

# Orman Amenajman Planlarına Göre Operasyonel Planlama Model Tasarımı

## Operational Planning Model Design According to Forest Amenagement Plans

Durmuş Ali Çelik<sup>1\*</sup> & Ali İhsan Kadioğulları<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kastamonu Üniversitesi, Araç Rafet Vergili Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Kastamonu, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-3102-6321>

<sup>2</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-3102-6321>

\*Corresponding author: [dcelik@kastamonu.edu.tr](mailto:dcelik@kastamonu.edu.tr)

### ÖZET

Orman amenajman planlarına göre operasyonel planlama; orman işletme şefliğindeki odun üretim planlamalarının kısıtlı olan orman kaynaklarının uygulanabilir ve sürdürülebilir bir plan çerçevesinde işletilmesini amaçlamaktadır. Taktik planlar, odun üretim faaliyetlerini belirli bir zaman içerisinde gerçekleşmesini hedefler. Fakat operasyonel planlama; ekonomik, topoğrafik/teknik, ergonomik, çevresel ve sosyo-ekonomik ölçütleri içerisinde barındırır. Hiyerarşik planlama anlayışının son aşamasını oluşturmaktadır. Bu çalışmada, odun üretim faaliyetlerinin operasyonel planlama temelinde gerekli aşamaları belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Odun üretimi, Orman amenajman planı, Operasyonel planlama, Coğrafi bilgi sistemleri, Yöneylem araştırması

### ABSTRACT

Operational planning according to forest management plans; aims to operate the limited forest resources within the framework of an applicable and sustainable plan. Tactical plans aim to realize wood production activities within a certain time. But operational planning; It includes economic, topographic/technical, ergonomic, environmental and socio-economic criteria. It constitutes the last stage of hierarchical planning understanding. In this study, the necessary stages of wood production activities were determined on the basis of operational planning.

**Keywords:** Wood production, Forest management plan, Operational planning, Geographic information systems, Operations research

### GİRİŞ

Ülkemizde 6831 Sayılı Orman Kanununun 26, 46 ve 51. maddeleri gereğince; devlet ormanları, kamu müesseselerine, belediyelere, özel şahıs ve şirketlere ait ormanların tamamı ile orman işletme şeflikleri 10 veya 20 yıl uygulama süreli olarak hazırlanan orman amenajman planları ile işletilmektedir (Eraslan, 1982; Eler, 2001; Eraslan ve Eler, 2003; Kapucu, 2004; Asan, 2013). Orman amenajman planı aktivitelerinin yıllık düzeyde planlaması son derece karmaşık ilişkileri beraberinde getirmektedir. Üretimi yapılacak odun hammaddesinin hangi alandan, ne zaman, nasıl, ne kadar ve kim tarafından yapılacağı; kullanılacak silvikültürel muhale tekniğinin seçimi; üretilen ürünün hangi depoya nasıl taşınacağı gibi etkinlikleri kapsamaktadır (Çelik, 2019). Ormancılıkta üretim; çap ve boy bakımından biyolojik yetkinliğe erişmiş olan dikili durumdaki ağaçların, piyasanın arzu ettiği

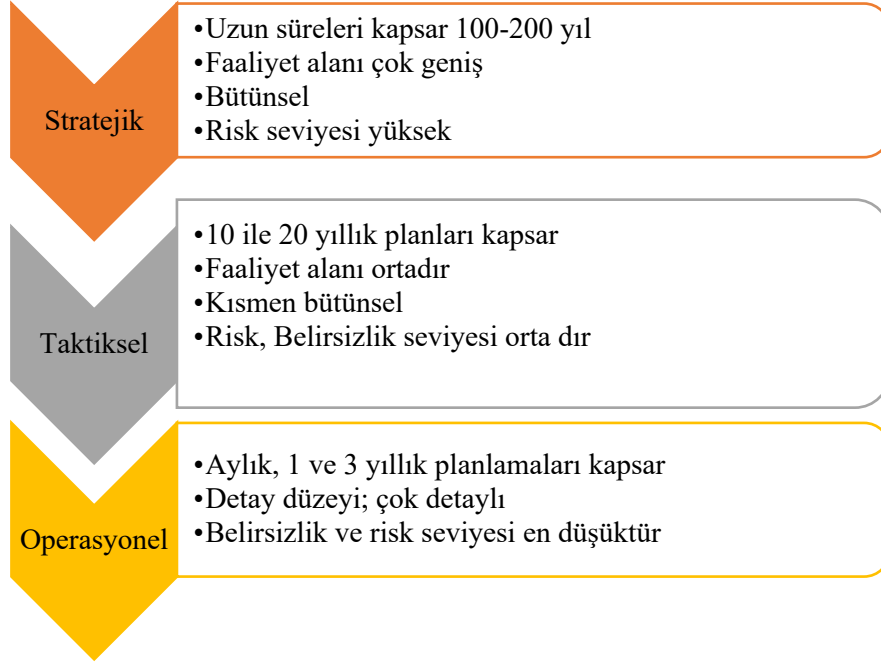
odun hammaddesi taleplerinin karşılamak ve orman işletmelerinin ekonomik sürdürülebilirliğini garanti altına almak amacıyla, meşcerelerin silvikültür istekleri doğrultusunda ağaçların kesilerek depolara kadar taşınma sürecinde uygulanan bir dizi etkinliktir. ormancılıkta ağacın kesilmesi, boylanması/tomruklama, kabuğunu soyma, sürütme (bölmeden çıkarma), yükleme ve taşıma, depoya istifleme işlerinden oluşmaktadır (Erdaş, 1997; Acar ve Eker, 2001, Eker ve Acar, 2006, Acar vd., 2014).

