birimi için eğim (a), bakı (b) ve yükselti (c) haritaları



Şekil 13. Akbaş planlama birimi için eğim (a), bakı (b) ve yükselti (c) haritaları

• Genel Yangın Potansiyeli Değerinin (GYPD) Belirlenmesi: Meşcere yangın potansiyeli değeri (MYPD) ve arazi koşulları yangın potansiyeli değeri (AKYPD) dikkate alınmak suretiyle meşcereler için Genel Yangın Potansiyeli Değeri (GYPD) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Genel Yangın Potansiyeli Değeri} = MYPD \times k_{MYPD} + AKYPD \times k_{AKYPD} \quad (1)$$

Hesaplama kullanılan katsayılar için en düşük sıfır (0) ve en yüksek on (10) değeri dikkate alınmakta olup, k_{MYPD} için 8, k_{AKYPD} için ise 2 değerleri alınmıştır. Katsayıların belirlenmesi ve değiştirilmesinde, ETÇAP Simülasyon Yangın programındaki yangın potansiyel değeri katsayıları pencerelerinden gerekli düzenlemeler yapılabilmektedir.

2.1.3.5. Yangın Modelinin ETÇAP Yazılımına Entegrasyonu

Çalışmada, orman yangınının başlaması, yayılması ve sönmesi süreçleri her bir safha için ayrı ayrı modellenmiştir. Modellemede ihtiyaç duyulan hipotetik ve gerçek planlama birimine ait veriler, amenajman planlarındaki yanıcı madde ve arazi kullanım durumunu gösteren tablo ve haritalar ile bu planlardaki veriler kullanılarak geliştirilmiş ve temin edilmiştir. Ayrıca arazi yüzeyi şekli için gerekli veriler sayısal eşyüksekti eğrilerinden türetilmiştir. Böylece arazi koşulları özelliklerini kapsayan veri tabanı hazırlanmıştır. Tüm bu aşamalar sonrasında, yangın modeli yazılımı geliştirilerek, gerçek değişken ve parametrelerle yangının farklı yanıcı madde ve hava hallerindeki yayılışı ve gelişimi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Geliştirilen yangın modeli; rüzgar hızı ve yanıcı madde özelliklerini dikkate almaktadır. Yangın modeli geliştirildikten sonra ETÇAP Simülasyon yazılımına entegrasyonu işlemi gerçekleştirilmiştir. ETÇAP Simülasyon yazılımında konumsal özelliklerin dikkate alındığı veri tabanına, yangının yayılması aşamasında kullanılacak açı ve mesafe bilgileri girilmiştir.

Modelleme için gerekli olan yangın adedi, yanan alan miktarı gibi orman yangınları istatistik verilerinin temininde, ülkemiz yangına hassas bölgelerdeki ormanlık alanlarda gerçekleşmiş yangın istatistik kayıtlarından faydalanılmıştır. Yangının yayılması aşamasında kullanılacak rüzgar hızı ve yönü verilerinin temininde, Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü verilerinden yararlanılmıştır (Anonim, 2012).

Çalışma alanında yıl içinde gerçekleşebilecek yangın adedinin belirlenmesinde; yangın rejimi parametrelerinden yangın döngüsü ve ortalama yangın büyüklüğü değerleri ile toplam ormanlık alan miktarı kullanılmaktadır. Belirlenen yangın döngüsü süresinin ETÇAP Simülasyon'da belirlenen simülasyon süresine denk olması durumunda yangın adedinin hesaplanmasında (2) denklemi kullanılmaktadır (Boyчук ve Perera, 1997; Yang vd., 2004; Belleau vd., 2007). Yangın döngüsü süresinin, belirlenen simülasyon süresinden kısa ya da uzun olması durumunda ise belirlenen simülasyon süresinin yangın döngüsü süresine bölünmesi ve elde edilen değer (2) denklemi ile çarpılması ile yangın adedi hesaplanabilmektedir.

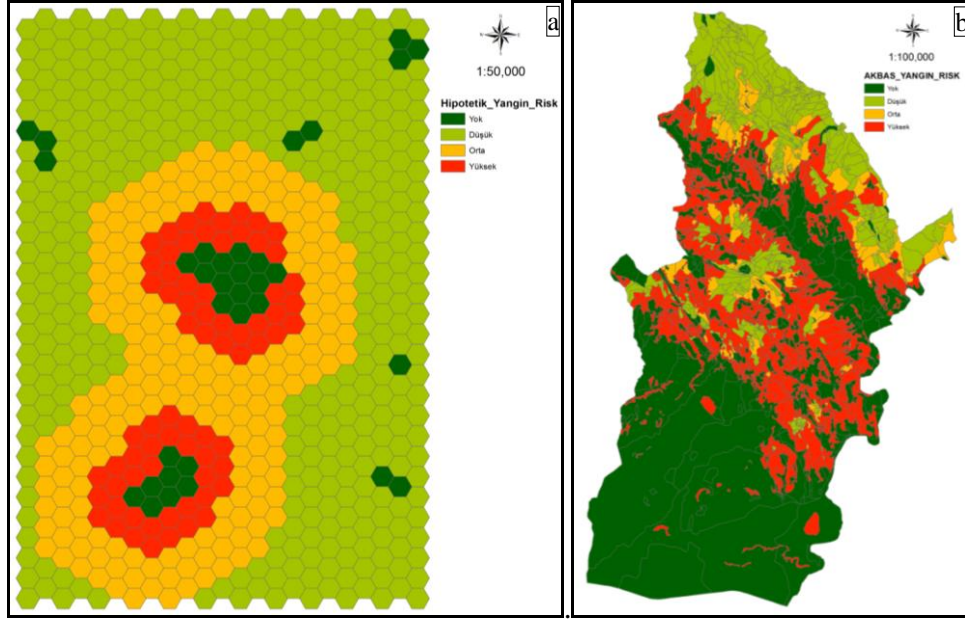
$$\text{Yangın Döngüsü} = \frac{\text{Ormanlık Alan}}{\text{Ortalama Yangın Adedi} \times \text{Ortalama Yangın Büyüklüğü}} \quad (2)$$

Doğal olayların orman amenajman planlarına entegrasyonunun sağlanabilmesi için zamansal ve konumsal ölçekte sebep oldukları değişim ve gelişimlerinin, diğer ormancılık

faaliyetleri ile birlikte belirlenmesi ve güncellenmesi gerekmektedir. Hipotetik ve gerçek çalışma altlığında ormanın büyümesi ve geliştirilmesi ETÇAP felsefesine uygun bir biçimde gerçekleştirilmektedir (Keleş, 2008).

Hipotetik çalışma altlığındaki ve gerçek planlama birimindeki meşcerelerde yangın olması durumunda; model, yangının etkili olduğu meşcerenin tamamen öleceği ve yılı içerisinde yeniden ağaçlandırılacağı varsayımına dayanmaktadır (Van Wagner, 1983; Armstrong, 2004; Boychuk ve Perera, 1997). Yangından etkilenen meşcere, aynı periyot içinde bir daha yanmamaktadır. Orman yangınların modellenmesinde; orman yangınının çıkışı, yayılma ve sönme süreçleri ayrı ayrı modellenmiştir.

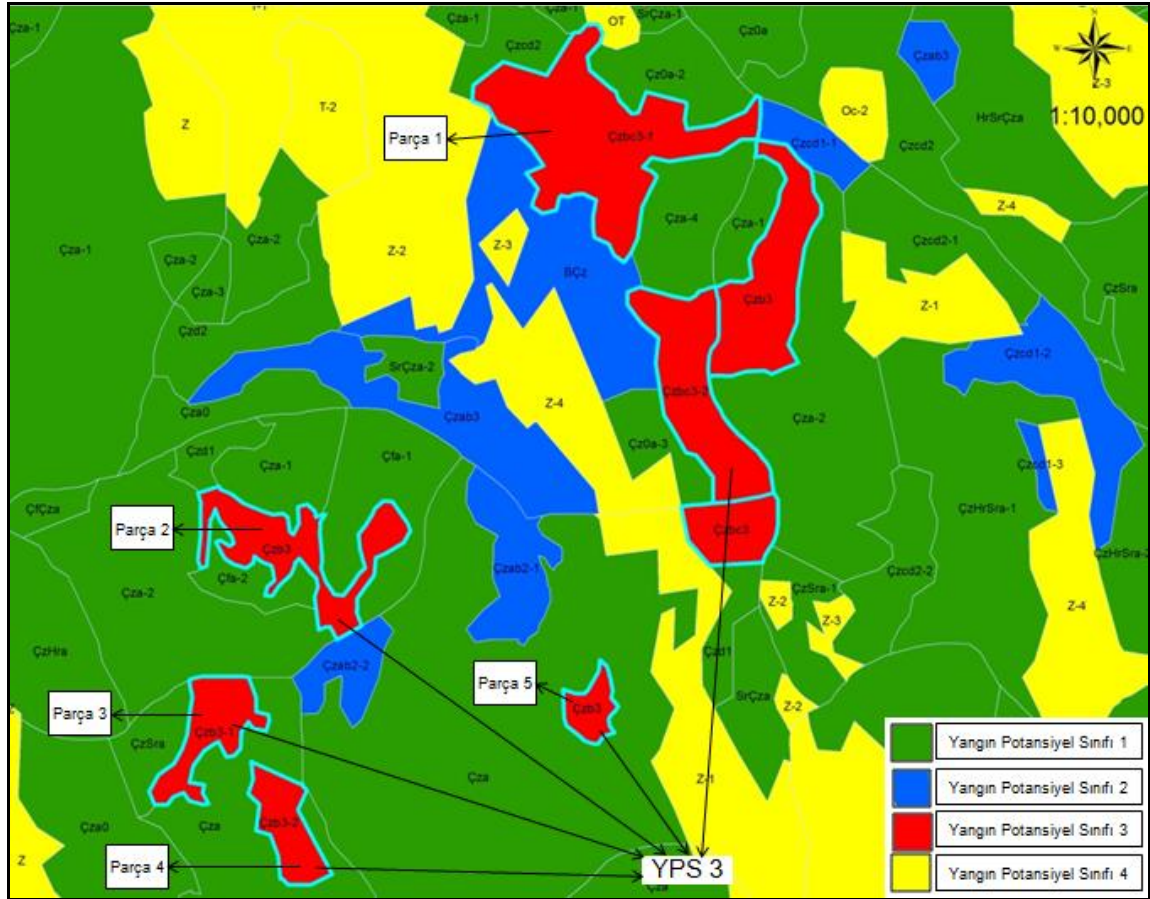
- Orman yangınının çıkışı: Çalışma kapsamında yangının çıktığı düşünülen yer tamamen rastlantısal olabildiği gibi yangın risk sınıflamasına göre de belirlenebilmektedir. Yangının çıkışı, meşcere yaşından bağımsızdır. Yangının rastlantısal olarak gerçekleşmesi, alan genelinde herhangi bir risk sınıflaması yapılmadığı durumlarda geçerlidir. Yangın rastlantısal olarak herhangi bir meşcerede çıkabilir. Yangınların çıkışının, yangın risk sınıflarına bağlı olarak yapılması durumunda öncelikle alan için yangın risk sınıflaması yapılmaktadır. Yangın risk sınıflamasında, yangın çıkışında etkili dört farklı risk sınıfı ve bu sınıflara ilişkin yangın çıkış yüzde değerleri dikkate alınmıştır. Söz konusu yüzde değerlerinin belirlenmesinde, yangınların çıkış sebepleri ve yangın başlangıç yerlerinin analizlerine yönelik yapılmış literatür bilgilerinden de yararlanılarak genel bir yangın risk sınıflandırması yapılmıştır (Başaran vd, 2004; Kuter vd, 2011). Buna göre birinci sınıf yangın risk grubu alanlar, 0 (sıfır) kod numaralı risk grubundaki iskan, yol, ziraat alanı, maden ocağı, sulak alanlar gibi orman alanları dışında yer alan alanlar olup yangın çıkma olasılığı olmayan ve yüzde olarak sıfır değeri verilen alanlardır. İkinci sınıf yangın risk grubu alanlar, düşük yangın risk grubundaki alanlardır (1 (bir) kod numaralı alanlar). Bu alanlardaki yangın çıkış olasılığı %10 olarak alınmakta olup yangın risk sınıfı 2 ve 3 alanları dışındaki ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Üçüncü sınıf yangın risk grubu alanlar orta risk grubundaki alanlardır (2 (iki) kod numaralı alanlar). Bu alanlardaki yüzde yangın çıkış değeri %30 olup, yerleşim yeri, ziraat alanları ile kullanımda olan herhangi bir yola 300-1200 metre mesafe içindeki ormanlık alanları kapsamaktadır. Dördüncü sınıf yangın risk grubu alanlar, yüksek risk grubundaki (3 (üç) kod numaralı alanlar) yüzde yangın çıkış değeri %60 olarak değerlendirilen ve yerleşim yeri, ziraat alanları ile kullanımda olan herhangi bir yola 300 metre yakınlık mesafesi içindeki ormanlık alanları ifade etmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. Hipotetik (a) ve gerçek planlama birimi (Akbaş OİŞ) yangın risk haritası (b)

- Yangın büyüklüğünün ve yangın şeklinin belirlenmesi: Yangının çıkış süreci tamamlandıktan sonra, yangın büyüklüğü ve yangın şeklinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için iki aşamalı bir yöntem izlenmektedir. Birinci aşamada yangın büyüklüğüne karar verilmektedir. Yangın rejimi simülasyonu çalışmalarında yangın büyüklüğünü tahmin etme, genellikle zor bir aşamadır (Yang vd., 2004). Yangın büyüklüğü, genellikle geçmişte çıkan yangınlara ilişkin kayıtlardan yola çıkılarak belirlenebilmektedir (Stocks, 1991; Cumming, 2001; Yang vd., 2004). Çalışma kapsamında yanıcı madde özelliklerini ve parçalılığı dikkate alan bir yaklaşımla yangın büyüklüğüne karar verilmeye çalışılmıştır.

Yangın büyüklüğünün belirlenmesi sürecinde, yanıcı madde özellikleri ve gelişim çağlarına göre belirlenen yangın potansiyeli sınıfları ile bu potansiyel sınıflarındaki aynı özelliklere sahip olan parça adetleri belirleyici olmaktadır. Bu kapsamda, alan genelinde meşcereler için belirlenen yangın potansiyel sınıfları için aynı sınıf değerinde olan ve alandaki tüm meşcereler için oluşturulan yakınlık analizi tablo verileri yardımıyla birbirine tam komşuluk gösteren poligonların tamamı bir bütün parça olarak dikkate alınmaktadır. Yangın potansiyel sınıfları için planlama birimindeki tüm poligonlarda bu işlem yapılmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Planlama biriminde yangın potansiyel sınıfı ve parçalılık belirleme

Planlama birimi genelinde mevcut yapının yangın potansiyeli ve parçalılık yönünden değerlendirilmesi ile alan için aşağıdaki formüle göre bir ön değerlendirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Değerlendirme neticesinde yangın potansiyeli bakımından en düşük ve en yüksek değerler arasındaki sınıfları belirlenmiş ve 0 ile 1 arasında değişen aralıklarda değerler verilmiştir. Belirlenen değerlerin karşılık geleceği yangın büyüklüklerinin belirlenmesinde göreceli bir sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Buna göre yangın potansiyel sınıflarında bulunan parça sayısı ile bu parçaların alansal toplam büyüklüklerine bağlı olarak bir y faktörü hesaplanmıştır (3). Hesaplanan bu y faktörü değeri için yangın büyüklüğü, sınıf değeri aralığına karşılık gelen yangın büyüklüğü sınır değerleri dikkate alınmak koşuluyla belirlenmektedir (Tablo 8).

Hesaplanan y faktörü değeri hangi sınıf aralığına düşmekte ise o sınıf aralığına karşılık gelen yangın büyüklüğü sınır değerlerinde yangınların normal dağılımları dikkate alınarak rastlantısal bir büyüklük değeri belirlenmektedir. Örneğin, hesaplanan y faktörü değerinin 0,3-0,59 arasındaki bir değerde olması durumunda yangın büyüklüğü en küçük

500 ha ve en büyük 2000 ha olacak şekilde, % sapma miktarı değeri de dikkate alınarak belirlenmektedir.

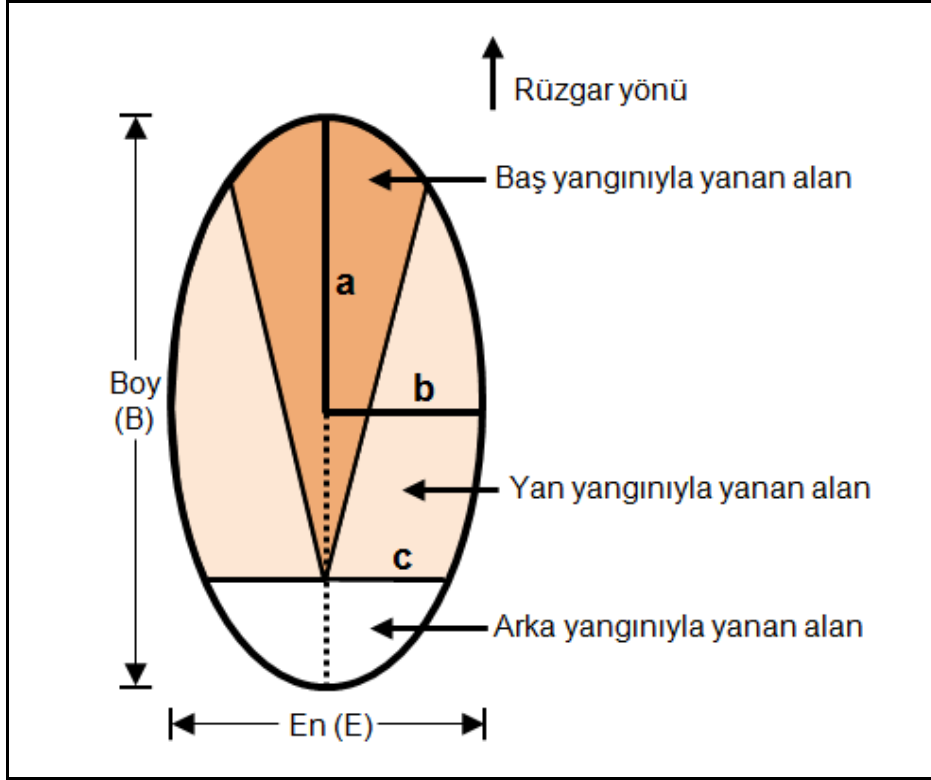
$$y = \frac{\left(\frac{1. \text{YPD Toplam Ormanlık Alan}}{1. \text{YPD Toplam Parça Sayısı}}\right) \times k1 + \left(\frac{2. \text{YPD Toplam Ormanlık Alan}}{2. \text{YPD Toplam Parça Sayısı}}\right) \times k2 + \left(\frac{3. \text{YPD Toplam Ormanlık Alan}}{3. \text{YPD Toplam Parça Sayısı}}\right) \times k3}{\text{Toplam Ormanlık Alan}} \quad (3)$$

Tablo 8. Yangın potansiyel sınıfları ve bu sınıflara ait katsayılar ile yangın büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan y faktörü ve bu faktöre bağlı yangın büyüklüğü sınır değerleri

Yangın potansiyeli sınıfı	Yangın potansiyeli sınıfı katsayısı (k)	y faktörü	Yangın büyüklüğü sınıf değeri (ha)
1	0,8	0,60<	> 2000
2	0,3	0,30-0,59	500-2000
3	0,1	0,1-0,29	100-500
4	-	0,0-0,1	100 <

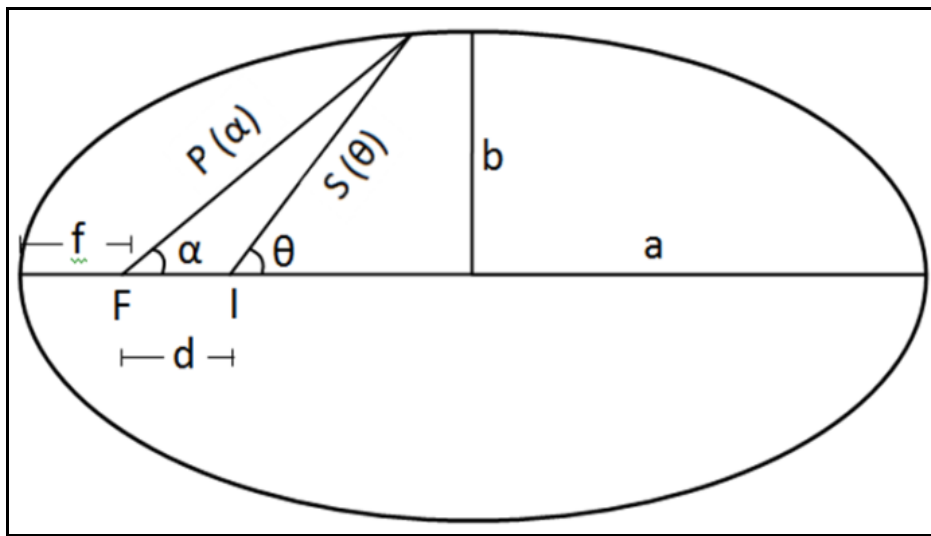
İkinci aşamada, büyüklüğüne karar verilen yangının gelişimi ve şeklinin belirlenmesi aşamasına geçilmektedir. Bu aşama için yangın yayılmasında ve şekli üzerinde en önemli belirleyicilerden olan rüzgar (Chandler vd., 1991; Cheney ve Gould, 1995; Baysal, 2007) dikkate alınmıştır. Orman yangınları başlangıçta dairesel bir gelişme göstermelerine rağmen, daha sonra rüzgar, eğim ve diğer çevresel faktörlerinde etkisiyle elips veya başka bir şekil alırlar (Bilgili, 1991). Çalışmada, yangın gelişimi ve şeklinin modellenmesinde basit elips şekli esas alınmıştır (Şekil 16). Uygulamanın temelinde elips üzerinde bir seri halindeki noktalarda oluşacak elipsin kenar hatlarının birleştirilmesiyle yangının yeni kenar hattının elde edilebileceği yatmaktadır. FARSITE ve PROMETHEUS gibi günümüzde yaygın olarak kullanılan yangın büyüme ve gelişim modelleri de bu prensibe uygun olarak geliştirilmiştir (Richards, 1990; Richards, 1995; Finney, 2004; Tymstra vd., 2010).

Yangının yayılması ve gelişimi rüzgar hızı ve yönünü dikkate alan bir yöntemle belirlenmektedir. Farklı rüzgar hızları için baş yangını, geri yangını ve yan yangını yayılma mesafeleri elips yangın gelişim modeline göre belirlenmiştir. Yangının ana yayılış istikameti hakim rüzgar yönündedir. Büyüklüğü bilinen yangının şeklinin belirlenmesi sürecinde aşağıdaki işlem sırası izlenmiştir.



Şekil 16. Basit elips yangın gelişimi

Yangın büyüklüğü (YB) belli olan elips şeklindeki bir yangın alanı içinde kalan poligonların belirlenmesinde öncelikle rüzgar hızına bağlı olarak bir boy/en (B/E) oranı belirlenir (Şekil 17).



Şekil 17. Basit elips şekli ve hesaplamalarda kullanılan parametrelerin şekil üzerinde gösterimi

Büyüklüğü belli olan elips alanının formülü:

$$A_{elips} = \pi \times a \times b$$

$$B/E = 1.1 \times R^{0.4642}, B/E=1 \text{ eğer } R \leq 1 \text{ km/s} \quad (4)$$

$$\left(\frac{B}{E}\right) = \left(\frac{a}{b}\right) = 1.1 \times R^{0.4642} \quad (5)$$

$$a = 1.1 \times R^{0.4642} \times b \quad (6)$$

olup, a değerini (6) formülünde yerine konulursa,

$$YB = A_{elips} = \pi \times 1.1 \times R^{0.4642} \times b^2 \quad (7)$$

elde edilir. Buradan;

$$b = \sqrt{\frac{YB}{\pi \times 1.1 R^{0.4642}}} \quad (8)$$

elde edilir. Yangın büyüklüğü değeri, yangın çıkışından önce yangın faktörü değerinin hesaplanması neticesinde her bir yangın öncesinde belirlenmektedir. Dolayısıyla yangın büyüklüğü bilindiğinden yangın simülasyonunda kullanılacak rüzgar değeri yardımıyla b değeri hesaplanabilmektedir. Elips şeklinin etrafındaki P uzunluğundaki kenar noktalarının bulunabilmesinde öncelikle c değerinin hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan c değeri elips şeklinin lineer eksantriklik değeri olup aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu c değeri kullanılarak e değeri elde edilir.

$$c = \sqrt{a^2 - b^2} \quad (9)$$

$$e = \frac{c}{a} \quad (10)$$

Yangının başlangıç noktası olarak kabul edilen poligondan diğer poligonlara yayılması sürecinin gerçekleştirimi için, poligonların birbirlerine göre açı değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Poligonların birbirleriyle olan açı değerleri Kuzey ile yaptıkları açı değeri olup, poligonların ağırlık merkezleri dikkate alınmak kaydıyla her bir poligon için 5 km mesafeye göre belirlenmiştir. Açısal olarak başlangıç noktasından hareketle elipsin sınırları olan değerlerin bulunması gereklidir. Bu amaçla, 10 derecelik açı aralıkları ile $P(\alpha)$ değerleri (11)'e göre hesaplanır. Bu değer rüzgar istikametindeki yön sıfır kabul edilmek kaydıyla $P(0)$ en yüksek değer olarak hesaplanır. Rüzgar yönünün tam tersi istikamette ise $P(180)$ en küçük değer olarak hesaplanır.

$$P(\alpha) = \frac{a - e \times c}{(1 - e \times \cos(\alpha))} \quad (11)$$

$$S(\alpha) = \sqrt{(P(\alpha) \times \sin(\alpha))^2 + b(P(\alpha) \times \sin(\alpha) - d)^2} \quad (12)$$

S değeri (12)'ye göre belirlendikten sonra rüzgar yönü istikametinde en uzun mesafe belirlenir ve belirlenen bu mesafeden itibaren 10 derecelik açı aralıkları dikkate alınarak $P(\alpha)$ değerleri hesaplanır. Belirlenen mesafe ve açı değerleri aralığında olan poligonlar seçilir. Böylelikle yangın alanı ve arazi şartlarıyla uyumlu genel yangın şekli elde edilmiş olur.

- Yangının sönmesi: Yangın potansiyeli dikkate alınarak belirlenen hedef yangın büyüklüğü, belirlenen sapma değerleri arasındaki büyüklüğe ulaşması durumunda, yangının yayılması sonlandırılmaktadır. Gerçekleşen her bir yangına ilişkin yangının çıktığı meşcere, bölme numarası, yangının çıktığı gün, yıl ve yangından etkilenen alan (yangın büyüklüğü) gibi veriler kayıt edilmekte ve simülasyon sonunda raporlanmaktadır.

2.1.4. Gerçekleştirim

Çalışma kapsamında tasarımı tamamlanan entegrasyon sürecinde gerek duyulan yazılımları geliştirme süreçlerini kapsayan gerçekleştirim aşamasında, yazılımların kodlanması, kullanıcı arayüzü geliştirme ve yazılımın test edilmesi aşamalarına yer verilmiştir.

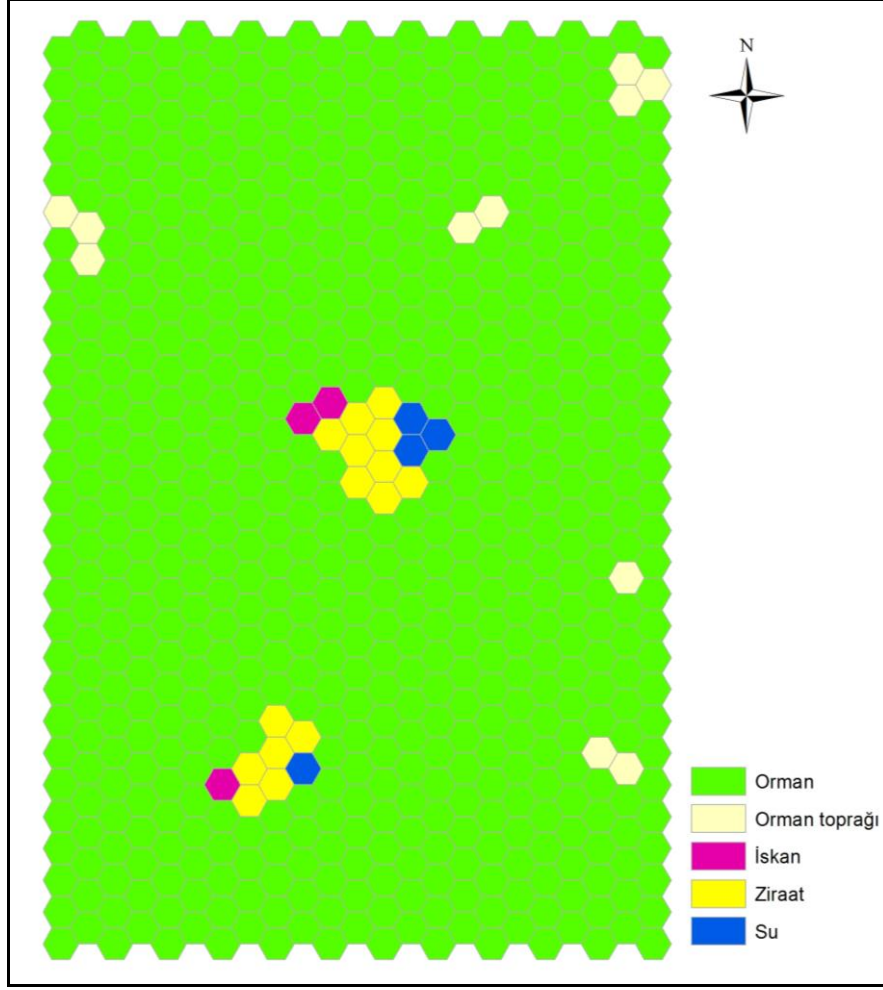
Yazılımın kodlanması aşaması, tasarımı yapılan modelin bilgisayar ortamında yazılımının gerçekleştirilmesi aşamasını oluşturmaktadır. Bu çalışmada, yangınların orman amenajman planlarına entegrasyonunu kapsayan modelin mimarisinin yazılım işlemleri, ETÇAP Simülasyon yazılımının geliştirilmesinde yararlanılan nesne yönelimli bir programlama dili olan Delphi 2009 ortamında gerçekleştirilmiştir. Kodlaması tamamlanan yazılımın kullanıcılar tarafından kolay ve anlaşılabilir bir şekilde kullanımı için kullanıcı arayüzü geliştirilmiştir. Kullanıcı arayüzünün geliştirilmesinde Delphi programlama dilinden yararlanılmış olup, hazırlanan arayüz kullanıcılar tarafından kolay kullanılabilir ve anlaşılabilir bir şekilde hazırlanmıştır.

