

Orman Amenajman Planlarının Konumsal Simülasyon Modeli İle Hazırlanması

*Ali İhsan KADIOĞULLARI¹, Sedat KELEŞ², Emin Zeki BAŞKENT¹, Özkan BİNGÖL³

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 61080 Trabzon

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, 18100 Çankırı

³ Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 29100 Gümüşhane

* Sorumlu Yazar: alikadi@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi: 04.02.2015

Özet

Bu makalede, ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama anlayışına göre geliştirilmiş bir simülasyon tabanlı konumsal orman amenajmanı planlama modeli tanıtılmıştır. Öncelikle modelin genel mimari çatısı kısaca açıklanmıştır. Model daha sonra örnek bir orman planlama biriminde uygulanmıştır. Bu amaçla konumsal özellikleri dikkate almayan bir temel simülasyon senaryosu ile farklı konumsal özelliklerin yer aldığı üç farklı planlama senaryosu olmak üzere toplamda dört tane planlama senaryosu üretilmiştir. Bu planlama senaryoları değişik performans göstergeleri (eta, dikili servet, net karbon birikimi, simülasyon süresi sonundaki yaş sınıfı dağılımı) kapsamında karşılaştırılmıştır. Planlama senaryolarının karşılaştırılması sonucunda, konumsal olmayan planlama senaryosu ile konumsal planlama senaryoları arasında eta açısından büyük farklılıkların olmadığı saptanmıştır. Ancak, konumsal planlama senaryoları ile birlikte orman ekosisteminde konumsal düzenlemenin etkin bir şekilde yapıldığı ve daha uygulanabilir orman amenajman planlarının üretilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konumsal orman planlaması, Simülasyon, Modelleme, Orman amenajmanı

Preparing Forest Management Plans With Spatial Simulation Model

Abstract

This manuscript presents a simulation-based spatial forest management planning model developed for ecosystem-based multiple use forest planning approach. The general framework of the simulation model was firstly introduced. It was then implemented in a typical forest management planning unit. Four forest management planning scenarios including nonspatial and spatial characteristics were developed. These scenarios were compared in the context of different forest performance indicators (such as allowable cut, growing stock, net carbon sequestration, age-class distribution at the end of the simulation). When compared the simulation-based forest management planning scenarios, it was found that there were no significant changes in timber production levels among scenarios. On the other hand, spatial forest management scenarios controlled forest ecosystem structure and produced more applicable forest management plans.

Key Words: Spatial forest planning, Simulation, Modeling, Forest management

Giriş

En genel ifade ile konumsal planlama, birden fazla ve birbirleriyle çelişen amaçlar ile birlikte orman ekosisteminin konumsal yapısını tanımlayan ve kontrol eden bir modelleme yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır. Ormanın konumsal yapısı denildiğinde, tanımlanan orman parçalarının (patch) orman ekosistemindeki alan, şekil ve coğrafi dağılım deseni akla gelmekte ve konumsal parametre ve parçalılık indeksleri ile karakterize edilmektedir. Konumsal parametreler ve parçalılık indeksleri işletme sınıfı veya şeflik bazında kullanım alanı sınıflaması yapıldığında, gençleştirme alanlarının (meşcereler, üretim blokları gibi) ve diğer orman alanlarının (yaban hayatı

habitataları ve yaş sınıfları gibi) alan, şekil, coğrafi dağılımı, maksimum ve minimum üretim alanı kısıtları, komşuluk ilişkileri, açma alanı kısıtları, bağlantı, yakınlık gibi ölçütleri içermektedir.

Konumsal parametrelerden öne çıkan komşuluk veya erteleme süresi kavramları, belirli bir periyotta komşu alanlar veya üretim birimlerinin aynı anda üretime alınmasını önlemeyi ifade eder ve birbirlerinden belli bir mesafede olan veya ortak bir sınırı paylaşan üretim birimleri (meşcere, üretim bloğu, açma alanı gibi) olarak tanımlanır. Erteleme süresi ve maksimum müdahale alanı büyüklüğü kısıtlarının yokluğunda, klasik olarak yapılan maksimum odun üretimi amacı ve periyotlar

arası eşit eta akışı politikasına dayanan planlama modellerinde kısa periyotlarda birbirine komşu çok büyük alanlarda üretim yapılabilmektedir (Daust ve Nelson, 1993). Büyük alanlarda üretim yapılması durumunda ise, orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu yaban hayatı koruma, rekreasyon, toprak koruma, biyolojik çeşitlilik ve hidrolojik (su üretimi ve kalitesi) gibi değerler üzerinde önemli derecede ve özellikle olumsuz etkiler meydana gelmektedir. Bununla birlikte, bu komşuluk kısıtları vasıtasıyla, orman parçalarının planlama alanındaki sürekliliği sağlanarak orman ekosistemlerinin konumsal yapı ve fonksiyonları kontrol altında tutulabilmektedir.

Benzer şekilde, orman parçalarının alanı, şekli ve dağılımı, konumsal planlamada önemli olan diğer özelliklerdendir. Yaban hayvanı türlerinin dinamik yapısı, potansiyel habitatlar, potansiyel orman ürünleri, besin ve su döngüsü gibi sayısız değerlerin hepsi, orman parçalarının büyüklüğü, şekli ve dağılımından etkilenmektedir. Örneğin, orman parçalarının geometrik şekilleri odun hammaddesi üretimi kadar yaban hayatı için de önemlidir. Yine, çoğu kuş türlerinin varlığı, kullanılabilir büyük çekirdek alanlara (bir meşcere için çekirdek alan, çevre meşcerelerin kenar etkisinden bağımsız olan doğal yaşlı ormanın iç/çekirdek habitatından oluşan alandır) sahip büyük orman parçalarına bağlıdır (Temple, 1985; Baskent ve Jordan, 1995). Bununla birlikte, toplam habitat alanı, habitatların şekli veya nispi düzeni ile habitatlar arasındaki bağlantı, çoğu yaban hayatı türleri için hayati önem taşımaktadır.

Belirlenen bu konumsal parametre ve parçalılık indekslerinin ekosistem tabanlı orman amenajman planlarında dikkate alınması zorunluluğu günümüzde konumsal planlamayı zorunlu kılmaktadır. Diğer taraftan, konumsal planlama gibi çok kapsamlı problemleri içeren modellerde çözüm arayışı samanlıkta iğne aramaya benzetilmektedir. Konumsal planlama problemlerinin çözümünde farklı karar verme teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler, simülasyon, karışık tamsayı programlama (Mixed Integer Programming (MIP)) ve