Ülke ormanlarımız, 22,621 milyon hektarlık alan ile ülke yüz ölçümünün %29'unu kapsamaktadır. Bu alanın 12,9 milyon hektar ile %57,4'ünü normal kapalı orman, 9,638 milyon hektar ile %42,6'sını boşluklu kapalı orman oluşturmaktadır. Ormanlık alanların dikili serveti 1,658 milyar m<sup>3</sup>, yıllık toplam cari artımı yaklaşık 47 milyon m<sup>3</sup>'tür. Ormanların odun üretim kapasitesi ve piyasa talepleri göz önünde bulundurularak hazırlanan 2018 yılı odun üretimi programında 19.080.137 m<sup>3</sup> endüstriyel odun ve 4.890.455 ster yakacak odun üretilmiştir (OGM, 2019).

Türkiye'de orman içlerinde ya da kenarında takribi 7.1 milyon orman köylüsü yaşamaktadır (OGM, 2016). Anayasamızın 170. maddesi ile orman köylüsünün korunması ve kalkındırılması teminat altına alınmıştır. Ayrıca 6831 sayılı Orman Kanununun yirmi altı ve kırkıncı maddeleri (26 ve 40) hükümlerince ormanlardaki odun üretimi çalışmalarının orman köylüsüne veya köy kooperatiflerine yaptırılma zorunluluğu vardır. Orman köylüsü kendi köy alanı içerisinde bulunan ormanlardaki üretim çalışmalarının kendilerine verilmesini istemektedirler. Planlı bir işbirliği çalışması ortaya çıkmaz ise, köy veya kooperatifin alanları içerisinde kalan kesim alanlarının (bölme-bölmecik) tamamı aynı yıl içerisinde üretim alanı olarak karşımıza çıkabilmektedir. Odun üretiminin sürdürülebilirliğini (işgücü ve odun üretimin devamlılığı) ortadan kaldırarak idare ve yerel halk arasında çeşitli sosyal baskılara ve sorunlara neden olunabilmektedir. Sosyal sorunlara olanak vermeden planlama ünitesi sınırları içerisinde üretim yapan köy yada kooperatiflerin iş gücü ve makine potansiyeline göre bölme veya bölmecik bazda planlamalarla sorunlar giderilebilir.

Planlayıcılar odun ürünleri üretiminde ormanların, ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonlarının bir bütün olarak değerlendirilmesine ek olarak, işletmelerin kısıtlı koşullarını da dikkate alan sürdürülebilir odun hammaddesi üretimi organizasyonu gerçekleştirmek için modern üretim yaklaşımlarını kullanmaktadırlar. Dünyada bu tür problemlerin çözümü için çeşitli karar destek sistemleri (FORPLAN, SPECTRUM, HARVEST, LANDIS, MONSU, WOODSTOCK vb.) ve modeller kullanılmaktadır (Kadıoğulları vd., 2015a; 2015b; Orazio vd. 2017).

Planlamanın uzun süreleri kapsamı, dinamik ve değişen karakteristikleri, riskleri ve belirsizlikleri beraberinde taşıdığından, orman amenajman planlaması hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Bu hiyerarşik yapı stratejik, taktiksel ve operasyonel olmak üzere üç temel düzeye ayrılmaktadır (Şekil 1; Bettinger vd. 2009) (Weintraub ve Cholaky, 1991; Gunn, 1991; Murray ve Church, 1995; Evans, 1997; Church, vd., 1998; Acar ve Eker, 2001; Eker, 2004; Başkent ve Keleş, 2005; Eker ve Acar, 2006; Bettinger, vd. 2017).



Şekil 1. Hiyerarşik planlama yaklaşımı

Stratejik orman planlaması, gerçekleştirilen eylem tarzlarının orman kaynakları üzerinde ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel sonuçlarının uzun vadeli tahminlerini (en az bir idare süresi) içerir. Ormancılıkta stratejik planlama, yönetim kararları ile odun üretimi veya ekonomik sürdürülebilirlik arasındaki etkileşime odaklanmıştır; fakat bununla birlikte, bir takım ekolojik (biyoçeşitlilik, yaban hayatı vb.) ve sosyo-kültürel (estetik-rekreasyon, toprak koruma ve su üretimi) fonksiyonları stratejik planlara dahil edilmektedir (Weintraub ve Cholaky, 1991; Martell vd., 1998; Gunn, 2007; Straka ve Cushing, 2015; Bettinger, vd. 2017). En yaygın olarak kullanılan stratejik planlama yöntemleri arasında doğrusal programlama ve simülasyon modelleri gelmektedir. Spektrum, Woodstock ve ETÇAP Konumsal Simülasyon planlama modelleri stratejik planlama çabalarını tamamlamak için gerekli analizleri gerçekleştirebilen bilgisayar programlarının örnekleridir. Simülasyon, ormanların büyüme dinamikleri üzerine odaklanan Woodstock, LANDIS, LAMPS, ETÇAP Simülasyon ve ETÇAP Konumsal Simülasyon modelleri ormanların uzun vadede verimliliğini değerlendirmenin bir yolu olarak kullanılmıştır (Walters,1993; Gustafson, vd., 2000; Rönnqvist, 2003; Bettinger ve Lennette, 2004; Kangas ve Kangas, 2005; Gustafson, vd., 2006; Keleş, 2008; Bettinger, vd. 2009; Greer ve Meneghin, 2009; Kadioğulları, 2009; Kong ve Rönnqvist, 2014; Kadioğulları vd., 2015; Troncoso vd., 2015; Kadioğulları vd., 2016; Orazio vd., 2017).