2.1.5. Uygulama

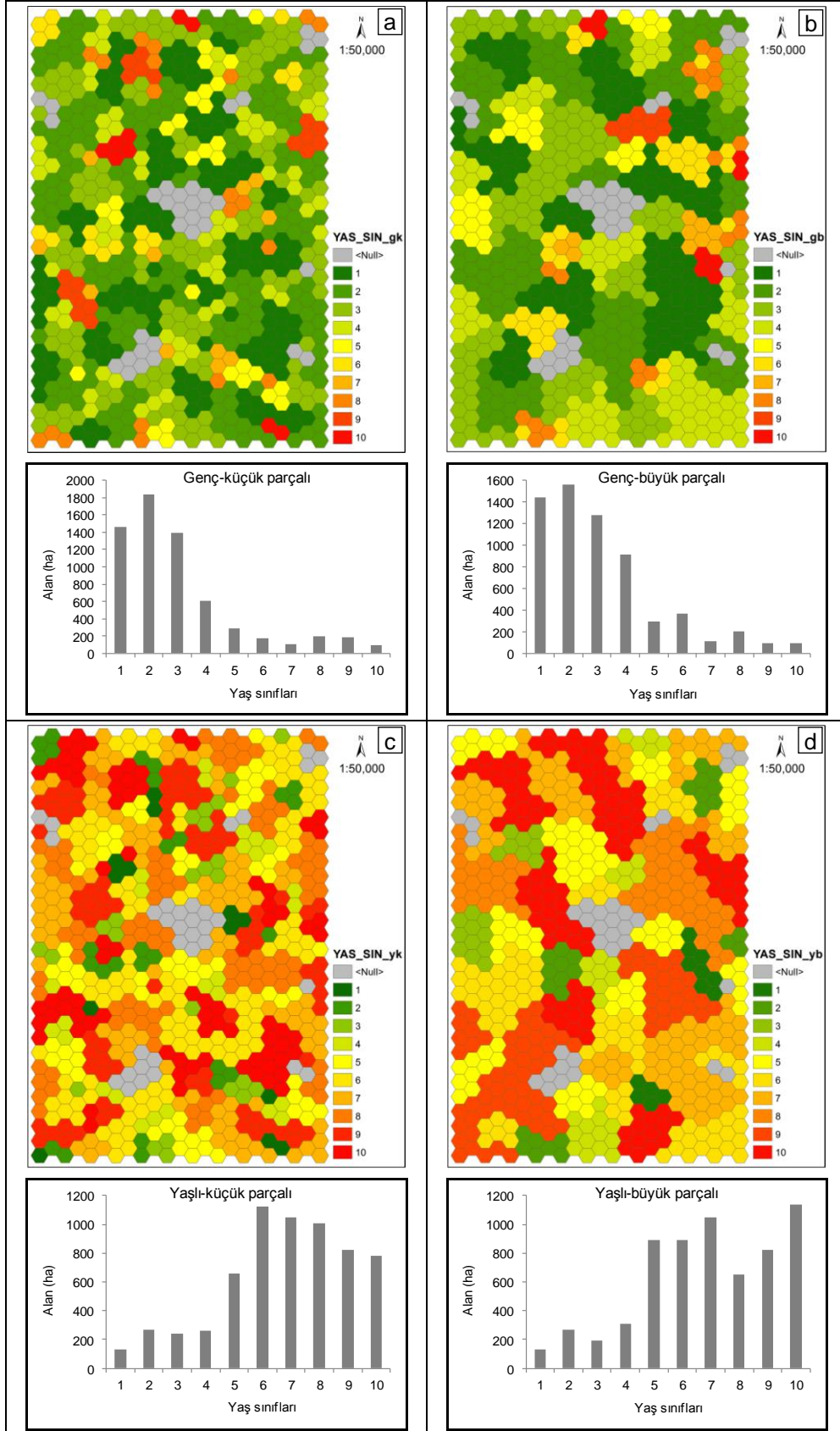
Tasarımı yapılan ve geliştirilen yanıcı madde ve yangın modellerinin entegrasyon işlemleri gerçekleştirildikten sonra model hipotetik ve gerçek bir planlama biriminde test edilmiştir. Hipotetik planlama birimi, her biri 10 ha büyüklüğünde 667 adet altıgen poligondan oluşmaktadır. Poligonların altıgen olarak seçilmesi ile bölmeciklerin birbirleriyle nokta bazlı komşu olmaması sağlanmıştır (Kadioğulları, 2009). 6670 ha alana sahip hipotetik veri tabanında, 6340 ha yani 634 adet poligon orman alanı belirlenmiş olup, 330 ha yani 33 adet poligon ise orman toprağı, ziraat, yerleşim alanı ve sulak alan olarak belirlenmiştir (Şekil 18). Veri tabanındaki poligonların birleştirilmesi ile büyük ve küçük parçalı olmak üzere iki farklı veri tabanı hazırlanmıştır. Ayrıca bu iki farklı parça büyüklüğüne sahip olan veri tabanındaki poligonlara yaş değerleri girilerek genç ve yaşlı orman kuruluşu olmak üzere iki farklı yaş sınıfı dağılımını temsil edecek orman kuruluşu tasarlanmıştır. Böylelikle küçük parçalı, genç orman yapısı ile küçük parçalı yaşlı orman yapısı ve büyük parçalı genç orman yapısı ile büyük parçalı yaşlı orman yapısı olmak üzere dört farklı kuruluştaki hipotetik orman veri tabanı oluşturulmuştur.

Küçük parçalı genç ve küçük parçalı yaşlı hipotetik planlama birimi, 6340 ha orman alanına ve 330 ha orman dışı alana sahiptir. Küçük parçalı, genç orman alanı 10 ha ile 260 ha arasında değişen 634 adet poligondan oluşmaktadır (Şekil 19a). Benzer şekilde büyük parçalı, genç orman alanı 10 ha ile 420 ha arasında değişen 634 adet poligondan oluşmaktadır (Şekil 19b). Küçük parçalı, yaşlı orman alanı 10 ha ile 280 ha arasında değişen 634 adet poligondan oluşmaktadır (Şekil 19c). Büyük parçalı, yaşlı orman alanı 9 ha ile 470 ha arasında değişen 634 adet poligondan oluşmaktadır (Şekil 19d).

Hipotetik orman veri tabanındaki meşcere parametreleri (boy, yaş, üstboy, hacim, artım, göğüs yüzeyi vb.) belirlenirken, 2011 yılında planı yenilenen Akbaş OİŞ orman amenajman planındaki verilerden yararlanılmıştır (Anonim, 2011). Veri tabanı için CBS programı kullanılarak yakınlık analizi yapılmış ve farklı mesafeler için komşuluk tabloları hazırlanmıştır. Ayrıca her bir meşcerenin açı değerleri hesaplanarak açı tabloları düzenlenmiş ve hazırlanan bu açı-mesafe tablolarından, yangın modelinde yangın yayılma yönünün belirlenmesi aşamasında yararlanılmıştır.

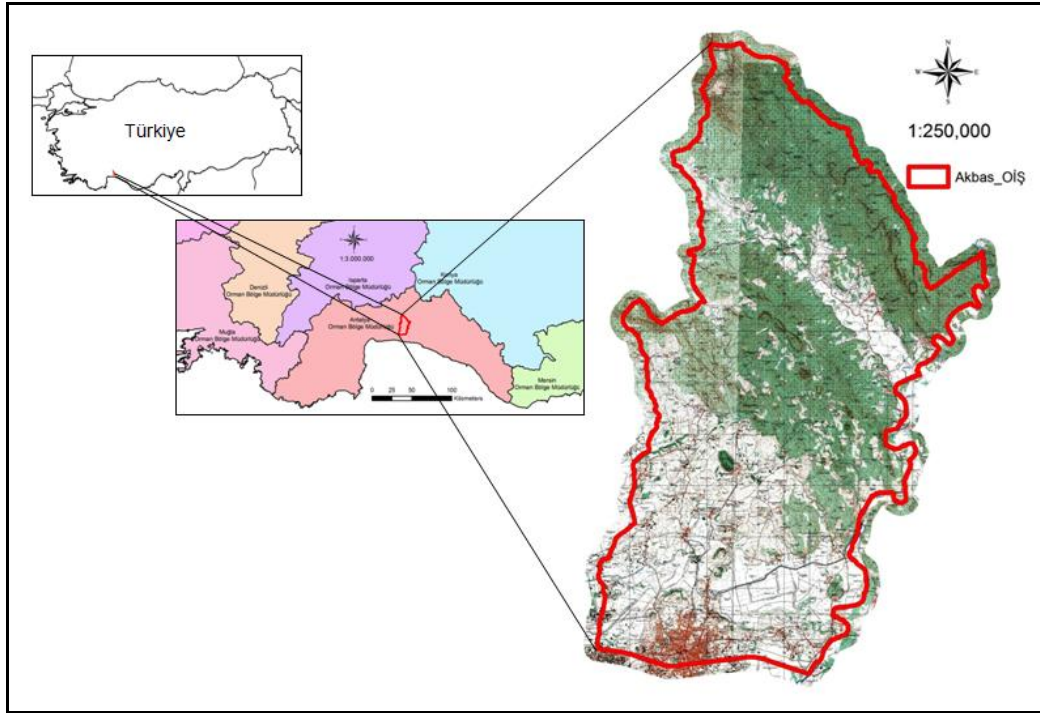


Şekil 18. Hipotetik orman veri tabanına ilişkin arazi kullanım haritası



Şekil 19. Genç yaşlı küçük (a) ve genç yaşlı büyük parçalı (b) ile yaşlı küçük (c) ve yaşlı büyük parçalı (d) hipotetik veri tabanlarına ilişkin arazi kullanım haritası ve yaş sınıflarındaki alanları gösterir grafikler.

Geliştirilen yazılımın hipotetik alanlarda test edilmesinden sonra, gerçek bir planlama biriminde denenmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Serik Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Akbaş Orman İşletme Şefliği, hazırlanan yazılımın uygulanması ve test edilmesi için araştırma alanı olarak seçilmiştir. Araştırma alanı coğrafi konum olarak; $37^{\circ} 07' 50''$ - $36^{\circ} 54' 43''$ kuzey enlemleri ile $31^{\circ} 06' 40''$ - $31^{\circ} 05' 52''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 20). Planlama biriminin yükseltisi 10 metreden başlayıp (Köprü Çayı) 1662 metreye kadar (Hıdır Tepe) çıkmaktadır. İşletme şefliği biriminde verimli ormanlık alanların ortalama eğimi %44 olup, tüm alanın ortalama eğimi ise yaklaşık %32 civarındadır. Akbaş planlama biriminin genel sahası 20654,7 hektardır olup, 10496,5 hektarı ormansız alandır. Ormanlık alanı 10158,2 ha olan şefliğin 7907 ha verimli, 2251,2 hektarı ise bozuk niteliktedir. Ormanlık alanın yaklaşık % 80'i (7978 ha) saf kızılçam meşcerelerinden oluşmaktadır.



Şekil 20. Akbaş OİŞ'nin Türkiye haritasındaki konumu

Akbaş OİŞ'deki en önemli sorunların başında orman yangınları gelmektedir. Alanda gerçekleşen yangınların büyük çoğunluğunun çıkış sebebi insan kaynaklıdır. Çalışma alanında çıkmış büyük yangınlar, plan periyotlarında gerçekleştirilmesi planlanan üretimden çok daha geniş alanlarda etkili olmuştur. Bu durum aktüel ile optimal kuruluş

arasında büyük farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Özellikle geniş alanlarda etkili olan yangınlar, aktüel durumda yaş sınıflarında büyük dalgalanmaların görüldüğü düzensiz orman kuruluşunun oluşmasına, genç ormanların alanın büyük bir kısmını oluşturduğu ve olgun ya da yaşlı ormanların ise çok az bulunduğu bir orman yapısının ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Bilgili ve Baysal, 2013).

Akbaş OİŞ planlama birimindeki ormanlık alanlar, 2011-2020 yıllarını kapsayan amenajman planına göre Ekonomik, Ekolojik ve Sosyo-kültürel orman fonksiyonlarına hizmet edecek şekilde alanlara ayrılmıştır (Tablo 9), (Anonim, 2011).

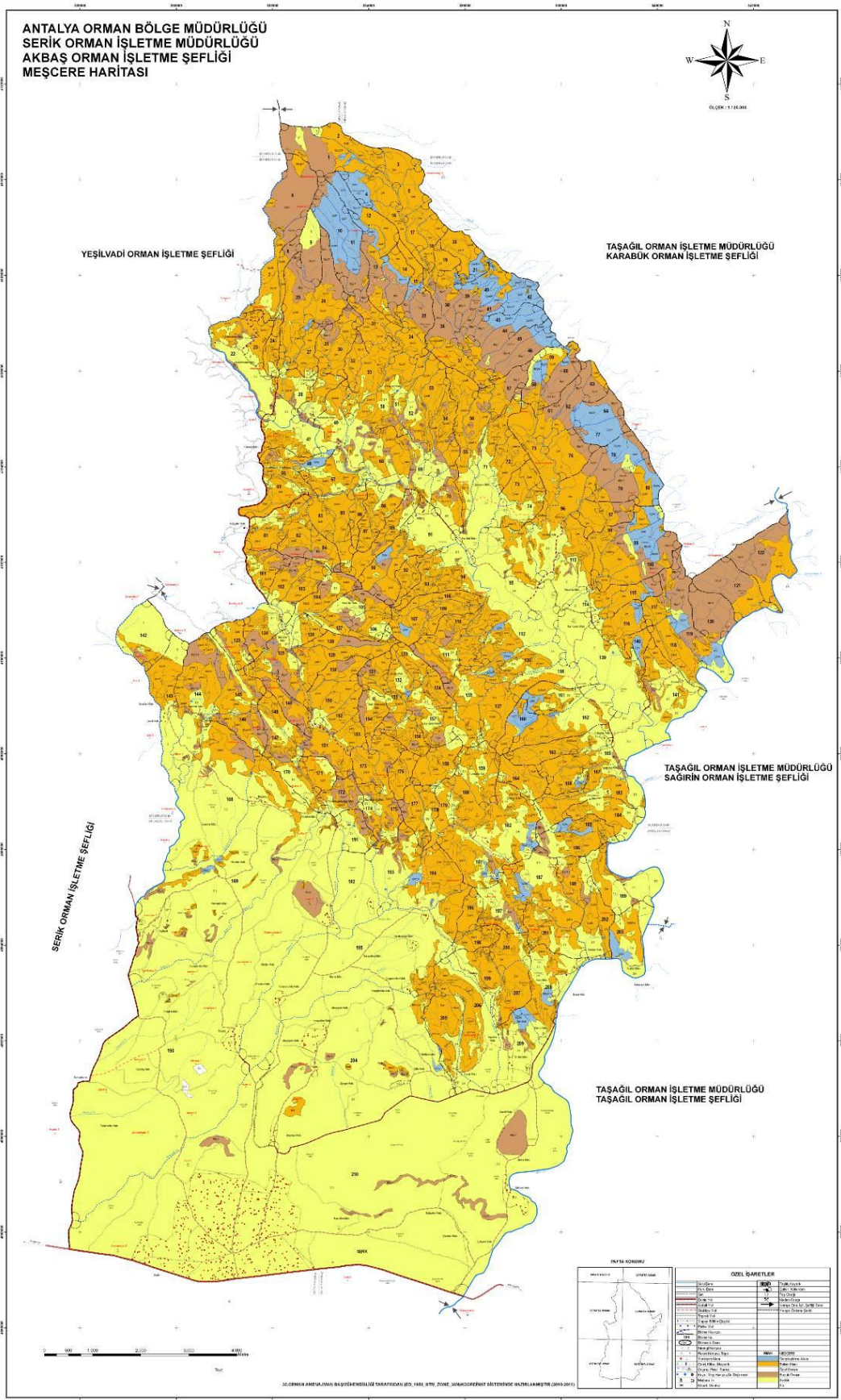
Tablo 9. Akbaş OİŞ ormanlarında işletme amacı ve koruma hedefleri

Orman fonksiyonları		İşletme sınıfı	Renk	İşletme amacı ve koruma hedefleri	Alan (ha)
Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	A	Yeşil	En yüksek miktarda Endüstriyel odun üretimi	10590,0
Ekolojik	Doğayı koruma	B	Mor	Yetiştirme yeri çok kötü alanlar	1699,8
		C		Arkeolojik sit	95,9
		D		Doğal sit	1125,9
		E		Yangın önleme ormanı	1122,6
	Erozyonu önleme	F	Kahverengi	Toprak koruma	6006,6
Sosyal ve kültürel	Bilimsel	G	Beyaz	Fakülte araştırma ormanı	4,3
		H		Ormancılık araştırma ormanı	9,6
Toplam					20654,7

Akbaş OİŞ ormanlık alanlarının yaklaşık %78'i verimli, geriye kalan ormanlık alan ise bozuk yapıdadır. Şefliğin verimli ormanlık alanlarında, 1975 yılı planından son plana kadar olan zaman diliminde düzenli bir artış gözlemlenmektedir. Söz konusu bu artış ve azalışlardaki en önemli etken, bozuk ormanlık alanlarda etkili olan yangınlar sonrasında, başarılı yeniden ormanlaştırma çalışmalarından ileri gelmektedir. Başarılı bir şekilde ağaçlandırılan bu alanlar, sonraki planlarda verimli ormanlık alan olarak değerlendirilmekte ve bu durum, bozuk ormanlık alanlarda yaklaşık %45 gibi önemli bir azalışı da beraberinde getirmektedir (Bilgili ve Baysal, 2013). Çalışma konusu alandaki meşcere tipleri (Şekil 21), bu meşçelerin ait oldukları işletme sınıfları (Şekil 22), sayısı ve meşcere tiplerine düşen ormanlık alan bilgileri aşağıda verilmiştir (Tablo 10).

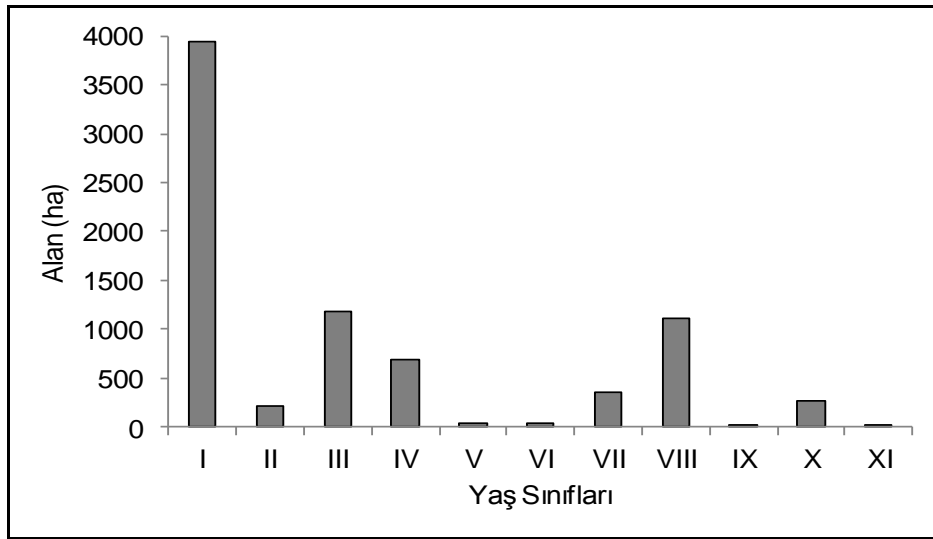
Tablo 10. Akbaş Oİş meşcere tipleri, adedi ve ormanlık alanı

MESCERE	Bölmecik adedi	Alan (ha)
Çz0Y	18	194
Çz0a	22	131
Çza0	61	469,3
Çza	152	2233,1
Çza3	17	179,7
Çzab2	25	241,7
Çzab3	58	454
Çzb3	64	418,3
Çzbc2	36	207
Çzbc3	55	586
Çzc3	7	33,9
Çzcd1	79	279,8
Çzcd1Y	13	152,8
Çzcd1-T	6	25
Çzcd2	98	734,4
Çzcd2Y	12	64,1
Çzcd2-T	3	33,5
Çzcd3	29	308,6
Çzd1	34	75
Çzd2	25	129,2
ÇzÇfDya	2	14
ÇzSra	27	154,8
ÇzSra3	8	69,6
ÇzSrDya	5	74,5
ÇzHra	12	46,9
ÇzHrSra	27	306,1
ŞGcd2-T	2	12,4
Çfa	5	13,2
ÇfÇza	13	51,7
ÇfÇzSra	3	23
SrÇza	13	45,5
Mc2	1	9,9
MÇza	1	7,5
Çna	2	5,2
Okbc2	1	1,2
Okcd3	1	1,7
Dya0	1	1,7
HrSrÇza	16	117,7
BÇz0Y	19	192,4
BÇz	131	436,4
BÇz-T	82	747
BS-T	4	76,8
BAr-T	2	162,1
BDy	21	164,3
BDy-T	31	472,2
Toplam	1244	10158,2



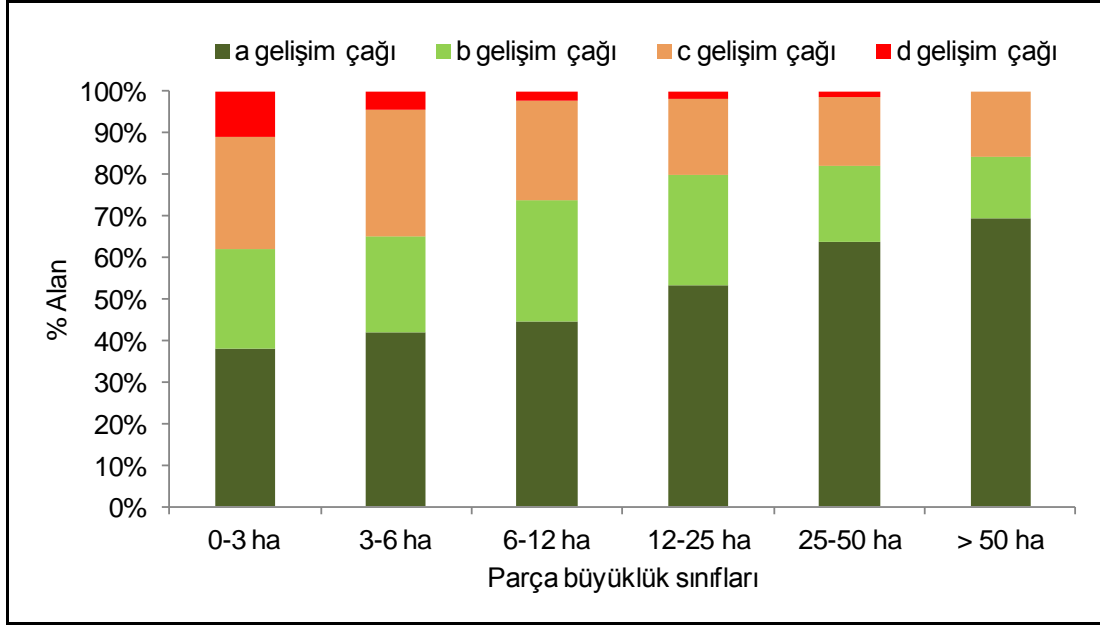
Şekil 21. Akbaş OİŞ meşçere tipleri haritası (Anonim, 2011)

Şefliğin yaş sınıfları dağılımında önemli bir düzensizlik söz konusudur (Şekil 23). Ormanlık alanın yaklaşık %68'i ilk üç yaş sınıfında yer almaktadır. Üretime konu olabilecek VIII. yaş sınıfı ve üstünde bulunan ormanlık alan miktarı ormanlık alanın yaklaşık %22'sine karşılık gelmektedir. Genç ve üretime konu ormanlık alanların dışındaki IV, V ve VI ve VII.ci yaş sınıflarında yaklaşık %10 gibi oldukça az bir ormanlık alan bulunmaktadır. Çalışma alanı genelinde bozuk yapıdaki ormanlık alan miktarının toplam ormanlık alanının yaklaşık % 21'ini oluşturması ise bir başka problemdir. Akbaş Orman İşletme Şefliği üretime konu ormanlık alanları, mevcut durum ve yapı itibariyle uzun yıllar koruma ve bakım faaliyetlerinin yoğun olarak yürütüleceği bir orman yapı ve kuruluşu göstermektedir.



Şekil 23. Akbaş OİŞ verimli ormanlık alanlarının yaş sınıflarına dağılımı

Çalışmaya konu alanda uygulanmakta olan amenajman planı idare süresi dikkate alındığında, yaklaşık idare süresinin 1/4'i gibi bir süre içinde ormanlık alanlarının yaklaşık yarısı yangınlar tarafından yenilenmiştir. Meşcere yenileyici özellikteki yangınlar neticesinde, alan genelinde aynı yaşlı büyük blok alanlar oluşmuş ve bu durum, ormanlık alandaki parça büyüklüklerinin gelişim çağlarına ve yaş sınıflarına olan dağılımları üzerinde büyük ölçüde belirleyici olmuştur (Şekil 24), (Bilgili ve Baysal, 2013).

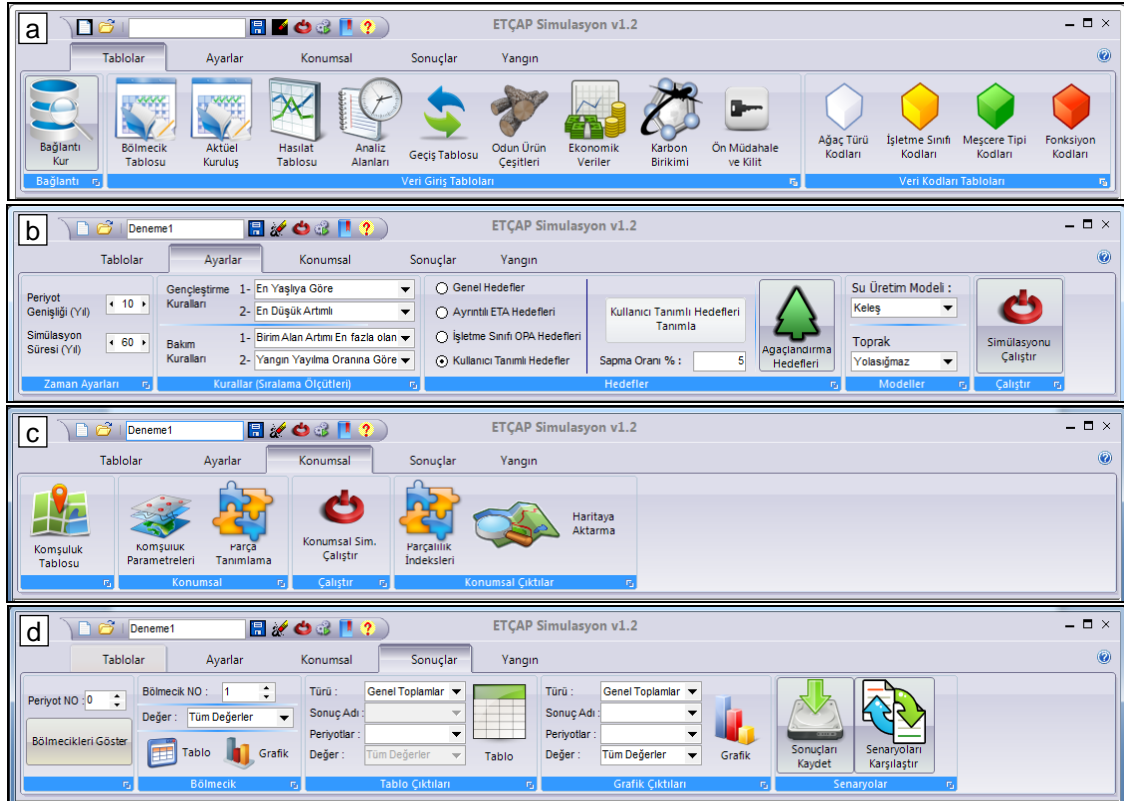


Şekil 24. Akbaş OİŞ güncel orman amenajman planındaki bölmeciklerin sayı ve alan olarak parça büyüklüğü sınır değerlerine dağılımı

3. BULGULAR VE İRDELEME

Çalışmada ETÇAP yaklaşımı temel alınarak orman yangınlarının orman amenajman planlarına entegrasyonu gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma ile ülkemizde ilk kez orman amenajman planlamalarında doğal olaylara yer verilmesi söz konusu olmuştur.

