

Orman Amenajman Planlarının Simülasyon Tabanlı Planlanması: ETÇAPSimülasyon

*Sedat KELEŞ¹, Emin Zeki BAŞKENT², Ali İhsan KADIOĞULLARI²,
Özkan BİNGÖL³

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, 18200, Çankırı

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 61080, Trabzon

³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Enformatik Bölümü, Trabzon

* Sorumlu Yazar: skeles79@gmail.com

Geliş Tarihi: 03.07.2009

Özet

Türkiye’de orman amenajman planlarının yapım süreci, çoğunlukla sezgisel yöntemler ve basit planlama teknikleri ile gerçekleştirilmektedir. Ancak, toplum ormanlardan olan talebinin değişmesi ve artması, sürdürülebilir orman işletmeciliği kavramının gündeme gelmesi, ormancılık politikalarının ve faaliyetlerinin uluslar arası boyut kazanması, bilişim ve teknoloji alanında meydana gelen ilerlemeler, ormanlardan optimal olarak faydalanabilmek için sayısal yöntem ve tekniklerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu noktada, bilişim ve planlama tekniklerini ustalıkla bir araya getiren orman amenajmanı planlama modelleri; planların hazırlanarak alternatiflerin üretilmesi ve orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliğine en uygun seçeneğin kararlaştırılmasını sağlayan araçlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu makalede, ekosistem-tabanlı çok amaçlı planlama anlayışına göre geliştirilmiş bir orman simülasyon modelinin (*ETÇAPSimülasyon*) ilk versiyonu tanıtılacaktır. Daha sonra, *ETÇAPSimülasyon* modelinin örnek bir orman planlama biriminde uygulanmasına yönelik bir planlama senaryosu özellikleri ve sonuçlarıyla birlikte değerlendirilecektir. Prototip olarak geliştirilen simülasyon modelinin, ülkemizde teknik ormancılık uygulamalarında, bilimsel çalışmalarda ve eğitim amaçlı uygulamalarda kullanımı söz konusudur.

Anahtar Kelimeler: Orman amenajmanı; Modelleme Teknikleri; Simülasyon; Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama

Simulation-based Forest Management Planning: ETÇAPOptimizasyon

Abstract

Forest management plans have been prepared with simple formulas and traditional planning techniques in Turkey. However, there is a need to use quantitative modelling techniques because of a number of reasons. Public demands to forest ecosystems have changed and increased, sustainable forest management philosophy has become a current issue in the world, forest management policies and activities have to be considered at international level, and science and technology develop over time. In this context, forest management models including informatics and contemporary planning techniques provide a variety of opportunities for decision makers in preparing forest management plans. This paper presents the first version of *ETÇAPSimülasyon* model developed with the ecosystem-based multiple use forest management planning approach. Later, a case study of *ETÇAPSimülasyon* is conducted in a forest planning unit. This forest simulation model has a great potential in the implementation of contemporary forest management planning process, scientific studies and forestry education.

Keywords: Forest management, Modelling techniques, Simulation, Multiple-use forest planning

Giriş

Günümüzde, ormancılığın uluslar arası boyut kazanması, orman kaynaklarının giderek azalması, orman kaynaklarına olan talebin çeşitlenmesi ve artması, orman ekosistemlerinin sürdürülebilirlik düzeyinde çok amaçlı planlanma zorunluluğu, ormanlardan en uygun yararlanma şeklinin belirlenmesine yönelik karar verme tekniklerine olan ihtiyacı ortaya koymuştur.

1980’li yıllarda kullanılmaya başlanan orman amenajmanı planlama model yazılımları, önceleri basit işletme problemlerine çözüm bulmak için tasarlanırken, son yıllarda geliştirilen sistemler orman ekosistem amenajmanı, sürdürülebilir orman işletmeciliği ve planlaması gibi daha zor ve kapsamlı problemlere ve sorunlara çözüm bulmak için tasarlanmaktadır (Başkent vd., 2001; Reynolds, 2005; Başkent vd., 2008;

Keleş, 2009).

Bu konuda özellikle Kanada, Amerika, Finlandiya, Avustralya ve İsveç gibi ormancılık konusunda gelişmiş ülkelerde orman amenajmanı planlamasına yönelik birçok planlama modeli geliştirilmiş ve halen bu konular üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Geliştirilen bu modeller özellikle karar verme aşamasında (gençleştirme alanları, bakım blokları, ağaçlandırma alanları, gençleştirme ve bakım etası) etkin şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu modeller sadece geliştirildiği ülkenin ormancılık koşulları dikkate alınarak düzenlenmiştir. Her bir ülkenin ormancılık politikaları, mevzuatları, mevcut sosyo-kültürel durumları, topoğrafik yapıları ve planlama ilkeleri birbirinden farklı olduğu için planlama modelleri ülkenin ormancılık şartları esas alınarak tasarlanmakta ve geliştirilmektedir. Bu nedenle, geliştirilen bu modellerin ülkemizdeki planların düzenlenmesinde doğrudan kullanılması mümkün değildir. Sadece gerekli verilerin elde edilip düzenlenmesi sonucu karar verme aşamasında kullanılabileceklerdir (Keleş, 2009).

Gelişmiş ülkelerde orman amenajmanı planlaması alanında yaşanan gelişmelerden hareket ederek, Türkiye de gerek akademik çalışmalarla ve gerekse ormancılık teşkilatındaki çalışmalarla bilişim teknolojileri ve yöneylem araştırması teknikleri etkin şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde orman amenajman plan yapım sürecinde yöneylem araştırması tekniklerinin ilk kullanımı Soykan (1979) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, eşit yaşlı ormanlarda idare sürelerinin optimizasyonunda doğrusal programlama yöntemi, optimal kuruluşların belirlenmesinde de simülasyon yöntemi kullanılmıştır.

Yararlanmanın düzenlenmesinde Kademeli Simülasyon Modeli (KASİMOD), Seçimlik Simülasyon Modeli (SESİMOD) ve Grafikselsel Simülasyon Modeli (GRASİMOD) adı verilen üç adet simülasyon modeli geliştirilmiştir. Köse (1986) tarafından Trabzon Meryemana Araştırma Ormanında MERAPMO 1 (Meryemana Araştırma Ormanı Planlama Modeli 1) ve MERAPMO 2 (Meryemana Araştırma Ormanı Planlama