Taktiksel planlama, yönetim faaliyetleri arasındaki mekânsal ilişkileri dikkate alarak 1 ya da 20 yıl (örneğin bir periyot) arasında değişen süreleri kapsar. Stratejik hedeflere ulaşmak için gerekli uygulama faaliyetlerini belirler. Örneğin orman amenajman planları (OAP) taktiksel plan olarak kabul edilir ve ülkemizde ağaç türüne göre periyot süresi (10 ya da 20 yıl) içerisinde üretim planlarını içerir. Bu planlar çeşitli yönetim faaliyetlerinin (silvikültürel ve üretim işlemleri) niçin, nerede, nasıl, ne kadar ve ne zaman uygulanacağını gösterir (Van

Raffe, 2000; Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009; Bettinger, vd. 2017). Taktiksel planlamada, tamsayılı ve karışık tam sayılı doğrusal programlama ile simülasyon ve sezgisel metotlar yoğun olarak kullanılır (Köse, 1982; 1984; 1986, Kangas vd., 2014a, 2014b; Dong vd., 2015; Abasian, 2017; Borges vd., 2017).

Operasyonel planlama (OP), üst düzey hedeflere ulaşmak için ihtiyaç duyulan eylemlerin belirli yollarını ve kaynak dağılımını belirlemektir (Bettinger vd., 2017). Taktik planlar gibi, operasyonel planlar da mekânsal bilgileri içerirler. Bununla birlikte, taktik planlar doğrudan uygulanan üretim faaliyetlerine yol açmaz, sadece aktivitelerin belirli bir zaman içerisinde gerçekleşmesini hedefler. Fakat operasyonel planlama; ne kadar odun ürününü, hangi ormanlık alanlardan, nasıl ve ne zaman temin edileceğini de dikkate alan tüm bu faaliyetleri içerisinde barındırır (Eker, 2004; Epstein, 2007; D'Amours vd., 2008 ).

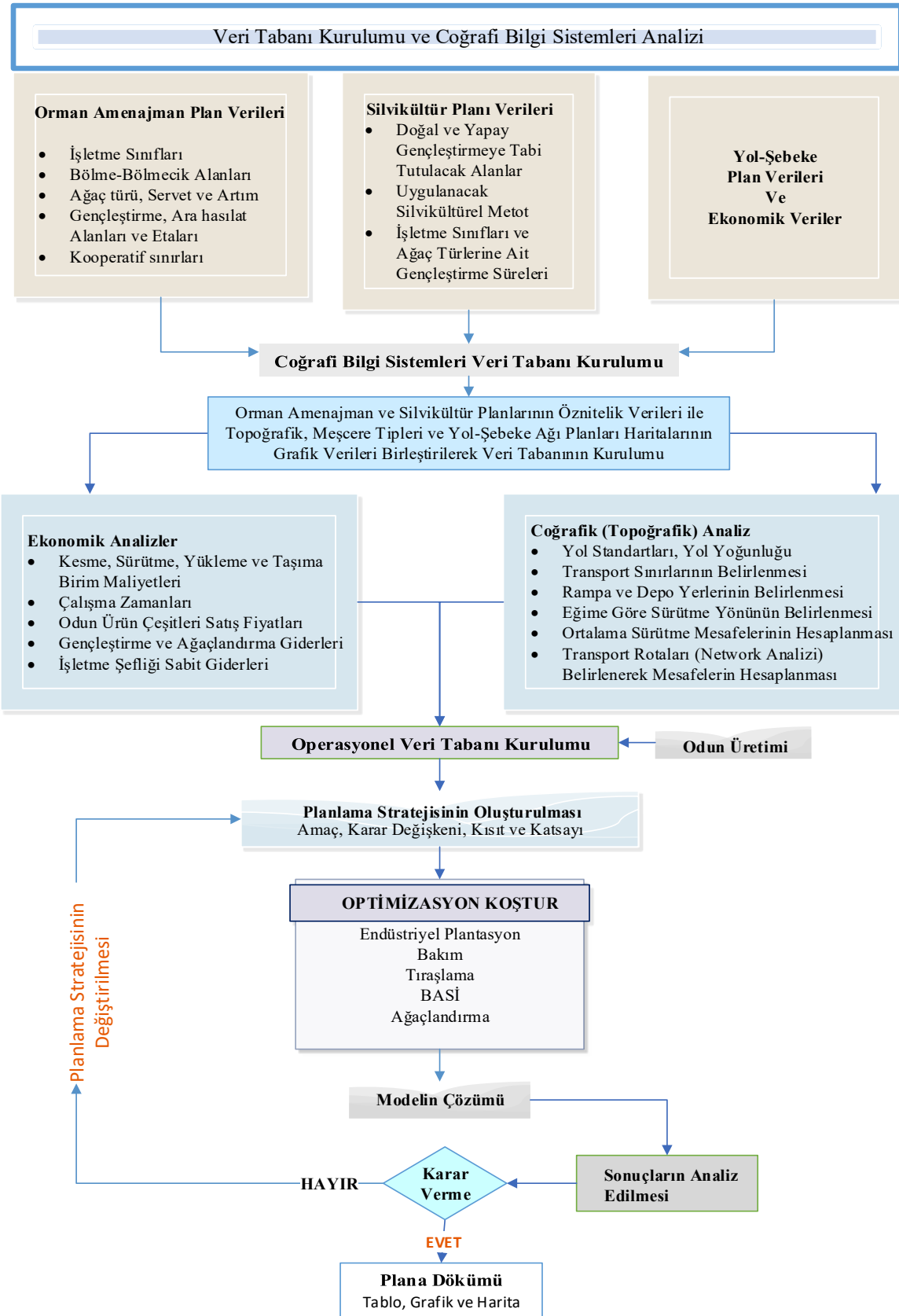
Operasyonel planlarda en önemli unsur çok daha kısa sürede odun üretim etkinliklerini sürdürmek için sermaye, zaman ve işgücü girdilerini kullanarak, orman yol ağı ve transport yönetimini, ormanlardan maksimum yararlanmayı, gençleştirme ve koruma olanaklarını eksiksiz planlayan bir yaklaşımdır. Operasyonel planlama, odun hammaddesi üretim faaliyetlerinin istenilen hedeflere ulaşabilmesi için gerekli planlamayı organize eden, uygulama detay planları hazırlayan, üretim maliyetlerini en aza indiren, taktiksel plan amaçlarına uygun ve meşcerelerin konumsal özellikleri dikkate alan planlama yöntemine gereksinim vardır.