ETÇAP planlama yaklaşımı, Klasik planlama modeli (Sivrikaya, 2008), simülasyon ve optimizasyon modeli (Keleş, 2008) ile konumsal planlama ve kombine optimizasyon teknikleri ile modelleme (Kadioğulları, 2009) ve odun dışı orman ürünlerinin planlara yansıtılması (Mumcu Küçüker, 2014) çalışmaları neticesinde geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, aynı yaşlı orman işletme şekli için, orman yangınlarının dikkate alındığı simülasyon tabanlı orman amenajmanı planlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu planlama modeli Keleş (2008) tarafından hazırlanmış ve Kadioğulları (2009) tarafından konumsal özelliklerin entegrasyonu ile desteklenmiştir. ETÇAP Simülasyon modeli tablolar, ayarlar, konumsal ayarlar, sonuçlar ve yangın olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 25), (Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009).



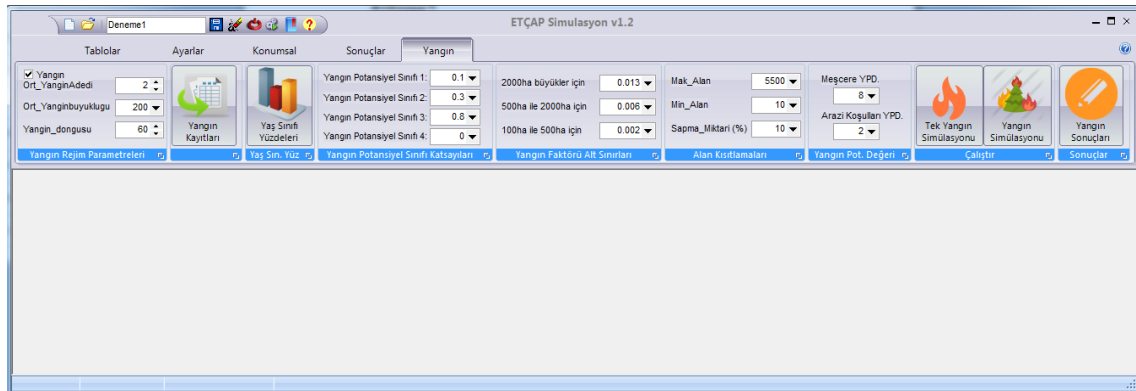
Şekil 25. ETÇAP Simülasyon karar destek sisteminde tablolar (a) ayarlar (b) konumsal ayarlar (c) ve sonuçlar (d) pencereleri (Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009)

3.1. ETÇAP Simülasyon Tabanlı Yangın ve Orman Planlama Modeli (ETÇAP Simülasyon Yangın)

ETÇAP karar destek sistemi ana penceresinden yangın sekmesi seçildiğinde ETÇAP Simülasyon Yangın modeli başlangıç penceresi açılmaktadır (Şekil 26). ETÇAP Simülasyon Yangın başlangıç penceresi, Keleş (2008) ve Kadioğulları (2009) tarafından geliştirilen ETÇAP Simülasyon penceresine yangın rejiminin bazı tanımlayıcı parametreleri ve bu parametrelere bağlı olarak yangın simülasyonun tanımlandığı, yanıcı madde özelliklerine bağlı yangın potansiyelindeki değişimi izlemeye imkan sağlayan model ve parametreler eklenerek tasarlanmıştır.

Tasarımı yapılan ETÇAP Simülasyon Yangın modeline, ETÇAP Simülasyon yazılımı ana penceresindeki yangın sekmesi bölümünden ulaşılmaktadır. Yangın penceresi açıldığında;

- Yangın parametreleri
- Yangın kayıtları
- Yangın potansiyel katsayıları
- Yangın Faktörü katsayıları
- Alan kısıtlamaları
- Yangın potansiyel değerleri katsayıları
- Rüzgar
- Çalıştır olmak üzere 8 ana bölüm penceresi bulunmaktadır.



Şekil 26. ETÇAP Simülasyon karar destek sistemindeki yangın bileşeni ana penceresi

3.1.1. Model Yönetimi

ETÇAP Simülasyon modeli açıldığında bazı amaç ve kısıtlayıcı özelliklere göre tanımlanmış bir senaryonun oluşturulması gerekmektedir. ETÇAP Simülasyon kullanımına ilişkin senaryo yönetimi ve programın kullanımı Keleş (2008) tarafından ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Model, kullanıcı tarafından çalıştırıldıktan sonra, kullanıcı veya karar verici tarafından farklı işletme amaçları, hedefler, kısıtlayıcı koşullar ve silvikültürel müdahalelere bağlı olarak çeşitli planlama senaryoları oluşturabilmekte ve bu senaryoların denenmesi ile en uygun olanına karar vermede büyük kolaylıklar sunmaktadır. ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin kullanımı ile, yanıcı madde özellikleri, yangın potansiyeli durumu ve yangın riski açısından tanımlanmış bir planlama biriminde ormandaki değişim ve gelişim ortaya konulabilmektedir. ETÇAP Simülasyon Yangın ile alınacak kararların, planlama birimindeki yangın potansiyel değerleri üzerine hangi yönde etki ettiklerinin belirlenmesinin yanı sıra, hangi meşcerelerin daha çok yanma riski altında olduklarına yönelik verilere de ulaşılabilmektedir.

3.1.2. Veri Girişi

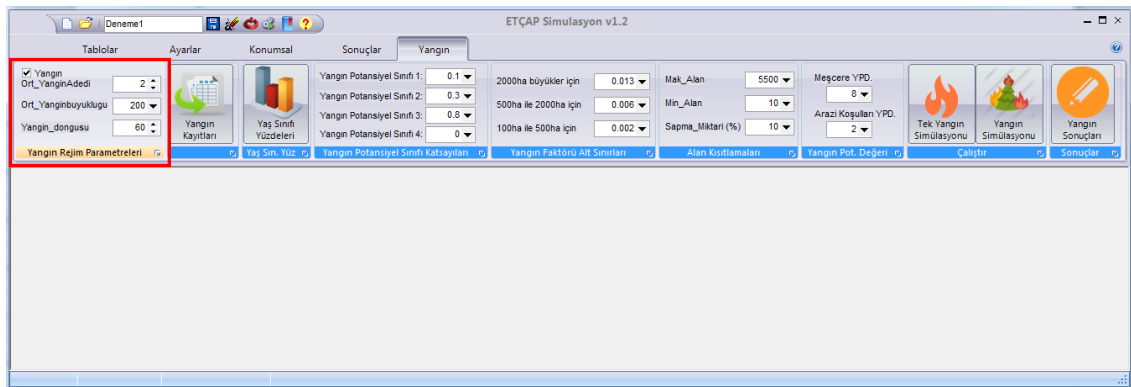
ETÇAP Simülasyon modeli için gerekli olan veri ve bilgi tablolarına ilave olarak ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin çalışabilmesi için bazı ek veri ve tablolara gerek duyulmaktadır. Bu ek veri ve bilgi tablosu aktüel orman verilerinin tutulduğu bölmecik tablosu esas alınarak veri tabanına eklenmiştir. Eklenen tablonun tamamı bölmecik tablosu ile birebir ya da dolaylı olarak ilişkilidir. ETÇAP Simülasyonda bağlantı kurulan bu bölmecik tablosu planlama birimindeki en küçük orman parçasına ilişkin bilgilerin (işletme sınıfı, ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık, meşcere tipi, orman fonksiyonu, servet vb) ve kayıtlarının tutulduğu veri tabanıdır. Bölmecik veri tabanı ile bağlantılı ve ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin çalışabilmesi için gerekli olan bu tablo; gelişim çağı, yangın potansiyel sınıfı, yangın risk, yükselti, bakı, arazi koşulları yangın potansiyel değeri, meşcere yangın potansiyel değeri ve genel yangın potansiyel değeri gibi yangın davranışı ve yanıcı madde özellikleri ile yakından ilişkili olan bilgileri içermektedir.

Bölmecik veri tabanındaki çap, boy, yaş ve bonitet bilgilerinden elde edilen gelişim çağı verisi, yangın potansiyeli sınıflarının belirlenmesi, yayılma oranı değerleri ve meşcere

yangın potansiyeli değerlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Yangın potansiyel sınıfı verilerinden yangın büyüklüğünün belirlenmesi sürecinde, yangın risk verisinden yangın çıkış oranlarının belirlenmesinde yararlanılmaktadır. Yükselti ve bakı verilerinden, bölmecik tablosundaki eğim verisi de kullanılmak suretiyle arazi koşullarına bağlı ve simülasyon süresince sabit bir değer olarak alınan arazi koşulları yangın potansiyel değerlerinin elde edilmesi sürecinde yararlanılmaktadır. Gelişim çağı ve bölmecik tablosundaki kapalılık değerlerinden, meşcere yangın potansiyel değerinin hesaplanmasında yararlanılmaktadır. Arazi koşulları yangın potansiyel değeri ve meşcere yangın potansiyel değerlerinin kullanılması ile her bir bölmecik için genel yangın potansiyeli değerleri elde edilmektedir. Burada sıralı ve birbirleriyle ilişkili bir biçimde açıklanan verilerin elde edilmesi ve hesaplanması süreci tasarım bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

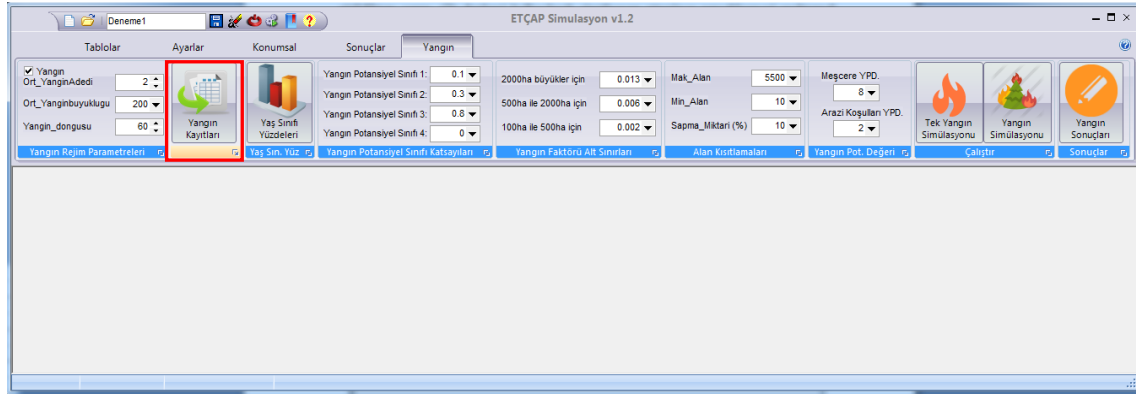
3.1.3. ETÇAP Simülasyon Yangın Ayarları

ETÇAP Simülasyon Yangın modelinde yangın penceresi seçildiğinde, simülasyonun ayarlanmasında kullanılan bazı denklem ve parametrelerin yer aldığı yangın bölümü penceresi açılır. Pencerede ilk olarak yangın rejimini tanımlayıcı parametrelerin girildiği yangın rejim parametreleri bölümü yer almaktadır. Bu bölümde yer alan yangın döngüsü ve ortalama yangın büyüklüğü verileri, planlama birimindeki yangın döngüsü ve ortalama yangın büyüklüğü değerleri de göz önünde bulundurulmak kaydıyla dikkate alınarak girildikten sonra, (2) denklemi kullanılarak simülasyon süresince gerçekleşmesi muhtemel yangın adedi değeri hesaplanır (Şekil 27).



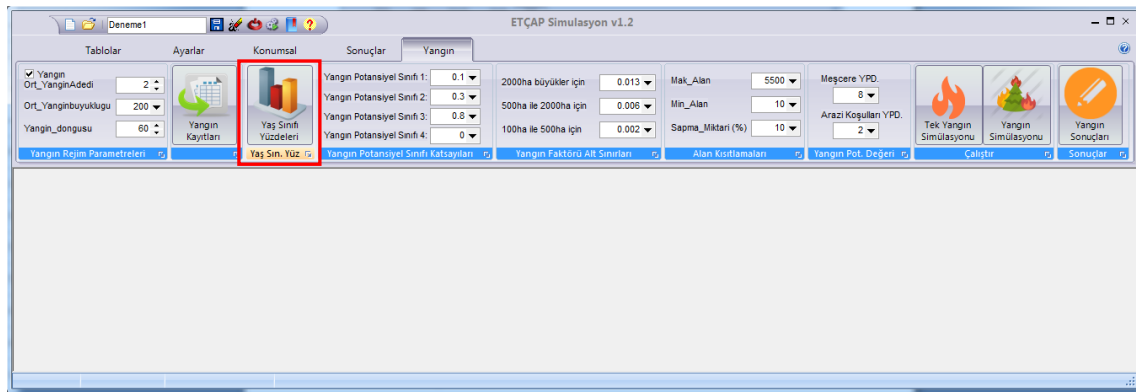
Şekil 27. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın rejim parametrelerinin girileceği bölüm

Yangın kayıtları bölümünde, yangının gelişimi ve şeklinin belirlenmesinde ihtiyaç duyulan hava halleri özelliklerinden rüzgar yönü ve hızına ilişkin veriler yer almaktadır. Rüzgar yönü ve hızına ilişkin olarak simülasyonda kullanılan veriler 1979-2010 yılları arası Antalya ili Manavgat ilçesi meteoroloji istasyonu ölçüm verileri olup, günlük ortalama rüzgar hızı ile ortalama hakim rüzgar yönü verilerini içermektedir (Şekil 28), (Anonim, 2012).



Şekil 28. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde rüzgar hızı ve yönüne ilişkin verilerin yer aldığı yangın kayıtları bölümü

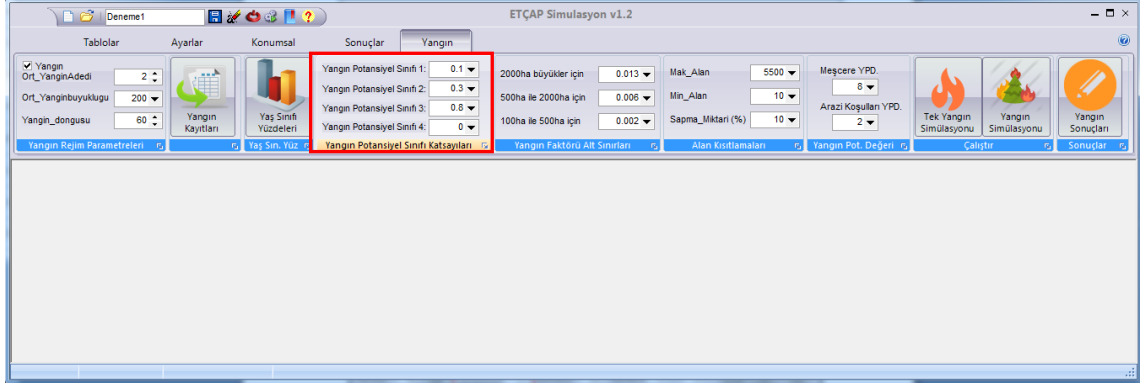
Yaş sınıf yüzdeleri penceresi, farklı yangın döngüsü değerleri için, değişik idare süreleri ve simülasyon süresine bağlı yaş sınıflarında olması gereken % alan bilgilerini içermektedir (Şekil 29).



Şekil 29. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde rüzgar hızı ve yönüne ilişkin verilerin yer aldığı yangın kayıtları bölümü

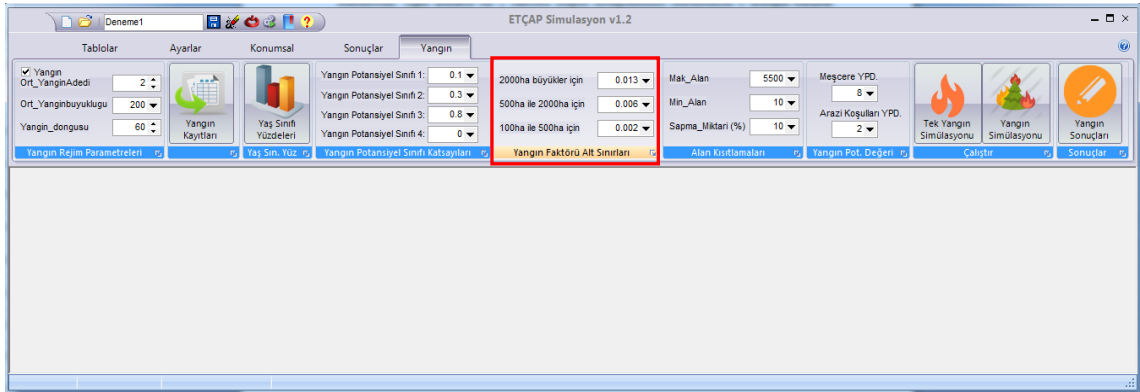
Yangın potansiyel katsayıları bölümü, yangın potansiyel sınıfları için belirlenen 0-1 arasında değişen katsayı değerlerinin girildiği bölümdür. Buradaki katsayı değerleri yangın potansiyel sınıflarının önem derecesinin belirlenmesi ve yangın büyüklüğüne karar verilmesi aşamasında bu sınıfların ağırlıklandırılması yoluyla belirlenmektedir. Bir (1) en

üst düzeyde önem ve ağırlık derecesini, sıfır (0) ise en düşük önem ve ağırlık derecesini ifade etmektedir (Şekil 30).



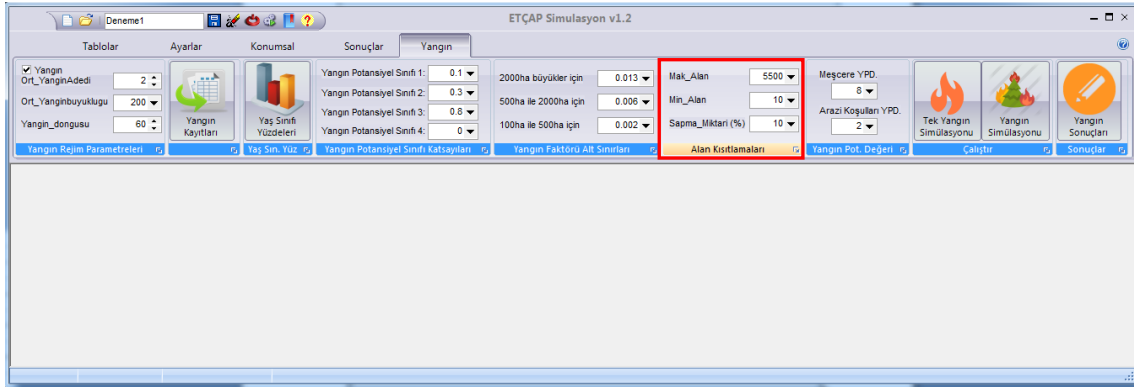
Şekil 30. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın potansiyel sınıfı katsayılarının girildiği bölüm

Yangın faktörü alt sınır değerleri, yangın potansiyel sınıfları ve bu sınıflardaki aynı özelliklere sahip parça adedi değerlerinden hareketle toplam ormanlık alandaki yoğunlukları dikkate alınarak belirlenen y faktörü katsayısı değerinin aralıklarını ifade etmektedir. İlgili aralıkta bir y faktörü değeri hesaplanması durumunda o aralığın karşılık geldiği yangın büyüklüğü alt ve üst sınır değerlerine karşılık gelen bir yangın büyüklüğü değerinin belirlenmesi aşamasında kullanılmaktadır (Şekil 31).



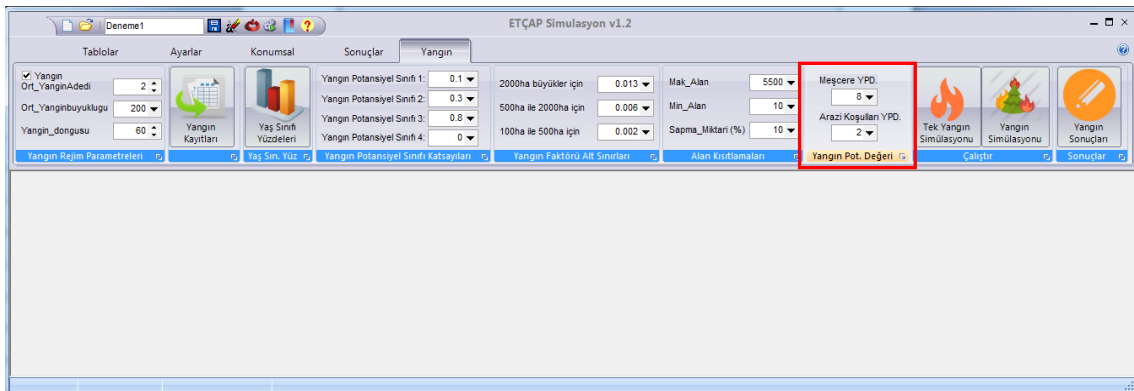
Şekil 31. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın potansiyel sınıfları ve bu sınıflardaki parça adedi dikkate alınarak hesaplanan yangın faktörü değerine göre belirlenen katsayıların girildiği bölüm

Alan kısıtlamaları bölümü, simüle edilecek yangının yakabileceği en büyük ve en küçük alan büyüklüklerini ifade etmekte olup, belirlenen bu en düşük ve en yüksek değerlerden % oranda sapma miktarına bağlı olarak belirlenmektedir (Şekil 32).



Şekil 32. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın büyüklüğünün minimum ve maksimum büyüklükleri değerlerinin ve bu değerlerden yüzde sapma miktarının girildiği bölüm

Yangın potansiyel değeri katsayıları bölümü, genel yangın potansiyel değerinin hesaplanmasında kullanılan meşcere yangın potansiyel değeri katsayısı (k_{MYPD}) ile arazi koşulları yangın potansiyel değeri katsayısı (k_{AKYPD}) değerlerinin girildiği bölümdür (Şekil 33). Katsayılar için en düşük sıfır (0) ve en yüksek on (10) değeri dikkate alınmaktadır.

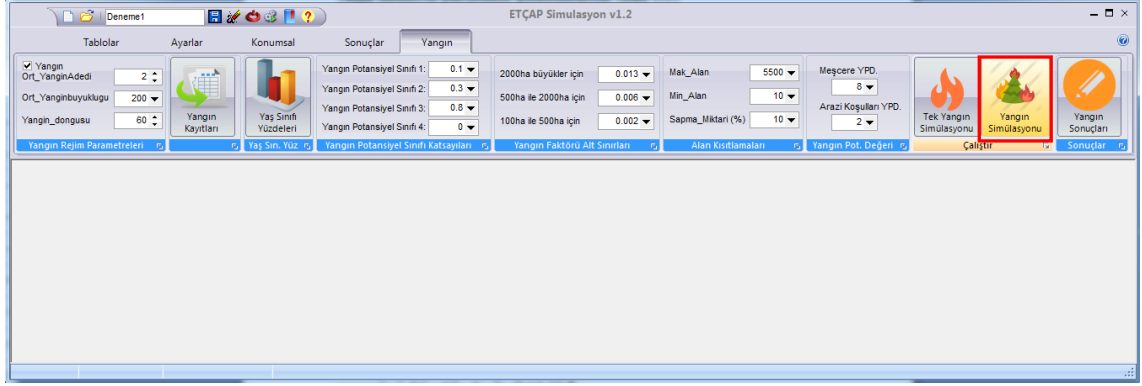


Şekil 33. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın potansiyel değerinin girildiği bölüm

3.1.4. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Koşturulması

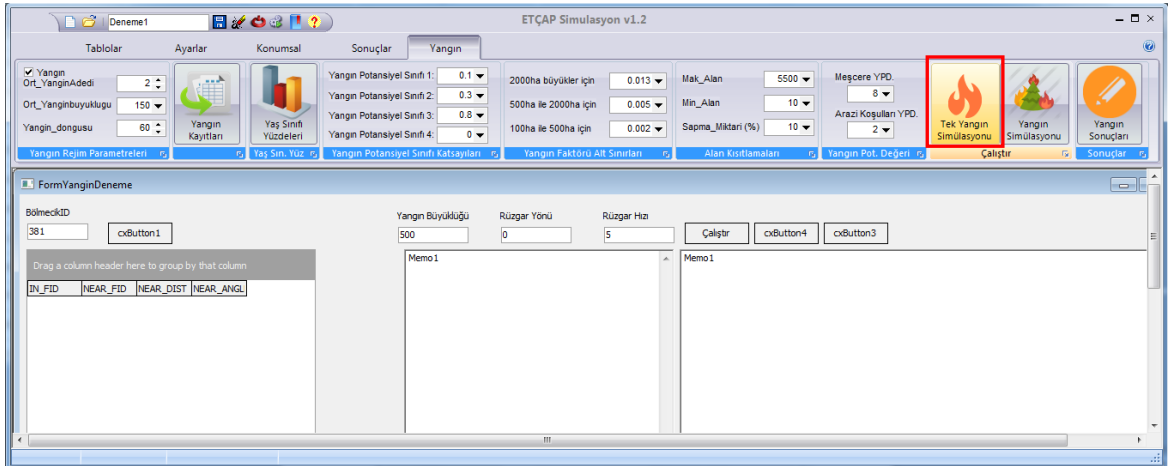
ETÇAP Simülasyon Yangın modeli çalıştırılmadan önce ETÇAP Simülasyon ana penceresindeki ayarlar sekmesinden, simülasyonu gerçekleştirilecek senaryo ile ilgili ayarlar yapılır. ETÇAP Simülasyon ayarları yapıldıktan sonra, oluşturulan senaryo için ETÇAP Simülasyon Yangın senaryosu ayarları girilir. Yangın penceresindeki çalıştır düğmesi kullanılarak model koşturulur. Simülasyon süresince hangi periyot

simülasyonunun sürdüğü ve ilgili periyot için kaçınıcı yangının devam ettiğine ilişkin bilgi yangın simülasyon penceresinde görülebilmektedir (Şekil 34).

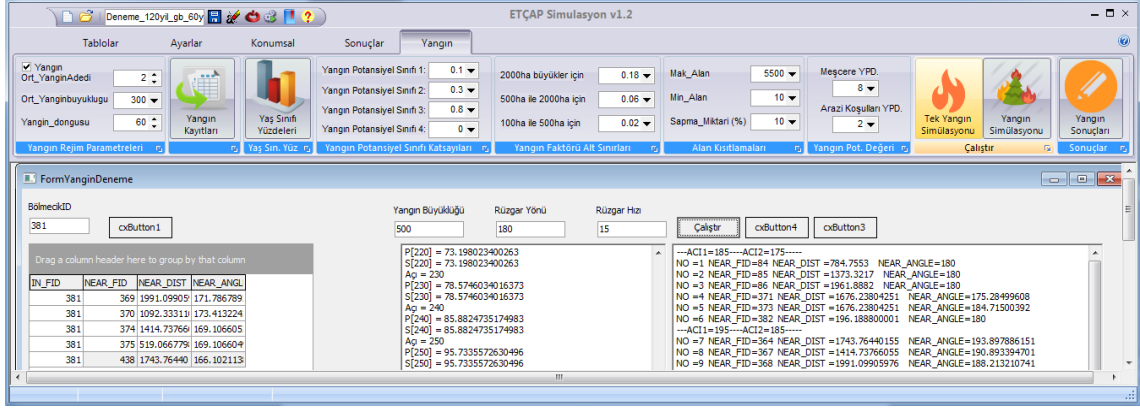


Şekil 34. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın simülasyonunun çalıştırılması

Tek yangın simülasyon penceresi, alanda bir yangına ilişkin simülasyonunun gerçekleştirildiği penceredir. Yangının başlayacağı bölmecikID numarasının girilip yangın büyüklüğü, rüzgar yönü ve rüzgar hızı verilerinin tanımlanmasından sonra çalıştır sekmesinden çalıştırılmaktadır (Şekil 35). Tek yangın simülasyonu sekmesinden bir yangın için model çalıştırdıktan sonra rüzgar hızına ve yönüne bağlı olarak yangın büyüklüğü hesaplanabilmekte ve bu büyüklüğe bağlı olarak yangından etkilenecek meşcereler belirlenebilmektedir (Şekil 36).