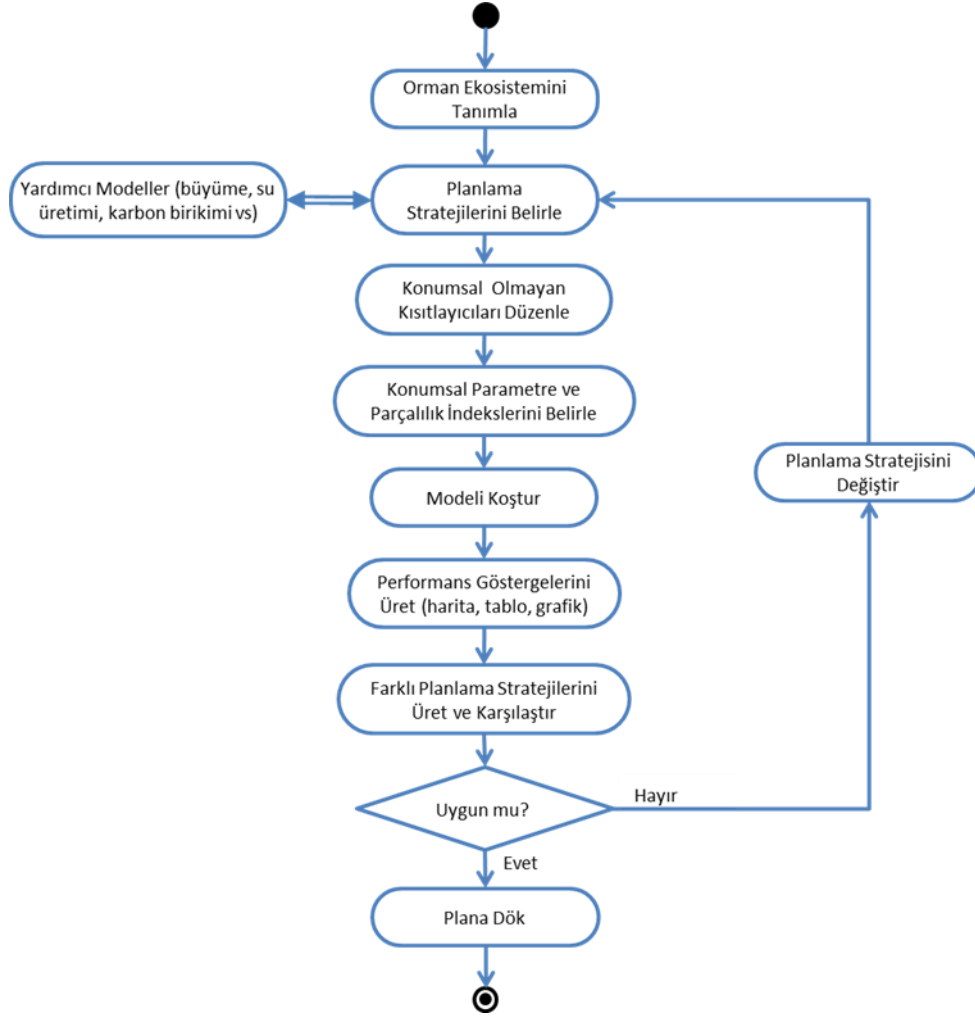
kombine optimizasyon (Tavlama Benzetimi (TB), Tabu Arama (TA), genetik algoritma (GA) ve hücresel otomasyon (HO)) olarak sıralanabilmektedir (Lockwood ve Moore, 1993; Boston ve Bettinger, 1998; Başkent ve Keleş, 2005).

Buradan hareketle hazırlanan bu makalede, ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamaya hizmet etmek amacıyla geliştirilmiş bir konumsal simülasyon modeli tanıtılmıştır. Bu amaçla konumsal özellikleri içermeyen temel bir simülasyon tabanlı orman planlama senaryosu ile, bu senaryoya farklı konumsal özelliklerin dahil edilmesiyle oluşturulan değişik planlama senaryoları oluşturulmuştur. Son olarak bu planlama senaryoları farklı performans göstergeleri (çıktılar) kapsamında irdelenmiştir.

Materyal ve Metot

Simülasyon tabanlı konumsal orman amenajmanı planlama modeli (ETÇAPKonSimülasyon)

Simülasyon teknikleri genellikle belirli bir strateji ile başlar ve bu stratejinin uygulanması ile beklenen sonuçları planlama yörüngesi boyunca rapor eder. Simülasyon tabanlı konumsal orman amenajmanı planlama modelinde, öncelikle orman ekosisteminin aktüel durumu yani mevcut konumsal yapı ve kuruluşu tanımlanır. Bu aşamada, orman ekosistemi analiz alanlarına ayrılır. Yine karar verici tarafından belirli planlama stratejileri ortaya konulur. Bu aşamada ise, temel simülasyon parametreleri (planlama yörüngesi ve periyodu uzunlukları gibi), işletme amaçları ve koruma hedefleri, potansiyel teknik silvikültürel müdahaleler ve bunların analiz alanlarına uygulanma kuralları tespit edilir. Bu işlemler yapıldıktan sonra, mevcut orman kuruluşu periyodik olarak ardışık çözümle belirlenen planlama yörüngesi sonuna kadar kestirilir. Sonuçta, orman ekosisteminden planlama stratejilerine bağlı olarak elde edilen çıktılar alınır ve değerlendirilir (Şekil 1).



Şekil 1. Simülasyon tabanlı konumsal orman amenajmanı planlama model yapısı

ETÇAPKonSimülasyon modelinin (Şekil 2) temel adımları incelendiğinde ilk olarak *orman ekosistemini tanımlanması* gerekmektedir. Bu aşamada orman ekosistemlerinin yapı ve kuruluşu ortaya konulur. Orman ekosistemleri, belirli amaç için ayrılmış ve homojen gruplardan oluşan alt birimlerden (işletme sınıfı, fonksiyon, bölme, meşcere ve bölmecik) meydana gelmektedir. Modelde, ekosistemin en küçük parçası olan bölmecikler temel üretim birimi olarak değerlendirilmektedir. Konumsal simülasyonun *planlama stratejilerinin belirlenmesi* aşamasında, karar verici veya kullanıcı tarafından bir takım veri girişine bağlı olarak planlama stratejileri geliştirilir. Bu amaçla öncelikle planlama yörüngesi (simülasyon süresi) ve periyot uzunlukları belirlenmektedir. Böylece orman ekosistemine ne kadarlık bir süre için dinamik yapısının tahmin edilmesinin

istenildiği belirlenir.

Müdahale türü ve sınırlarının seçimi yapılır. Müdahaleler, orman amenajmanında büyüme ve hasılatı (ürün ve hizmet üretimi) tetikleyici bir mekanizma görevi üstlenmektedir. Bu aşamada, öncelikle, karar verici tarafından, planlama birimini oluşturan işletme sınıfları, orman fonksiyonları, ağaç türleri, meşcere tipleri, koruma durumu, topografik yapı, bonitet ve idare süresi gibi parametrelere bağlı olarak analiz alanları belirlenir. Daha sonra her bir analiz alanına tahsis edilecek silvikültürel müdahale rejimleri ortaya konulur. Silvikültürel müdahale rejimleri, herhangi bir analiz alanına zamansal olarak uygulanacak silvikültürel müdahale dizinleridir. *Geçişler belirlenir.* Orman ekosistem parçaları (analiz alanları) uygulanan doğal veya silvikültürel müdahaleye bağlı olarak bir takım değişimlere maruz kalmaktadır.

Simülasyonun bu aşamasında, üretim birimlerine (bölmecikler) uygulanacak silvikültürel veya doğal müdahalelere göre, mevcut analiz alanının müdahaleden sonra geçeceği yeni/hedef ağaç türü veya meşcere tipleri belirlenmektedir.

Simülasyon modellerinin en önemli aşamalarından biri olan *kurallar ortaya konulur*. Burada, orman ekosistemini oluşturan üretim birimlerine (meşcere veya bölmecik) uygulanacak silvikültürel müdahalelerin kesim öncelikleri belirlenmektedir. Genellikle simülasyon modellerinde kullanılmakta olan dört önemli kesim önceliği kuralı vardır. Bunlar; a) en yaşlı meşcerelerin öne alındığı kesim önceliği kuralı, b) birim alan üretiminin en fazla olduğu meşcerelerin öne alındığı kesim önceliği kuralı, c) en düşük artımlı meşcerelerin öne alındığı kesim önceliği kuralı ve d) en fazla artım kaybının olduğu meşcerelerin kesim önceliği kuralıdır.