Bu çalışmada, orman amenajman planlarının operasyonel düzeyde planlanabilmesi amacıyla kavramsal çerçevesi daha önce belirlenen (Çelik, 2019), operasyonel planlama aşamalarının genel hatlarıyla açıklanmasını kapsamaktadır.

## ORMAN AMENAJMAN PLANLARINA GÖRE OPERASYONEL PLANLAMA YÖNTEMİ

Orman amenajman planlarının yapımına yardımcı olmak amacıyla dünyamızdaki gelişmiş/gelişmekte olan ülkelerde, ormancılıkta konumsal bilgiyi de içeren ve yöneylem araştırma tekniklerinden yararlanan karar destek sistemleri kullanılmaktadır. Odun üretimi problemlerin çözümü için genellikle, ormanın dinamik yapısını dikkate alan modellemeler ile simülasyon ve optimizasyon (doğrusal programlama, tamsayılı doğrusal programlama, amaç programlama, dinamik programlama ve doğrusal olmayan programlama) teknikleri kullanılmaktadır. Doğrusal programlama problemlerinde karar değişkenlerinin aldıkları değerlerde bir kısıtlama olmamakla birlikte, karar değişkenlerinin çözümde aldıkları değerler tamsayı olmayabilmektedir. Bu durum doğrusal programlamanın bölünebilirlik özelliğinin olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak bazı problemlerin çözümünde kaynakların kesirli değerler alması ya da üretilen bir makinanın tam sayılı birim olmaması durumunda anlamlı sonuçlar ortaya çıkmamaktadır. Özellikle, Operasyonel planlamada üretim alanlarının (Karar değişkenlerinin) çözüme giren bölmeciklerin kesirli olmasını önlemek için tamsayılı doğrusal programlama tekniği kullanılarak optimizasyonu sağlanmıştır.

Orman amenajman planlarına göre operasyonel planlama yöntemi; (1) Veri Tabanı Kurulumu ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Analizi, (2) Tamsayılı Doğrusal Planlama Modelinin Kurulması, (3) Tamsayılı Doğrusal Planlama Modelinin Çözülmesi ve (4) Performans Göstergelerinin Sunumu, aşamalarından oluşmaktadır. Operasyonel planlamanın optimizasyon tabanlı planlanmasındaki sistemin akış diyagramı Şekil 2'de verilmiştir.



**Şekil 2.** Operasyonel planlamanın optimizasyon tabanlı planlanmasında sistemin akış diyagramı (Çelik, 2019).

Veri Tabanı Kurulumu ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Analizi; orman amenajman planı verileri ve meşçere haritası (işletme sınıfları, bölme ve bölmecik alanları, ağaç türü, servet ve artım, gençleştirme, ara hasılat alanları ve etaları, mevcut kooperatif sınırları), detay silvikültür plan verileri (doğal yada yapay gençleştirme alanları, silvikültürel metotlar, işletme sınıfları ve ağaç türlerine ait gençleştirme süreleri) ve yol-şebeke plan verileri (yol tipi ve uzunlukları) birbirleriyle entegre hale getirilir.

1. Planlama unsurlarını ve planlanacak ormanlık alanın özelliklerini sayısal olarak tanımlayabilmek için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları (ArcGIS, NETCAD vb.) sayesinde tek bir konumsal veri tabanında birleştirilir. Konumsal olarak ilişkilendirilen veriler (meşçere tipleri, topoğrafik, eş yükselti ve orman yol ağı halitaları) sayısallaştırılarak öznitelik bilgileri bilgisayar ortamına aktarılır. Orman amenajman planında odun üretimi yapılan bakım ve gençleştirme alanlarının sistemde kodlanması yapılır. Eta verilen her bir meşçereye ait orta çap değerleri bulunarak çıkarılabilecek muhtemel odun ürün çeşitleri miktarları hesaplanır.
2. Planlama yapılan alana ait sayısal yükselti arazi modellemesi (SYAM) CBS yazılımları aracılığıyla yapılır. SAM kullanılarak her bir bölmecige ait ağırlıklı eğim dereceleri belirlenerek OGM 288 sayılı tebliğinde belirlenen eğim gruplarına ayrılır (OGM, 1996).
3. Meşçereler uygulanacak silvikültürel metotların (doğal ve yapay gençleştirme) gereksinimleri belirlenerek alternatifler oluşturulur.
4. Üretim yapılacak her bir bölme için bölmeden çıkarma sürütme mesafelerinin hesaplanabilmesi amacıyla SYAM ve CBS yazılımları kullanarak transport sınırları ve rampa yerleri tespit edilir. Böylelikle, bölme içerisindeki her bir bölmecige ait ortak bir rampa yeri belirlenerek sürütme mesafeleri hesaplanır.
5. Ormancılıkta üretim masrafları ağacın kesilmesiyle depoya getirilmesine kadar bir dizi etkinlikten oluşmaktadır. Kesme, sürütme, yükleme, transport ve istif maliyeti hesaplaması, Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliğinde bulunan ilgili tablolar ve formüller kullanılarak yapılmıştır (OGM, 1996).
  - a. Kesme birim fiyat hesabında kullanılan formülde ibrelili ve yapraklı ağaç türleri için (kabuğu soyulan ve soyulmayan) 1m<sup>3</sup> ürünün üretilmesinde çap kademelerine ve eğim gruplarına bağlı olarak standart işçi ve makinalı çalışma zaman tabloları kullanılmıştır

Kesme birim fiyat (TL/m<sup>3</sup>) =  $[\sum(\dot{I}\dot{C}\dot{Z})/\sum(m^3)] \times (\dot{I}\dot{B}\dot{M}/60) + [\sum(M\dot{C}\dot{Z})/\sum(m^3)] \times (M\dot{B}\dot{M}/60)$

$\dot{I}\dot{C}\dot{Z}$ : 1m<sup>3</sup> ürün için orta çapa ve eğim grubuna göre işçi standart zaman (dk/m<sup>3</sup>).