Şekil 35. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde Tek Yangın Simülasyonu penceresi

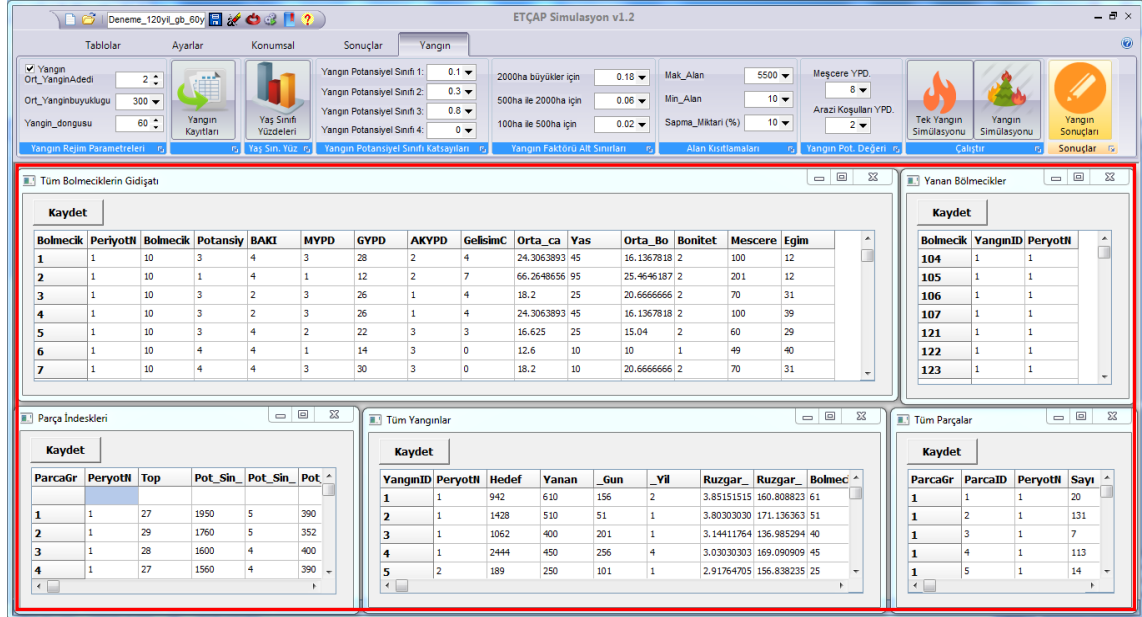


Şekil 36. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde Tek Yangın Simülasyonu sonuçlarının görüntülediği pencere

3.1.5. Sonuçlar

ETÇAP Simülasyon Yangın modeli çalıştırılmadan önce oluşturulan senaryoya ilişkin girilmesi gereken bilgiler ayarlar sekmesinden yapılır. Ayarları yapıldıktan ve simülasyon çalıştırıldıktan sonra sonuçlar, simülasyon tamamlandıktan sonra ekranda otomatik olarak görülebilmektedir (Şekil 37). Tablo formatında beş farklı sonuç tablosu penceresi açılmaktadır. Bu sonuç tablolarından birincisi tüm bölmeciklerin gidişatı sonuç tablosudur. Tüm bölmeciklerin gidişatı sonuç tablosunda; bölmeciklerin yangın potansiyel sınıfı değeri, hakim bakı, eğim, MYPD, AKYPD, GYPD değerleri, gelişim çağı, yaş, orta boy, orta çap gibi bilgiler yer almaktadır. Bu sonuç tablolarından ikincisi tüm yangınlar sonuç tablosudur. Tüm yangınlar sonuç tablosunda; simülasyon süresince gerçekleşen yangınların YangınID numaraları, hangi periyotta gerçekleştikleri, y faktörüne bağlı olarak belirlenen hedef yangın büyüklüğü değeri, rüzgar hızı ve yönüne göre belirlenen yanan alan büyüklüğü, yangının çıktığı gün ve yıl bilgileri, rüzgar hızı, rüzgar yönü, yangından etkilenen bölmecik adedi, y faktörü değeri, yangın şeklinin belirlenmesinde kullanılan a ve b katsayı değerleri ile yangının ilk çıktığı bölmecik numarası gibi bilgiler yer almaktadır. İkinci sonuçlar çıktısı olarak yanan bölmecikler tablosu açılmaktadır. Yanan bölmecikler tablosunda her bir periyotta çıkan yangınlarda, yangınlardan etkilenen bölmecikler yer almaktadır. Tüm parçalar sonuçlar tablosunda; y faktörünün hesaplanmasında yararlanılan, aynı yangın potansiyel sınıfındaki parça sayıları, ait oldukları yangın potansiyel sınıfı ve toplam alanı gibi bilgiler tüm periyotlar için yer almaktadır. Parça indeksleri sonuç tablosunda; her bir yangın potansiyel sınıfında bulunan bölmecik sayısı, bu bölmeciklerin

toplam alanı, her bir yangın potansiyel sınıfı için y faktörü değeri ve bu y faktörü değerinin karşılık geldiği yangın büyüklüğü değeri gibi bilgiler yer almaktadır.



Şekil 37. ETÇAP Simülasyon Yangın penceresinde yangın simülasyonu sonuçlarının görüntülediği sonuçlar sekmesi

3.2. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Hipotetik ve Gerçek Planlama Biriminde Denenmesi

ETÇAP Simülasyon modelinde gerekli başlangıç ayarları yapıldıktan sonra yangınla ilgili parametreler girilir ve orman ekosisteminin dinamik yapısındaki değişim yangınla birlikte ortaya konulmaya çalışılır. Modelin geliştirilmesi sürecinde, farklı yapı ve kuruluşa hazırlanan hipotetik veri tabanları geliştirilen modelin test aşamalarında kullanılmıştır. Geliştirilen model hipotetik ve gerçek planlama birimlerinde değişik amaç ve kısıtlar için geliştirilen farklı senaryolar için oluşturulmuştur. Ayrıca, modelin gerçek bir planlama biriminde de test edilmesi de gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Akbaş OİŞ gerçek planlama birimi olarak seçilmiştir. Geliştirilen simülasyon senaryosunun temel hedef ve kısıtlarına ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir. Geliştirilen bu simülasyon senaryosunda iki farklı idare süresi esas alınmış, farklı yangın döngüsü ve ortalama yangın büyüklüğü değerleri dikkate alınarak ETÇAP Simülasyon Yangın modelinde oluşturulmuştur. ETÇAP Simülasyon senaryosunun temel özellikleri olarak:

- Akbaş OİŞ bölmeçik tablosu (aktüel orman kuruluşu verileri) kullanılmıştır.

- Kızılçam ağaç türü için geliştirilmiş hasılat tablosu verileri kullanılmıştır.
- Planlama biriminde kızılçam için ekonomik fonksiyonlu olarak en yüksek miktarda endüstriyel odun üretimi ormanı işletme sınıfı için minimum kesim yaşı olarak 60 yıl idare süresi için en az 30 ve 80 yıl idare süresi için en az 40 olup, maksimum kesim yaşı 160 olarak belirlenmiştir.
- Meşcerelerin gençleştirilme ya da yangından etkilenme durumunda aynı ağaç türü ve aynı bonitet değerinde başarılı bir şekilde devam edeceği varsayılmıştır.
- Periyot genişliği 10 yıl, simülasyon süresi olarak 120 ve 160 yıl belirlenmiştir.
- Gençleştirme için en yaşlı meşcerelerin kesilmesi ve artım kaybı en fazla olanlarından başlanması, bakım kesimleri için yangın potansiyel değeri en fazla ve artım kaybı en fazla olanların seçilmesi kuralı belirlenmiştir.
- Yaş sınıflarında olması gereken ormanlık alan miktarı ile periyotlarda gençleştirilecek alan büyüklükleri kullanıcı tanımlı hedeflerden azalan yaş sınıfları yöntemine göre belirlenmiştir.
- Belirlenen %10 hedef sapma değeri altında her periyotta 40,000 m³ toplam eta hedefi belirlenmiştir.

ETÇAP Simülasyon modeli için senaryo koşulları belirlendikten sonra ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin çalıştırılması için de senaryolar belirlenmiştir. Hazırlanan senaryolarda 120 ve 160 yıllık simülasyon süresi dikkate alınmış olup, kızılçam için azalan yaş sınıfları yöntemine göre iki farklı yangın döngüsü ve bu yangın döngülerine özgü iki farklı ortalama yangın büyüklüğü değerleri dikkate alınmıştır. Oluşturulan senaryonun diğer özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Akbaş OİŞ bölmecik tablosu verilerine ilave olarak; gelişim çağı, yangın potansiyel sınıfı, hakim bakı, yükselti, yangın risk, yangın potansiyeli değerleri (meşcere yangın potansiyeli değeri, arazi koşulları yangın potansiyeli değeri ve genel yangın potansiyeli değeri) ek verileri kullanılmıştır.
- Kızılçam azalan yaş sınıfları dağılımının elde edilmesinde farklı idare süreleri ve farklı yangın döngüsü değerleri için yaş sınıflarında olması gereken alan değerleri (yüzde değerler ve alan olarak karşılıkları) belirlenmiştir.
- Yangın rejimi tanımlayıcı parametreleri olarak; 120 yıl simülasyon süresi için 60 yıl yangın döngüsü ve 500 ha ortalama yangın büyüklüğü, 160 yıl simülasyon süresi için; 80 yıl yangın döngüsü, 150 ha ortalama yangın büyüklüğü alınmıştır.

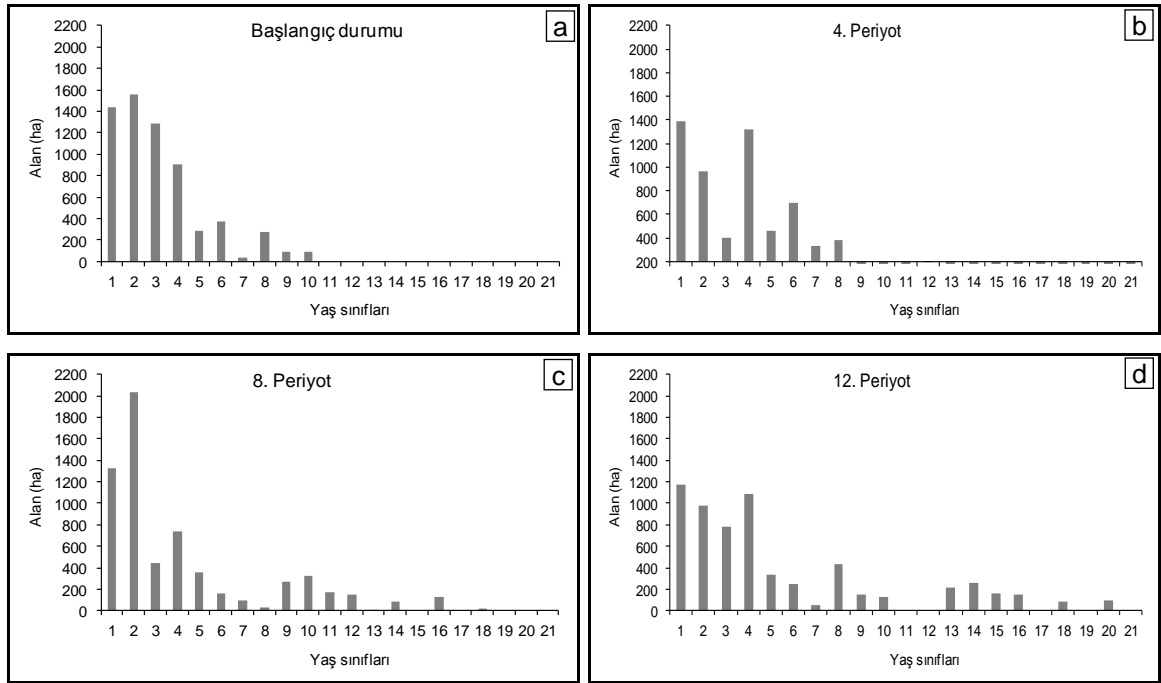
- Yangın potansiyel sınıfı katsayıları olarak; yangın potansiyel sınıfı 1, 2 ve 3 için sırasıyla 0.1, 0.3 ve 0.8 değerleri alınmıştır. Gerçek planlama birimi için gelişim çağları hesaplanamayan BAr-T, BS-T, Çna, Mc2, MÇza, Okbc2, Okcd3 ve SGcd2 meşcerelerinin MYPD olarak "1" belirlenmiş olup, BÇz ve BDy meşcereler ile ÇzSrDy meşcerelerinin MYPD olarak "2" belirlenmiştir.
- Yangın faktörü (y faktörü) katsayıları olarak; 100-500 ha, 500-2000 ha ve >2000 ha yangın büyüklük sınıfları için sırasıyla hipotetik veri tabanları için 0.02, 0.06 ve 0.18 değerleri alınmış olup, Akbaş planlama birimi için sırasıyla 0.002, 0.004 ve 0.018 değerleri olarak alınmıştır.
- Minimum yanan alan ve maksimum yanan alan büyüklüğü için sırasıyla 10 ha ve 5500 ha değerleri alınmış olup, bu değerler için %10 sapma miktarı alınmıştır.
- Meşcere ve arazi koşulları yangın potansiyeli değerlerinin hesaplanmasında sırasıyla 8 ve 2 değerleri yangın potansiyeli katsayıları olarak belirlenmiştir.

Modelin koşturulması için gerekli senaryo ayarları bu şekilde yapılandırıldıktan sonra model koşturulmuş ve hipotetik ve gerçek planlama birimleri için sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.2.1. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Hipotetik Planlama Biriminde Denenmesi ve Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

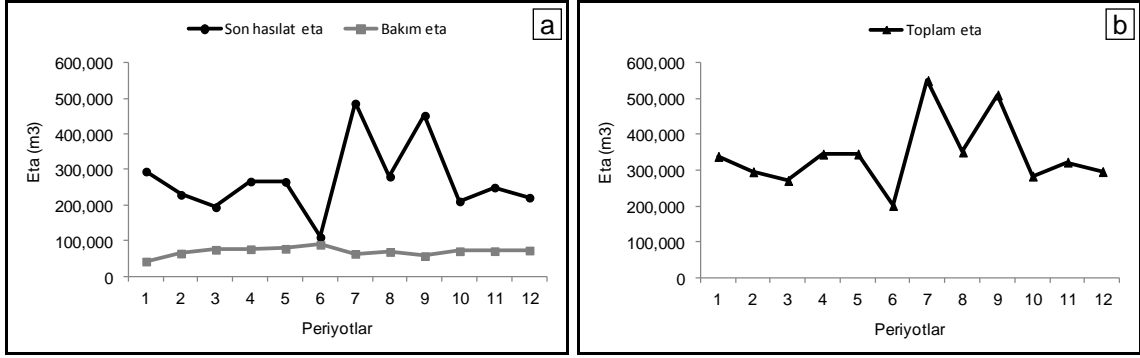
Yukarıda verilen ETÇAP Simülasyon ve ETÇAP Simülasyon Yangın senaryoları için model koşturulduktan sonra ETÇAP Simülasyon ve ETÇAP Simülasyon Yangın sonuçları elde edilmektedir. Simülasyon başlangıcında ormanlık alanın üçte ikilik kısmı ilk üç yaş sınıfında toplanmıştır (Şekil 38a). İlk üç periyotta gerçekleşen yangınlar, yaş sınıfları yapısında dalgalanmalara sebep olmuştur (Şekil 38b). Özellikle yangın potansiyeli yüksek, genç, büyük parçalı orman yapı ve kuruluşunda, yaş sınıflarındaki dalgalanmalar ve sapmalar da en fazla gerçekleşmiştir. Simülasyon süresince yaş sınıflarındaki en önemli değişim yedinci periyotta gerçekleşmiştir. Söz konusu bu değişimin etkisi bir sonraki periyotta genç ormanlık alanların miktar olarak alanın yaklaşık yarısı gibi büyük bir yüzdesini oluşturması sonucunu ortaya çıkarmıştır (Şekil 38c). Planlama senaryosu başında belirlenen ve elde edilmek istenen yaş sınıfları dağılımına önemli ölçüde yaklaşılabilmiştir.

Ancak, planlama birimi genelinde etkili olan ve özellikle gerçekleşen büyük yangınlar sebebiyle tam olarak tutturulamamıştır. Bu beklenen bir durumdur. Yangınlar, alan olarak geniş alanlarda etkili oldukça, hedeflenen yaş sınıfları yapısının aksine ilerleyen yaşlardaki ormanlık alanlarda önemli bir artış görülmektedir. Bu durum doğal orman ekosistemlerindeki yapı ile örtüşmektedir. Yangınlardan etkilenmeyen yaşlı ormanlık alanlar sistem genelinde hem biyolojik çeşitlilik açısından hem de kalın çaplı odun temini bakımından önemli bir rol görmektedir. Ayrıca, büyük yangınların etkili olduğu periyotlardaki bazı yaş sınıflarında, yangın ya da gençleştirmeden kaynaklanan bir alan sıfırlanması durumu da söz konusudur (Şekil 38d).



Şekil 38. Planlama biriminde başlangıç (a), 40 (b), 80 (c) ve 120 (d) yıl sonraki yaş sınıfları dağılımı.

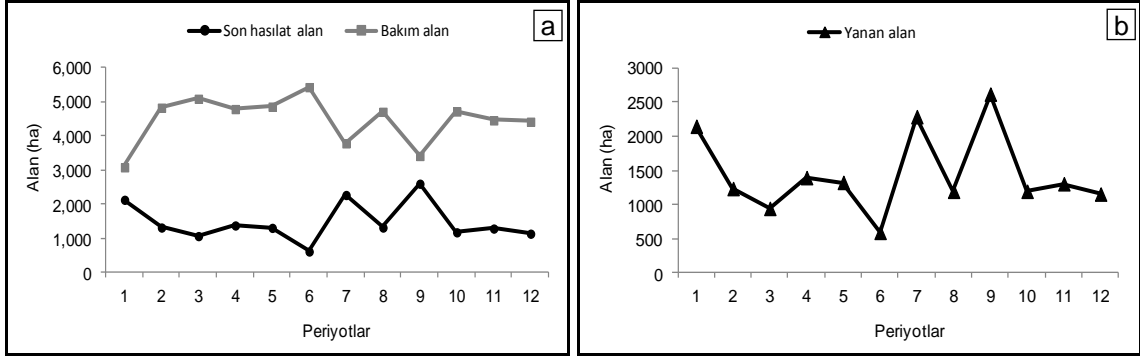
Planlama birimi için hazırlanan senaryo koşullarında, periyotlar için belirlenen toplam eta hedeflerinde büyük sapmalar gerçekleşmiştir. Bakım etasında, en düşük 43057 m³, en yüksek 90007 m³ ve ortalama 70110 m³ eta elde edilmiştir. Son hasılat etasında, en düşük 111210 m³, en yüksek 486155 m³ ve ortalama 272395 m³ eta elde edilmiştir (Şekil 39a). Son hasılat eta ve bakım eta değerlerinde görülen dalgalanmaların etkisi toplam eta değerinde de ortaya çıkmıştır (Şekil 39b).



Şekil 39. Bakım ve son hasılat etası (a) ile toplam etadaki (b) değişim.

Bakım ve son hasılat etasındaki bu sapmalar büyük yangınlardan kaynaklanmıştır. Yangınların planlama biriminden hedeflenen eta teminindeki en büyük etkisi, son hasılat etası üzerinde gerçekleşmiştir. Simülasyon süresince elde edilen toplam son hasılat etasının ancak %3'ü gibi oldukça düşük bir kısmı yangın olmayan alanlardan elde edilebilmiştir. Geriye kalan son hasılat eta miktarının yaklaşık %97'si yanan alanlardaki üretim çalışmalarından elde edilmiştir. Dolayısıyla yangınlar, ormanlık alanlardan üretim amaçlı yararlanmada belirleyici en önemli unsur olarak öne çıkmaktadır. Bakım etası üzerinde de yangının büyük etkisi söz konusudur. En fazla eta, toplam yanan alanın en az gerçekleştiği altıncı periyotta elde edilebilmiş olup, birinci periyot sonunda elde edilen en düşük eta miktarı ile yaklaşık %110 gibi büyük bir fark olarak ortaya çıkmıştır.

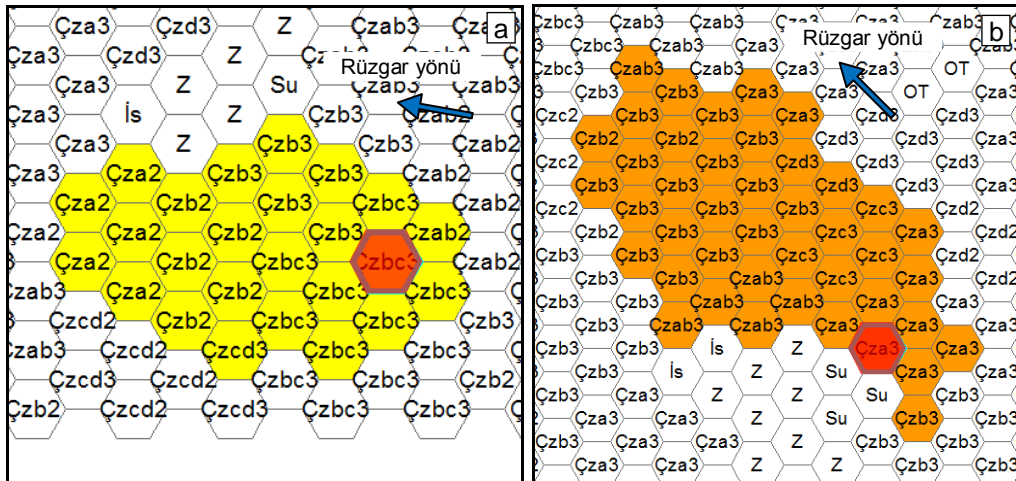
Periyotlarda gerçekleşen yangınlar aynı zamanda son hasılat ve bakım alanları üzerinde de büyük ölçüde belirleyici olmuştur. İlk iki periyotta çıkan yangınların ortalama büyüklüklerinin fazla olması, periyotlar için belirlenen son hasılat ve bakım alanlarından büyük sapmaları da beraberinde getirmiştir. Son hasılat alan miktarı en düşük 630 ha, en yüksek 2280 ha ve ortalama 1479 ha olarak gerçekleşmiştir. Bakım yapılacak ormanlık alan miktarı en fazla 5430 ha ile en düşük ortalama yangın büyüklüğünde, en az ise 3090 ha ormanlık alan ile birinci periyotta gerçekleşmiştir (Şekil 40a). Özellikle, birinci periyotta gerçekleşen gençleştirme alanı büyüklüğünü aşan yangınlar neticesinde bakım etalarında büyük dalgalanmalar ortaya çıkmış ve altı ile dokuzuncu periyotlarda gerçekleşen yangınlarda büyük değişimler gerçekleşmiştir (Şekil 40b).



Şekil 40. Bakım ve son hasılat kesim alanları ile yanan alan miktarındaki değişimler

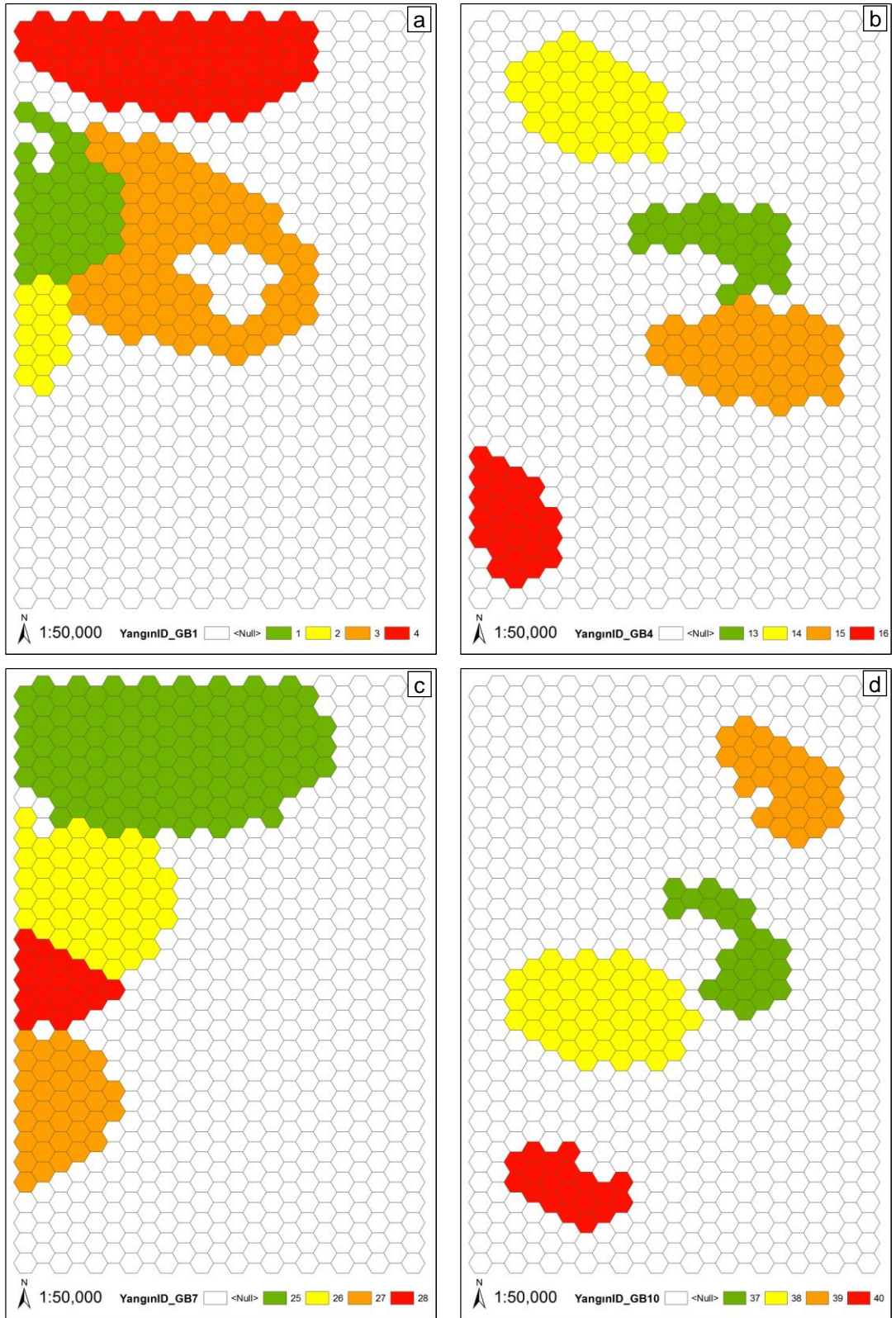
ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin, genç ve büyük parçalı hipotetik planlama biriminde ilgili plan senaryoları dikkate alınarak koşturulması neticesinde alanda toplamda 48 adet yangın gerçekleşmiştir. Bu yangınların en küçüğü 50 ha, en büyüğü ise 1200 ha olup, ortalama yanan alan büyüklüğü yaklaşık 360 ha olarak gerçekleşmiştir.

Planlama birimi genelinde gerçekleşen iki farklı yangına ilişkin bilgiler ve bu yangınların şekilleri aşağıda verilmiştir. Buna göre 60 yıl idare süresi ve 60 yıl yangın döngüsü için ortalama yangın büyüklüğü 350 ha alındığında, simülasyonun ikinci periyodunda 250 ha büyüklükteki bir alanda etkili olan yangın ile (Şekil 41a) simülasyonun onbirinci periyodunda 430 ha büyüklükteki bir alanda etkili olan yangının (Şekil 41b) rüzgar yönü ve hızına bağlı olarak gerçekleşen alansal şekilleri aşağıda verilmiştir (Şekil 41a,b).

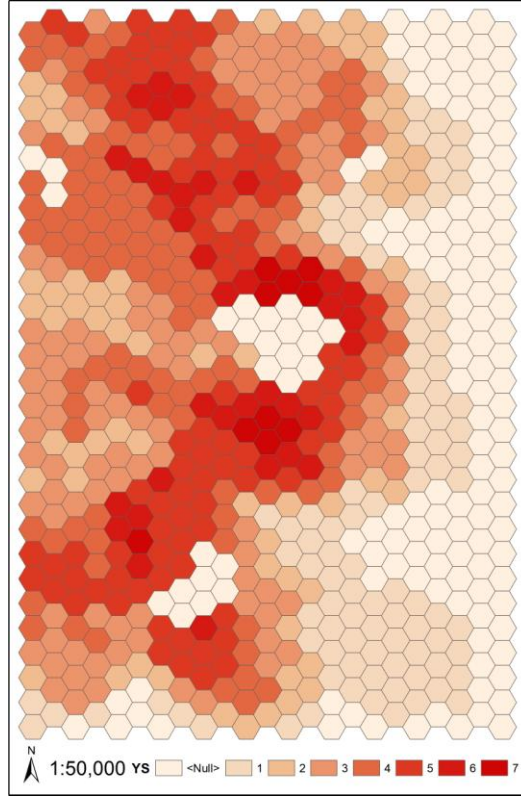


Şekil 41. ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin ikinci periyodu içinde gerçekleşen 6 nolu yangın (a) ve onbirinci periyot içinde gerçekleşen 43 nolu yangının (b) arazideki durumu (kırmızı ile işaretli meşcereler yangın başladığı meşcereler olup, mavi renkli ok rüzgar yönünü göstermektedir).

Simülasyon süresince planlama biriminde 1, 4, 7 ve 10. periyotlarda gerçekleşen yangınlar aşağıda verilmiştir (Şekil 42). Ayrıca, planlama biriminde etkili olan yangınların, poligonları kaç defa yaktıklarına dair bilgiler elde edilebilmekte ve bu bilgiler kullanılarak yangın sıklığı hakkında zamansal ve konumsal bilgilere ulaşmak mümkün olabilmektedir. Yanan bölmecikler tablosu verilerinden hareketle, yangınlardan etkilenen bölmecikler için yanma sıklıklarını gösterir harita Şekil 43'te verilmiştir (Şekil 43).

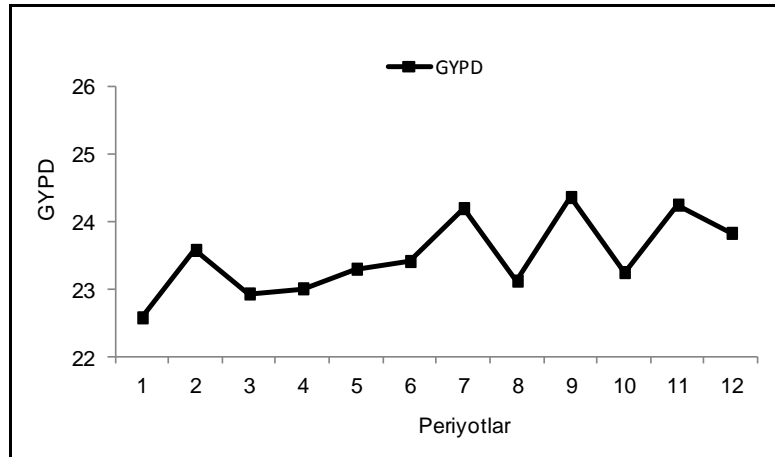


Şekil 42. Genç-büyük parçalı hipotetik planlama biriminde 120 yıllık simülasyon senaryosu koşullarında birinci (a), dördüncü (b), yedinci (c), ve onuncu (d) periyot için gerçekleşen yangınların şekilleri ve alandaki dağılımları.