Modeli 2) olmak üzere iki adet planlama modeli amaç programlama yöntemine göre geliştirilmiştir. Mısır (2001), nesne tabanlı bir programlama tekniği ile hazırlanan yazılımda karar verme tekniklerinden amaç programlama tekniğini kullanarak çok amaçlı bir orman amenajmanı planlama modeli geliştirmiştir. Gümüşhane ili Karanlıkdere planlama biriminde Keleş (2003), orman ekosistemlerinin su üretim fonksiyonunu Karahalil (2003), toprak koruma fonksiyonlarını doğrusal programlama tekniği kullanarak amenajman planlarına yansıtılmışlardır. Yolasığmaz (2004), Artvin planlama birimi ormanlarını ekosistem amenajmanı planlama yaklaşımı ile doğrusal programlama tekniği kullanarak plan senaryoları geliştirmiştir. Son yıllarda ise, GEF-II Doğal Kaynak Yönetimi projesi kapsamında tohumları atılan, BTC Ardahan-Yanlızcım Orman Habitatların İyileştirilmesi projesi ile zenginleşen ve TUBİTAK-KTÜ projesi kapsamında hazırlanan doktora çalışması ile sistem tasarımı gerçekleştirilen Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) kavramı gündeme gelmiştir (Başkent vd. 2008, Başkent 2008, Keles 2009). Ormancılık teşkilatında kullanılan ilk model ise, 1972 yılında Akdeniz Orman Kullanım Projesi kapsamında geliştirilen ve makineli üretime dayalı simülasyon sistemidir. Bir diğer proje, 1998 yılında OGM ile Finlandiya'nın Stora Enso firması arasındaki ortak çalışması olan Orman Kaynakları Bilgi Sistemi (FRIS) projesidir.

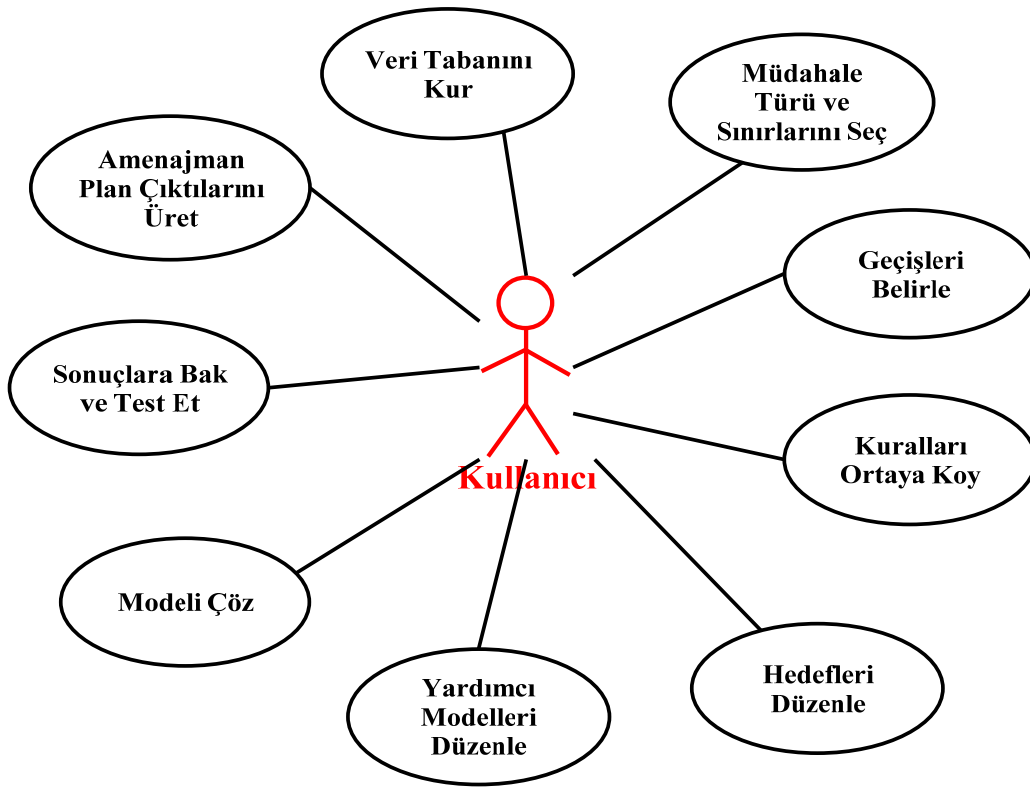
Ülkemizde bilimsel ve uygulama ağırlıklı geliştirilen orman amenajmanı planlama sistemleri ve modellerinin birçok katkılarına rağmen birçok eksiklikleri de görülmektedir. Farklı planlama yaklaşımlarını içermeyen ve sistem tasarımı uzak bu modeller, çok amaçlı planlama kavramını yansıtmamakta, konumsal veri tabanı (CBS) ile tam uyumlu şekilde plan sürecini kapsamamakta, farklı karar verme teknikleri kullanılamamakta, plan sürecinin başından sonuna kadar olan işlem ve aşamaları gerçekleştirilememekte ve mevcut yönetmeliği de pek dikkate almamaktadır. Bu denemelerin çoğu planlama sürecindeki karar verme aşamasına katkı yapmakla birlikte, gerçek anlamda karar vermeyi sağlayabilecek güçlü bir planlama modeli geliştirilememiştir. Bu

kapsamda, Türkiye ormancılığı için geliştirilmiş olan ETÇAP Karar Destek Sistemi içerisinde yer alan, orman simülasyon modeli, *ETÇAPSimülasyon*, kısaca tanıtılacaktır. Örnek bir planlama senaryosu ve sonuçları da yine özetle sunulacaktır.

ETÇAP Simülasyon Modeli

Simülasyon amenajman modelinde temel amaç, belirlenen planlama hedeflerine kısıtlar ve kurallar çerçevesinde sıralı arama (iterasyon) ile ulaşılmasıdır. Başlangıç orman

durumu envanterle belirlenir, her bir meşçerenin büyüme ve artımı hasılat matrisleri ile ortaya konur ve orman her bir adımda (iterasyon) bir periyot yaşlandırılarak belirlenen periyodik hedeflere ulaşmaya çalışılır. Planlama yörüngesi sonuna kadar uygulanan bu iteratif süreç, plan çıktıları ile hedefler arasındaki fark giderilinceye kadar devam ettirilir. Bu anlayışa göre hazırlanan ETÇAPSimülasyon amenajman modelinin kullanım durumları Şekil 1’de görülmektedir.