Kesim önceliği kuralı simülasyon tabanlı orman amenajmanı planlamasında oldukça önemlidir. Örnek olarak genç yaşlarda (40-50 yıl) meşcereler hızlı bir şekilde büyümelerine devam ederken, ileri yaşlarda (100-120 yıl) meşcerelerin büyümesi yavaştır. Bu nedenle, en yavaş büyüyen yani artım hızı azalan meşcereler öncelikle kesime alınmaktadır. Bu önceliği uygun bir şekilde seçmek için model, meşcerelerin birim alandaki hacimleri ile gelecek periyotta tahmin edilen birim alandaki hacimlerini karşılaştırır.

Daha sonra model meşcereleri artımlarına göre sıralar ve en az büyüme oranına sahip meşcerelere müdahale eder. Simülasyon modelinin bir diğer aşamasında, *işletme amaç ve koruma hedefleri* belirlenir. Burada planlayıcı tarafından, söz konusu orman ekosisteminden zamana bağlı olarak ulaşılmak istenen hedefler ortaya konulur. En yüksek odun üretimi, eşit yada dalgalı alan ve eta kontrolü gibi orman ekosistemini düzenleyici hedeflerin ortaya konulması örnek olarak verilebilir.

Eğer varsa *yardımcı modeller* planlama modeline dahil edilir. Bu aşamada, kullanılacak hasılat tablosunun seçilmesi, odun ürünü çeşitleri tablosunun seçilmesi, odun üretimine yönelik ekonomik verilerin girilmesi, karbon depolama, su üretimi veya diğer orman fonksiyonlarının sayısal olarak

modele yansıtılmasını sağlayan modellerin seçimi veya gerekli veri ve bilgilerin girilmesi gerçekleştirilmektedir. Diğer önemli bir aşama *konumsal parametrelerin ve parçalılık indekslerinin* belirlenmesidir. Orman ekosisteminin konumsal yapısının kontrolü için, konumsal parametre ve parçalılık indekslerinin tanımlanması gerekmektedir. Gençleştirme alanlarının konumsal dağılımını belirleyen kesim bloğu ve açma alanı ile ilgili olan kısıtlamalar ile diğer orman alanlarının zamansal olarak kontrolünü sağlayan parçalılık indeksleri tanımlanmaktadır. Son olarak simülasyon modeli oluşturulur. Belirlenen plan stratejisine bağlı olarak her bir bölmecik periyodik olarak müdahale kuralına göre sıralanır. Daha sonra, bu sıralama dikkate alınarak ve konumsal parametreler (açma ve blok alanı) sağlanması şartıyla simülasyon modeli çalıştırılır. Analiz alanlarına müdahale edilirken tüm meşcereler öncelikle bakım müdahalesine alınmakta, daha sonra bu bölmecikler eta ya da alan kısıtını dolduracak şekilde gençleştirme müdahalesine tabi tutulmaktadır. Müdahaleler karar verici tarafından belirlenen hedeflere ulaşıldığında son bulur. Belirlenen hedefe ulaşılmaması durumunda kesim önceliği kuralı veya hedef değerlerinde değişiklik yapılır. Belirlenen hedefe ulaşamadığı zaman hazırlanan program hata kodu üretmekte ve simülasyonu o periyotta durdurmaktadır. Her bir bölmecik, değişik silvikültürel müdahale rejimlerine maruz kalmakta ve zamana bağlı olarak yapı ve kuruluşu (yaş, servet, atım, göğüs yüzeyi, ağaç türü vs) ile hizmet değerleri (karbon birikimi, su üretimi, odun üretimi vs) değişmektedir. Gençleştirmeye alınan meşcereler müdahaleden sonra ilk yaş sınıfına geçmekte, bakıma alınan meşcereler ise bir üst yaş sınıfına geçmektedir. Bu şekilde ilk plan periyodundaki müdahale işlemi tamamlanmakta, ardışık olarak bu işlemler simülasyon süresi bitinceye kadar ya da hedefleri sağlayamadığında kendiliğinden duruncaya kadar devam etmektedir. Kesim ve bakım periyotlarında meşcerelerden elde edilen her türlü çıktılar aynı zamanda planlama stratejilerinin çözümü sonucunda orman ekosisteminden elde edilen ürün (eta, NBD) ve hizmet (karbon birikimi)

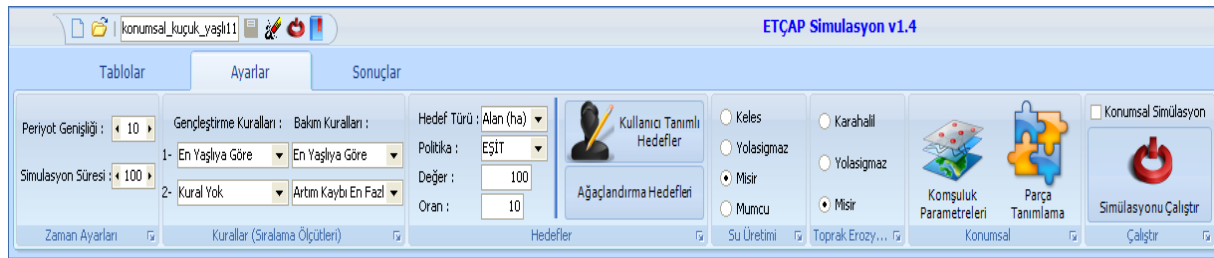
değerlerini göstermektedir. Performans göstergelerinin oluşturulması aşaması modelin son aşaması olup performans göstergeleri olarak adlandırılan raporların sunulmasıdır. Model, karar vericilerin isteklerine bağlı olarak en küçük müdahale alanından tüm ekosistem düzeyine kadar çok sayıda çıktıları analiz etmek ve sunma imkânı sağlar. Performans göstergeleri, grafik, tablo, metin ve harita formatlarında üretilebilir.

Uygulama alanı

Bu makale kapsamında konumsal simülasyon modeli Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Göle Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Uğurlu Planlama biriminde uygulanmıştır. Planlama biriminin yükseltisi 1800 metreden başlayıp 2785

metreye kadar çıkmaktadır. Planlama biriminde ormanlık alanların ortalama eğimi %33 olup, tüm alanın ortalama eğimi ise %22 civarındadır. Uğurlu planlama birimi 44356,5 hektar olup alanın sadece % 17,98'i (7978 ha) ormanlık alandır ve bu alanın çoğunluğu saf Sarıçam meşcerelerinden oluşmaktadır.

Uğurlu Planlama Biriminin işletme sınıfları itibarıyla alan, toplam ağaç serveti ve artımı Tablo 1' de, meşcere tiplerinin alan ve bölmecik sayısı dağılımı ise Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 3'de ise alanda bulunan bölmeciklerin parça büyüklüklerine göre sayı ve alan olarak dağılımı verilmiştir. Çalışma alanının, yaş sınıfları dağılımı incelendiğinde alanın büyük miktarda idare süresini doldurduğu görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 2. ETÇAP Konumsal Simülasyon modeli ayarları ekranı (Kadıoğulları, 2009)

Tablo 1. Uğurlu planlama birimi toplam alan, ağaç serveti ve artımının işletme sınıflarına dağılımı

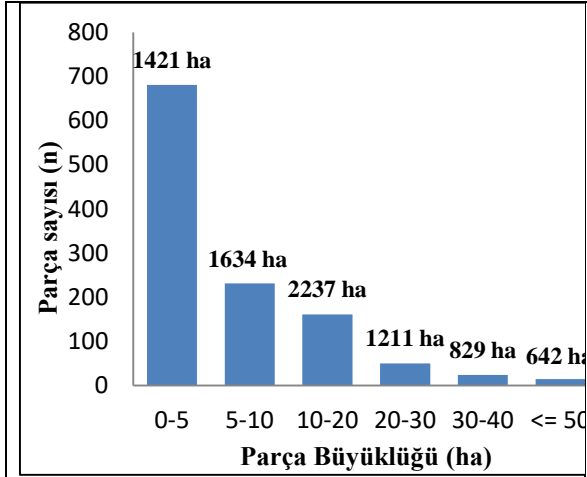
İşletme sınıfı (İşletme Amacı)	Alan (Ha)	Toplam Hacim (m ³)	Toplam Artım (m ³ /yıl)
A-Sarıçam Odun Üretim Ormanı	4987.8	951308	16667
B-Orman Ekosistemini İyileştirme	1204.3	176088	2750
C-Doğa Koruma	409.0	85437	1687
D-Sosyal Baskılı Alanları Koruma	1376.9	261120	4515
Toplam	7978.0	1474043	25619