$\dot{I}\dot{B}\dot{M}$ : OGM tarafından belirlenmiş işçi birim maliyeti (TL/saat).

$M\dot{C}\dot{Z}$ : 1m<sup>3</sup> ürün için orta çapa ve eğim grubuna göre makinalı standart zaman (dk/m<sup>3</sup>).

$M\dot{B}\dot{M}$ : OGM tarafından belirlenmiş makinalı birim maliyeti (TL/saat).

- b. Sürütme birim fiyat hesabında kullanılan formülde ibrelili ve yapraklı ağaç türlerinin sürütmesinin eğim gruplarına göre iş zaman analizleri yapılarak standart işçi çalışma zaman tabloları üretilmiştir (Ek 3).

Sürütme birim fiyat (TL/m<sup>3</sup>) =  $(\dot{I}\dot{B}\dot{M}/60) \times \dot{I}\dot{C}\dot{Z}$

$\dot{I}\dot{B}\dot{M}$ : OGM tarafından belirlenmiş işçi birim maliyeti (TL/saat).

$\dot{I}\dot{C}\dot{Z}$ : 1m<sup>3</sup> ürün için orta çapa ve eğim grubuna göre işçi standart zaman (dk/m<sup>3</sup>).



- c. Yükleme birim fiyat, sürütmeyle ara depolara getirilen ürünlerin insan gücüyle kamyonlara yüklenmesidir.  $1\text{m}^3$  ibreli yapacak odun için  $11,00\text{ dk/m}^3$ ,  $1\text{ m}^3$  yapraklı yapacak odun için  $16,50\text{ dk/m}^3$  İÇZ zamanları OGM tarafından tespit edilmiştir.

Yükleme birim fiyat (TL):  $(\text{İBM}/60)*\text{İÇZ}$

İBM: OGM tarafından her yıl belirlenen yükleme işçi birim maliyeti (TL/saat).

- d. Transport birim fiyat, kamyonlara yüklenen odun ürününün depolara kadar taşınması sürecidir. Transportta kullanılan yolların kalitesine (ham yol, stabilize yol ve asfalt yol) ve uzunluğuna göre maliyeti hesaplanır. Yolun kalitesine göre iş- zaman ölçümleri yapılarak,  $1\text{m}^3$  odunun ürününü depoya kadar taşınması için gerekli olan kamyon zamanları (KÇZ) bulunmuştur.

Transport birim fiyat (TL) :  $(\text{KBM}/60)*\text{KÇZ}$

KBM: OGM tarafından her yıl belirlenen kamyon birim maliyeti (TL/saat).

- e. İstif birim fiyat, kamyonlarla depoya taşınan odun ürünlerinin istifleme masrafları hesaplanmıştır.

İstif birim fiyat (TL/ $\text{m}^3$ ):  $(\text{İBM} /60)*\text{İÇZ}$

İBM: OGM tarafından her yıl belirlenen istif birim maliyeti (TL/saat).

İÇZ: OGM tarafından belirlenen standart işçi çalışma zamanı  $8,8\text{ dk/m}^3$ .

Ekonomik (kesme, sürütme, yükleme ve taşıma birim maliyetleri, çalışma zamanları, orta çapa bağlı odun ürün çeşitleri ve satış fiyatları, doğal gençleştirme ve ağaçlandırma giderleri, işletmeye ait sabit giderler) hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalarla kesme, sürütme, transport ve gençleştirme yâ da ağaçlandırma birim masrafları ile ürün çeşitlerinin satışından elde edilecek ekonomik gelir ve giderler her bir bölmecik için hesaplanmıştır (Şekil 2). Orman işletme şefliği sınırları içerisinde bulunan köy kooperatif sınırlarına ait bilgilerin sayısal ortama aktarılmıştır.

Tamsayılı Doğrusal Planlama Modelinin Kurulmasında; öncelikle karar verici tarafından, periyot genişliği, amaçlar, kısıtlayıcılar (kısıtların sınırları) ve hedefler tanımlanmaktadır ve her bir analiz alanı(endüstriyel plantasyon alanları, bakım alanları, tıraşlama alanları, büyük alan siper işletmesi-BASİ, ağaçlandırma alanları) için alternatif seçenekler (karar değişkenleri) planlama periyodu boyunca üretilir. Doğrusal programlamaya uygun geliştirilen model bilgisayar yazılımı yardımıyla kurulur ve kurulan model (matrisler) simpleks metoduna göre çözümlenerek en ideal alternatifler belirlenir. Kullanıcı, planlama birimi bazında orman ekosisteminden beklediği ürün veya parasal getiri çıktılarını düzenleyebilmektedir. Tamsayılı doğrusal programlamada amaç fonksiyonu, maksimizasyon ya da minimizasyon şeklinde tanımlanmaktadır. Örneğin amaç fonksiyonu olarak, en yüksek miktarda odun ürün çeşitleri üretiminden elde edilecek ürünlerin gelirinin veya karının maksimizasyonu şeklinde kurulmaktadır. Ayrıca kullanıcı, bazı hedef değerlerini de sisteme kısıt olarak tanımlatabilmektedir (Şekil 2).

Tamsayılı Doğrusal Planlama Modelinin Çözülmesi: Amaç ve kısıtları kullanıcı tarafından belirlenen bir modele ait matrisler, LINGO gibi matris çözücü yazılımlar yardımıyla çözümlenmekte ve çözüm sonucu bir rapor halinde sunulabilmektedir (Şekil 2).