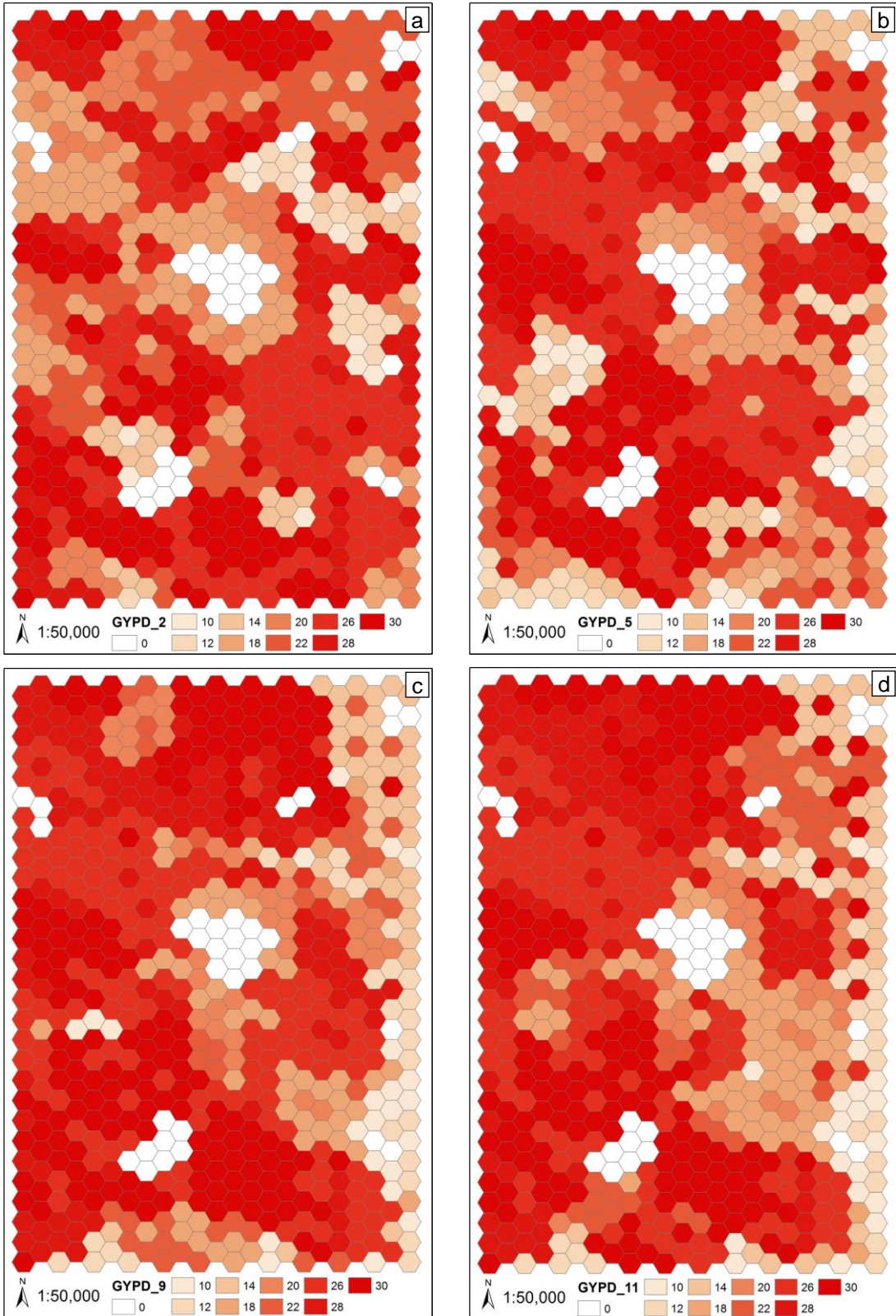


Şekil 43. Yangın sıklığı haritası

Genç ve büyük parçalı hipotetik planlama birimi için belirlenen senaryo koşullarında model koşturulduğunda; planlama biriminde üçüncü periyottan başlayıp yedinci periyot sonuna kadar olan süreçte, GYPD ortalama değerlerinde bir yükseliş gerçekleşmiştir. Dokuzuncu periyotta GYPD en yüksek değere ulaşmakta ve simülasyon süresi sonuna kadar planlama birimi genelinde etkili olan yangınlarında etkisiyle birlikte dalgalı bir yapı göstermektedir (Şekil 44). Belirlenen senaryo koşullarında planlama birimindeki meşcerelerin GYPD değişimleri harita üzerinde aşağıda verilmiştir (Şekil 45).

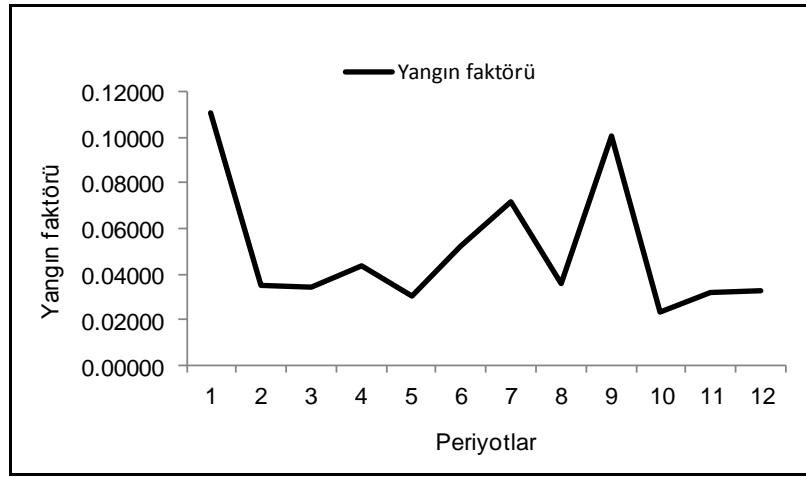


Şekil 44. Periyotlar itibariyle GYPD değişimi



Şekil 45. Genç-büyük parçalı hipotetik planlama biriminde 120 yıllık simülasyon senaryosu koşullarında ikinci (a), beşinci (b), dokuzuncu (c) ve onbirinci periyot (d) için planlama birimi genelinde GYPD değişimi.

ETÇAP Simülasyon Yangın modeli sonuçları arasında önemli sayılabilecek çıktılardan birisi de "y faktörü" değeridir. Planlama birimi genelinde hesaplanan bu değer, birinci periyot için yüksek çıkmış ve dolayısıyla bu değere bağlı olarak belirlenen yangın büyüklük değerleri de yüksek gerçekleşmiştir. Büyük yangınların alanda gerçekleşmesinden sonra, ilk iki periyot için y faktörü değerinde önemli bir düşüş gerçekleşmiştir. Yangından etkilenen alanların yeniden başarılı bir şekilde gençleştirilmesi, alandaki diğer genç ormanlık alanların gelişimi ile birlikte, yangın faktörü değeri üzerinde önemli bir artışa sebep olmuş ve yangın faktörü değerinin yüksek değerlere ulaştığı periyotlarda büyük yangınlar gerçekleşmiştir (Şekil 46).

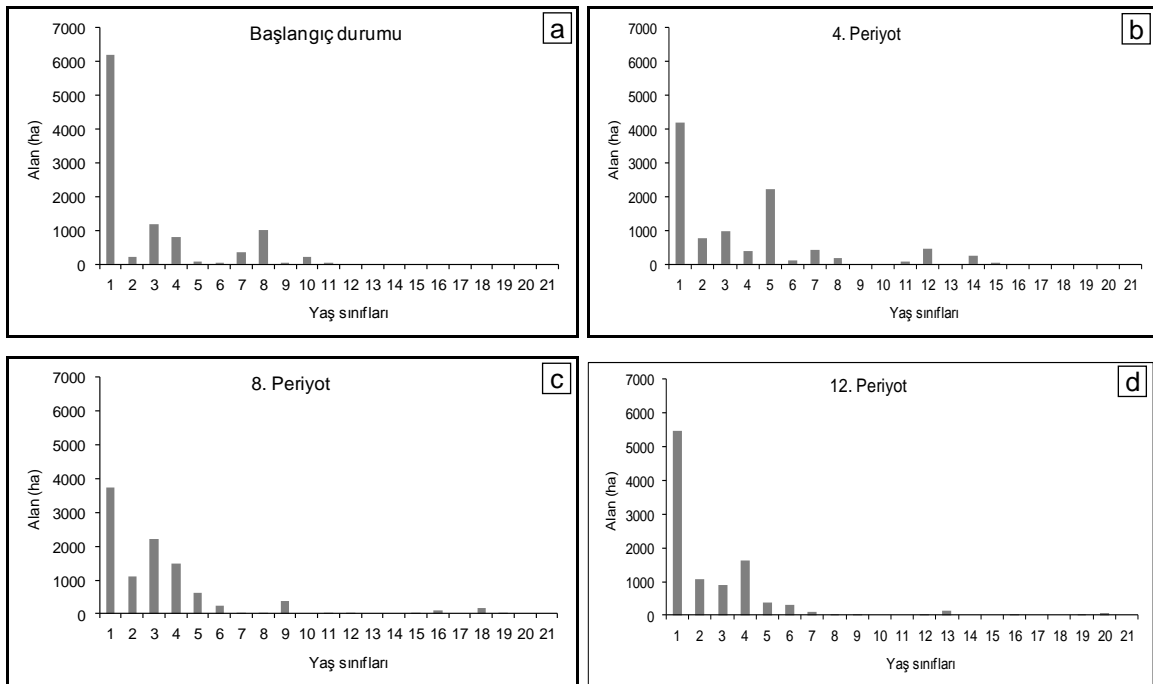


Şekil 46. Yangın faktöründeki zamansal değişim

3.2.2. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Gerçek Planlama Biriminde Denenmesi ve Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Modelin gerçek bir planlama biriminde de denenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, yukarıda verilen ETÇAP Simülasyon ve ETÇAP Simülasyon Yangın senaryoları için model koşturulmuş ve sonuçlar elde edilmiştir. Gerçek planlama biriminin simülasyonun başlangıcındaki yaş sınıfları yapısı, planlama senaryosu başında belirlenen ve elde edilmek istenen yaş sınıfları dağılımının elde edilmesinde etkili olmuştur. En önemli etkilerden biri olarak, geniş alanlarda aynı yaşlı çok genç ve genç büyük blok alanların bulunuyor olması söylenebilir. Simülasyonun birinci periyodundan başlayıp altıncı periyoda kadar düzenli bir artış gösteren y faktörü değeri, planlama birimi genelinde büyük yangınların etkili olmasına neden olmuştur. Dolayısıyla da yangın potansiyeli yüksek, genç büyük parçalı orman yapı ve kuruluşunda planlama biriminde, yaş sınıflarında önemli dalgalanmalar ve

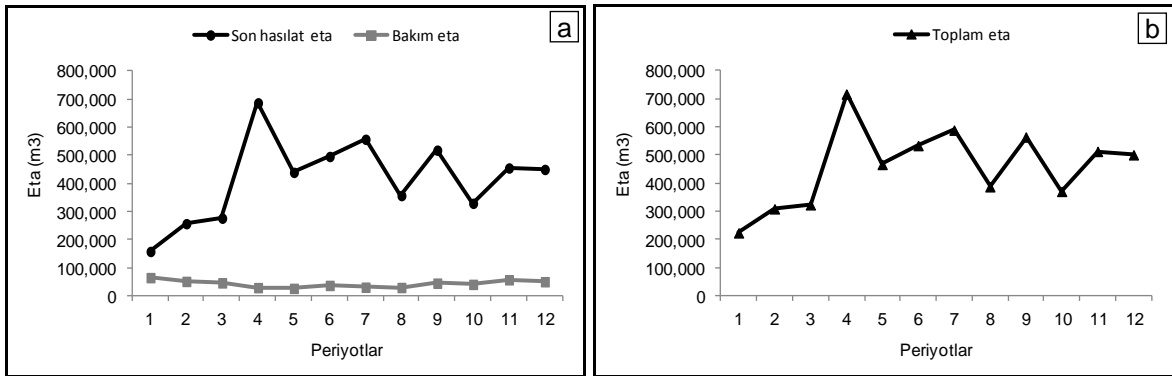
sapmalar gerçekleşmiştir. Aynı zamanda hipotetik veri tabanındaki yaş sınıfları yapısı ile benzer bir yapı ortaya çıkmıştır. Gerçek planlama biriminde de büyük yangınların etkili olduğu periyotlarda, bazı yaş sınıflarında ormanlık alan bulunmamaktadır. Söz konusu bu durum hedeflenen yaş sınıfları yapısının elde edilmesi önünde büyük bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, yangınlardan etkilenmeyen ve gençleştirmeye alınmayan yaşlı ormanlık alanlar, hipotetik planlama biriminde de gerçekleştiği üzere simülasyon süresi sonlarına doğru alan olarak bir artış göstermiştir (Şekil 47).



Şekil 47. Planlama biriminde başlangıç (a), 40 (b), 80 (c) ve 120 (d) yıl sonraki yaş sınıfları dağılımı.

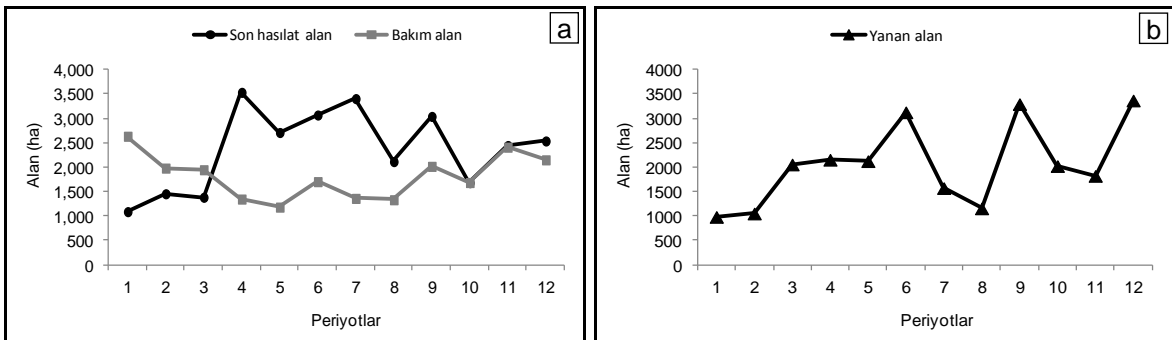
Tasarlanan planlama senaryosu için 120 yıllık simülasyon senaryosu boyunca periyotlar için belirlenen toplam eta hedeflerinde, gerçekleşen yangınlara bağlı olarak büyük sapmalar gerçekleşmiştir. Bakım etasında en düşük 27099 m³, en yüksek 65399 m³ ve ortalama 43000 m³ elde edilmiştir. Son hasılat etasında en düşük 158372 m³, en yüksek 686540 m³ ve ortalama 415067 m³ elde edilebilmiştir (Şekil 48a). Simülasyon süresince gerçekleşen farklı büyüklükteki yangınların eta üzerindeki genel etkisi, toplam eta değeri üzerinde yaptığı etkiden görülmektedir. Toplam eta değeri en düşük simülasyonun başında elde edilmiş olup, en yüksek ise dördüncü periyotta gerçekleşmiştir. Ortalama yangın büyüklüğünün sırasıyla en fazla gerçekleştiği dokuzuncu ve yedinci periyotlar için toplam eta değerleri de yine yüksek değerlerde gerçekleşmiştir (Şekil 48b).

Bakım etası üzerinde yangının büyük etkisi söz konusudur. En düşük bakım etası beşinci periyotta, en yüksek bakım etası ise sırasıyla birinci ve onbirinci periyotlarda gerçekleşmiştir. Periyotlarda elde edilen en yüksek ve en düşük bakım etası miktarları arasında fark yaklaşık %240 gibi büyük bir oranda gerçekleşmiştir. Periyotlarda, simülasyon süresince elde edilen toplam son hasılat etasından %6.7'si normal gençleştirme çalışmalarından sonucu elde edilmiştir. Bununla birlikte alanda gerçekleşen yangınlar son hasılat alanının yaklaşık %93 gibi büyük bir bölümünde etkili olmuştur.



Şekil 48. Periyotlar itibariyle bakım ve son hasılat etası (a) ile toplam eta (b)

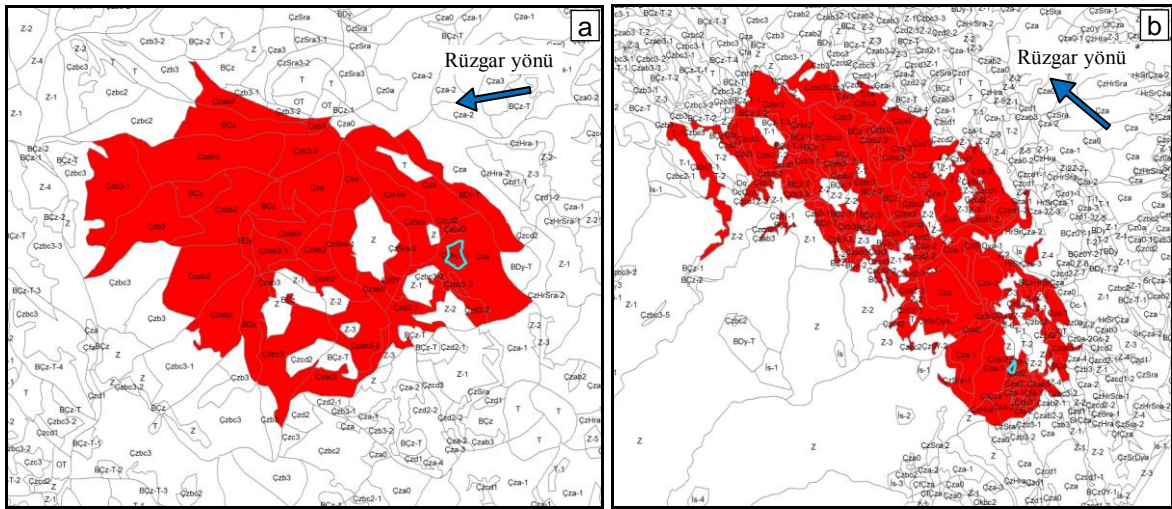
Periyotlarda gerçekleşen yangınlar aynı zamanda gençleştirme ve bakım alanları üzerinde de büyük ölçüde belirleyici olmuştur. İlk iki periyotta çıkan yangınların ortalama büyüklüklerinin fazla olması, periyotlar için belirlenen gençleştirme ve bakım alanlarından büyük sapmaları da beraberinde getirmiştir (Şekil 49a). Yanan alan büyüklüğünün en fazla olarak gerçekleştiği altıncı, dokuzuncu ve onikinci periyotlardaki sapmalar, belirlenen gençleştirme alanı büyüklüğü değerlerinden oldukça fazla gerçekleşmiştir (Şekil 49b).



Şekil 49. Bakım ve son hasılat kesim alanları (a) ile yanan alandaki değişim (b)

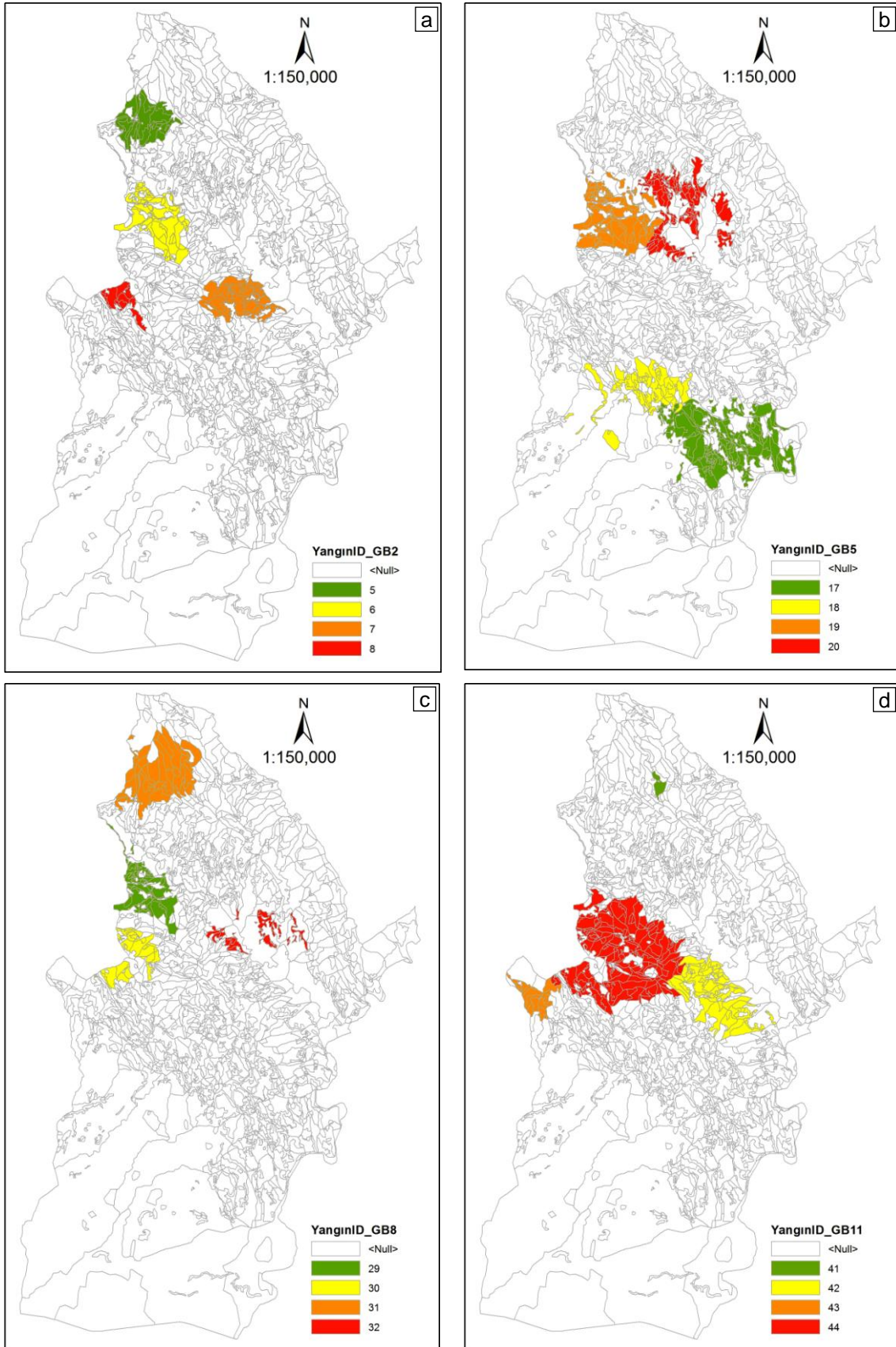
ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin Akbaş planlama biriminde ilgili plan senaryoları dikkate alınarak koşturulması neticesinde planlama birimi genelinde

gerçekleşen yangınlardan birinci periyot 4 numaralı yangın ile onikinci periyot 48 numaralı yangınlara ilişkin bilgiler ve bu yangınların şekilleri aşağıda verilmiştir (Şekil 50). Buna göre 60 yıl idare süresi ve 60 yıl yangın döngüsü için ortalama yangın büyüklüğü 350 ha alındığında, simülasyonun birinci periyodunda yaklaşık 345 ha büyüklükteki bir alanda etkili olan dört numaralı yangın ile (Şekil 50a) simülasyonun onikinci periyodunda yaklaşık 920 ha büyüklükteki bir alanda etkili olan kırksekiz numaralı yangınların (Şekil 50b) rüzgar yönü ve hızına bağlı olarak gerçekleşen alansal şekilleri aşağıda verilmiştir.

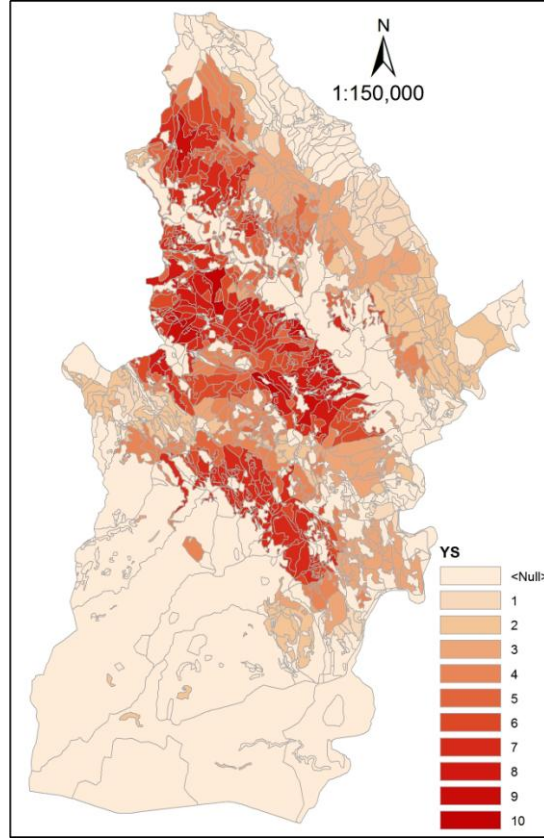


Şekil 50. ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin birinci periyot içinde gerçekleşen 4 nolu yangın (a) ve onikinci periyot içinde gerçekleşen 48 nolu yangının (b) arazideki durumu (açık mavi ile işaretli meşcereler yangın başladığı meşçeler olup, mavi renkli ok rüzgar yönünü göstermektedir).

ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin Akbaş planlama biriminde ilgili plan senaryoları dikkate alınarak koşturulması neticesinde alanda toplamda 48 adet yangın gerçekleşmiştir. Bu yangınların en küçüğü 11.3 ha, en büyüğü ise 1655.3 ha olup, ortalama yanan alan büyüklüğü yaklaşık 515 ha olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleşen yangınlarda ortalama yangın büyüklüğü yaklaşık 625 ha ile dokuzuncu periyotta en yüksek, yaklaşık 262 ha ile en düşük birinci periyotta gerçekleşmiştir (Şekil 51). Planlama biriminde etkili olan yangınların, poligonları kaç defa yaktıklarına dair harita Şekil 52'te verilmiştir (Şekil 52).

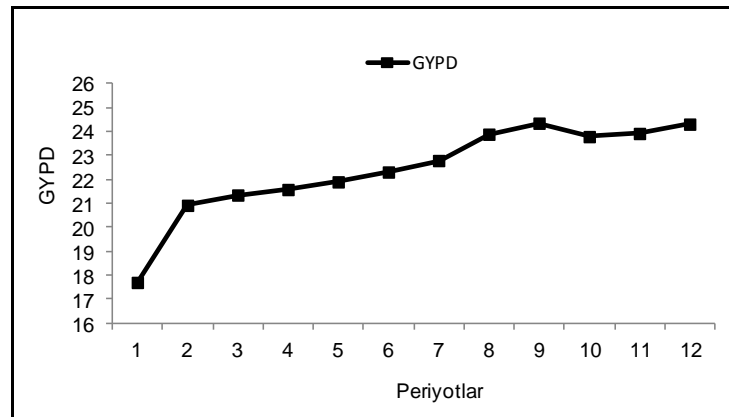


Şekil 51. Akbaş planlama biriminde 120 yıllık simülasyon senaryosu koşullarında ikinci (a), beşinci (b), sekizinci (c) ve onbirinci (d) periyotlar için gerçekleşen yangınların şekilleri ve alandaki dağılımları.