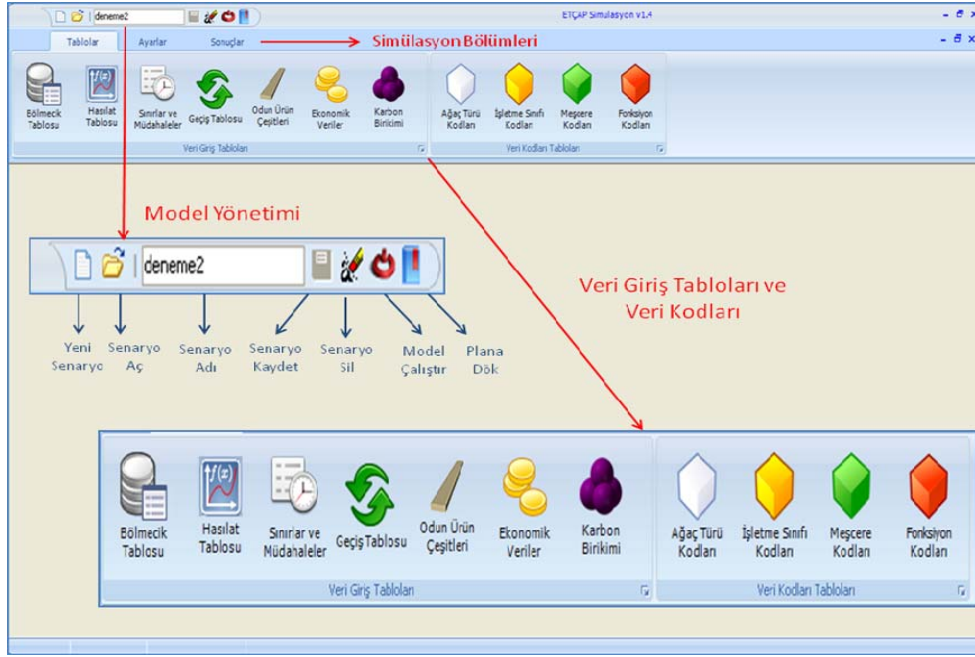


Şekil 1. Simülasyon modeli için mevcut kullanım durumları

Kullanım durumlarının temel amacı, kullanıcı gereksinimlerinin modellenmesi ve sistem ile kullanıcı fonksiyonlarının tanımlanmasında kullanılmaktadır. ETÇAPSimülasyon modelinin başlangıç ana penceresi ise Şekil 2’de verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, Simülasyon modelinde, senaryolarının belirlendiği “Model Yönetimi”, veri tabanlarının oluşturulduğu “Tablolar”, plan parametrelerinin düzenlendiği “Ayarlar” ve herhangi bir plan senaryosunun çözüm sonuçlarının değişik

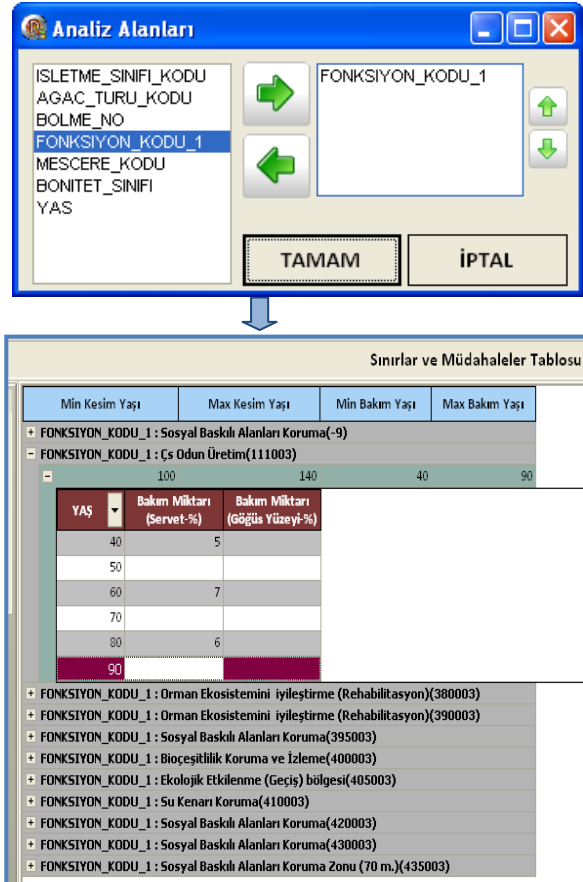
formatlarda izlendiği “Sonuçlar” ana bölümleri yer almaktadır.

ETÇAPSimülasyon modelinde, öncelikle planı yapılacak olan planlama birimine ilişkin veri tabanı kurulmaktadır. Bu aşamada envanter sonucu elde edilen ve meşçerelerin her türlü özelliklerini içeren bölmecik tablosu, hasılat tablolarının sisteme dahil edilmesi, odun ürün çeşitleri tablolarının sisteme eklenmesi gibi bir takım veri ve bilgiler simülasyon modeline eklenerek veri tabanı kurulmaktadır.



Şekil 2. ETÇAP Simülasyon modeli başlangıç penceresi

Daha sonra, planlama birimini oluşturan meşcerelere uygulanacak silvikültürel müdahale rejimleri belirlenir. Bunun için, öncelikle kullanıcı tarafından analiz alanları oluşturulur. Analiz alanları, işletme sınıfı, orman fonksiyonu, ağaç türü, meşcere tipi, bonitet, yaş gibi simülasyon modelinde yer alan parametrelere göre kullanıcı tarafından oluşturulmaktadır. Bir analiz alanı bir işletme sınıfı olabileceği gibi, bir orman fonksiyonu içindeki meşcere tipleri veya tek bir meşcere de olabilir. Bu şekilde çok sayıda analiz alanlarının oluşturulması mümkün olabilmektedir. Daha sonra kullanıcı, tanımlanmış olduğu analiz alanlarına, yine kendisi tarafından belirlemiş olduğu silvikültürel müdahale rejimini tahsis edebilmektedir. Örneğin Şekil 3'de analiz alanı olarak orman fonksiyonları belirlenmiş ve her bir fonksiyon için bir silvikültürel müdahale rejimi tanımlanmıştır. Bir silvikültürel müdahale rejimi ise, farklı gençleştirme ve bakım dizilerinden meydana gelmektedir. Geçişlerin (Keleş, 2008; Keleş vd., 2009) belirlenmesi aşamasında, kullanıcı tarafından, meşcerelere yapılan müdahalelere bağlı olarak meşcerelerin geçeceği yeni hedef meşcere tipleri ve bonitetleri belirlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Analiz alanları ve silvikültürel müdahaleleri tanımlama penceresi

Geçiş Tablosu					
Müdahaleden Önceki Durumu			Müdahaleden Sonraki Durumu		
Ağaç Türü	Bonitet	Müdahale Türü	Ağaç Türü	Bonitet	Geçiş Oranı
Sarıçam		2 ● Bakım ○ Gençleştirme	Sarıçam		2 100
Sarıçam		3 ● Bakım ○ Gençleştirme	Sarıçam		3 100
Sarıçam		4 ● Bakım ○ Gençleştirme	Sarıçam		4 100
Sarıçam		5 ● Bakım ○ Gençleştirme	Sarıçam		5 100
Sarıçam		5 ● Bakım ● Gençleştirme	Sarıçam		5 100

Şekil 4. Geçişleri düzenleme penceresi

Kullanıcı bir sonraki aşamada, simülasyon zaman ayarlarını gerçekleştirmektedir. Bunun için periyot genişliği (5 ve 5'in katları olacak şekilde) ve planlama yörüngesi uzunluklarını girmektedir. Simülasyon modellerinin en önemli bileşenleri kurallar ve hedeflerin ortaya konulmasıdır. Kullanıcı öncelikle, meşcerelerin gençleştirme ve bakıma alınma önceliklerini (sıralama ölçütlerini) ortaya koymak zorundadır. Aksi takdirde simülasyon modeli meşcereleri rastgele bakım veya gençleştirmeye alacaktır. Gençleştirme ve bakım için mevcut sıralama ölçütleri veya kesim-bakım öncelikleri dört adettir. Kullanıcı hem gençleştirme hem de bakım kesimleri için, bir veya iki öncelik tahsis edebilmektedir (Şekil 5).