Performans Göstergelerinin Sunumu: Tamsayılı doğrusal programlama tekniğine uygun olarak kurulan modeller, model çözücü yardımıyla optimal sonuca ulaşarak sonuçları kullanıcıya sunar. Optimizasyon modülü elde edilen tüm sonuçları toplu olarak ya da kullanıcının isteğine göre süzerek tablo, grafik ya da harita formatında sunabilmektedir. Elde

edilen sonuçlar eta miktarları ya da parasal değerleri şeklinde ayrı ayrı değerlendirilebilmektedir. Farklı planlama senaryolarının programda oluşturulması sonucu elde edilen tüm sonuçlar kıyaslanarak duyarlılık analizine imkân sağlamaktadır. Periyot süresi boyunca her yıl elde edilen ürün çeşitlerinin miktarları (bölme ve bölmecik bazında) ve konumsal dağılımları izlenebilmektedir (Şekil 2).

Operasyonel veri tabanın kurulumu, belirlenen amaçlar, kısıtlayıcılar ve kaynaklara bağlı olarak oluşturulacak ekonomik bir üretim planı yapımında planlayıcılara destek olacak bir model sistemi sağlayacaktır. Oluşturulan modellerin çözülebilmesi için çeşitli matris çözücü programların ( DICOPT, LINGO, CPLEX vb.) kullanılması gerekecektir. Planlama modeli olarak Tamsayı Doğrusal Programlama tekniği kullanılmıştır. Model amaç fonksiyonuna bağlı olarak en iyi çözümü vermektedir. Sonuçlar analiz edilerek uygulanabilir bir çözüm olup olmadığına karar verilir.

Tüm bu planlama aktiviteleri sonucunda sunulan üretim planına operasyonel plan olarak adlandırılır. Orman amenajman planı aktivitelerinin yıllık düzeyde planlamasıyla tüm silvikültürel uygulamalara ait odun üretim miktarı bilgileri kullanıcıya sunmaktadır.

## DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Herhangi bir konumsal karar destek sisteminin (KKDS) veya yazılımın uygulanabilirliğini değerlendirilebilmek için bir takım ölçütleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu ölçütler KKDS'nin geliştirildiği alana (ziraat, ormancılık, sanayi vb.) göre değişmekle birlikte bir KKDS için güvenilirlik, tekrar kullanılabilirlik, taşınabilirlik, hızlı ve verimli çalışma, belirli amaçlara bağlı olarak değişiklik yapma imkanı, maliyetler, kullanılan yazılım ve donanım gereksinimleri gibi birçok faktörler dikkate alınabilir. Temelde orman amenajman planlarının yıllık bazda aktivitelerinin düzenlenebilmesine hizmet edecek bir KKDS'nin değerlendirme ölçütlerini daha da farklılaştırmak ve özelleştirmek mümkündür.

Bu çalışma kapsamında, mevcut orman amenajmanı planlarının uygulanırken yüksek işletim giderlerinin tahmini yapılarak azaltılabilmesi amaçlanmıştır. Odun üretim faaliyetlerinde piyasanın arz ettiği nitelikte ve miktarda ürünü piyasaya sunarak ekonomik ürün kayıplarını ortadan kaldırarak, nitelikli ve kaliteli ürün üretilebilir. Sosyo-ekonomik beklentileri önceden tahmin edilerek alınması gereken önlemler planlamaya yansıtılabilecektir.

Bu çalışmada tanıtılan odun üretiminin operasyonel planlama yöntemi, işletme sınıflarının periyot süresine bağlı olarak ekonomik analizlerinin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Hiyerarşik planlama yaklaşımının son halkasını kapsamaktadır. Orman amenajman planlarının yıllık bazda operasyonel planlarının yapılabilmesi için gerekli olan temel veri kaynağı olarak "özelleştirilmiş (değiştirilmiş) bölmecik" tablosundan yararlanılmaktadır. Bu özellikleri ile modüler bir yapıya sahip olun modeller, kullanıcıların birden fazla stratejiyi izlemesine yardım etmektedir. Modellerin geliştirilmesinde Bu modeller yapısı ve özellikleri itibariyle öncelikle Türkiye ormancılığında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ancak bu modeller, üzerinde yapılacak değişimler ile birlikte Türkiye ormancılığına yakın özelliklere sahip ülke veya bölgelerde kullanılabilirliği öngörülebilir.

Operasyonel planlama bir karar verme organizasyonun olasıdan dolayı yöneylem araştırma tekniklerinden optimizasyon tekniği kullanılmıştır. Optimizasyon modelleri bölme ve bölmecik bazında hesaplamalar yapmaktadır. Modeller amaç itibariyle planlama ünitesi (işletme şefliği) düzeyinde yıllık planların yapılmasına hizmet etmek amacıyla tasarlanmış olup istenildiğinde, orman işletme müdürlüğü gibi daha geniş alanlar için planlarının yapılmasına olanak sağlamaktadır. Burada modellerin hızını sınırlandıran en önemli nokta,



planlama biriminin büyüklüğünden ziyade toplam bölme-bölmecik sayısı, planlama süresi ve periyot genişliğine bağlı yıl sayısı ve silvikültürel müdahale metotlarının sayısıdır. Optimizasyon modelinde planlama problemine ilişkin matrisin çok büyük olması, model çözümüne yönelik bir sorunu ortaya çıkarabilecektir. Bu ise modelin oluşturulması ve çözümü için geçen zamanı artıracaktır. Ancak günümüz bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler bu gibi ihtiyaçları karşılayacak kapasitededir.