Tablo 2. Uğurlu planlama birimi meşcere tipleri alan ve bölmecik sayısı

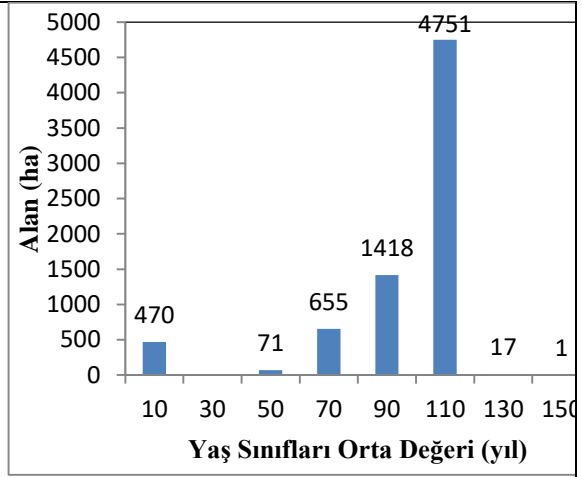
Meşcere Tipleri	Alan (ha)	Bölmecik sayısı
Çs0a	29.4	15
Çsa0	565.2	34
Çsbc2	30.9	3
Çsbc3	8.6	2
Çsc1	42.6	10
Çsc2	91.9	27
Çsc3	296.0	30
Çscd1	1260.2	232
Çscd2	2893.6	317

Tablo 2. Devamı

Çscd3	348.5	44
Çsd1	1219.3	182
Çsd1/a	249.0	28
Çsd2	447.3	72
Çsd2/a	15.8	1
Çsd3	6.1	3
BÇs	359.0	130
BKv	111.9	31
Toplam	7978.0	1161



Şekil 3. Bölmeciklerin parça büyüklüklerine göre adet ve alan olarak dağılımı



Şekil 4. Aktüel orman kuruluşunun yaş sınıfları dağılımı

Planlama senaryoları

Simülasyon tabanlı konumsal orman amenajman planlama modeli için öncelikle gerekli her türlü verilerin modele girilmesi gereklidir. Bunlar hasılat tablosu, odun ürün çeşitleri tablosu, karbon birikimi tablosu, silvikültürel müdahaleler ve sınırlar tablosu, komşuluk tablosu, ekonomik veriler tablosu, aktüel orman verilerinin yer aldığı bölmecik listesi gibi veri tabanlarından oluşmaktadır. Bu verilere ilave olarak, simülasyon modelinin konumsal parametre tablosu, zaman ayarları, kurallar ve hedeflerin de yapılacak değişikliklerle birlikte çok sayıda plan senaryoları geliştirilebilmektedir. Bu senaryolara bağlı olarak, farklı konumsal özelliklerin orman ekosisteminin dinamik yapısına etkisi izlenebilmekte ve en iyi konumsal plan seçeneğine bu senaryoları değerlendirmek suretiyle erişilebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında aşağıda ayrıntıları verilen simülasyon modeli özellikleri kullanılmak suretiyle temel bir simülasyon

senaryosu oluşturulmuştur (A1). Bu senaryoda kesinlikle hiçbir konumsal kısıt kullanılmamıştır. Simülasyon modelinin temel özellikleri:

- Uğurlu planlama birimine ait bölmecik tablosu (aktüel orman verileri) kullanılmıştır.
- Sarıçam ağaç türü için geliştirilmiş hasılat tablosu kullanılmıştır. Yine sarıçam ağaç türü için meşcere orta çapına göre geliştirilmiş odun ürün çeşitleri tablosu kullanılmıştır.
- Periyot genişliği 20 yıl, simülasyon süresi 120 yıl alınmıştır.
- Simülasyon senaryosunun basit ve sade olması için silvikültürel müdahaleler tüm işletme sınıflarında aynı önerilmiştir. Tüm işletme sınıflarında konumsal planın oluşturduğu parçalılık ve blok /açma alanları daha iyi analiz etmek amacıyla aynı idare süresi ile işletilmiştir. Minimum ve maksimum kesim yaşları sırasıyla 100 ve 180 olarak belirlenmiştir. 40, 50, 60 ve 70

yaşlarında olmak üzere dikili servetin %5'i bakım etası olarak öngörülmüştür (periyot ortası değerleri).

- Bölmeçiklerin gençleştirildikten sonra yine aynı ağaç türü ve aynı bonitet ile devam edeceği varsayılmıştır.
- Ekonomik verilerin hesaplanmasında iskonto oranı %3 olarak kararlaştırılmıştır.
- Karbon birikiminin hesaplanmasında Asan vd (2002) tarafından ibrelili ağaç türleri için belirlenen biokütle dönüşüm faktörleri kullanılmıştır. Odun ürünlerinden meydana gelecek karbon emisyonu miktarlarının hesaplanması için yıllık ayrışma oranları olarak tomruk için 0.03, maden direği için 0.05, sanayi odunu için 0.08 ve yakacak

odun için 1 ve kök için ise 0.05 olarak öngörülmüştür.

- Gençleştirme ve bakım kesim kuralı olarak "en yaşlı meşcerelerin kesilmesi" kararlaştırılmıştır.

Çok sayıda alternatif senaryo oluşturulabilmesine rağmen burada örnek olması açısından konumsal özellikleri dikkate alınmayan bir temel simülasyon senaryosu (A1) ile bu senaryoya farklı konumsal parametre özellikleri değiştirilmek suretiyle üç farklı senaryo (A2, A3 ve A4) üretilmiştir (Tablo 3). Tüm planlama senaryolarında, her periyotta 1300 ha gençleştirmeye alınacağı ve bu değerden %10 sapma olabileceği varsayılmıştır.

Tablo 3. Planlama senaryoları

Senaryo No	Yakınlık mesafesi (metre)	Minimum kesim bloğu (ha)	Hedef kesim bloğu (ha)	Komşuluk mesafesi (metre)	Erteleme Süresi (periyot)	Maksimum açma alanı (ha)
A1	-					
A2	0	5	50	0	0	0
A3	0	5	50	0	0	200
A4	0	5	50	0	1	400

Bulgular

Simülasyon tabanlı konumsal planlama modeli sonucunda, tüm konumsal simülasyon senaryoları birlikte değerlendirilmiş ve sonuçları grafik, tablo ve harita formatlarında sunulmuştur. A1 senaryosuna (temel senaryo) ilişkin, orman ekosistemi bazında simülasyon süresi boyunca elde edilen eta miktarları, ağaç sayısı, dikili servet ve bakım-geçleştirme alanı miktarları Şekil 5'te verilmiştir. Grafikler incelendiğinde göze çarpan toplam eta ve dikili servet gibi parametrelerdeki son periyottaki belirgin artışın nedeni, aktüel durumda çoğunluğu 1 kapalı olan meşcerelerin gençleştirme müdahalesinden sonra ve aynı zamanda Çsa0 tipindeki meşcerelerin hasılat tablosuna göre büyütülmesi nedeniyle bu meşcerelerin son periyotta gençleştirilmesi nedeniyle oluşmaktadır.