Gençleştirme Kuralları :	Bakım Kuralları :
1- En Yaşlıya Göre	En Yaşlıya Göre
2- Kural Yok	Kural Yok

KURAL_ADI

Kural Yok

En Yaşlıya Göre

Birim Alan Üretimi En Fazla Olan

En Düşük Artımlı

Artım Kaybı En Fazla Olan

Şekil 5. Gençleştirme ve bakım kesim kuralları düzenleme penceresi

Hedeflerin düzenlenmesi aşamasında, kullanıcı tarafından, alan ve hacim

kontrolüne dayalı hedefler ve politikalar belirlenmektedir. Kullanıcı öncelikle hedef türlerinden bir tanesini seçer. Daha sonra seçtiği hedef türüne göre bir politika hedefi (örneğin eta hedefi seçmiş ise eşit eta, dalgalı eta, giderek artan eta politikası veya kullanıcı tanımlı eta politikaları gibi) ortaya koyar (Şekil 6).

Hedef Türü : ETA (m3)

Politika : HEDE...

Değer : Alan (ha)

Oran : ETA (m3)

Hedef Yok

Kullanıcı Tanı

Hedef Türü : ETA (m3)

Politika : ESİT

Değer : POLİTİKA...

Oran : EŞİT

ARTAN

DALGALI

↔

↓

Hedef Türü : ETA (m3)

Politika : DALGALI

Değer : 100000

Oran : 5

Aktüel Toplam Yıllık Artım = 17859.68 m3

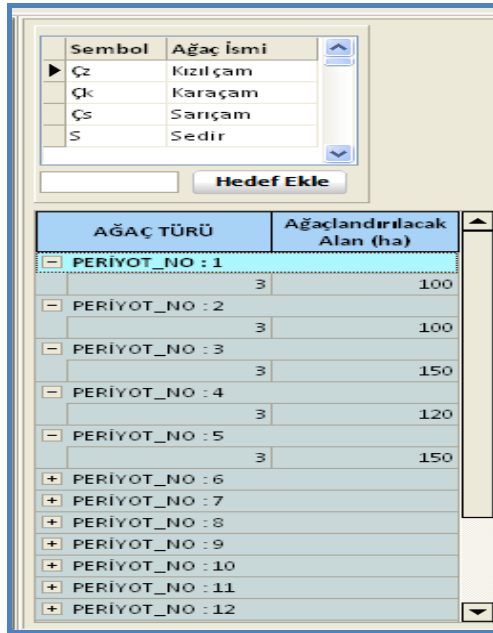
Hedefler

Şekil 6. Hedefleri düzenleme penceresi

Bununla birlikte kullanıcı, periyotlara bağlı otomatik olarak değil de, her bir periyot için isteklerine göre alan veya eta hedefleri girmesi mümkündür. Benzer şekilde kullanıcı her bir periyotta ne kadarlık bir alanı hangi ağaç türüyle ağaçlandırmak istiyorsa, bu hedeflerini, ağaçlandırma hedefleri ekranı yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 7).

ETÇAPSimülasyon modelinde, odun

üretimi fonksiyonu yanında, orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu karbon depolama, oksijen üretimi, su üretimi ve toprak erozyonu fonksiyonları da bulunmaktadır. Karbon birikimi modeli için, her bir ağaç türüne göre aktüel servet ve etalarına dayalı olarak karbon birikimini hesaplamaya yönelik parametrelere ilişkin veri girişi ETÇAPSimülasyon modelinin “Tablolar” bölümünde yer alan Karbon Birikimi Tablosu aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Oksijen üretimi ise doğrudan karbon birikimi ile bağlantılı bir fonksiyon olup, simülasyon modeli tarafından eş zamanlı olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 7. Ağaçlandırma hedefleri düzenleme penceresi

Su üretimi ve toprak erozyonu miktarlarının hesaplanması için ise, Türkiye'nin belirli bölgelerinde yapılmış çalışmalar neticesinde elde edilen modeller ETÇAPSimülasyon modeline dahil edilmiştir. Su üretimi modelleri; Gümüşhane Karanlıkdere Planlama Birimi (Keleş, 2003), Trabzon Maçka Ormanüstü Planlama Birimi (Mısır, 2001), Artvin Merkez Planlama Birimi (Yolaşğmaz, 2004) ve Ardahan Yalnızçam Planlama Birimi (Mumcu, 2007) için geliştirilmiş modeller kullanılmıştır. Toprak erozyonu modelleri olarak;

Gümüşhane Karanlıkdere Planlama Birimi (Karahalil, 2003), Trabzon Maçka Ormanüstü Planlama Birimi (Mısır, 2001), Artvin Merkez Planlama Birimi (Yolaşğmaz, 2004) için geliştirilmiş modeller kullanılmıştır. Bununla birlikte, ilerde farklı yöreler veya bölgeler için geliştirilmesi söz konusu olabilecek modeller, ETÇAPSimülasyon modelinin modülerlik yapısı sayesinde, kolaylıkla simülasyon modeline dahil edilecektir. Kullanıcı planını yapmak istediği planlama birimi için yukarıda verilen su üretimi ve toprak erozyonu modellerinden birini seçerek, ormanın su üretimi ve toprak erozyonu miktarlarını zamana bağlı olarak tahmin edebilmektedir.

ETÇAPSimülasyon modelinde bir simülasyon senaryosuna ilişkin her türlü veri ve bilgiler ilgili veri giriş tablolarına girilip, gerekli simülasyon ayarları yapıldıktan sonra, model koşturulur.

ETÇAPSimülasyon Modelinin Uygulaması

Bu makalede ETÇAPSimülasyon modelinin, daha önce arazi çalışmaları yapılmak suretiyle her türlü veri ve bilgileri elde edilen ve sarıçam meşcerelerinden oluşan Ardahan Yalnızçam Planlama Biriminde (Keleş, 2008) uygulanmasına ilişkin tek bir planlama senaryosunun özellikleri ve sonuçları ortaya konulacaktır. ETÇAPSimülasyon modeli yardımıyla, çok sayıda alternatif senaryo geliştirilmek mümkün olmasına rağmen, burada örnek olması ve makale yazım formatını ihlal etmemek amacıyla bir senaryo ve bu senaryonun çıktıları grafik ve tablolar şeklinde sunulmuştur.