Geliştirilen optimizasyon modelleri aynı yaşlı ormanların planlanması esasına dayanmaktadır. Dolayısıyla değişik yaşlı veya baltalık gibi orman işletme şekillerinin modelde kullanılabilmesi için bu orman formlarına bağlı planlama modellerinin geliştirilmesi gereklidir.

Optimizasyon modelinde kullanıcı tarafından isteğe bağlı bir planlama süresinin uzunluğu belirleyebilmektedir. Özellikle kooperatif sınırlarının yeterli büyüklükte olması gerekmektedir. Aksi, taktirde yıllar için belirlenen eta miktarlarına ulaşılamamaktadır.

Optimizasyon tabanlı modeller ile birlikte, kullanıcılar farklı planlama problemlerine bağlı olarak istedikleri sayıda alternatif planlama senaryoları üretebilmekte, biyofiziksel ve ekonomik analizler yapabilmektedirler. Her bir senaryo sonucu incelenmek ve birbirleriyle kıyaslanmak suretiyle orman dinamiği kavranabilmektedir.

Orman amenajman planlarının yıllık olarak uygulanabilirliğine hizmet edecek iyi bir karar destek sistemi aynı zamanda konumsal özellikleri planlamaya yansıtılabilme özelliğine de sahiptir. En küçük üretim birimlerinin bölmecikler olmasının getirdiği bir avantaj ile birlikte, model üzerinde yapılacak ufak değişimler veya farklı konumsal planlama modellerine yansıtılmak suretiyle konumsal planlama yapımına hizmet etme yeteneğine ve esnekliğine sahip olarak tasarlanmıştır.

Konumsal karar destek sistemi (KKDS) nesne tabanlı C++ programlama tekniği ile Windows ortamında geliştirilmiştir. Bu nedenle mevcut yöntem itibarıyla Linux ve Unix gibi işletim sistemlerinde kullanılamamaktadır. Bu ise yazılımın dezavantajı olarak görülmektedir. Diğer taraftan KKDS tamamıyla nesne tabanlı tasarım ve programlama tekniklerine göre geliştirildiğinden bir takım avantajlara da sahip olabilmektedir. İlerde meydana gelebilecek değişimlere (örneğin planlama yönergelerindeki değişiklikler, planlama alt ünitelerindeki farklılaşma ile odun dışı orman fonksiyonlarına ilişkin modellerin geliştirilmesi gibi vb..) bağlı olarak KKDS üzerinde değişikliklerin yapılması, yazılım güncelleştirilmesi daha kolay ve daha az zaman alıcı olacaktır.

## KAYNAKLAR

Abasian, F., Ronnqvist, M. ve Ouhimmou, M., 2017. Forest Fibre Network Design with Multiple Assortments: A Case Study in Newfoundland, Canadian Journal of Forest Research, 47, 9, 1232-1243.

Acar, H.H. ve Eker, M., 2001. Ormancılıkta Karar Verme Süreçlerinde Orman Yol ve Üretim Planlarının Değerlendirilmesi, Kafkas Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, 1, 1, 67-75.

Acar, H. H., Erdaş, O. ve Eker, M., 2014. Orman Ürünleri Transport Tekniği Ders Kitabı. KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, 233, 39.

Asan, Ü., 2013. Orman Amenajmanı Esasları (temel kavramlar, amaçlar ve ilkeler), İ.Ü Yayın no, 5146, O.F. Yayın no, 502, İstanbul, 274.

- Başkent, E.Z. ve Keleş, S., 2005. Spatial Forest Planning: A Review, *Ecological Modelling*, 188, 145-173.
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J.P. ve Grebner, D.L., 2009. *Forest Management and Planning*, Academic Press, New York, ISBN: 978-0-12-374304-6, 331.
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J.P. ve Grebner, D.L., 2017. *Forest Management and Planning (Second Edition)*, Academic Press, New York, ISBN: 978-0-12-809706-9, 349.
- Bettinger, P., ve Lennette, M. 2004. Landscape management policy simulator (LAMPS), version 1.1. USER GUIDE. Research Contribution 43. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.
- Borges, P., Kangas, A. ve Bergseng, E., 2017. Optimal Harvest Cluster Size With Increasing Opening Costs for Harvest Sites, *Forest Policy and Economics*, 75, 49-57.
- Church, R. L., Murray, A. T. ve Weintraub, A., 1998. Locational Issues in Forest Management, *Location Science*, 6, 137-153.
- Çelik, D.A., 2019. Orman Amenajman Planlarına Göre Operasyonel Modelin Geliştirilmesi ve Uygulanması (Çanakkale Örneği), Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 160.
- Dong, L.B., Bettinger, P., Liu, Z.G. ve Qin, H.Y., 2015. A Comparison of a Neighborhood Search Technique for Forest Spatial Harvest Scheduling Problems: A Case Study of the Simulated Annealing Algorithm, *Forest Ecology and Management*, 356, 124-135.
- D'Amours, S., Rönnqvist, M. ve Weintraub, A., 2008. Using Operational Research for Supply Chain Planning in the Forest Products Industry, *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 46, 4, 47-64.
- Eker, M., 2004. Odun Hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 239.
- Eker, M. ve Acar, H.H., 2006. Ormancılıkta Odun Hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi, *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10, 2, 235-248.
- Eler, Ü., 2001. Orman Amenajmanı Ders Kitabı, S.D.Ü. Yayın No, 17, Orman Fakültesi, Isparta.
- Epstein, R., Karlsson, J., Rönnqvist, M. ve Weintraub, A., 2007. Harvest Operational Models in Forestry., In *Handbook of Operations Research in Natural Resources*, A. Weintraub, C. Romero, T., Bjørndal, R., Epstein, Eds., 365-377.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı, Değişirme ve İlavelerle Yeniden İşlenmiş Dördüncü baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, İ.Ü. Yayın No, 3010. Orman Fakültesi Yayın No, 318.
- Eraslan İ., ve Eler, Ü., 2003. Orman İşletmesinin Planlanması ve Denetimi, S.D.Ü. Yayın No: 35, ISBN 975-7929-64-6, Isparta.
- Erdaş, O., 1997. Orman Yolları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Genel Yayın No:187, Fakülte Yayın No:25, I, Trabzon, 391.
- Evans, R. J., 1997. *Production/Operations Management: Quality, Performance and Value*, Fifth Edition, 0-314-06247-5, West Publishing, USA.