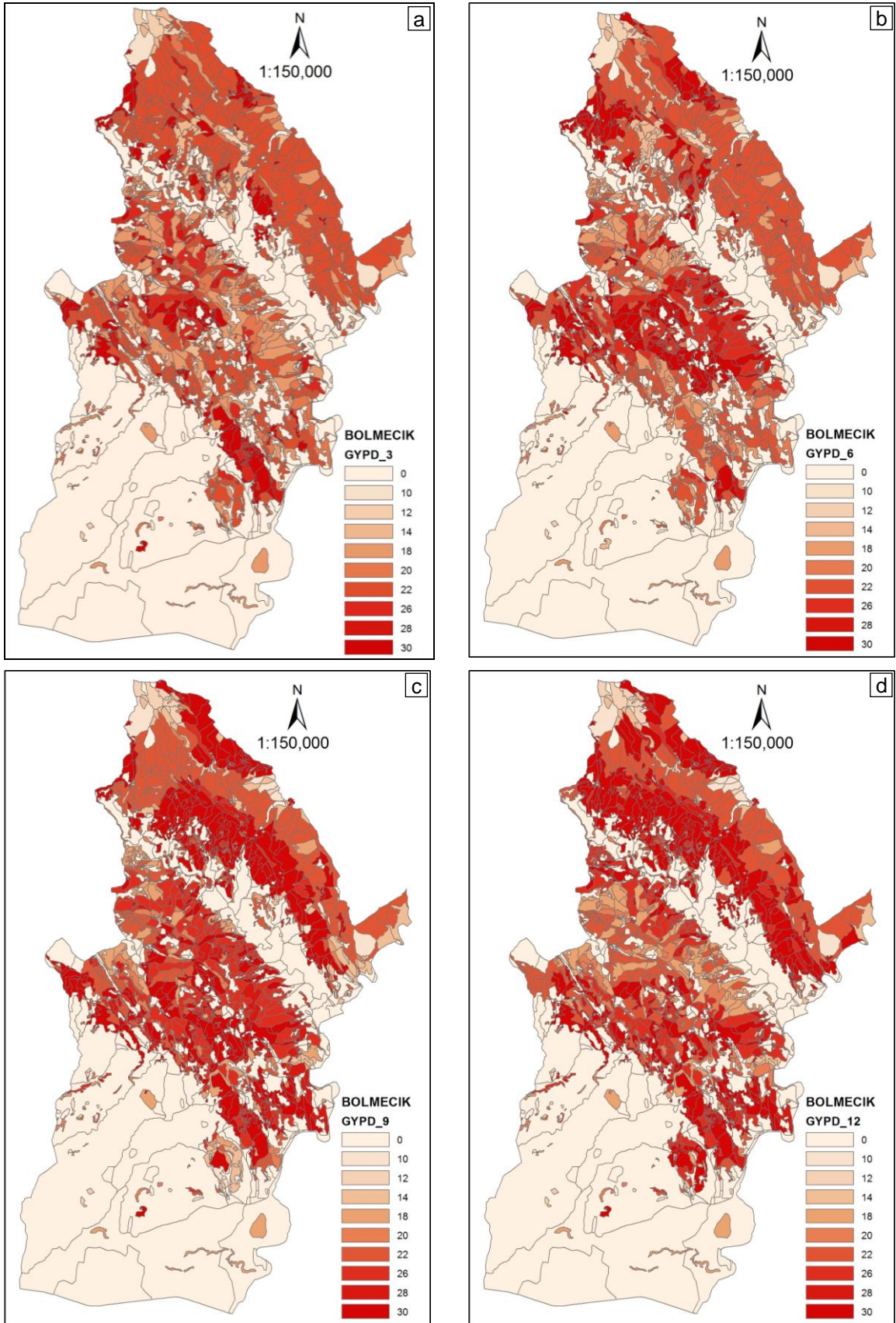


Şekil 52. Yangın sıklığı haritası.

Akbaş planlama birimi için belirlenen senaryo koşullarında model koşturulduğunda; planlama biriminde ilk periyotta gerçekleşen yangınlar neticesinde hızlı bir artış gerçekleşmekte ve bu artış dokuzuncu periyot sonuna kadar devam etmektedir. Dokuzuncu periyotta GYPD en yüksek değere ulaşmakta ve simülasyon süresi sonuna kadar tedrici bir artış olarak simülasyon sonuna kadar devam etmektedir (Şekil 53). Belirlenen senaryo koşullarında planlama birimindeki meşcerelerin GYPD değişimleri harita üzerinde aşağıda verilmiştir (Şekil 54).

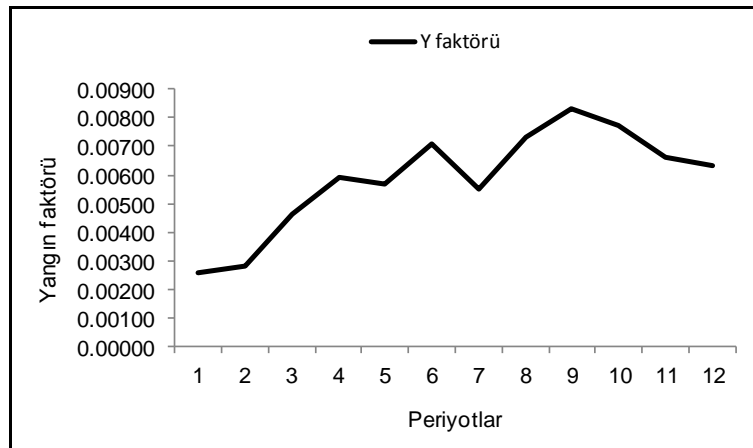


Şekil 53. Periyotlar itibarıyla GYPD değişimi



Şekil 54. Genç-büyük parçalı hipotetik planlama biriminde 120 yıllık simülasyon senaryosu koşullarında üçüncü (a), altıncı (b), dokuzuncu (c) ve onikinci (d) periyotlar için alandaki GYPD değişimi.

Planlama birimi genelinde, formül (3) dikkate alınarak hesaplanan y faktörü değeri, ilk periyot için yüksek çıkmış ve dolayısıyla bu değere bağlı olarak belirlenen yangın büyüklük değerleri de yüksek gerçekleşmiştir. Planlama biriminde, ilk dört periyot için y faktörü değerinde önemli bir artış olmuştur. Bu artış, alanın önemli bir yüzdesini oluşturan genç meşcerelerin yangın potansiyeli açısından yüksek bir değere ulaştığı dördüncü periyot sonuna kadar devam etmiştir. Yangından etkilenen ve yeniden gençleştirilen alanlarla birlikte beşinci ve yedinci periyotlarda ortalama yanan alan miktarı az gerçekleşmiştir. Yangın ve son hasılat kesim ile üretime konu ormanlık alanlar, altı ve dokuzuncu periyotlarda yangın potansiyeli bakımından yüksek değerlere ulaşmış ve alanda büyük yangınlar gerçekleşmiştir. Büyük yangınlar sonrasında ise yanan alanların yangın potansiyeli yönünden düşük alanlara dönüşmesi, dokuzuncu periyot sonrasında y faktörü değerinde düzenli bir azalışa sebep olmuştur (Şekil 55).



Şekil 55. Gerçek planlama biriminde simülasyon süresince y faktörü değerindeki değişim.

3.3. ETÇAP Simülasyon Yangın Modelinin Genel Değerlendirmesi

Çalışma kapsamında ETÇAP yaklaşımı çerçevesinde gerçekleştirilen yangın-orman amenajmanı entegrasyon çalışmalarının en önemli çıktılarından birisi hiç şüphesiz orman yangınlarının amenajman planlarıyla olan ilişki ve etkileşimlerinin ortaya konulmaya çalışılmış olmasıdır. Yangından etkilenen ekosistemlerde görülen azalan yaş sınıfları dağılımı ile bakım müdahalelerine yön veren yangın potansiyeli değerinin planlama aşamasında dikkate alınmış olması, orman yangınlarının amenajman planlarında stratejik ve taktiksel ölçekte yer almasını mümkün kılmıştır. Böylelikle planlamalarda belirlenen

hedeflere ulaşmada, orman yangınlarının belirleyiciliği ve etkinliği amenajman planlarına yansıtılabilmiş ve yangınlarla planlamalar arasındaki eşgüdüm sağlanmaya çalışılmıştır.

Planlama senaryolarına ilişkin model sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, simülasyon süresince denenen farklı senaryo parametrelerinde ormanın, aktüel yapısı ve bu yapının ortaya koyduğu yangın potansiyelini belirleyen özelliklerine bağlı olarak önemli bir değişim ve gelişim gösterdiği görülmüştür. Bu değişim en fazla yaş sınıflarında ortaya çıkmıştır. Benzer durum konuyla ilgili dünya genelinde yapılmış bir çok çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir (Boychuk ve Perera, 1997; Li ve Barclay, 2001; Armstrong, 2004; Perera vd., 2004b; Fall vd., 2004; Barclay vd., 2009). Yaş sınıfları dağılımı ve yaş sınıflarında olası değişimlerin kestirilmesi planların uygulanabilirliklerinde öne çıkmaktadır. Bu açıdan geliştirilen planlama yaklaşımı ve gerçekleştirilen entegrasyon süreci söz konusu yaş sınıfları dağılımının izlenmesi ve belirlenmesinde, planlayıcılara önemli kolaylıklar sunabilmektedir.

Çalışma kapsamında, yangın potansiyeli değeri, genel meşcere özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir. Ormanlık alanlardan yararlanmada bakım faaliyetlerinin planlanmasında yangın potansiyeli değerleri dikkate alınarak bir düzenleme yapılmıştır. Bakım çalışmalarının meşcere özellikleri üzerinde etkisi bilinen bir gerçektir. Meşcerelerde meydana gelen her türlü değişiklik yanıcı madde özellikleri üzerinde dolayısıyla da yangın davranışı üzerine etkisi söz konusudur (Bilgili, 1995). Ancak, bakım çalışmaları sonrasında genel yangın potansiyeli değerlerinde olabilecek değişimler bu çalışma kapsamında ele alınmamış olmakla birlikte, bakım çalışmalarının etkisinin görülebileceği bir yaklaşım tarzı ve altlığı geliştirilmiştir.

Orman yangınlarının orman amenajman planlarına entegrasyonunun gerçekleştirilmesinde yararlanılan ETÇAP Simülasyon yazılımı kullanılarak bu zamana kadar yapılmış bilimsel çalışmalarda, elde edilmek istenen eta miktarına yaklaşık olarak ulaşılmıştır (Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009; Başkent vd., 2013a; Kadioğulları vd., 2013). Yapılan çalışmada, odun üretimi üzerinde yangının son derece önemli bir belirleyici olduğu ortaya çıkmıştır. Planlama birimi genelinde, alanda gerçekleşen yangınlar büyük dalgalanma ve sapmaları da beraberinde getirmiş ve hedeflenen eta miktarı üzerinde önemli değişikliklere sebep olmuştur.

Genç ve büyük parçalı hipotetik planlama biriminde 120 yıl simülasyon süresi için ortalama 200 ha yangın büyüklüğü ve yangın faktörü alt sınır değerleri için sırasıyla 0,02, 0,05 ve 0,018 parametreleri girildiğinde, ETÇAP Simülasyon Yangın 3 kez arka arkaya

koşuturulmuştur. Her bir simülasyonun tamamlanmasını takiben çıkan sonuçlar kaydedilmiş ve her üç tekrar için elde edilen sonuçların ortalamaları alınmak üzere planlama senaryosu için ortalama tek bir değer elde edilmiştir. Belirlenen senaryo koşulları için yangın döngüsü süresi (60 yıl) sabit olmak koşuluyla, farklı idare süreleri için minimum kesim yaşının idare süresinin yaklaşık 1/4'ü kadar aşağı çekilmesi durumlarında, idare süresi 40, 60 ve 80 yıl için işletilen ormanda, bakım etası değerinde genel bir azalış gerçekleşmiştir. Son hasılat eta, toplam eta ve son hasılat alan değerlerinde ise 40, 60 ve 80 yıl idare süresi için ve kesim yaşının aşağı çekilmesi durumlarında ise yine bir artış gerçekleşmektedir. Toplam yanan alan miktarı ve ortalama yanan alan büyüklüğü değerleri, 40 ve 60 yıl idare süresine göre işletilen ve kesim yaşının aşağı çekildiği planlama biriminde artmakta iken, 80 yıl idare süresi için işletilen planlama biriminde ise azalış şeklinde gerçekleşmiştir. Ortalama y faktörü değeri ise her üç idare süresi için, kesim yaşının aşağı çekilmesi koşullarında artış göstermektedir. Artış en fazla 40 yıl idare süresi için işletilen ve kesim yaşı %25 kadar aşağı çekilen planlama biriminde gerçekleşmiştir (Tablo 11). Söz konusu bu artış üzerinde, planlama birimi genelindeki genç meşçerelerin yüksek yangın potansiyeli değerlerinin önemli bir katkısı olmaktadır.

Tablo 11. 60 yıl yangın döngüsü için farklı idare süresi ve minimum kesim yaşı değerleri için planlama birimi genelindeki eta, ormanlık alan ve gerçekleşen yangın değerlerine ilişkin bilgiler.

Min. kesim yaşı	Bakım eta	Son hasılat eta	Toplam eta	Bakım alan (ha)	Son hasılat alan (ha)	Toplam yanan alan (ha)	Ort. yanan alan (ha)	Ort. y faktörü
40*	69660.8	97850.8	167511.7	2866.1	450.3	-	-	-
30*	78526.7	296687.6	375214.3	4117.2	1756.4	-	-	-
40	57982.5	465052.9	523035.4	3290.0	2916.4	2801.7	560.3	0.079
30	55116.1	478605.3	533721.4	3188.1	3039.2	2962.2	592.4	0.094
60*	103701.7	203852.2	307553.9	5102.5	1046.6	-	-	-
40*	62171.3	409357.7	471529.1	4101.6	2083.3	-	-	-
60	62548.2	413844.7	476392.9	3494.2	2581.1	2555.8	511.2	0.067
40	62137.9	424270.2	486408.1	3447.8	2671.9	2633.6	526.7	0.068
80*	113620.9	63623.1	177244.0	5640.8	380.0	-	-	-
60*	103701.7	203852.2	307553.9	5102.5	1046.6	-	-	-
80	59531.5	439631.3	499162.8	3415.3	2725.3	2630.8	526.2	0.073
60	62881.2	418969.9	481851.1	3514.7	2608.1	2566.1	513.2	0.077

*** işaretli satırlardaki değerler, alanda yangın gerçekleşmediği şartlarda, idare süresi ve minimum kesim yaşına göre optimal periyodik alan dikkate alınarak ETÇAP Simülasyon programının koşuturulması neticesinde elde edilen sonuçları ifade etmektedir.

Genç ve büyük parçalı hipotetik planlama biriminde minimum kesim yaşının aşağı çekildiği senaryo koşullarında, yangından etkilenmeden son hasılat kesime konu planlanan ormanlık alan miktarı, uzun idare süresinden kısa idare süresine doğru gidildikçe artmaktadır. Aynı şekilde uzun idare süresinden kısa idare süresine doğru minimum kesim yaşını küçük almanın, son hasılatla konu ormanlık alan miktarında büyük bir artışa sebep olduğu belirlenmiştir (Tablo 11). Planlama birimleri genelinde gözlemlenen bu artışlar, ormanın yapı ve kuruluşunu belirlenen hedef yapı ve kuruluşa ulaştırma noktasında oldukça büyük önem arz etmektedir. İdare süresine bağlı olarak minimum kesim yaşında bir azalışa gitmenin ortaya koyduğu bu sonuç, yangınların yoğun bir biçimde etkili olduğu çok genç yapıdaki ormanlık alanların planlanmasında dikkate alınması gereken bir konudur. Söz konusu planlanmış ormancılık faaliyetlerin gerçekleştiriminde başarı oranı yükseldikçe, planlama biriminde ulaşılmak istenen hedefleri yakalama ve tutturma olasılığı da artmaktadır.

Gerçek planlama biriminde 120 yıl simülasyon süresi için ortalama 200 ha yangın büyüklüğü ve yangın faktörü alt sınır değerleri için sırasıyla 0,002, 0,005 ve 0,018 parametreleri alındığında, ETÇAP Simülasyon Yangın 3 kez arka arkaya koşturulmuştur. Simülasyonun tamamlanmasını takiben çıkan sonuçlar kaydedilmiş ve her üç tekrar için elde edilen sonuçların ortalamaları alınmak üzere planlama senaryosu için ortalama olarak tek bir değer elde edilmiştir. Gerçek planlama biriminde belirlenen senaryo koşulları için yangın döngüsü süresi (60 yıl) sabit olmak koşuluyla, farklı idare süreleri için minimum kesim yaşının idare süresinin yaklaşık 1/4'ü kadar aşağı çekilmesi koşullarında, idare süresi 60 ve 80 yıl idare süresi için işletilen ormandaki bakım etası değerlerinde artış gerçekleşmiştir. Son hasılat eta ve toplam eta değerlerinde her iki idare süresi için kesim yaşının aşağı çekilmesi durumunda bir azalış gerçekleşmiştir. Belirlenen iki farklı idare süresi değerinde kesim yaşının aşağı çekilmesi son hasılat alan değerinde bir azalmaya sebep olmakla birlikte, bakım alanında bir artış olarak gerçekleşmiştir. Toplam yanan alan miktarı, ortalama yanan alan büyüklüğü ve y faktörü değerlerinde, 60 yıl idare süresine göre işletilen ve kesim yaşının aşağı çekildiği planlama biriminde artış şeklinde, 80 yıl idare süresi için işletilen planlama biriminde ise azalış şeklinde gerçekleşmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. 60 yıl yangın döngüsü için iki farklı idare süresi ve iki farklı minimum kesim yaşı değeri için planlama birimi genelindeki eta, ormanlık alan ve gerçekleşen yangın değerlerine ilişkin bilgiler.

Min. kesim yaşı	Bakım eta	Son hasılat eta	Toplam eta	Bakım alan (ha)	Son hasılat alan (ha)	Toplam yanan alan (ha)	Ort. yanan alan (ha)	Ort. y faktörü
60*	80571.8	175449.3	256021.2	3213.7	810.6	-	-	-
40*	48437.1	369949.1	418386.2	2273.7	1645.7	-	-	-
60	23117.4	535485.3	558602.6	1011.1	3143.7	4312.5	750.5	0.0056
40	24386.1	523790.3	548176.5	1078.8	3098.0	4390.2	762.5	0.0059
80*	69660.8	97850.8	167511.7	2866.1	450.3	-	-	-
60*	113620.9	63623.1	177244.0	5640.8	380.0	-	-	-
80	27273.8	512098.1	539371.9	1173.6	3059.8	4481.7	863.7	0.0056
60	31657.9	487600.5	519258.4	1360.5	2878.6	4178.6	840.5	0.0054

"*" işaretli satırlardaki değerler, alanda yangın gerçekleşmediği şartlarda, idare süresi ve minimum kesim yaşına göre optimal periyodik alan dikkate alınarak ETÇAP Simülasyon programının koşuturulması neticesinde elde edilen sonuçları ifade etmektedir.

ETÇAP Simülasyon Yangın modelinin çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar yardımıyla, yangın ve ormancılık faaliyetleri arasındaki uzun vadeli etkileşimin eta üzerine olan etkisi de görülebilmektedir. Çalışma bu bağlamda, planlama biriminden elde edilecek etanın ileriye dönük sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi ve kestirilmesinde, planlayıcı ve uygulayıcılar için yol gösterici ve faydalı bir çalışma özelliğindedir. Aynı zamanda planlama birimi için belirlenen farklı müdahale stratejilerinin, bakım ve son hasılat alan miktarları üzerinde sebep olabileceği değişimlerin belirlenmesine de imkan sağlamaktadır.

Yangınların sık olarak ve geniş alanlarda etkili olduğu ormanlık alanlarda, yangınla mücadele ve üretim faaliyetlerinin de etkisiyle birlikte arzu edilmeyen bir orman yapı ve kuruluşu ortaya çıkar. Genellikle birinci, ikinci ve üçüncü yaş sınıflarında genç ormanlık alanların çok fazla olduğu, dördüncü ve beşinci yaş sınıflarında oldukça az bir ormanlık alanın bulunduğu, idare süresini aşmış yaşlı ve çok yaşlı meşcerelerin ise alan olarak daha fazla bulunduğu bir yapı oluşmaktadır. Uzun dönem yoğun yangın önleme ve mücadele çalışmaları ve ormancılık faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan bu orman yapı ve kuruluşu, geleneksel planlama yaklaşımının gelecekte ulaşmak istediği orman yapı ve kuruluşu önündeki en büyük engeldir.

Geleneksel planlama yaklaşımına göre, aktüel kuruluş ile optimal kuruluş arasındaki farklılıklara bağlı olarak, her şey yolunda gittiği takdirde bile, idare süresinin en fazla 2 katı gibi oldukça uzun bir düzenleme süresi sonunda, arzu edilen orman yapı ve kuruluşuna ulaşılması durumu söz konusu olabilmektedir (Asan, 1999). Oysa ki, yangınların ayrılmaz

bir unsur olduğu ormanlık alanlarda, yangınların sebep olacağı etki ve sonuçları da kaçınılmaz bir gerçektir. Dolayısıyla, hedeflenen orman yapısının ve kuruluşunun, değişken yanma oranları değerlerinde gerçekleştirilemeyeceği de aşikardır. Bu bağlamda, yangınların ortaya koyduğu yaş sınıfları yapısından hareketle planlamaların düzenlenmesi ve uygulanması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Özellikle yangınların sistem üzerinde dikte ettiği yaş sınıfları dağılımının aksine uygulamada kullanılan her yaş sınıfında eşit alan yönteminin dikkate alındığı bir planlama yaklaşımıyla yönetilen orman ekosistemlerinde, yangın ve orman amenajmanı açısından çok daha önemli sayılabilecek olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilir. Örneğin mevcut orman yapı ve kuruluşunun yangınlardan korunması için gereken yüksek kaynak kullanımı ile, yine bu ormanlık alanlardan uzun dönem düzenli odun emvali elde edilmesinin son derece güç olması bu olumsuzluklardandır.

Çalışmada, yangın büyüklüğünün belirlenmesi aşamasında, yangınla mücadele çalışmalarının etkinliği ve ekonomikliği dikkate alınmamıştır. Yangınlarla mücadeledeki kaynak kullanımının, ortalama yanan alan büyüklüğü üzerinde büyük bir önemi söz konusudur. Özellikle ülkemiz orman yangınlarıyla mücadele çalışmalarında son derece yüksek kaynak kullanımının gerçekleştirildiği düşünüldüğünde, bu konunun da dikkate alınarak yeni düzenlemelerin yapılması kaçınılmaz görülmektedir. Bununla birlikte, konumsal kısıtların dikkate alınmadığı bu tez çalışmasında, ormancılık faaliyetleri ve orman yangınları arasındaki üretim alanlarına olan yakınlık, erteleme süreleri, açma alanı büyüklüğü gibi konumsal ilişki ve etkileşimler ortaya konamamıştır. Fakat, yangın simülasyon modeli ile yangın ve ormancılık faaliyetlerinin zamansal ve konumsal ilişki ve etkileşimlerinin araştırılmasına imkan sağlayan bir tasarım geliştirilmiştir. Üretim alanlarının büyüklüğü, dağılımı ve birbirleriyle olan konumsallıklarının orman ekosistemi genelinde yangın yayılma oranı ile büyük yangınların adet ve alanında bir azalışa katkısı bulunmaktadır (Johnson vd., 1998; Gustafson vd., 2004; Gonzalez vd., 2005b; Acuna vd., 2010). Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında ele alınmayan konumsallık unsurunun yanan alanlarla olan konumsallık ilişkilerini dikkate alacak bir şekilde araştırılması ve planlara konu edilmesi gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutmaktadır.

Benzer şekilde, aralama ve bakım çalışmaları gibi yanıcı madde yönetimi uygulamaları, yangın şiddeti (Bilgili, 2003) ve yangın zararının azaltılmasında etkili olabilmektedir (Stephens 1998; Graham vd., 1999; Pollet ve Omi 2002; Martinson ve Omi, 2008). Dolayısıyla, operasyonel ve taktiksel seviyedeki ormancılık faaliyetleri

uygulamalarının, yangın davranışı üzerindeki olası etkilerinin ortaya konulabilmesinde, ETÇAP Simülasyonda 10 ve 20 yıllık süreçler için (yardımcı modellerle 5 yıla kadar) elde edilen çıktıların yıllık elde edilebilecek şekilde düzenlemesi, elde edilecek sonuçların doğal süreçlerle daha uygun olmasını sağlayabilir. Bununla birlikte, yangın büyüklüğünün belirlenmesinde hava halleri, topoğrafya, yangın ekiplerinin kapasitesi gibi yangın davranışı üzerinde etkili olan faktörlerin de önemli bir payı bulunmaktadır. Bu sebeple, geliştirilecek modelin ifade edilen bu konuları da içerecek bir şekilde yeniden tasarlanması gerekmektedir. Burada ifade edilen bu eklemeler ve model geliştirmeye yönelik çalışmalar, bu çalışmanın kapsamı dışında olup, planlama yaklaşımının etkinliğini artıracak konulardandır.

Çalışma sonuçlarından önemli sayılabilecek çıktılardan bir diğeri de yangın sıklığı haritasıdır. ETÇAP Simülasyon Yangın modeli çalıştırılmadan önce planlama birimi genelinde yapılan yangın risk sınıflandırması, yangın sıklığı haritasının oluşmasında son derece belirleyici olmaktadır. Elde edilen yangın sıklığı haritasında yangınlardan değişik oranlarda etkilendiği görülen alanlar, yangınların yoğun olarak gerçekleştiği ormanlık alanlardaki güncel yapı ile de büyük benzerlik göstermektedir (Şekil 43 ve 52). Yangın sıklığı haritası ile hangi meşcerelerin daha fazla risk altında olduğu gibi genel bir bilgi edinilmesi mümkün olmakla birlikte, bu bilgiden hareketle meşcerelerin erken üretime alınması, bakım müdahaleleri için öncelikli alanlardan olması ya da yangınlarla mücadele çalışmalarında kaynakların tahsisi ve konuşlandırılmasında yol gösterici olması bakımından önemli faydaları söz konusudur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yangınların etkilerinin orman dinamiği açısından irdelenmesi, planlamalarda belirlenen amaç ve hedeflere ulaşmada, yangınların sebep olduğu etkilerin dikkate alınması gerekir. Yangın ve başkaca doğal olayların etkisinde şekillenen orman ekosistemlerinde, doğal olayların ortaya koyduğu yapı ve kuruluşun planlamalarda referans noktası kabul görmesi önemli bir başlangıç noktasıdır. Bu sebeple doğal olaylardan biri olan orman yangınlarının dikte ettiği yapı ve kuruluşun benimsenmesi, planlamalara konu edilmesi ve gerçekleştirilmeye çalışılması kavramından hareketle bu çalışma kurgulanmıştır. Bu çalışma ile ülkemiz ormancılığında önemli bir sorun teşkil eden orman yangını problemi, yangınların etkili olduğu orman ekosistemlerindeki yaş sınıfları yapısının dikkate alınması yoluyla ekolojik bir yaklaşım tarzıyla planlamalara entegre edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu entegrasyon sürecinde, yangın davranışı üzerine etkili olan yanıcı madde özelliklerine ve arazi yangın potansiyeli değerlerine bağlı olarak bakım müdahalelerine yön veren bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Ülkemizde kızılçam ve yangınların etkili olduğu diğer orman ekosistemlerinde bu zamana kadar yapılmakta olan amenajman planlarında yangın dikkate alınmamıştır. Çalışma ile, ülkemizde ilk defa orman yangınlarının orman ekosistemleri üzerindeki uzun vadeli etkileri, simülasyon ve modelleme teknikleriyle belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın ortaya konulmasında, ETÇAP felsefesine uygun bir planlama anlayışı ve yaklaşımı geliştirilmiş ve ETÇAP karar destek sistemi yazılımına entegrasyonu sağlanmıştır.

Biyotik ve abiyotik doğal olaylardan kaynaklanan (yaş sınıfları, ormancılık faaliyetleri vb verilecek) sapmalar, plan yapım öncesinde ve planın uygulanması esnasında dikkate alınmamaktadır. Geniş ölçekli doğal olaylar, planlamalarda olağanüstü eta ve plan revizyonlarının yapılmasını gerektirmekte neticesinde orman dinamikleri ile orman ürün ve hizmetleri üzerinde büyük dalgalanmalara sebep olabilmektedir. Bu bağlamda geliştirilen planlama yaklaşımıyla, ormanlardan yararlanmanın düzenlenmesinde idare süreleri ve ormancılık faaliyetlerinin, orman ekosistemlerindeki en önemli dinamiklerden olan yaş sınıfları üzerindeki etkilerinin izlenebilmesi ve analizine imkan sağlanmıştır. Böylelikle, ormancılık faaliyetleri ve orman yangınları arasındaki ilişki ve etkileşimlerin anlaşılabilmesine önemli katkı sağlanmıştır.

Çalışma ile planlamalara ekolojik bir yaklaşımla stratejik ölçekte entegre edilen azalan yaş sınıfları yöntemine ilave olarak bakım çalışmalarının belirlenmesinde kullanılabilen şekilde taktiksel seviyede geliştirilen yaklaşım, ormancılık faaliyetlerine yön vermektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında, idare süresine karşılık gelen bir yangın döngüsü süresi için, ormancılık faaliyetlerinin ormanın yapı ve kuruluşu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır. Mevcut orman yapı ve kuruluşu üzerinde etkili ve belirleyici olarak orman yangınlarının olduğu görülmüştür. Yangın döngüsü sabit olmak koşuluyla, idare süresi ve minimum kesim yaşının toplam yanan alan, ortalama yangın büyüklüğü, eta, bakım ve son hasılat alan miktarları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. İdare süresinin kısa tutulmasının ve minimum kesim yaşının idare süresinden daha düşük alınmasının, ormancılık faaliyetleri ile planlanan bakım etasında genelde bir azalışa, son hasılat eta miktarında ise artışa sebep olduğu; bununla birlikte idare süresinin yangın döngüsünden uzun seçilmesi ve minimum kesim yaşının ise yangın döngüsünden fazla olması koşullarında ormancılık faaliyetleri ile planlanan bakım ve son hasılat eta miktarlarında bir azalışı beraberinde getirdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında, idare süresi ve minimum kesim yaşının kararlaştırılmasında, yangın döngüsünün dikkate alınması gerekliliği ve önemi ortaya çıkmıştır. Yangın döngüsü ile uyumlu bir idare süresinin seçilmesi, hedef orman yapı ve kuruluşuna ulaşmada planlayıcı ve uygulayıcılara önemli kolaylıklar sağlayacaktır. Böylelikle, planlamalarda belirlenen ormancılık faaliyetlerinin etkinlik ve uygulanabilirlikleri üzerinde önemli ölçüde etkili olacaktır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, bazı öneri ve yorumların ortaya konulmasında yardımcı olmuştur. Hiyerarşik planlama yaklaşımında, doğal olayların sebep olduğu engel ve olumsuzlukların aşılmasında, doğal olayların planlamalarda yararlanılabilecek özellikleri ve parametreleri belirlenmelidir. Bu özellik ve parametreler stratejik seviyede yaş sınıfları ve parça büyüklüğü, taktiksel seviyede bakım çalışmaları, yanıcı madde amenajmanı çalışmaları, yol yapım ve bakım çalışmaları, operasyonel seviyede ise üretim, ağaçlandırma ve bakım çalışmaları ile yangınla mücadele çalışmaları ve işgücü temini gibi konu başlıklarını içermektedir.