Simülasyon senaryosunun temel özellikleri aşağıda verilmiştir:

- *Yalnızçam planlama birimine ait yeni hazırlanış bölmecik tablosu ve Sarıçam ağaç türü için geliştirilmiş hasılat tablosu kullanılmıştır.*
- *Simülasyon senaryosunun basit ve sade olması için silvikültürel müdahaleler sadece işletme sınıfı bazında verilmiştir. Sarıçam odun üretimi, ekosistem iyileştirme, yüksek dağ orman ekosistemi ve estetik/rekreasyon işletme sınıfları için minimum ve maksimum kesim yaşları sırasıyla 120 ve 180 olarak belirlenmiştir. Alternatif olarak 30, 50, 70 ve 90 yaşlarında girilmek üzere dikili servetin %5'i bakım etası*

öngörülmüştür. Biyoçeşitlilik koruma, koruma (su, toprak vs) ve sosyal baskılı alanları koruma işletme sınıfları için minimum ve maksimum kesim yaşları sırasıyla 180 ve 250 yıl olarak öngörülmüştür. 40, 60, 80, 100 ve 120 yaşlarında dikili servetin %5'i olacak şekilde bakım etası olarak kararlaştırılmıştır.

- Meşcereler gençleştirildikten sonra aynı ağaç türü hasılat tablosu verilerine göre devam edeceği varsayılmıştır
- Sarıçam ağaç türü için meşcere orta çapına göre geliştirilmiş odun ürün çeşitleri tablosu kullanılmıştır.
- Ekonomik verilerin hesaplanmasında ihtiyaç duyulan gelir ve giderler (üretim, tevzi, satış, tarife bedeli) için daha önce ilgili planlama biriminde Mumcu (2007) tarafından kullanılan veriler kullanılmıştır. Sarıçam için birim ağaçlandırma gideri hektarda 1,000 YTL olarak belirlenmiştir. İskonto oranı ise %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.
- Periyot genişliği 10 yıl, simülasyon süresi 120 yıl alınmıştır
- Gençleştirme ve bakım kesim kuralı olarak "en yaşlı meşcerelerin kesilmesi" kararlaştırılmıştır.
- Belirli bir hedef sapma değeri altında her periyotta 100,000 m³ toplam eta hedefi

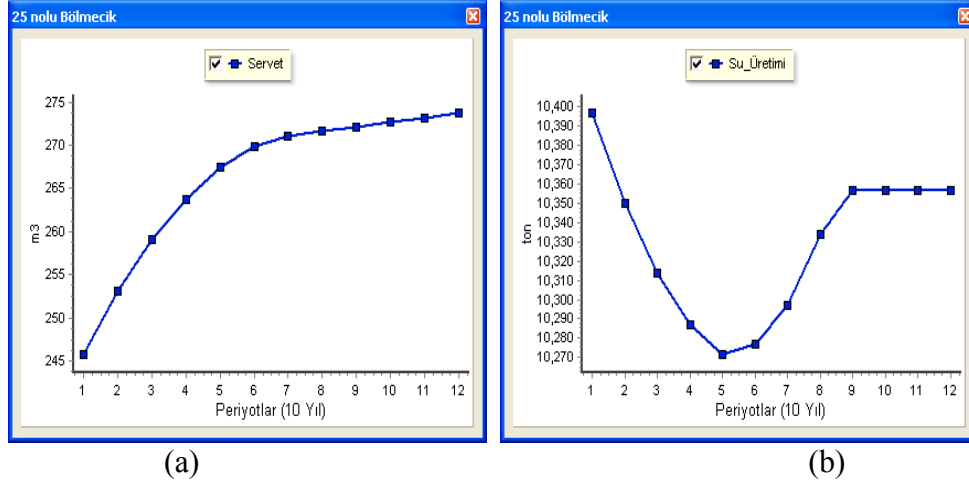
belirlenmiştir.

- Her periyotta 100 hektarlık OT ağaçlandırılması öngörülmüştür.
- Su üretim modeli olarak Keleş (2003) tarafından Karanlıkdere planlama birimi ve toprak erozyonu modeli olarak Mısır (2001) tarafından Maçka Orman Üstü Planlama Birimi için geliştirilmiş model seçilmiştir.

Tüm özellikleri yukarıda verilen simülasyon senaryosunun sonuçlarını (çıktılar) grafik ve tablo formatlarında açıklamak mümkündür. Herhangi bir simülasyon senaryosunun çıktılarını hem bölmecek bazında, hem de işletme sınıfı, ağaç türü, orman fonksiyonu, meşcere, yaş sınıfı veya planlama birimine düzeyinde grafik ve tablo formatlarında görebiliriz. Örneğin, burada belirtilen simülasyon senaryosunun çözümüne göre 120 yıllık simülasyon süresince 25 numaralı bölmeceğe ait birim hektardaki istenilen her türlü çıktılarını (servet, artım, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı gibi meşcere parametreleri ile odun üretimi, tomruk üretimi, NBD, su üretimi, karbon emisyonu, karbon birikimi, oksijen üretimi gibi çıktılar) tablo formatında Şekil 8'de verilmiştir. Bununla birlikte tabloda yer alan her türlü çıktıyı yine grafik formatında görmek mümkündür. Örneğin Şekil 9'da 25 numaralı bölmeceğin simülasyon süresi boyunca her bir periyottaki dikili servet ve su üretim miktarları gösterilmiştir.

Periyot	Bolmecek	Servet	Artım	Gogus_Yuz	Su_Uretim	Toprak	Net_Karbon_I	Net_Oksijen	NBD
0	25	236.84	2.34	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	25	245.75	2.28	15.23	51972.01	19.55	31.70	84.52	0.00
2	25	253.12	2.11	15.44	51843.99	19.46	26.21	69.89	0.00
3	25	259.04	1.85	15.59	51747.58	19.40	21.04	56.11	0.00
4	25	263.79	1.48	15.70	51674.87	19.35	16.88	45.01	0.00
5	25	267.43				19.32	12.97	34.58	0.00
6	25	269.87				19.33	8.65	23.07	0.00
7	25	271.06				19.37	4.26	11.36	0.00
8	25	271.61				19.44	1.94	5.17	0.00
9	25	272.15				19.48	1.94	5.17	0.00
10	25	272.69				19.48	1.90	5.07	0.00
11	25	273.22				19.48	1.90	5.07	0.00
12	25	273.76				19.48	1.90	5.07	0.00

Şekil 8. 25 numaralı bölmeceğe ait simülasyon sonuçları ekranı



Şekil 9. 25 numaralı bölme için 120 yıllık süreçteki a) servet, b) su üretimi miktarları değişimi

Şekil 10'de sarıçam ağaç türünden (ağaç türü düzeyinde) simülasyon süresi boyunca alınan her türlü etalar, su üretimi, odun ürünleri çeşitleri miktarları, göğüs yüzeyi ve

dikili servet gibi parametreler, gençleştirme ve bakım alanları, karbon birikimi ve oksijen üretimi gibi her türlü bilgileri tablo formatında görmek mümkündür.