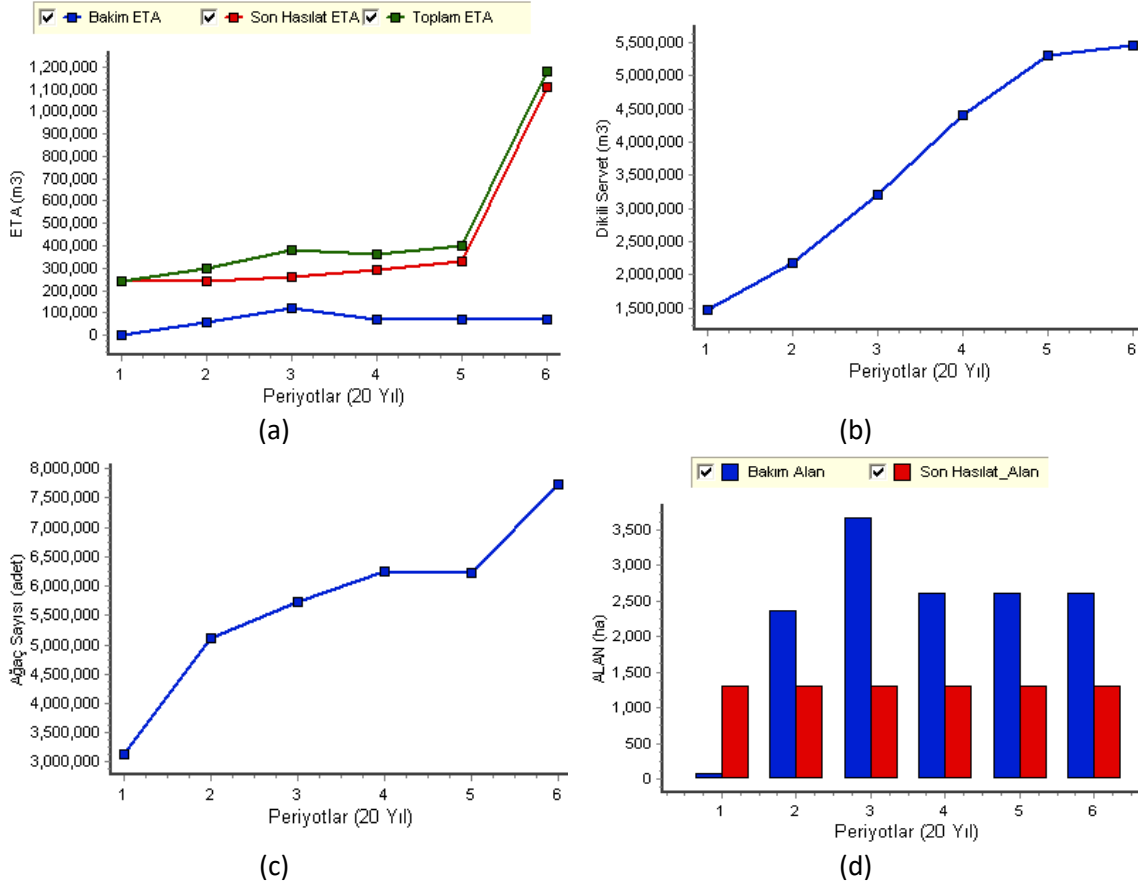
A1 planlama senaryosunda, planlama biriminin belirli periyotlardaki yaş sınıfları dağılımı incelendiğinde, planlama yörüngesi sonunda eşit yaş sınıfı dağılımının sağlandığı görülmüştür. Bunun nedeni planlama senaryosunda, her bir periyotta optimal

periyodik alan (OPA) miktarı kadar (1300 ha) gençleştirme alanının belirlenmesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 6).

Uğurlu planlama biriminde uygulanan dört farklı planlama senaryosu birlikte değerlendirdiğinde, her bir periyottaki toplam eta miktarlarının, toplam ağaç sayısındaki ve karbon birikiminde meydana gelen değişim analiz edilmiştir. Toplam eta miktarlarının seyri ve karbon birikimi değerleri arasında fazla fark olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7a ve 7b). Ağaç sayısı gidişatında ise A1 senaryosunun başlangıçta az, daha sonra daha fazla ağaç sayısı miktarına ulaştığı görülmektedir (Şekil 7c). Tüm senaryolarda benzer eta miktarları elde edilmesine rağmen, gençleştirme alanlarının harita üzerindeki konumsal dağılımları incelendiğinde farklılıklar hemen göze çarpmaktadır (Şekil 8-11). Bu haritalar incelendiğinde, kesim periyotlarını gösteren renklerin hedeflenen kesim bloğu büyüklüğü ve açma alanı kuralını sağlamak amacıyla konumsal olarak değiştiği görülmektedir. Haritaya aktarılan veriler incelendiğinde, A1 simülasyon senaryosunda 146 adet (406 ha) bölmeçiğe, A2 senaryosunda 187 adet (521

ha) bölmeçiğe, A3 senaryosunda 183 adet (549 ha) bölmeçiğe ve A4 senaryosunda ise 184 adet (436 ha) bölmeçiğe gençleştirme müdahalesi yapılmadığı görülmektedir. Bu veriler incelendiğinde, konumsal özellikleri yerine getirebilmek amacıyla bölmeciklerin

bazılarının son hasılat kesimine alınmadığı görülmektedir. Senaryoların oluşturulması aşamasında, birçok konumsal parametre denenmiş ancak simülasyon modeli bir koşulu yerine getiremediği anda modeli durdurmuştur.



Şekil 5. Planlama birimi düzeyinde A1 senaryosuna göre gerçekleşen a) ara ve son hasılat eta miktarları b) dikili servet c) ağaç sayısı d) gençleştirme ve bakım alanları