Ülkemizde planların hazırlanması ve uygulamaları 10 ya da 20 yıllık periyotlar şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu süre uzun bir süredir. Yangına hassas bölgelerdeki ormanlık alanlarda gerçekleştirilen orman ve yangın amenajmanı çalışmalarının yıllık bir planlama yöntemine göre belirlenmesi gereklidir. Bu bağlamda, gençleştirme ve bakım

gibi ormancılık faaliyetleri ile yanıcı madde yönetimi uygulamalarının her yılın sonunda değerlendirilebileceği bir yöntemle güncellenmesi gerekir. Böylelikle, yangınlarla mücadeledeki etkinliklerinin artırılması, bakım yapılacak meşçelerde en uygun zaman ve mekanın belirlenmesi, yangın potansiyeli ve yangın riskine yönelik arzu edilen düzenlemelere ve verilere ulaşılabilmesine imkan sağlanabilir. Yangınların önemli bir ormancılık problemi teşkil ettiği orman ekosistemlerindeki yıllık güncelleme ve değerlendirme yöntemi, orman kaynaklarının yönetim ve planlama işlemlerini kolaylaştıracak ve operasyonel planlamaya geçişte önemli kolaylıklar sunacaktır.

Orman yangınlarının sebep olduğu ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutlardaki etkilerinin, orman kaynakları yönetiminde dikkate alınması ve kullanımına imkan sağlayan etkin bir Yangın Karar Destek Sistemi (YKDS) altlığı (Thompson vd., 2000; Kaloudis vd., 2008), ülkemiz koşulları için geliştirilmesi gereken önemli bir ihtiyaçtır. YKDS altlığı; meşcerelerin yangın davranışı ile olan ilişkilerini detaylı bir şekilde ele alabilmekte ve orman amenajman planlarında kullanılacak uygun veri yapılarına dönüştürebilmektedir. Geliştirilecek böyle bir YKDS ile yangınlarla mücadelede kaynakların optimal tahsisi ve konuşlandırılması, ekip ve ekipmanların en uygun kullanımı, yangın sonrası ormancılık faaliyetlerinin yeniden yorumlanması, üretim ve bakım faaliyetlerinin yeniden düzenlenmesi gibi konulara, planlamalarda taktiksel ve operasyonel ölçekte açıklık getirebilir. Ayrıca stratejik seviyede orman dinamikleri ve bileşenleri ile olan ilişkiye yön vermesi bakımından biyolojik çeşitliliğin yönetimi ve planlamalara entegrasyonunda önemli fayda ve kolaylıklar sunabilecektir.

Yangınların konumsal ve zamansal analizine yönelik yapılmış detaylı çalışmalar son derece sınırlı olup; çalışmalar genellikle mevcut durumu ortaya koyan basit raporlardan öteye geçememiştir. Yangınların ortaya koyduğu durumun planlamalarda ele alındığı uygulamalar ise genellikle yangının rakamsal olarak büyüklüğü ve yangın adedi gibi oldukça yüzeysel yangın parametreleri üzerinden hareketle gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar olup, sonuçları planlamalara konu edilmemiştir. Planlamaların etkin bir şekilde yapılabilmesi ve sonuçlarının uygulanabilir olması için ekosistemde cereyan eden süreçlerin planlara yansıtılması gerekir. Bunun için bu olayların zamansal ve mekansal ölçekte tespiti gereklidir. Tespit edilen bu özelliklerin planlama aşamasında kullanılması gerekir.

Yangın ve orman amenajmanı entegrasyon sürecinde karşılaşılan bir takım problemler söz konusudur. Bu problemlerin belirlenmesi ve gelecekte yapılacak bu gibi

çalışmalara yol göstermesi bakımından kısaca bu problemlere değinilmiş ve bazı yorum ve önerilerde bulunulmuştur. Söz konusu bu problemlere aşağıda değinilmiştir.

Orman amenajman planlarında meşcereler poligon bazında tanımlanmaktadır. Genelde tek bir meşcere tipini ve gelişim çağını temsil eden poligonlar için, yanıcı madde özelliklerinde ve arazi koşullarında büyük değişiklikler söz konusu olabilmektedir. Poligonun geneli için ortalama değerlerden hareketle belirlenen bu özellik ve değişiklikler, yangın davranışındaki farklılıkları ortaya koymakta yetersiz kalabilmektedir. Ayrıca, poligonun belirli kısımlarında gerçekleştirilecek müdahalelerin gösteriminde, örneğin yol kenarı aralama ve budama çalışmaları, ziraat alanlarına sınır ormanlık alanlardaki yanıcı madde amenajmanı uygulamaları ve silvikültürel müdahaleler gibi çalışmalarda, müdahalelerin gerçekleştirildiği alanlar için değil de poligonun tamamı için dikkate alınmaktadır. Bu durum, yapılan müdahalelerin etkilerini yansıtmada yetersiz kalmaktadır. Bu problem raster veri tabanı ile çalışılması durumunda önemli ölçüde ortadan kaldırılabilir. Özellikle yangın davranışı ve yangın şeklinin sağlıklı olarak ortaya konulmasında raster veri yapısı daha elverişlidir. Aynı zamanda, yanıcı madde özelliklerindeki ve arazi koşullarındaki değişiklikten kaynaklanabilecek farklılıklar raster veri yapısı ile daha iyi temsil edilebilmektedir.

Bir diğer önemli problem olarak, meşcerelerin gelişiminde yararlanılan büyüme modellerinden kaynaklanan yetersizlikler söylenebilir. Entegrasyon işleminin gerçekleştirildiği ETÇAP Simülasyon programında meşcerelerin büyütülmesi 10 ya da 20 yıllık periyotlar için (en düşük 5 yıl) belirlenmektedir. Dikkate alınan bu zaman aralıkları, özellikle silvikültürel müdahaleler sonrası yanıcı madde özelliklerindeki değişimleri yansıtmakta yetersiz kalabilmektedir. Bu bağlamda yıllık meşcere büyüme modelleri ile bu yetersizlik ortadan kaldırılabilirdiği gibi yangın potansiyellerinin sağlıklı bir şekilde ortaya konulmasında da başarı oranı yükselecektir. Bunun için tek ağaç büyümesi üzerinde etkili etmenlerin dikkate alınacağı süreç tabanlı bir büyüme modelinin geliştirilmesi ve ETÇAP yazılımına entegrasyonu ile bu problem aşılabılır.

Çalışmada yanan alan büyüklüğünün belirlenmesi aşamasında dikkate alınması gereken önemli parametreler söz konusudur. Yangın büyüklüğüne etki eden bir çok değişken vardır. Bunlar arazi şartları yanıcı madde özellikleri hava halleri, ekiplerin sayısı ve kapasitesi gibi faktörlerdir. Bu faktörlere bağlı olarak potansiyel yangın alanının dikkate alınması önemlidir. Bu durum ise iyi bir yangın davranış bilgisi, meteoroloji şartlar ve teknik kapasite gibi konuların bilinmesi ve belirlenmesini gerektirmektedir. Yangın

büyüklüğü üzerinde etkisi olan bu faktörlerin dikkate alınması durumunda yangın büyüklüğü daha gerçekçi belirlenebilecektir.

Yangınların yoğun bir şekilde etkili olduğu alanlarda, yangın tehlikesi ve yangın potansiyeli dikkate alınmadan hazırlanan planlar ve bu planların uygulanmasında parça büyüklüğü ve bu parçaların birbirleriyle olan konumsalıkları önemlidir. Bu çalışmada bu hususlar ele alınmadan çalışma ortaya konulmaya çalışılmıştır. Meşcerelerin birbirleriyle olan konumsalıklarının ve blok büyüklüklerinin yangın davranışı ve yangın rejimi parametreleri dikkate alınarak şiddetin zararını ve boyutunu azaltıcı planlama yöntemlerine gidilmesi gerekmektedir. Özellikle düşük yükselteli rakımlarda bulunan kızılçam ormanlarında söz konusu planların test edilmesi ve sonuçların değerlendirilerek ülke genelindeki diğer alanlara yaygınlaştırılması, ormanlarından sürdürülebilir ve en ekonomik bir şekilde faydalanma hedefinde olan ülke ormancılığı için bir zorunluluk olarak öne çıkmaktadır.

Çalışma sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, yaş sınıfları, yangın büyüklüğü ve genel yangın potansiyeli değerleri gibi entegrasyon parametreleri, belirlenen hedef yapıya ulaşmada yeterli değildir. Üretim odaklı planlama yaklaşımı belirli bir süreç sonrasında hedeflenen yapıdan önemli sapmaları da beraberinde getirmiştir. Söz konusu sapmaların en aza indirilmesinde konumsal kısıtların dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla da konu ile ilgili yapılacak çalışmaların bu gerekliliği de dikkate alacak bir şekilde planlanması önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, orman yangınlarının orman ekosistemlerindeki etkilerinin benzerini oluşturma odaklı, yangın olayı ve yangın rejiminden esinlenerek yürütülen çok sayıda çalışmalar mevcuttur. Çalışmaların yürütüldüğü ekosistemlerde, çoğunlukla bir yada bir kaç hedef unsur dikkate alınabilmekte ve resmin küçük bir bölümü ortaya çıkarılabilmektedir. Bu sebeple, resmin bütününe görebilmek için orman yangınlarının ormanlardan faydalanmada ekolojik temelli yaklaşımlar dikkate alınarak planlamalara konu edilmesi gereklidir. Bu bağlamda, orman yangınlarının orman amenajman planlarıyla entegrasyonu sürecinde ihtiyaç duyulan ve ülke şartları için ortaya konulması gereken yangın rejimi ve yangın ekolojisi konularıyla ilgili yapılacak çalışmalara ve bu çalışmalardan elde edilecek verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılacak bu çalışmalar, orman ve yangın amenajmanı entegrasyon çalışmalarına yön verecek bilgilerin temininde olduğu kadar, ekosistem ormancılığı için de son derece önemli bilgileri sağlayacaktır.

Orman ekosistemleri sürekli bir yenilenme ve değişim süreci içindedir. Orman yangınları, ormancılık faaliyetleri ve diğer biyotik ve abiyotik kökenli olaylar ve faktörler bu sistemlerdeki yapı ve işleyiş üzerinde oldukça önemli bir yere sahip, ayrılmaz bileşenidir. Orman ekosistemlerinden faydalanmada ve sürekliliklerinin sağlanmasında, ekosistemlerin doğasında binlerce yıldır süregelen ve farklı uyum mekanizmaları ile varlıklarını sürdürebildikleri yangın rejimi ve bileşenlerinin anlaşılması ve doğal şartların dikte ettiği yapının toplumun istek ve beklentilerini de dikkate alarak, mevcut durumun göz önünde bulundurulması koşuluyla planlamalara konu edilmesi büyük önem taşımaktadır (Bilgili ve Baysal, 2012).

5. KAYNAKLAR

- Acuna, M.A., Palma, C. D., Cui, W., Martell, D. L., ve Weintraub, A., 2010. Integrated spatial fire and forest management planning. Canadian Journal of Forest Research, 40, 12, 2370-2383.
- Agee, J.K., 1993. Fire Ecology of Pacific Northwest Forests. Island Press, Washington, DC.
- Agee, J. K., 1995. Fire regimes and approaches for determining fire history. In "The use of fire in forest restoration". (Eds CC Hardy and SF Arno) pp. 12-13. USDA Forest Service, Intermountain Research Station General Technical Report INT-GTR-341.
- Alexander, M.E., 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. Canadian Journal of Botanic, 60, 349-357.
- Anderson, H.E., 1982. Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior. General Technical Report INT-122 Ogden, 22.
- 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.
- Anonim, 2011. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Serik Orman İşletme Müdürlüğü, Akbaş Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı.
- Anonim, 2012. Antalya Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü.
- Armstrong, G.W., Cumming, S.G., ve Adamowicz W.L., 1999. Timber supply implications of natural disturbance management. The Forestry Chronicle, 75, 3, 497-504.
- Armstrong, G.W., 2004. Sustainability of timber supply considering the risk of wildfire. Forest Science, 50, 626-639.
- Asan, Ü., 1999. Orman Amenajmanı Ders Notları. 275 sayfa, Rota baskı.
- Attwill, P.M., 1994. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. Forest Ecology and Management, 63, 247-300.
- Baker, W.L., 1989a. Landscape ecology and nature reserve design in the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota. Ecology, 70, 23-35.
- Baker, W.L., 1989b. Effect of scale and spatial heterogeneity on fire-interval distributions. Canadian Journal of Forest Research, 19, 700-706.

- Barclay, H.J., Schivatcheva, T. ve Li, C., 2009. Equilibrium forest age structure: Simulated effects of random wildfires, fire control, and harvesting. BC Journal of Ecosystems and Management 10, 2, 108-114.
- Barengi, R., 2001. Delphi 5'e Bakış. Seçkin Yayınevi, Ankara, 934 s.
- Başaran, M.A., Sarıbaşak, H. ve Cengiz, Y., 2004. Yangın Söndürme Planı temel Esaslarının Belirlenmesi (Manavgat Örneği). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Yayın No:225, ISSN:1302-3624, Antalya.
- Başçiftçi, F. ve İnal, C., 2008. Jeodezide Kullanılan Bazı Koordinat Dönüşümlerinin Programlanması. Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 1, 27-40.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Yolasığmaz, H.A., Çakır, G. ve Keleş, S., 2002. Orman Amenajmanında Yeni Açılımlar Çerçevesinde Planlama Sürecinin Tasarımı ve Yeniden Yapılanma, Evcimen Sempozyumu, Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 23-38.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Altun, L., Terzioğlu, S. ve Başkaya, S., 2005a. Biyolojik Çeşitliliğin Orman Amenajman Planlarıyla Bütünleştirilmesi: GEF Projesi Yansımaları-I ve II, Orman Mühendisliği Dergisi, Sayı 4-5-6-7-8-9.
- Başkent E.Z., 2005b. Orman Amenajman Planlarının Ekosistem Tabanlı ve Çok Amaçlı Planlanması (ETÇAP) ve Uygulanmasına Yönelik Eylemler, Türk Ormancılığında, Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu, Orman Mühendisleri Odası, Antalya, Bildiriler CD'si.
- Başkent, E. Z., Terzioğlu, S. ve Başkaya, Ş., 2008a. Developing and implementing multiple-use forest management planning in Turkey, Environmental Management, sayı: 42, 1, 37-48
- Başkent, E. Z., Başkaya, Ş. ve Terzioğlu, S., 2008b. Developing and implementing participatory and ecosystem based multiple use forest management planning approach (ETÇAP): Yalnızçam case study, Forest Ecology and Management, 256, 798-807.
- Başkent, E.Z., Kadioğulları, A.İ., Küçüker, D. M., Borucu, S. ve Küçük, H., 2013a. Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama (ETÇAP) karar destek sisteminin ülkemiz ormanlarında uygulanabilirliği: Kızıldağ ve Uğurlu planlama birimleri örneği. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50.Yılı Uluslararası Sempozyumu, Kasım, Antalya, Bildiriler Kitabı: 416-429.
- Başkent, E.Z., Keleş, S. ve Küçüker, D. M., 2013b. Ülkemiz ormanlarının karar destek sistemleri/modelleme ile planlanması sürecinin analizi. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50.Yılı Uluslararası Sempozyumu, Kasım, Antalya, Bildiriler Kitabı: 69-799.

- Baysal, İ., 2007. Karaçam ölü örtüsünde yangın büyüme ve gelişimi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, 2006.
- Belleau, A., Bergeron, Y., Leduc, A., Gauthier, S. ve Fall, A., 2007. Using spatially explicit simulations to explore size distribution and spacing of regenerating areas produced by wildfires: recommendations for designing harvest agglomerations for the Canadian boreal forest. Forestry Chronicle, 83, 1, 72-83.
- Bergeron, Y. ve Harvey, B., 1997. Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: an approach applied to the southern boreal mixedwoods of Quebec. Forest Ecology and Management 92, 235-242.
- Bergeron, Y., Harvey, B., Leduc, A. ve Gauthier, S., 1999. Forest management guidelines based on natural disturbance dynamics: stand and forest-level considerations. The Forestry Chronicle, 75, 1, 49-54.
- Bergeron, Y., Gauthier, S., Kafka, V., Lefort, P., ve Lesieur, D., 2001. Natural fire frequency for the eastern Canadian Boreal forest: consequences for sustainable forestry. Canadian Journal of Forestry Research, 31, 384-391.
- Bergeron, Y., Leduc, A. Harvey, B.D., ve Gauthier, S., 2002. Natural fire regime: a guide for sustainable management of the Canadian boreal forest. Silva Fennica, 36,81-95.
- Bergeron, Y., Flannigan, M., Gauthier, S., Leduc, A. ve Lefort, P., 2004. Past, current and future fire frequency in the Canadian boreal forest: implications for sustainable forest management. Ambio, 33, 356-360.
- Bettinger, P. ve Chung, W., 2004. The key literature of, and trends in, forest-level management planning in North America, 1950-2001. The International Forestry Review, 6, 40-50.
- Bettinger, P., 2009. A prototype method for integrating spatially-referenced wildfires into a tactical forest planning model. Research Journal of Forestry, 3, 8-22.
- Bilgili, E., 1991. Analysis of the Simple Ellipse as a Basic Fire Growth Model, MScF Thesis, University of New Brunswick, Canada, 1991.
- Bilgili, E., 1995. Fuel characterization and fire behavior prediction in even-aged conifer stands. PhD thesis. Faculty of Forestry, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada, 1995.
- Bilgili, E., 1997. Forests and forest fires in Turkey, International Forest Fire News, FAO, 17, 15-21.
- Bilgili, E., 1998. Forest fires and fire management policies in Turkey. In proc. FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires, FAO Forestry Paper No:138, p 357-362.
- Bilgili, E., 1999. Forest fires and fire management policies in Turkey. In proc. FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires, FAO Forestry Paper No:138, 357-361.

- Bilgili, E. ve Goldammer, J.G., 2000. Fire in the Mediterranean Basin: Towards an interdisciplinary science programme. In proc. XXI IUFRO world congress 2000, Forests and Society: The role of research. 1, 45-54.
- 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., Küçük, Ö. ve Sağlam, B., 2002. Yangın davranışının tahmini ve yangınlarla mücadeledeki önemi. Gazi Üniversitesi, Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 2, 2, 124-134.
- 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 fuels in Turkey. Forest Ecology and Management, 184: 201-207.
- Bilgili, E., Kucuk, O., 2009. Estimating above-ground fuel biomass in young calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) in Turkey” Energy and Fuels, 23, 1797-1800.
- Bilgili, E., Baysal, İ., Dinç Durmaz, B., Sağlam, B., ve Küçük, Ö., 2010. Türkiye’de 2008 yılında çıkan büyük orman yangınlarının değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Mayıs, Artvin, Bildiriler Kitabı III: 1270-1279.
- Bilgili, E. ve Baysal, İ., 2012. Yangın Rejimi ve Ormancılıktaki Önemi. Orman Mühendisliği Dergisi. Yıl:49, Sayı:7-8-9, Syf: 20-25.
- Bilgili, E. ve Baysal, İ., 2013. Orman yangınlarının orman amenajman planları üzerine olan etkileri: Akbaş Orman İşletme Şefliği örneği. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50.Yılı Uluslararası Sempozyumu, Kasım, Antalya, Bildiriler Kitabı: 224-233.
- Boer, M.M., Sadler, R.J., Wittkuhn, R., McCaw, L. ve Grierson, P.F., 2009. Long-term impacts of prescribed burning on regional extent and incidence of wildfires evidence from fifty years of active fire management in SW Australian forests. Forest Ecology and Management, 259, 132-142.
- Boyчук, D., ve D.L. Martell. 1996. A multistage stochastic programming model for sustainable forest-level timber supply under risk of fire. Forest Science, 42, 10-26.
- Boyчук, D., ve Perera, A., 1997. Modeling temporal variability of boreal landscape age-classes under different fire disturbance regimes and spatial scales. Canadian Journal of Forest Research, 27, 1083-1094.
- Bridge, S.R.J., 2001. Spatial and temporal variations in the fire cycle across Ontario. OMNR, Northeast Science and Technology. NEST TR-043, 41 pp.
- Burgan, R.E. ve Rothermel, R.C., 1984. BEHAVE: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System- Fuel Subsystem. USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT 167.

- Byram, G.M., 1959. Combustion of Forest Fuels. Pages 90-123 in Davis, K.P. (ed) *Forest Fire: Control and Use* Mc Graw-Hill, New York.
- Campbell, K.A., ve Dewhurst, S.M., 2007. A hierarchical simulation-through-optimization approach to forest disturbance modelling. *Ecological Modelling*, 202, 281-296.
- Caulfield, J.P., 1988. A Stochastic Efficiency Approach for Determining the Economic Rotation of a Forest Stand. *Forest Science*, 34, 2, 441-457.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. ve Williams, D., 1991. *Fire in Forestry, Volume:1, Forest Fire Behavior and Effects*. John Wiley & Sons, Inc., New York. NY, p. 450.
- Cheney, N.P. ve Gould, J.S., 1995. Fire Growth in Grassland Fuels. *International Journal of Wildland Fire* 5, 4, 237-247.
- Cissel, J.H., Swanson, F.J., Grant, G.E., Olson, D.H., Gregory S.V., Garman, S.L., Ashkenas, L.R., Hunter, M.G., Kertis, J.A., Mayo, J.H., McSwain, M.D., Swetland, S.G., Swindle, K.A., Wallin, D.O., 1998. A landscape plan based on historical fire regimes for a managed forest ecosystem: the Augusta Creek study. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-422. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 82 p.
- Cui, W. ve Perera, A. H., 2008. What we do know about forest fire size distribution, and why is this knowledge useful for forest management? *International Journal of Wildland Fire*, 17, 234-244.
- Cumming, S.G., 2001. A parametric model of the fire-size distribution. *Canadian Journal of Forestry Research*, 31, 1297-1303.
- Dinç Durmaz, B., 2004. Meşcere özelliklerinin yangın potansiyeli üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2004.
- Dragotescu, I. ve Kneeshaw, D.D., 2012. A comparison of residual forest following fires and harvesting in boreal forests in Quebec, Canada. *Silva Fennica*, 46, 3, 365-376.
- Donovan, G.H., ve Brown, T.C., 2007. Be careful what you wish for: the legacy of Smokey Bear. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 73-79.
- Erten, E., Kurgun, V. ve Musaoglu, N., 2004. Forest Fire Risk Zone Mapping from Satellite Imagery and GIS: A Case Study, XX.th Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), July, Istanbul, Turkey, Proceedings: 12-25.
- Erten, E., Kurgun, V. ve Musaoglu, N., 2005. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Orman Yangını Bilgi Sisteminin Kurulması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Fahrig, L., 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of Wildlife Management*, 61, 603-610.

- Fall, A., Fortin, M.-J., Kneeshaw, D.D., Yamasaki, S.H., Messier, C., Bouthillier, L., ve Smyth, C., 2004. Consequences of various landscape-scale ecosystem management strategies and fire cycles on age-class structure and harvest in boreal forests. Canadian Journal of Forest Research, 34, 310-322.
- Finney, M.A., 2004. FARSITE: Fire Area Simulator—model development and evaluation. Res. Pap. RMRS-RP-4, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 47 p.
- Fisher, J.T. ve Wilkinson, L., 2005. The response of mammals to forest fire and timber harvest in the North American boreal forest. Mammal Review, 35, 51-81.
- Forestry Canada, 1992. Development and Structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System, Forestry Canada, Fire Danger Group, Inf. Rep., St-X-3.
- Gadow K. V., 2000. Evaluating risk in forest planning models. Silva Fennica, 34 2, 181-191.
- Gauthier, S., Leduc, A. ve Bergeron, Y. 1996. Forest dynamics modelling under natural fire cycles: a tool to define natural mosaic diversity for forest management. Environmental Monitoring and Assessment, 39, 417-434.
- Gassmann, H.I., 1989. Optimal harvest of a forest in the presence of uncertainty. Canadian Journal of Forest Research, 19, 1267-1274.
- Gill A.M., Woinarski J.C.Z. ve York, A., 1999. Australia's biodiversity - Responses to fire. Biodiversity Technical Paper No. 1 Canberra: Environment Australia. 268 pp.
- Gill A.M., ve Allan, G., 2008. Large fires, fire effects and the fire-regime concept. International Journal of Wildland Fire, 17, 688-695.
- Goldammer, J.G., ve Mutch, R.W., 2001. Global forest fire assessment. FAO Forest Resources Assessment Programme, Working Paper 55, Rome, Italy, 495 pp.
- Gonzalez, J.R., Pukkala, T. ve Palahi, M., 2005a. Optimising the management of *Pinus sylvestris* L. stand under risk of fire in Catalonia (north-east of Spain). Annals of Forest Science, 62, 493-501.
- Gonzalez, J.R., Palahi, M. ve Pukkala, T., 2005b. Integrating fire risk considerations in forest management planning in Spain - a landscape level perspective. Landscape Ecology, 20, 957-970.
- Graham, R.T., Harvey, A.E., Jain, T.B., Tonn, J.R., 1999. The effects of thinning and similar stand treatments on fire behavior in western forests. USDA Forest Research Service, Pacific Northwest Research Station General Technical Report PNW-GTR-463. (Portland, OR).
- Gustafson E.J., Zollner, P.A., Sturtevant, B.R., He, H.S., ve Mladenoff, D.J., 2004. Influence of forest management alternatives and land type on susceptibility to fire in northern Wisconsin, USA. Landscape Ecology, 19, 327-341.

- Guyette, R.P. ve Larsen, D., 2000. A history of anthropogenic and natural disturbances in the area of the Missouri Ozark Forest Ecosystem Project. In: Shifley, S.R., Brookshire, B.L. (Eds.), Missouri Ozark Forest Ecosystem Project: Site History, Soils, Landforms, Woody and Herbaceous Vegetation, Down Wood and Inventory Methods for the Landscape Experiment. Gen. Tech. Rep. NC- 208. USDA, Forest Service, North Central Research Station, St. Paul, MN, pp. 19-40.
- Hanewinkel, M., Breidenbach, J., Neeff, T. ve Kublin, E. 2008. Seventyseven years of natural disturbances in a mountain forest area the influence of storm, snow, and insect damage analysed with a long term time series. Canadian Journal of Forest Research, 38, 2249-2261.
- Hardy, C.C., 2005. Wildland fire hazard and risk: Problems, definitions, and context. Forest Ecology and Management, 211, 73-82.
- Harvey, B., Leduc, A., Gauthier, S. ve Bergeron, Y., 2002. Stand -landscape integration in natural disturbance -based management of the southern boreal forest. Forest Ecology and Management, 155, 369-385.
- Hayes, G. 1941. Influence of altitude and aspect on daily variations in factors of forest fire danger. US Department of Agriculture Circular No. 591. Washington, DC. 39 pp.
- Heinselman, M.L., 1970. The natural role of fire in northern conifer forests. Naturalist, 21, 4, 14-23.
- Hirsch, K.G., Kafka, V., Tymstra, C., McAlpine, R. S., Hawkes, B., Stegehuis, H., Quintilio, S., Gauthier, S. ve Peck, K., 2001. Fire-smart forest management: A pragmatic approach to sustainable forest management in fire-dominated ecosystems. Forestry Chronicle, 77, 2, 357-363.
- Hunter, M.L., 1993. Natural fire regimes as spatial models for managing boreal forests. Biological Conservation, 65, 115-120.
- Hunter, M.L., 1999. Maintaning biodiversity in forest ecosystems. Cambridge University Press, New York City, NY. 698 pp.
- Johnson, E.A., 1979. Fire recurrence in the subarctic and its implications for vegetation composition. Canadian Journal of Botany, 57:1374-1379.
- Johnson, K.N., Sessions, J., Franklin, J. ve Gabriel, J., 1998. Integrating wildfire into strategic planning for Sierra Nevada forests. Journal of Forestry, 96, 1, 42-49.
- Kadioğulları, A.İ., 2009. Orman amenajman planlarının hazırlanmasında konumsal yapının kombine optimizasyon teknikleri ile kontrolü: Konumsal planlama. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2009.
- Kadioğulları, A.İ., Başkent, E.Z., Bingöl, Ö., Sayın, M.A., 2013. Orman kaynaklarının planlanmasında konumsal yapının kontrolü: Honaz planlama birimi örneği. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50.Yılı Uluslararası Sempozyumu, Kasım, Antalya, Bildiriler Kitabı: 516-528.