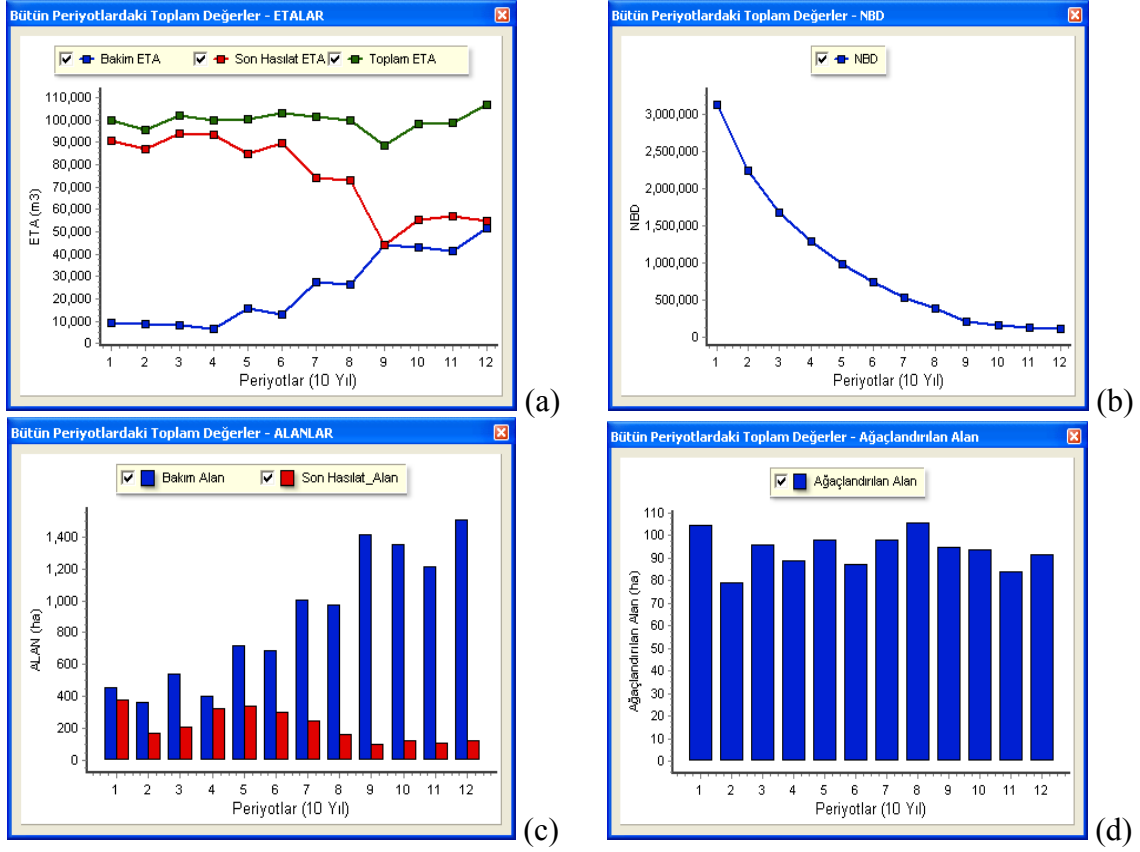
Değerler	0. Periyot	1. Periyot	2. Periyot	3. Periyot	4. Periyot	5. Periyot	6. Periyot
Bakım ETA	0.0000	9056.8288	8788.3436	8382.6989	6621.7969	15800.7179	13255.4984
SON Hasılat ETA	0.0000	90828.7598	86782.5264	93661.2940	93395.4524	84647.3951	89540.7478
Toplam ETA	0.0000	99885.5886	95570.8700	102043.9928	100017.2498	100448.1138	102796.2466
Bakım Alan	0.0000	458.2516	361.3812	538.3522	405.4186	718.4205	684.6720
Son Hasılat Alan	0.0000	379.8808	166.8642	207.9521	323.3285	338.8223	302.9665
Dikili Servet	1641265.40	1712180.64	1743983.01	1779378.72	1894543.87	2026018.05	2203038.29
Göğüs Yüzeyi	6345.0000	7412.5100	7749.6468	8518.7893	10580.5159	13005.8356	15625.6127
Ağaç Sayısı	145670.0000	1109294.00	1542506.00	1657438.00	2351265.00	3389720.00	4234521.00
Alan	39121.3614	39121.3614	39121.3614	39121.3614	39121.3614	39121.3614	39121.3614
Ayrılan Hacim	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ağaçlandırılan Al	0.0000	104.3948	79.1280	95.7247	88.6572	98.0053	87.0288
NET Karbon Biriki	0.0000	36472.3913	15487.4290	15673.5929	40016.9914	44674.0600	60095.5177
NET Oksijen Üretimi	0.0000	97259.7113	41299.8112	41796.2483	106711.9788	119130.8288	160254.7158
Su Üretimi	0.0000	73977216.7	73764146.2	73278048.1	71975036.9	70442234.8	68786535.8
Toprak Erozyonu	0.0000	30178.3847	30032.4820	29699.6202	28807.3668	27757.7612	26624.0002
Tomruk ETA	0.0000	58552.7224	56414.3656	51624.2408	57402.3481	60656.4965	60425.1273
Maden Direği ET	0.0000	15904.3539	14980.7893	19220.4270	16213.6931	14874.1997	15963.9812
Yakacak Odun ET	0.0000	11573.6396	11030.5793	14591.2339	12314.4808	11939.8124	12542.3615
Sanayi Odunu ET	0.0000	13824.5446	13101.5634	16479.1386	14122.3111	13090.0820	13958.3626
NBD	0.0000	3124987.06	2242731.64	1674307.49	1281989.64	972210.582	735876.762