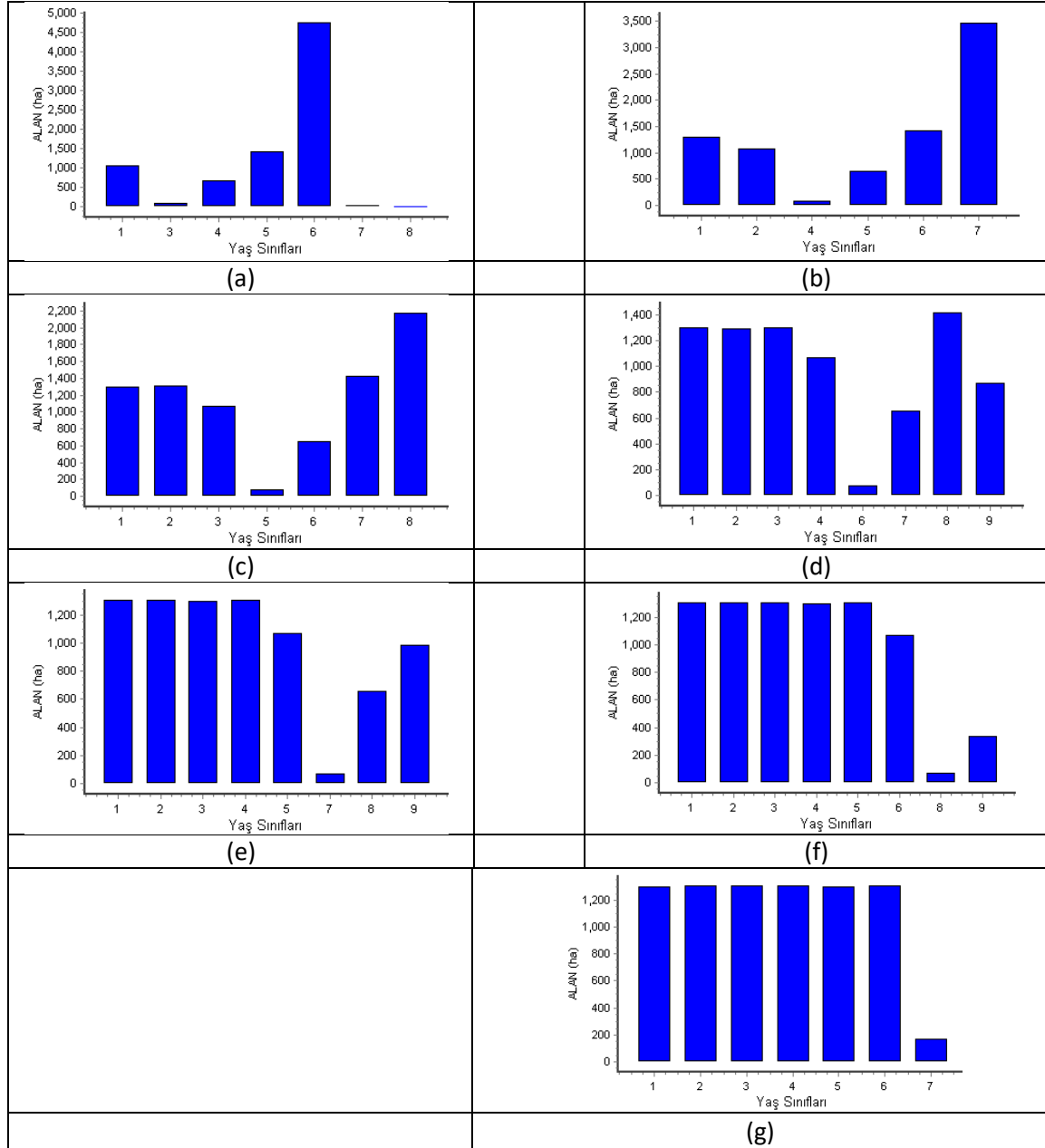
Belirlenen parça tanımına uygun olarak, parçalılık indeksleri planlama yörüngesi boyunca tüm senaryolar için hesaplanmıştır. A1, A3 ve A4 senaryolarına ait arazi bazındaki parça sayısı değerlerinin değişimi incelendiğinde, konumsal özellik ihtiva etmeyen A1 senaryosunda parça sayısının düzensiz bir şekilde artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 12a). Benzer şekilde, en büyük parça indeksi değerinde meydana gelen değişim incelendiğinde, A1 senaryosunda rastgele bir azalma eğrisi görüldüğü, diğer A3 ve A4 senaryolarında ise belirlenen açma ve blok alanı değerlerine bağlı olarak düzenli bir azalma olduğu gözlenmiştir (Şekil 12b). Orman

ekosisteminde yer alan orman parçalarının büyüklük olarak dağılımları ve ortalama parça büyüklüğü önemli parçalılık indeksleri arasında yer almaktadır. Bu indeksin planlama yörüngesi boyunca değişimi incelendiğinde, A1 senaryosunda çok düzensiz bir değişim olduğu, buna karşın A3 ve A4 senaryolarında ise belirlenen kesim bloğu büyüklüğü ve açma alanı değerlerine göre daha ortalama parça büyüklüğünün değiştiği gözlenmiştir (Şekil 12c).

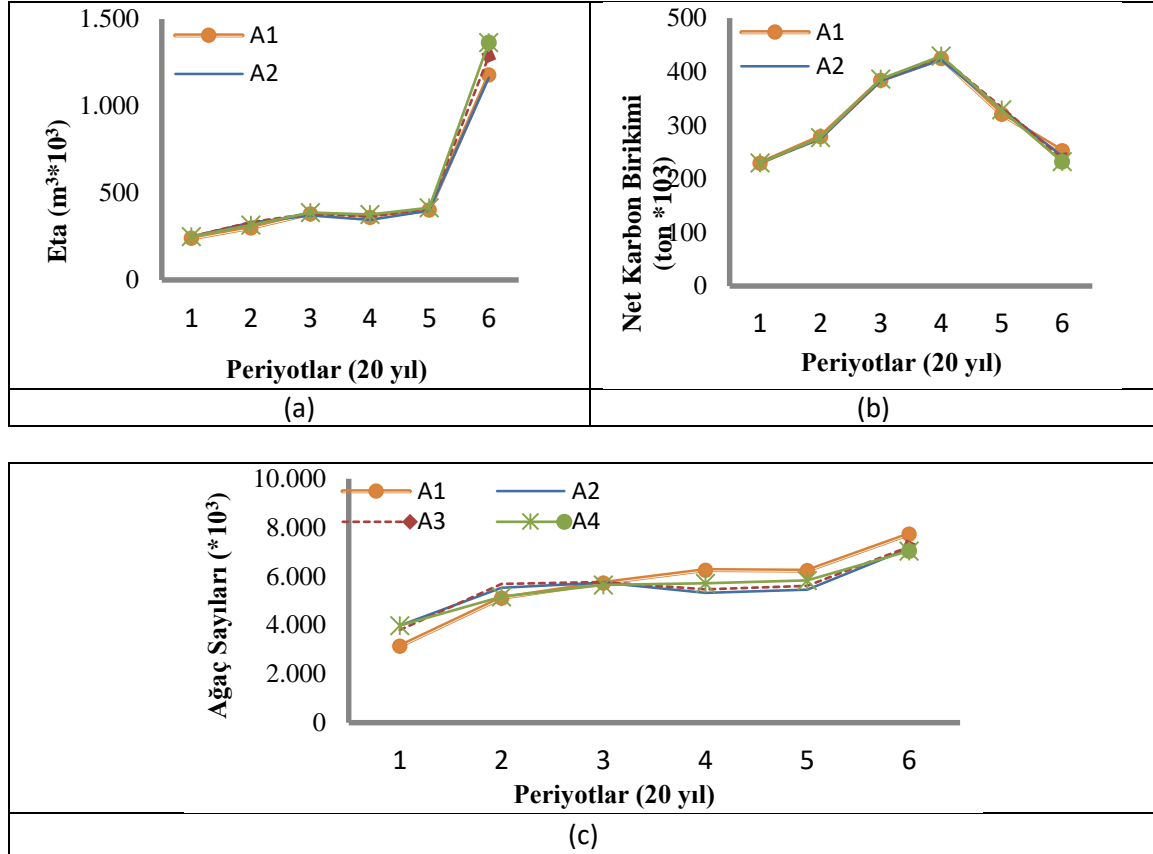
Ayrıca, belirlenen parça tanımlarına göre sınıf bazında tüm parçalılık indeksleri planlama yörüngesi boyunca izlenmektedir. A3 ve A4 senaryoları uyarınca, sınıf alanı ve ortalama parça büyüklüğü değerleri planlama

yörüngesi boyunca analiz edilmiştir. Aktüel orman kuruluşunda yaş sınıflarında çok farklı olan sınıf alanı değeri planlama yörüngesi sonunda daha eşit bir yaş sınıfı alan dağılımı oluşturmuştur (Tablo 4). Aktüel durumda yaş sınıfları bazında çok farklı olan ortalama

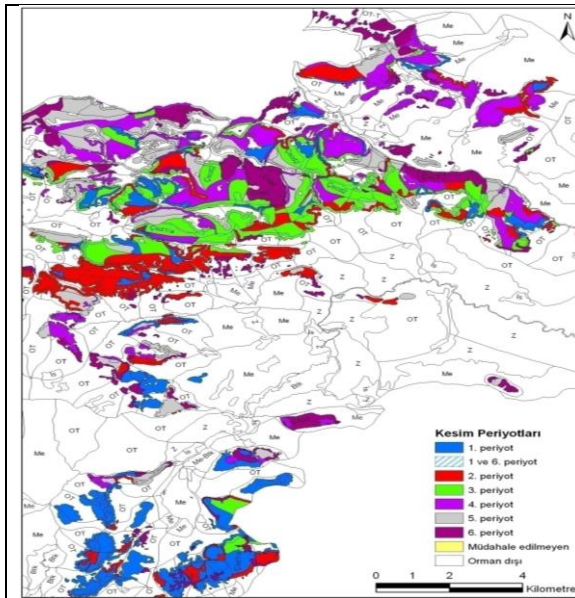
parça büyüklüğü değeri planlama yörüngesi sonunda belirlenen açma ve kesim bloğu alan değerleri ile daha düzenli bir dağılım göstermiştir (Tablo 5).