Greer, K., ve Meneghin, B., 2009. SPECTRUM, An Analytical Tool for Building Natural Resource Management Models, Ecosystem Management Analysis Center, USDA Forest Service, 324.

Gustafson, E.J., Shifley, S.R., Mladenoff, D.J., Nimerfo, K.K. ve He, H.S., 2000. Spatial Simulation Of Forest Succession And Timber Harvesting Using LANDIS, Canadian Journal of Forest Research, 31, 32 -43.

Gustafson, E.J., Roberts, L.J. ve Leefers, L.A., 2006. Linking Linear Programming And Spatial Simulation Models To Predict Landscape Effects Of Forest Management Alternatives, Journal of Environmental Management, 81, 4, 339-350.

Gunn, E.G., 1991. Some Aspects Of Hierarchical Production Planning İn Forest Management. In: Proceedings of the 1991 Symposium on Systems Analysis in Forest Resources, March, South Carolina, USDA FS General Technical Report SE-74, 54-62.

Gunn, E.A., 2007. Models For Strategic Forest Management. In Handbook Of Operations Research İn Natural Resources, Springer, Boston, MA, 317-341.

Kadıoğulları A.İ. 2009. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasında Konumsal Yapının Kombine Optimizasyon Teknikleri İle Kontrolü: Konumsal Planlama. Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 189.

Kadıoğulları A.İ., Keleş, S., Başkent, E.Z. ve Bingöl, Ö. 2015. Konumsal Orman Amenajmanı Planlaması: Temel Kavramlar ve Modelleme Teknikleri, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15, 2, 197-213.

Kadıoğulları A.İ., Keleş S., Başkent E.Z. ve Bingöl Ö., 2016. Orman Amenajman Planlarının Konumsal Simülasyon Modeli İle Hazırlanması, Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 16, 307-318.

Kangas, J. ve Kangas, A. 2005. Multiple Criteria Decision Support İn Forest Management-The Approach, Methods Applied, And Experiences Gained, For. Ecol. Manage., 207, 133-143.

Kangas, A., Nurmi, M. ve Rasinmäki, J., 2014a. From a Strategic to a Tactical Forest Management Plan Using a Hierarchic Optimization Approach. Scandinavian Journal of Forest Research, 29, 1, 154-165.

Kangas, A., Hartikainen, M., Miettinen, K., 2014b. Simultaneous Optimization Of Harvest Schedule And Measurement Strategy, Scandinavian Journal of Forest Research, 29, 1, 224-233.

Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, KTÜ Yayın no 215, 515.

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, 226.

Kong, J. ve Rönnqvist, M., 2014, Coordination Between Strategic Forest Management And Tactical Logistic And Production Planning in The Forestry Supply Chain, International Transactions of Operational Research, 21 ,5, 703-735.

Köse, S., 1982. Yöneylem Araştırması Ve Doğrusal Programlama, KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, 5, 295-310.

- Köse, S., 1984. Değiştirilmiş Simpleks Yöntemi ile Doğrusal Amaç Programlama Modellerinin Çözümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi. Dergisi, 7, 171-188.
- Köse, S., 1986. Orman İşletmelerinin Planlanmasında Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 142.
- Martell, D. L., Gunn, E. A., Weintraub, A., 1998. Forest Management Challenges for Operational Researchers, European Journal of Operational Research, 104, 1, 1-17.
- Murray, A. T. ve Church, R. L., 1995. Heuristic Solution Approaches to Operational Forest Planning Problems, OR Spektrum, 17, 193-203.
- OGM., 1996. 288 Sayılı Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliği, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 160.
- OGM., 2016. Türkiye Orman Varlığı-2016-2017, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 36.
- OGM., 2019. OGM 2018 Yılı Faaliyet Raporu, Orman Genel Müdürlüğü, Şubat, Ankara, 98.
- Orazio, C., Montoya, R. C., Régolini, M., Borges, J. G., Garcia-Gonzalo, J., Barreiro, S., Brodrechtová, Y., Botequim, B., Marques, S., vd., 2017. Decision Support Tools and Strategies to Simulate Forest Landscape Evolutions Integrating Forest Owner Behaviour: A Review from the Case Studies of the European Project, INTEGRAL. Sustainability, 94, 599.
- Rönnqvist M. 2003. Optimization in Forestry. Mathematical Programming 97, 267-284.
- Straka, T. J. ve Cushing, T. L., 2015. McPhail Tree Farm, South Carolina, United States of America, In Forest Plans of North America, NY, 87-96.
- Troncoso, J., D'Amours, S., Flisberg, P., Rönnqvist, M. ve Weintraub, A., 2015. A Mixed Integer Programming Model to Evaluate Integrating Strategies in The Forest Value Chain A Case Study In The Chilean Forest Industry, Canadian Journal of Forest Research, 45, 7, 937-949.
- Van Raffe, J.K., 2000. Tactic: A Decision Support System For Forest Management Planning, Computers and Electronics in Agriculture, 27, 413-415.
- Walters K.R. 1993. Design And Development of A Generalized Forest Management Modeling System: WOODSTOCK. Proceedings of the International Symposium on Systems Analysis and Management Decisions in Forestry, Valdivia, Chile, 190-196.
- Weintraub, A. ve Cholaky, A., 1991. A Hierarchical Approach to Forest Planning, Forest Science, 37, 2, 439-460.