- Kaloudis, S., Costopoulou, C.I., Lorentzos, N.A., Sideridis, A.B., Karteris, M., 2008. Design of forest management planning DSS for wildfire risk reduction. Ecological Informatics, 3, 122-133.
- Kangas, A. ve Kangas, J., 2004. Probability, possibility and evidence: approaches to consider risk and uncertainty in forestry decision analysis. Forest Policy and Economics, 6, 169-188.
- Karahalil, U., 2003. Toprak Koruma ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003.
- Karahalil, U., 2009. Korunan Orman Alanlarında Amenajman Planlarının Düzenlenmesi (Köprülü Kanyon Milli Parkı Örneği), KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 2009.
- Keleş, S., 2003. Ormanların su ve odun üretimi fonksiyonlarının doğrusal programlama tekniği ile optimizasyonu (Karanlıkdere Planlama Birimi Örneği), Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003.
- Keleş, S., 2008. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasına Yönelik Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Prototip Modelinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.
- Keleş, S. ve Başkent, E.Z., 2011. A computer based optimization model for multiuse forest management planning: a case study from Turkey. Scientia Forestalis, 39, 87-95.
- Keeley, J.E., Fotheringham, C.J., Morais, M., 1999. Reexamining fire suppression impacts on brushland fire regimes. Science, 284, 1829-1832.
- Keeley, J.E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. International Journal of Wildland Fire, 18:116-126.
- Kim, Y.H., Bettinger, P. ve Finney, M., 2009. Spatial optimization of the pattern of fuel management activities and subsequent effects on simulated wildfires. European Journal of Operational Research, 197, 253-265.
- Klenner, W., Kurz, W., ve Beukema, S., 2000. Habitat patterns in forested landscapes: management practices and the uncertainty associated with natural disturbances. Computers and Electronics in Agriculture, 27, 243-262.
- Köseoğlu, K., 2004. Programcılık Mantığı, Pusula Yayıncılık, İstanbul, 434 s.
- Kuter, N., Yenilmez, F., Kuter, S., 2011. Forest Fire Risk Mapping by Kernel Density Estimation. Croatian Journal of Forest Engineering, 32, 2, 599-610.
- Küçük, Ö., 2000. Karaçamda Yanıcı Madde Miktarının Tespiti ve Yanıcı Madde Özelliklerine Bağlı Yanıcı Madde Modelleri, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 2000.

- Küçük, Ö. ve Bilgili, E., 2001. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da yanıcı madde tipleri. Gazi Üniversitesi, Kastamonu Eğitim Dergisi, 9, 1, 189-196.
- Küçük, Ö., 2004. Kızılçamda Yanıcı Madde Tiplerinin Belirlenmesi, Haritalanması ve Karaçamda Yangın Davranışının Tahmini, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2004.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., ve Dinç Durmaz, B., 2005. Yangın Potansiyelinin Belirlenmesinde Yanıcı Madde Haritalarının Önemi. SDÜ, Orman Fakültesi Dergisi, Seri A(1), 104-116.
- Küçük, Ö. ve Bilgili, E., 2006 Yangın Davranışının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Uygulamaya Aktarılması: Kastamonu Örneği, Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 6, 2, 262-273.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., Sağlam, B., Dinç Durmaz, B., ve Baysal, İ., 2007. The Studies to Support a Fire Danger Rating System in Turkey. Kastamonu University, Journal of Forestry Faculty, 7, 1, 104-109.
- Küçük, Ö ve Bilgili, E., 2008. Crown fuel characteristics and fuel load estimates in young calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in northwestern of Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 17, 12b, 2226-2231.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., ve Sağlam, B., 2008. Estimating Crown Fuel Loading for Calabrian Pine and Anatolian Black Pine. International Journal of Wildland Fire, 17, 1, 147-154.
- Lee, P. ve Smyth, C., 2003. Riparian forest management: paradigms for ecological management and practices in Alberta. Report produced by the Alberta Research Council, Vegreville, Alberta and the Alberta Conservation Association, Edmonton, Alberta for the Northern Watershed Project Stakeholder Committee. Northern Watershed Project Final Report 1. 117 p.
- Li, C. ve Barclay, H. J., 2001. Fire disturbance patterns and forest age structure. Natural Resource Modeling, 14, 4, 495-521.
- Martell, D.L., 1980. The Optimal Rotation of a flammable forest stand. Canadian Journal of Forest Research, 10, 30-34.
- Martell, D.L., 1994. The impact of fire on timber supply in Ontario. The Forestry Chronicle, 70, 164-173.
- Martinson, E.J. ve Omi, P.N., 2008. Assessing mitigation of wildfire severity by fuel treatments—an example from the Coastal Plain of Mississippi. International Journal of Wildland Fire, 17, 415-420.
- MacLean D.A., Porter, K.B., MacKinnon, W.E. ve Beaton K.P., 2000. Spruce budworm decision support system: lessons learned in development and implementation. Computers and Electronics in Agriculture, 27, 293-314.

- McArthur, A.G., 1967. Fire Behaviour in Eucalypt Forest. Commonwealth of Australia Forestry and Timber Bureau, Canberra, ACT. Leaflet No. 107.
- McRae, D.J., Duchesne, L.C., Freedman, B., Lynham, T.J. ve Woodley, S., 2001. Comparisons between wildfire and forest harvesting and their implications in forest management. Environmental Reviews, 9, 4, 223-260.
- Morin, H., Jardon, Y. ve Gagnon, R., 2007. Relationship between spruce budworm outbreaks and forest dynamics in eastern North America, in: Johnson, E.A., Miyanishi, K. (Eds.), Plant disturbance ecology: the process and the response. Elsevier, New York, pp. 555-577.
- Morgan, P., Hardy, C.C., Swetnam, T.W., Rollins, M.G., ve Long, D.G., 2001. Mapping fire regimes across time and space: understanding coarse and fine-scale fire patterns. International Journal of Wildland Fire, 10: 329-342.
- Moritz, M.A., 2003. Spatiotemporal analysis of controls on shrubland fire regimes: age dependency and fire hazard. Ecology, 84, 351-361.
- Mumcu Küçüker, D., 2014. Odun Dışı Orman Ürünlerinin Amenajman Planlarına Yansıtılması: Kanlıca Mantarı (*Lactarius* sp.) Örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2014.
- Neyişçi, T., 1986. Antalya Doyran yöresi Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarında yangınların tarihsel etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Teknik Rapor No: 29/1986.
- Neyişçi, T., Ayaşlıgil, Y., Ayaşlıgil, T. ve Sönmezışık, S., 1996. Yangına Dirençli Orman Kurma İlkeleri. TUBİTAK, TOGTAG-1342. TMMOB Orman Mühendisleri Odası Yayın No: 21.
- Neyişçi, T., Şirin, G. ve Sarıbaşak, H. 2002. Batı Akdeniz Bölgesinde Orman Yangını Tehlikesinin Düşürülmesinde Denetimli Yakma Tekniğinin Uygulanma Olanakları. TOD Yayın No 2. ISBN 975-93478-1-4, 63 sayfa, Ankara.
- North M.J., ve Keeton, W.S., 2008. Emulating natural disturbance regimes: an emerging approach for sustainable forest management. Pgs. 341 - 372 in Laforteza, R, et al. eds. Patterns and Processes in Forest Landscapes. Springer Science, Business Media.
- OGM, 2008. Yanan alanların rehabilitasyonu ve yangına dirençli ormanlar tesisi projesi, Serik-Taşagıl, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 113 sayfa, Ankara.
- OGM, 2012a. Ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planlarının uygulanmasına ait usul ve esaslar. Tebliğ no: 295. Orman idaresi ve planlama dairesi başkanlığı, 49 sayfa, Ankara.
- OGM, 2012b. Genç meşcereler bakım seferberliği eylem planı 2012-2016. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 63 sayfa, Ankara.

- OGM, 2013. Orman Atlası. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 107 sayfa, Ankara.
- OGM, 2014. Orman yangınlarıyla mücadele faaliyetleri 2013 yılı değerlendirme raporu. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Orman Yangınlarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı Yayınları, 125 sayfa, Ankara.
- OMNR., 2001. Forest management guide for natural disturbance pattern emulation, Version 3.1. Ont. Min. Nat. Res., Queen's Printer for Ontario, Toronto. 40 pp.
- Payette, S., 1992. Fire as a controlling process in the North American boreal forest. In H. H. Shugart, R. Leemans & G. B. Bonan (Eds.), A systems analysis of the global boreal forest (pp. 144 - 169). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Perera, A.H., Buse, L.J. ve Weber, M.G. (Eds.), 2004a. Emulating Natural Forest Landscape Disturbances: Concepts and Applications. Columbia University Press, NY, p. 315 pp.
- Perera, A.H., Yemshanov, D., Schnekenburger, F., Baldwin, D.J.B., Boychuk, D. ve Weaver, K., 2004b. Spatial simulation of broad-scale fire regimes as a tool for emulating natural forest landscape disturbance. In A.H. Perera, Buse, L.J. and Weber, M.G. (eds.). Emulating Natural Forest Landscape Disturbances: Concepts and Applications. pp. 112 - 122. Columbia University Press, NY, p. 315 pp.
- Perera, A.H., W. Cui. ve Ouellette, M., 2009. Size class distribution and spatial proximity of fires in a simulated boreal forest fire regime in relation to Ontario's policy directions for emulating natural disturbance. Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, Sault Ste. Marie, ON. Forest Research Report No. 170.
- Perera, A.H. ve Cui, W., 2010. Emulating natural disturbances as a forest management goal: Lessons from fire regime simulations. Forest Ecology and Management. 259, 1328-1337.
- Peter, B., ve Nelson, J., 2005. Estimating harvest schedules and profitability under the risk of fire disturbance. Canadian Journal of Forest Research, 35, 1378-1388.
- Pollet, J. ve Omi, P.N., 2002. Effect of thinning and prescribed burning on crown fire severity in ponderosa pine forests. International Journal of Wildland Fire, 11, 1-10.
- Preisler, H.K., Brillinger, D.R., Burgan, R.E. ve Benoit J.W., 2004. Probability based models for estimating wildfire risk. International Journal of Wildland Fire, 13, 133-142.
- Reed, W.J., 1984. The effects of the risk of fire on the optimal rotation of a forest. Journal of Environmental Economics and Management, 11, 180-190.
- Reed, W.J. ve Errico, D., 1985. Assessing the long-run yield of a forest stand subject to the risk of fire. Canadian Journal of Forest Research, 20, 961-969.

- Reed, W.J., ve Errico, D., 1986. Optimal harvest scheduling at the forest level in the presence of the risk of fire. Canadian Journal of Forest Research, 16, 266-278.
- Richards, G.D., 1990. An elliptical growth model of forest fire fronts and its numerical solution. Int. J. Numer. Meth. Eng. 30: 1163-1179.
- Richards, G.D., 1995. A general mathematical framework for modeling two-dimensional wildland fire spread. International Journal of Wildland Fire. 5, 2, 63-72.
- Routledge, R.D., 1980. The effect of potential catastrophic mortality and other unpredictable events on optimal forest rotation policy. Forest Science, 26, 3, 389-399.
- Royama, T., MacKinnon, W.E., Kettela, E.G., Carter, N.E. ve Harting, L., 2005. Analysis of spruce budworm outbreak cycles in New Brunswick, Canada, since 1952. Ecology, 86, 1212-1224.
- Sağlam, B. ve Bilgili, E., 2002. Maki tipi yanıcı maddelerde yanıcı madde miktarının belirlenmesi. Gazi Üniversitesi, Kastamonu Eğitim Dergisi, 10, 1, 181-186.
- Sağlam, B., Bilgili, E., Dinç Durmaz, B., Kadioğulları, A.İ. ve Küçük, Ö., 2008a. Spatio-Temporal Analysis of Forest Fire Risk and Danger Using Landsat Imagery, Sensors, 8, 3970-3987.
- Sağlam, B., Küçük, Ö., E. Bilgili, Dinç Durmaz, B. ve Baysal, İ., 2008b. Estimating Fuel Biomass of Some Shrub (Maquis) Species in Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32,4, 349-356.
- San-Miguel, J. ve Camia, A., 2009. Forest Fires at a Glance: Facts, Figures and Trends in the EU. In: Birot, Y. (ed.). *Living with Wildfires: what science can tell us*. EFI Discussion Paper 15. European Forest Institute. Pp. 11-18.
- Savage, D.W., Martell, D.L. ve Wotton, M.B., 2011. Forest management strategies for dealing with fire-related uncertainty when managing two forest seral stages. Canadian Journal of Forest Research, 41, 309-320.
- Simard, A.J., 1991. Fire severity, changing scales, and how things hang together. International Journal of Wildland Fire, 1, 23-34.
- Sivrikaya, F., 2008. Türkiye’de Orman Amenajman Planlama Model Yazılımının Geliştirilmesi. Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2008.
- Seymour, R.S. ve M.L. Hunter, J.R., 1999. Principles of Ecological Forestry. Ch., 2, 22-61 In: *Managing Biodiversity in Forest Ecosystems*. M.L. Hunter, Jr., editor. Cambridge Univ. Press. 698 p.
- Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J. ve Schuck, A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. Global Change Biology, 9, 1620-1633.

- Stephens S.L., 1998. Evaluation of the effects of silvicultural and fuels treatments on potential fire behaviour in Sierra Nevada mixed-conifer forests. Forest Ecology and Management, 105, 21-35.
- Stocks, B., 1991. The extent and impact of forest fires in northern circumpolar countries. In *Global biomass burning: atmospheric, climatic and biospheric implications*. Edited by J. Levine. MIT Press, Cambridge, Mass. pp. 197-202.
- Tavşanoğlu Ç. ve Gürkan, B., 2014. Long-term post-fire dynamics of co-occurring woody species in *Pinus brutia* forests: the role of regeneration mode. Plant Ecology, 215, 355-365.
- Thompson, W.A., Vertinsky, I., Schreier, H. ve Blackwell, B.A., 2000. Using forest fire hazard modelling in multiple use forest management planning. Forest Ecology and Management, 134, 163-174.
- Trabaud, L., 1994. Postfire Plant community dynamics in the Mediterranean Basin. In Moreno, J.M. and Oechel, W.C. ed. (1994). *The role of fire in Mediterranean-type ecosystems*. Springer-Verlag, New York.
- Turner, M.G., ve Romme, W.H., 1994. Landscape Dynamics in crown fire ecosystems. Landscape Ecology, 9 1, 59-77.
- Tymstra, C., Bryce, R.W., Wotton, B.M., Taylor, S.W., Armitage, O.B., 2010. Development and structure of Prometheus: the Canadian Wildland Fire Growth Simulation Model. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., North. For. Cent., Edmonton, AB. Inf. Rep. NOR-X-417.
- Wade, D.D. ve Lunsford, J.D., 1989. A guide for prescribed fire in southern forests. Tech. Publ. R8-TP11. Atlanta, GA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Region. 56 p. [Reprinted as: National Fire Equipment System Publication NFES 2108 by the National Wildfire Coordinating Group, Boise ID.]
- Walkingstick, T. ve Liechty, H., 2007. Why we burn: Prescribed burning as a management tool. UA Div. Ag. Coop. Ext. Service. Factsheet. 4pp.
- Weber, M.G. ve Flannigan, M.D., 1997. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate: Impacts on fire regimes. Environ. Rev., 5, 145-166.
- Weber, M. G. ve Stocks, B. J., 1998. Forest fires and sustainability in the boreal forests of Canada. Ambio: a Journal of the Human Environment, 7, 25-43.
- Williams R.J., Cook G.D., Gill A.M. ve Moore P.H.R., 1999. Fire regime, fire intensity and tree survival in a tropical savanna in northern Australia. Australian Journal of Ecology, 24, 1, 50-59.
- 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., 1978. Age-class distribution and the forest fire cycle. Canadian Journal of Forest Research, 8, 220-227.

- Van Wagner, C.E., 1979. The economic impact of individual fires on the whole forest. Forestry Chronicle, 55,2, 47-50.
- Van Wagner, C.E., 1983. Simulating the effect of forest fire on long-term annual timber supply. Canadian Journal of Forest Research, 13, 451-457.
- Van Wagner, C.E., 1985. Fire, harvesting, and timber supply. Canadian Journal of Forest Research, 13, 71-76.
- Yang, J., He, H.S., ve Gustafson, E.J., 2004. A hierarchical fire frequency model to simulate temporal patterns of fire regimes in LANDIS. Ecological Modelling, 180, 119-133.
- Yolasıǧmaz, H.A., Sivrikaya, F., Gnl, A. ve Keleş, S., 2005. Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama (Ekosistem Amenajmanı), 1. evre ve Ormancılık Őurası, Mart, Antalya, Tebliğler Kitabı II: 340-349.
- Zimmerman, G.T., ve Bunnell, D.L., 1998. Wildland and Prescribed Fire Management Policy: Implementation Procedures Reference Guide. Boise, ID: National Interagency Fire Center.

6. EKLER

Ek Tablo 1. Ölçüm yapılan örnekleme alanlarındaki meşcere özellikleri, ölçümleri yapılan ağaçların ortalama değerleri ve yanıcı madde miktarı

1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*
1	Çzab3	70	40	18	5.1	13.5	2.7	16	3.4	169.9	333.0
2	Çzd3	85	35	41	7.6	23.3	14.8	82	4.0	105.4	174.4
3	Çzc3	80	9	28	5.3	19.2	10.1	63	4.4	197.1	377.4
4	Çzd2	60	-	56	10.8	21.9	6.3	84	5.3	163.4	443.8
5	Çzb3	90	50	15	3.8	13.7	4.8	17	3.2	358.9	491.0
6	Çzc3	80	75	27	5.6	19.0	10.5	42	4.4	668.3	998.8
7	Çzab3	95	--	9	2.0	7.7	2.4	13	2.3	157.2	521.9
8	Çzd1	35	4	54	9.6	22.4	7.8	93	5.2	68.1	181.3
9	Çzcd3	90	50	28	5.8	17.0	8.9	61	4.5	270.6	430.4
10	Çzb3	90	80	17	4.4	12.0	3.9	17	3.6	217.7	362.6
11	Çzd2	50	50	71	10.4	24.0	9.8	89	7.7	130.5	280.9
12	Çzcd3	85	30	39	6.5	20.7	10.9	106	4.3	441.6	604.3
13	Çzd3	85	-	44	6.9	22.4	11.8	101	6.9	411.5	590.1
14	Çzd1	35	20	62	10.1	22.3	5.9	93	6.9	272.7	461.5
15	Çzab3	70	35	11	3.3	8.5	1.1	8	2.3	322.8	439.4
16	Çzab1	35	85	11	3.0	5.4	0.4	6	2.4	54.9	54.9
17	Çzc3	90	80	26	5.3	19.4	10.2	47	4.1	254.5	421.0
18	Çzb3	85	85	16	4.1	12.5	4.2	19	3.5	285.2	436.8
19	Çzbc3	85	55	20	4.9	12.9	4.5	21	3.9	161.5	282.8
20	Çzcd3	85	40	34	5.8	20.0	10.5	42	5.6	346.4	582.7
21	Çzb2	65	15	16	4.2	11.0	3.7	11	3.0	150.4	210.1
22	Çzcd3	75	60	30	4.9	18.9	10.1	84	4.5	310.3	544.7
23	Çzbc3	90	77	21	4.1	15.1	6.6	21	3.7	523.2	962.1
24	Çzcd3	85	65	30	6.1	18.7	7.8	25	4.7	392.2	647.9
25	Çzd3	80	83	31	4.7	17.2	8.0	53	4.6	157.5	407.6
26	Çzcd2	60	30	33	7.0	14.1	5.1	41	4.7	102.2	277.1
27	Çzcd3	75	75	28	4.3	15.9	9.0	62	5.0	239.7	354.8
28	Çzd3	80	70	38	5.3	21.5	11.2	74	5.8	191.5	333.2
29	Çzc3	95	45	23	4.6	19.5	7.5	21	3.7	219.6	425.2
30	Çzbc3	85	55	22	4.6	17.0	6.3	19	4.0	369.9	493.8
31	Çzd1	35	85	40	6.9	14.5	5.5	65	6.0	81.9	131.2
32	Çzab3	70	-	10	2.4	8.7	3.2	13	2.7	387.3	482.9
33	Çzd2	60	45	41	7.0	16.3	5.6	64	4.2	190.7	467.1
34	Çzd1	35	-	59	8.9	20.1	5.5	83	7.0	48.0	134.7
35	Çzc3	75	55	30	5.4	15.6	7.7	39	4.3	376.3	686.6
36	Çzc3	90	10	24	4.9	20.0	7.0	23	3.7	708.9	1038.9
37	Çzbc3	70	40	21	4.1	15.4	4.9	19	3.5	360.3	426.9
38	Çzd2	55	87	47	7.8	18.3	8.5	77	5.9	128.3	226.0
39	Çzd3	85	35	47	9.0	23.5	10.0	47	5.8	352.4	497.4
40	Çzc3	95	25	24	4.6	19.9	8.6	20	3.7	242.2	423.3
41	Çzd3	85	30	48	5.4	23.8	13.2	50	6.1	219.0	386.3
42	Çzc3	85	30	31	4.8	20.6	10.6	52	4.6	527.4	699.3
43	Çzb3	70	10	10	2.3	7.7	2.0	13	2.4	124.2	204.5
44	Çzab3	80	10	8	2.0	8.0	1.7	10	1.8	134.2	245.4
45	Çzcd3	85	90	38	4.6	22.7	14.2	81	5.1	490.0	712.2
46	Çzcd3	85	95	34	4.0	18.7	11.1	85	5.1	617.9	912.8

1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*
47	Çzd3	85	25	46	5.4	23.1	13.4	75	5.2	509.1	813.1
48	Çzc3	80	85	27	3.5	16.9	8.5	67	4.6	427.3	552.8
49	Çzbc3	90	20	18	3.0	11.8	4.6	23	3.4	298.4	474.9
50	Çzd1	35	-	46	5.9	16.0	6.3	59	5.7	299.0	435.9
51	Çzd3	90	3	42	5.4	18.5	7.8	86	5.1	463.4	659.5
52	Çzd3	90	-	43	4.9	28.4	17.0	82	4.9	265.6	609.5
53	Çzc3	75	-	22	2.6	16.1	9.4	78	3.0	252.1	395.7
54	Çzd1	35	-	70	7.1	27.5	9.9	83	5.9	205.3	378.9
55	Çzd1	38	5	69	6.4	25.7	11.4	104	6.2	179.8	359.1
56	Çzed3	90	-	34	3.9	22.0	9.6	85	5.3	348.8	642.9
57	Çzc3	90	-	25	3.2	19.8	9.9	68	4.6	534.8	826.3
58	Çzed3	85	7	31	4.6	22.3	11.9	50	4.9	234.9	428.2
59	Çzbc3	85	7	20	2.8	16.8	9.0	41	3.8	276.7	371.4
60	Çzc3	90	-	25	3.4	17.5	9.0	53	4.2	646.7	1099.6
61	Çzbc3	0.9	10	16	3.3	11.7	3.3	13	3.1	247.5	409.2
62	Çzed3	80	85	31	4.3	20.4	9.2	48	4.3	264.9	417.2
63	Çzd3	80	88	64	7.8	25.7	13.3	68	6.4	119.6	314.1
64	Çzd3	95	90	54	6.9	30.3	17.2	75	6.9	217.5	387.3
65	Çzb3	75	35	14	3.4	9.2	1.2	8	2.6	150.1	268.6
66	Çzb3	80	85	14	2.9	10.1	2.6	14	2.9	281.9	511.2
67	Çzd1	55	70	84	8.0	22.3	7.8	93	7.6	379.9	567.8
68	Çzd2	65	50	61	8.8	20.8	7.2	85	7.4	372.2	671.6
69	Çzd2	60	35	56	8.3	18.8	8.8	79	6.8	116.6	261.9
70	Çzd1	30	-	80	10.5	25.7	6.5	90	8.2	262.4	377.5
71	Çzc3	95	20	24	4.2	20.1	10.1	30	4.0	284.7	557.7
72	Çzbc3	85	50	20	4.2	14.1	2.4	12	3.2	113.6	233.9
73	Çzb3	80	40	18	3.6	13.9	3.9	14	3.5	773.3	969.6
74	Çzbc3	75	30	20	3.5	14.8	4.3	17	3.6	458.9	602.5
75	Çzb3	75	30	14	2.9	12.5	3.6	13	3.2	622.8	803.4
76	Çzd3	85	10	58	7.5	24.0	13.7	122	7.6	264.0	488.6
77	Çzbc3	95	-	20	3.4	19.9	8.1	26	3.2	144.2	232.3
78	Çzab3	75	30	7	2.3	3.5	0.4	9	2.8	10.2	47.0
79	Çzed3	85	55	44	4.6	25.0	15.3	116	5.2	856.8	1125.0
80	Çzd2	60	55	58	8.6	27.8	12.3	98	6.0	246.8	388.3
81	Çzab3	75	80	9	2.4	5.0	0.7	8	2.1	94.9	149.5
82	Çzab3	80	90	10	2.4	7.2	1.7	12	2.3	293.2	337.4
83	Çzd3	85	90	44	9.1	24.7	12.6	72	6.0	234.8	454.5
84	Çzd3	95	20	56	9.7	29.8	16.2	64	7.3	239.3	424.4
85	Çzd2	60	8	49	9.9	23.3	11.3	58	7.0	222.0	324.8
86	Çzd1	25	90	44	9.0	21.0	8.0	67	6.4	60.6	102.6
87	Çzd2	55	20	63	12.2	23.1	7.1	65	8.0	126.1	198.8
88	Çzd2	25	30	55	12.6	19.1	4.7	77	7.6	158.7	263.0
89	Çzed1	35	65	29	6.9	10.3	3.7	52	5.3	62.1	110.8
89	Çzc2	65	5	26	4.8	12.4	4.8	46	4.8	58.5	121.9
91	Çzb2	60	5	13	3.4	7.0	0.5	9	3.2	87.5	137.1
92	Çzed1	30	10	25	5.0	8.8	0.0	55	4.7	109.7	126.5
93	Çzb1	25	-	18	4.2	7.9	1.6	15	3.7	38.8	50.0
94	Çzb1	45	70	18	4.0	8.6	1.4	18	3.8	18.2	23.4
95	Çzed2	60	-	31	5.5	11.2	4.1	75	4.6	107.5	152.4
96	Çzed2	65	-	38	6.1	16.4	5.6	88	5.4	17.6	20.7
97	Çzb2	50	15	19	5.1	10.1	0.9	12	3.6	136.8	212.5
98	Çzbc1	20	15	20	5.2	7.8	0.2	16	3.4	15.5	20.1
99	Çzc2	60	80	24	4.4	11.2	3.6	46	5.3	157.6	206.9
100	Çzc1	35	60	20	4.5	10.2	3.2	62	4.6	49.7	59.9
101	Çzc1	35	90	22	3.7	9.8	3.5	26	4.9	33.2	51.1

1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*
102	Çzc1	35	90	30	6.1	13.0	4.0	38	5.9	82.9	109.5
103	Çzbc2	65	80	15	3.6	8.2	1.2	15	3.2	186.9	352.1
104	Çzb2	50	65	14	4.0	7.3	1.4	16	3.6	55.9	61.2
105	Çzcd2	50	30	32	6.8	14.5	4.6	83	5.5	148.9	224.4
106	Çzb3	75	80	14	2.4	9.9	3.2	12	3.0	119.2	160.7
107	Çzb3	90	-	17	3.6	13.5	5.4	20	3.9	343.2	484.5
108	Çzb1	25	40	11	4.2	5.6	0.2	7	2.5	8.4	10.9
109	Çzab2	60	60	11	2.8	7.4	1.5	9	2.7	80.4	109.1
110	Çzb3	85	-	14	3.6	10.7	2.0	11	2.7	145.2	286.5
111	Çzab1	25	75	7	2.2	4.1	0.3	6	2.2	15.4	19.0
112	Çzb1	35	60	11	2.8	6.3	0.4	8	2.9	42.9	58.8
113	Çzbc2	60	35	17	4.7	10.0	1.0	14	3.6	42.5	93.5
114	Çzc1	35	80	31	5.6	10.2	2.1	52	4.8	42.9	58.8
115	Çzcd3	95	80	32	5.2	24.6	13.3	46	5.7	383.8	876.5

Açıklamalar: 1*: Deneme alanı no; 2*: Meşcere tipi; 3*: Kapalılık (%); 4*: Diri örtü kapalılık (%); 5*: d1.30 Göğüs yüzeyi çapı (cm); 6*: Tepe çapı (m); 7*: Ağaç boyu (m); 8*: Tepe altı yüksekliği (m); 9*: Ağaç yaşı (yıl); 10*: Kabuk kalınlığı (cm); 11*: Toplam ölü örtü (gr); 12*: Toplam ölü örtü ve humus (gr)

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Karabük'te doğdu. İlkokul öğrenimini Karabük, Ortaokul ve Lise tahsilini Ankara'da tamamladı. 1996 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2000 yılında Orman Fakültesinden derece ile mezun oldu. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek lisans eğitimine başladı. 2002-2003 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi İngilizce hazırlık programına katıldı ve bu programı başarıyla tamamladı. 2004 yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Düzce Orman Fakültesine Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2007 yılının Mayıs ayında "Karaçam Ölü Örtüsünde Yangın Büyüme ve Gelişimi" adlı yüksek lisans tezini tamamlayarak, Yüksek Mühendis unvanı almaya hak kazandı. 2007 yılında YÖK'ün 35. Maddesi kapsamında doktorasını yapmak üzere geçici olarak kadrosu KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'ne aktarıldı. 2011-2012 güz ve bahar yarıyılı öğretim dönemlerinde YÖK Yurt Dışı Doktora Araştırma bursu ile Kanada'nın Ontario eyaletindeki Ontario Forest Research Institute kurumunda 12 ay süreli, doktora tez konusu ile ilgili inceleme ve araştırmalarda bulundu. 2014 yılı Şubat ayında kadrosu Düzce üniversitesine aktarıldı. Görevini halen Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesinde sürdürmekte olan İsmail BAYSAL evli ve bir kız çocuğu babası olup İngilizce bilmektedir.