Şekil 10. Ağaç türü düzeyinde simülasyon sonuçları

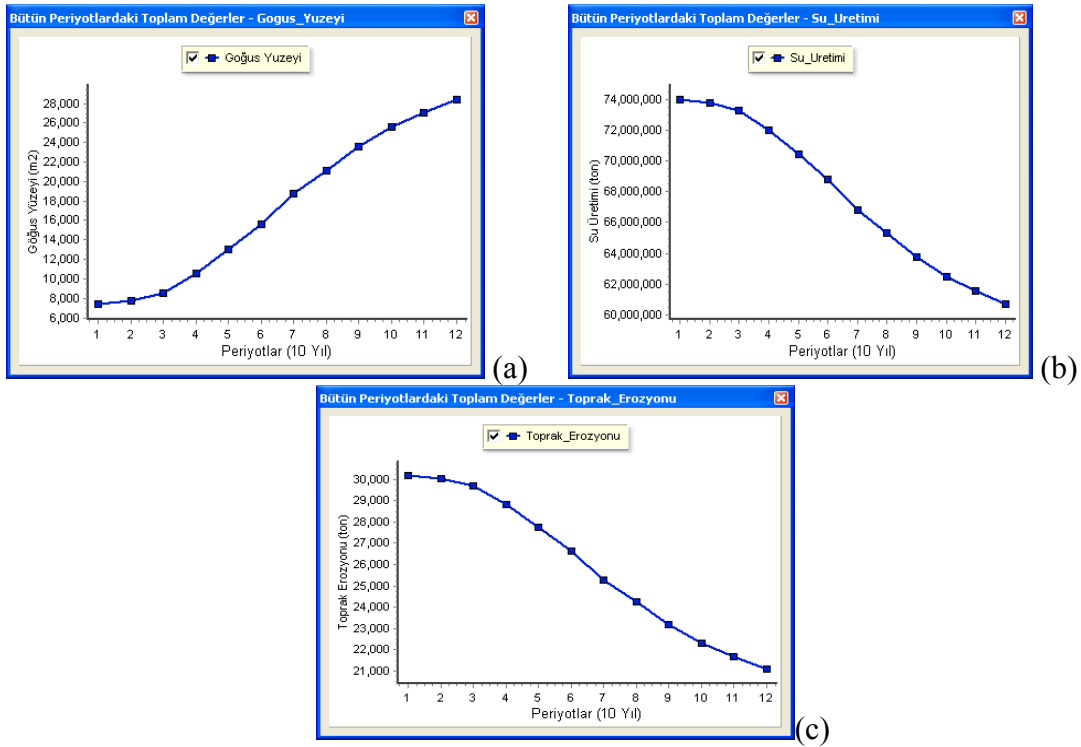
İlgili planlama senaryosundan planlama yörüngesi boyunca elde edilen gençleştirme ve bakım etaları ile odun üretiminden elde edilen Net Bugünkü Değer, her bir periyotta gençleştirme ve bakım kesimlerine tabi tutulan alan miktarları ile yine her bir periyotta gerçekleşen ağaçlandırma miktarları Şekil 11'de verilmiştir.

İlgili planlama senaryosundan zamana bağlı olarak gerçekleşen, göğüs yüzeyi

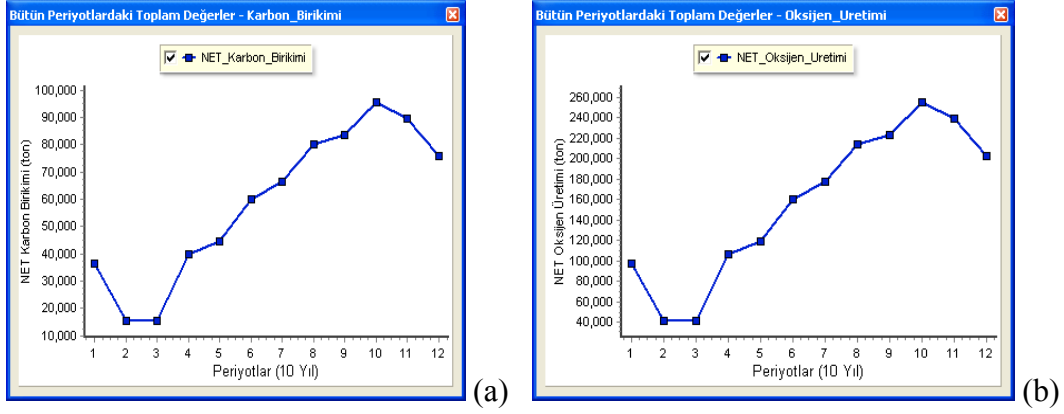
gelişimi ve doğrudan onunla bağlantılı olan su üretimi ve toprak erozyonu miktarları değişimi Şekil 12'de sunulmuştur. Şekil 13'te ise orman ekosisteminin sunmuş olduğu karbon birikimi ve oksijen üretim miktarlarının zamana bağlı değişimleri görülmektedir. Orman ekosisteminin zamana bağlı yaş sınıfı değişimi Şekil 14'te verilmiştir.



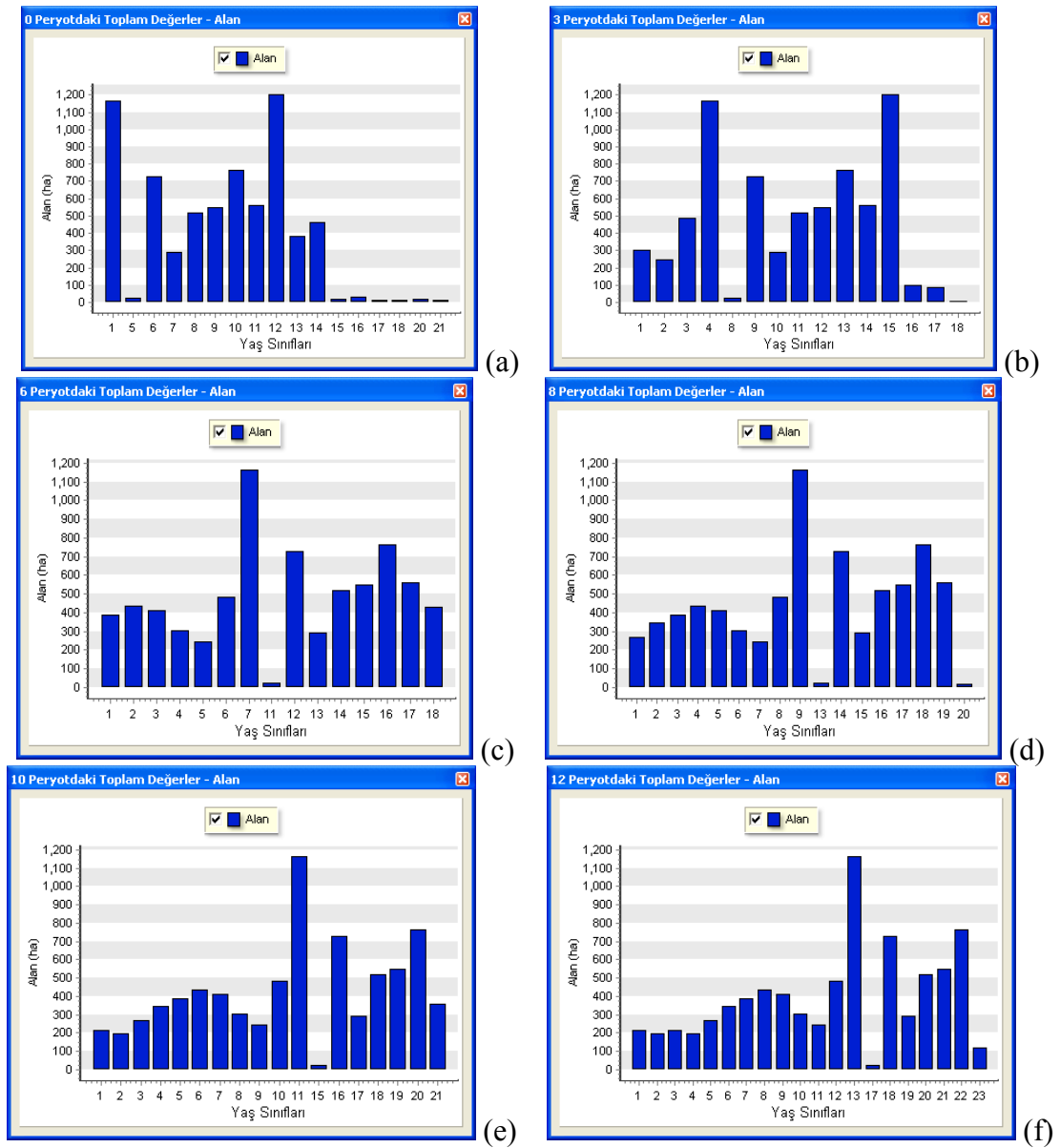
Şekil 11. Planlama birimi düzeyinde gerçekleşen a) eta miktarları b) NBD miktarları c) gençleştirme ve bakım alanları d) ağaçlandırma alanları