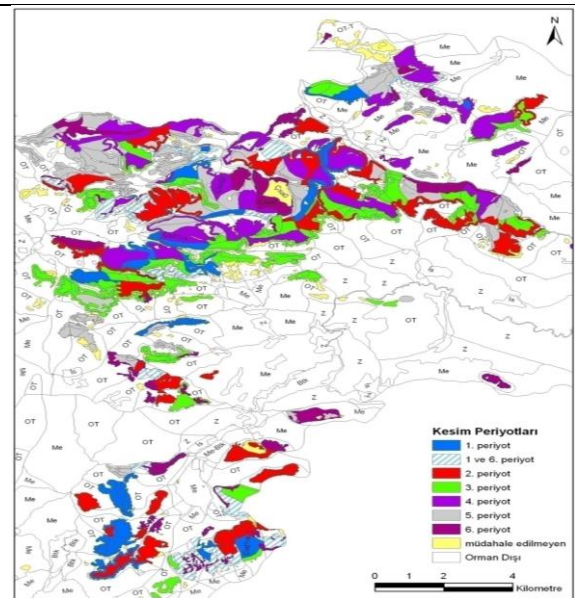
Şekil 6. A1 planlama senaryosu sonucunda, orman ekosisteminin a) başlangıç durumundaki b) 20 yıl sonraki c) 40 yıl sonraki d) 60 yıl sonraki e) 80 yıl sonraki f) 100 yıl sonraki, g) planlama yörüngesi sonundaki yaş sınıfları dağılımı (120 yıl)



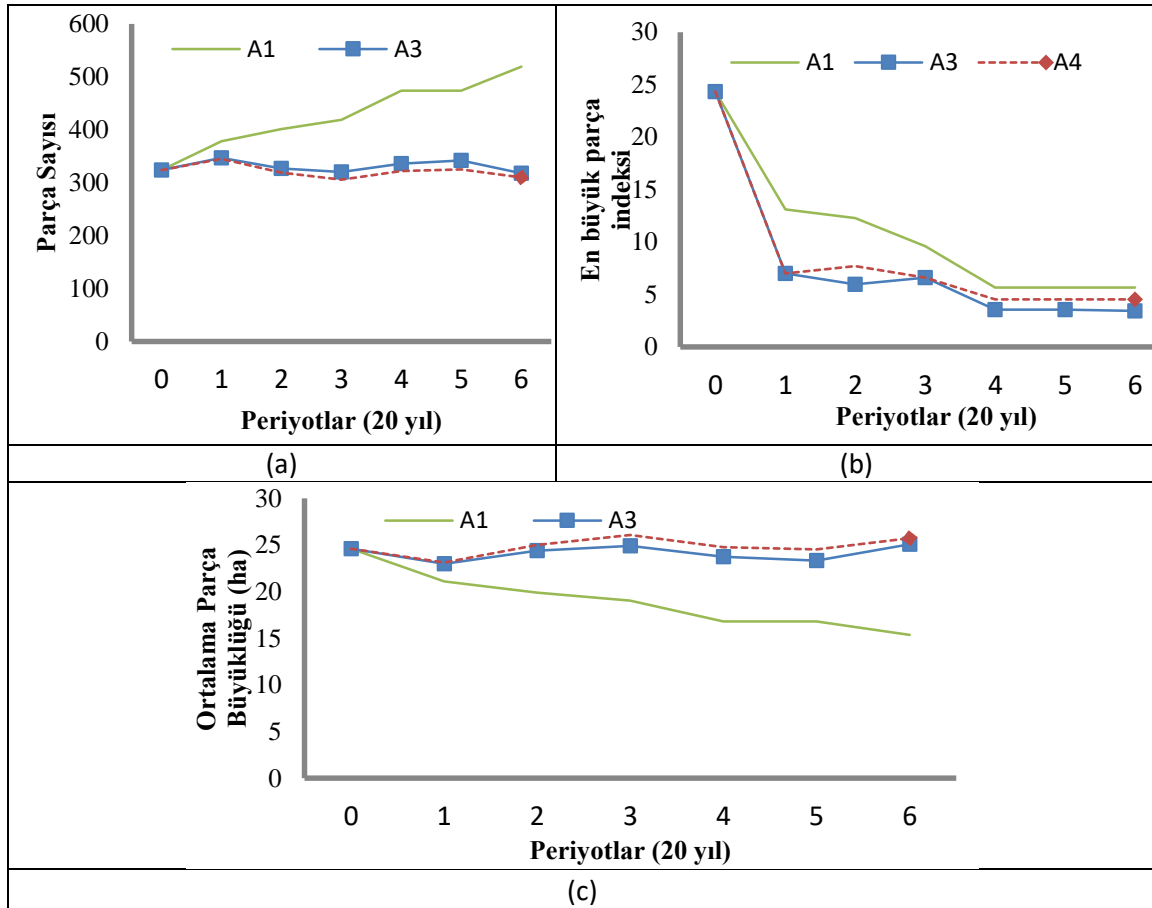
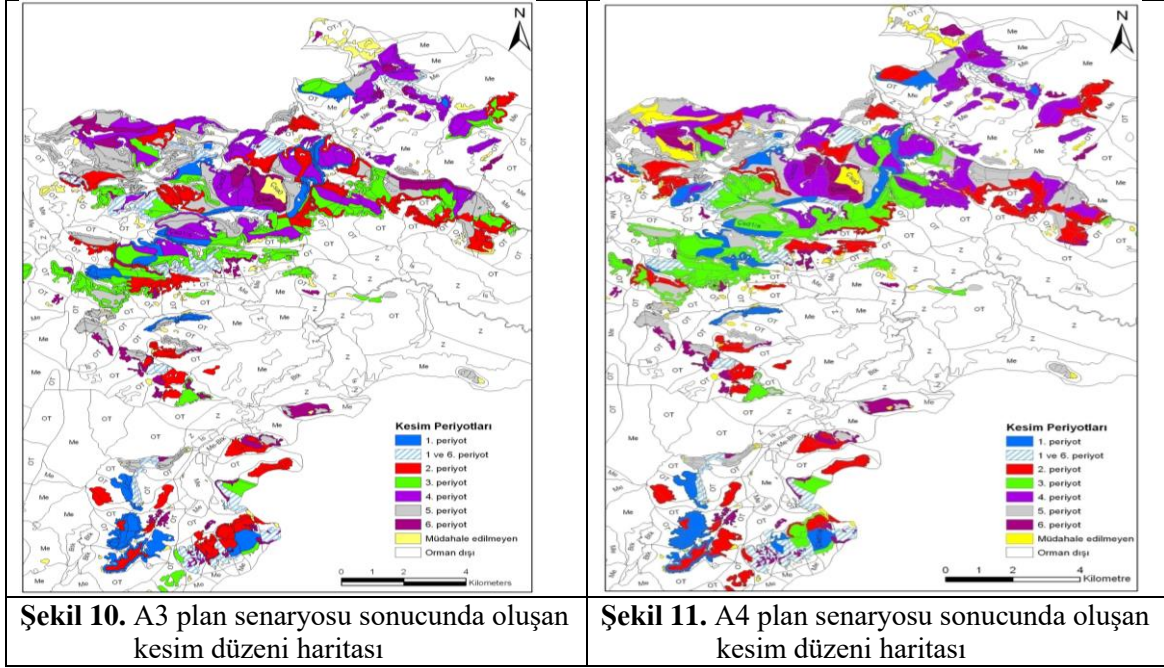
Şekil 7. Farklı planlama senaryolarının a) periyodik olarak toplam eta miktarları b) periyodik olarak toplam net karbon birikimi c) periyodik olarak toplam ağaç sayısı