Şekil 12. Planlama birimi düzeyinde gerçekleşen a) göğüs yüzeyi b) su üretimi c) toprak erozyonu miktarları



Şekil 13. Planlama biriminin zamana bağlı a) karbon birikimi b) oksijen üretimi değişimi



Şekil 14. Orman ekosisteminin a) başlangıç durumundaki b) 30 yıl sonraki c) 60 yıl sonraki d) 80 yıl sonraki e) 100 yıl sonraki f) planlama süresi sonundaki yaş sınıfları dağılımı

Sonuçlar

Orman amenajmanı tarihi bir süreç içerisinde geçerken, toplumun orman ekosistemlerinden giderek artan, çeşitlenen ve zaman zaman da birbirleriyle çelişen beklentilerini en iyi şekilde karşılamanın yolu aranmaktadır. Orman ekosisteminin uzun vadede bütünlüğünü ve sağlığını koruyacak sürdürülebilir bir planlama için etkin bir planlama tasarımının ve bunu da gerçekleştirecek bir planlama yaklaşımına ve modellerine ihtiyaç vardır. Türkiye’de geleneksel olarak hazırlanan orman amenajman planlarında faydalanma teknikleri olarak kullanılan tek periyotla sınırlı ve basite indirgenmiş formüller yaklaşım, uzun vadeli sürdürülebilirliğin teminat altına alınmaması ve ürün ve hizmetlerin en üst düzeye taşınmaması gibi ciddi sebeplerden dolayı çağdaş ormancılık anlayışı kapsamında değerlendirildiği zaman etkisini kaybetmiştir. Buna karşın, özellikle son yirmi yıllık dönem içerisinde ormancılık faaliyetlerinin planlanmasında artık Dünya’da simülasyon ve optimizasyon gibi bilimsel karar verme yahut modelleme teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmenin belki de en önemli nedeni, doğal kaynakların planlanmasında odun ve odun dışı ürünler üretiminin yanı sıra; yaban hayatı, su kalitesi, toprak koruma, rekreasyon ve biyolojik çeşitlilik gibi ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel amaçların sıkça dile getirilmesidir (Baskent vd. 2008).

Türkiye ormancılığına uygun, ekosistem-tabanlı çok amaçlı planlama (ETÇAP) anlayışına göre geliştirilmiş bir orman simülasyon modeli (ETÇAPSimülasyon) bu çalışma ile tanıtılarak örnek bir uygulaması gerçekleştirilmiş ve sunulmuştur. Optimizasyon, konumsal optimizasyon ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile konumsal (harita ve öznitelik) verilerinin de dahil edildiği bir ETÇAP planlama modelinin yazılım süreci henüz devam etmektedir. Sonuç olarak, ETÇAPSimülasyon modeli, ülkemizde, hem uygulama amaçlı hem de eğitim ve araştırma amaçlı kullanım potansiyeline sahiptir. Prototip özelliği itibarıyla model, gerçek veriler ile bir planlama biriminin amenajman planını simülasyon tekniğine göre planlamakta, farklı plan senaryoları oluşturabilmekte ve orman

dinamiği hakkında önemli veriler/bilgiler sunabilmektedir. Bu şekilde orman dinamiği kavranan bir planlama yaklaşımı ile ancak orman ekosistemlerinin uzun vadeli sürdürülebilirliği irdelenebilir.

Kaynaklar

Başkent E.Z., Wightman A.R., Jordan Glen A. and Zhai Y. 2001. Object-oriented abstraction of contemporary forest management design. *Ecological Modelling*, 143(3): 147-164.

Başkent E.Z. 2008. Yalnızçam ormanlarının Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlanması (ETÇAP) ve yönetimi projesinden arda kalanlar. *Orman Mühendisliği Dergisi*, Yıl:45, Sayı:7-8-9, shf 26-32

Başkent E.Z., Başkaya Ş., and Terzioğlu S. 2008. Developing and implementing participatory and ecosystem based multiple use forest management planning approach (ETÇAP): Yalnızçam case study, *Forest Ecology and Management* 256: 798–807

Karahalil U. 2003. Toprak Koruma ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

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.

Keleş S. 2008. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasına Yönelik Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Prototip Modelinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Keleş S., Başkent, E.Z., Kadioğulları, E.Z. 2009. Orman amenajman planlarının simülasyon tabanlı planlanması: Kavramsal Çerçeve. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (Baskıda).

Köse S. 1986. Orman işletmelerinin planlanmasında yöneylem araştırması yöntemlerinden yararlanma olanakları, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Mısır M. 2001. Çok Amaçlı Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Olarak amaç Programlama Yöntemiyle Düzenlenmesi (Ormanüstü Planlama Birimi Örneği), Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Reynolds K.M. 2005. Integrated decision support for sustainable forest management in the United States: Fact or fiction? *Computers and Electronics in Agriculture* 49 (1): 6-23.

Soykan B. 1979. Aynıyaşlı ormanların aktüel kuruluşlarının optimal kuruluşu

yaklaştırılmasında yöneylem araştırması metotlarından yararlanma olanaklarının araştırılması, K.T.Ü. Yayın No: 106, Orman Fakültesi Yayın No:5, Trabzon, 252 s.

Yolasıgmaz H.A. 2004. Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye’de Uygulaması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.