Şekil 8. A1 plan senaryosu sonucunda oluşan kesim düzeni haritası



Şekil 9. A2 plan senaryosu sonucunda oluşan kesim düzeni haritası



Şekil 12. Planlama yörüngesi boyunca a) parça sayılarının arazi bazında değişimi b) en büyük parça indeksinin arazi bazında değişimi c) ortalama parça büyüklüğünün arazi bazında değişimi

Tablo 4. Yaş sınıfları bazında sınıf alanlarının planlama yörüngesi boyunca değişimi (A3 ve A4)

Yaş sınıfları	Başlangıç durumu	Periyotlar (20 yıl)											
		1		2		3		4		5		6	
		A3	A 4	A3	A 4	A3	A 4	A3	A 4	A3	A 4	A3	A 4
0-20	1065.4	1305.4	1304.4	1331.0	1347.9	1316.2	1319.1	1340.0	1337.5	1314.4	1311.5	1331.8	1302.4
21-40		1065.4	1065.4	1305.4	1304.4	1331.0	1347.9	1316.2	1319.1	1340.0	1337.5	1314.4	1311.5
41-60	71.5			1065.4	1065.4	1305.4	1304.4	1331.0	1347.9	1316.2	1319.1	1340.0	1337.5
61-80	653.0	71.5	71.5			1065.4	1065.4	1305.4	1304.4	1331.0	1347.9	1316.2	1319.1
81-100	1417.6	653.0	653.0	71.5	71.5			1065.4	1065.4	1305.4	1304.4	1331.0	1347.9
101-120	4749.9	1417.6	1417.6	653.0	653.0	71.5	71.5			1065.4	1065.4	716.8	727.3
>120	17.9	3462.5	3463.4	3549.1	3533.0	2885.9	2866.9	1617.3	1600.9	302.9	289.4	625.1	629.5

Tablo 5. Yaş sınıfları bazında ortalama parça büyüklüğünün planlama yörüngesi boyunca dağılımı (A3 ve A4)

Yaş sınıfları	Başlangıç durumu	Periyotlar (20 yıl)											
		1		2		3		4		5		6	
		A3	A 4	A3	A 4	A3	A 4	A3	A 4	A3	A 4	A3	A 4
0-20	8.46	65.27	68.65	44.37	38.51	37.60	69.42	51.54	55.73	35.52	31.99	29.60	28.94
21-40		8.46	8.46	65.27	68.65	44.37	38.51	37.60	69.42	51.54	55.73	35.52	31.99
41-60	11.91			8.46	8.46	65.27	68.65	44.37	38.51	37.60	69.42	51.54	55.73
61-80	18.66	11.91	11.91			8.46	8.46	65.27	68.65	44.37	38.51	37.60	69.42
81-100	21.48	18.66	18.66	11.91	11.91			8.46	8.46	65.27	68.65	44.37	38.51
101-120	55.88	21.48	21.48	18.66	18.66	11.91	11.91			8.46	8.46	42.17	34.64
>120	2.98	36.83	37.24	32.26	36.05	28.02	28.39	16.34	16.17	4.45	4.74	4.88	5.04

Tartışma ve Öneriler

Bu makalede, ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama felsefesine dayalı bir konumsal simülasyon modeli tanıtılmış ve örnek bir alanda uygulanmıştır. Model öncelikle, CBS yardımı ile üretilen/türetilen büyük hacimli konumsal verileri (grafik-harita ve öznitelik) işleyebilme ve değerlendirme özelliğine sahiptir. Planlama için gerekli diğer veriler (hasılat tabloları, stratejiler, planlama parametreleri, ürün çeşitleri tabloları vs) yine belirlenen formatta modele veri girdisi olarak dahil edilmiştir. Modüler yapıda tasarlanması ve nesne tabanlı yazılım dili (Delphi) kullanılarak geliştirilmesi nedeniyle model üzerinde her türlü güncelleme ve eklemeler yapılabilmektedir. Konumsal simülasyon modeli, orman ekosistemlerinin uzun vadede orman dinamiğini meşcere (bölmeçik) bazında hesaplamakta, konumsal özellikler parça/sınıf/arazi bazında izlenmekte ve plan çıktıları harita, tablo ve grafik olarak sunulmaktadır. Meşcere parametrelerinin uzun vadeli kestirimi, modelde bir büyüme

alt modeli olarak yer almakta olup meşcerelere uygulanan silvikültürel müdahaleler kapsamında meşcerelerin büyüme yapısı ve şekli, aktüel meşcere verilerinin optimal meşcere verileri ile ikili karşılaştırılması ve göğüs yüzeyi ters oranı değerinin kullanılması esasına dayanmaktadır (Kadıoğulları, 2009). Gençleştirmeye alınmış bölmeçiklerin büyümesi ise, ilgili ağaç türü için yetişme ortamı özelliklerine göre (bonitet) daha önce geliştirilen ampirik hasılat tablosuna göre gerçekleşmektedir. Simülasyon modeli, odun üretiminin yanı sıra, diğer orman fonksiyonlarının sunduğu hizmet ve değerleri ile birlikte orman ekosistemindeki konumsal özelliklerin değişimini ve belirlenen parça tanımlarına göre parçalılık indeksi değerlerini de içermektedir.

Kaynaklar

Asan, Ü., Destan, S., Özkan, U.Y. 2002. İstanbul korularının karbon depolama, oksijen üretimi ve toz tutma kapasitesinin kestirilmesi. Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve

Yeni Hedefler Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İstanbul,194–202.

Baskent E.Z., Jordan G.A. 1995. Characterizing Spatial Structure of Forest Landscapes. Canadian Journal of Forest Research, 25, 1830-1849.

Başkent E.Z., Keles S. 2005. Spatial Forest Planning: A Review. Ecological Modelling, 188, 145-173.

Boston K.. ve Bettinger P. 1998. An Analysis of MCIP, Simulated Annealing and Taboo Search Heuristics for Solving Spatial Harvest Scheduling Problems. Forest Science, 45, 292-301.

Daust, D. K. ve Nelson, J. D. 1993. Spatial Reduction Factors for Strata-Based Harvest Schedules. Forest Science, 39, 1, 152-165.

Kadıoğulları A.İ 2009. Orman amenajman planlarının hazırlanmasında konumsal yapının kombine optimizasyon teknikleri ile kontrolü: konumsal planlama. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Lockwood C., Moore, T. 1993. Harvest Scheduling with Spatial Constraints: A Simulated Annealing Approach. Canadian Journal of Forest Research, 23, 468-478.

Temple S.A. 1985. Predicting Impacts of Habitat Fragmentation on Forest Birds: A Comparison of Two Models. In: M.L.M.a.C.J.R.J. Verner, Editor, Wildlife 2000: Modelling Habitat Relationships of Terrestrial Vertebrates, The University of Wisconsin Press, Madison, WI, 301–304.