

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ORMAN AMENAJMAN PLANLARINA GÖRE OPERASYONEL MODELİN GELİŞTİRİLMESİ VE
UYGULANMASI (ÇANAKKALE ÖRNEĞİ)**

DOKTORA TEZİ

Orm. Yük. Müh. DURMUŞ ALİ ÇELİK

**NİSAN 2019
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Orman Mühendisliği Anabilim Dalında

Durmuş Ali ÇELİK Tarafından Hazırlanan

**ORMAN AMENAJMAN PLANLARINA GÖRE OPERASYONEL MODELİN
GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI (ÇANAKKALE ÖRNEĞİ)**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 26 /03/2019 gün ve 1797 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Selahattin KÖSE

Üye : Prof. Dr. Günay ÇAKIR

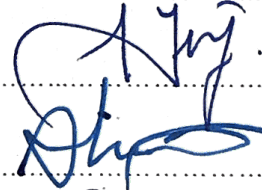
Üye : Prof. Dr. Hacı Ahmet YOLASIĞMAZ

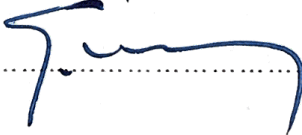
Üye : Doç. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI

Üye : Doç. Dr. Sinan GÜNER









Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

TEZ ETİK BEYENAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Orman Amenajman Planlarına Göre Operasyonel Modelin Geliştirilmesi ve Uygulanması (Çanakkale rneği)” başlıklı bu çalışmayı yeterlilik ve tez öneri aşmalarından başlayarak sonuna kadar danışmanım Doç. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI'nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri ve rneleri kendim topladığımı, deneyleri ve analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı ve yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 10/04/2019


Durmuş Ali ÇELİK

ÖNSÖZ

“Orman Amenajman Planlarına Göre Operasyonel Modelin Geliştirilmesi ve Uygulanması (Çanakkale Örneği)” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Öncelikle, tez konusunun seçilmesi ile tezin arazi çalışmaları ve her safhasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, tez süresince her konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Hocam Doç. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI’na sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Doktora ders dönemi ve çalışmalarımın başında tez danışmanlığımı sürdüren Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT’in 2017 yılında üniversiteden ayrılmasıyla, 2 Mayıs 2017 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünün 1700 numaralı toplantı sayısıyla Doç. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI’nı tez danışmanım olarak atanmasına oybirliğiyle karar verilmiştir. Akademik olarak gelişimim süresince katkıları bulunan Sayın Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT’e teşekkür ederim.

Çalışmalarımın tüm aşamalarında değerli görüş ve önerileriyle çalışmamı yönlendiren ve her zaman ilgi ve desteğini gördüğüm Sayın Hocam Prof. Dr. Selahattin KÖSE’ye en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışma sürecini sürekli olarak izleyen ve çalışmanın başarıyla bitirilmesi için değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Sinan GÜNER’e teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında ekip olarak birlikte çalıştığım ve hiçbir zaman yardım ve desteğini benden esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi. Özkan BİNGÖL’e sonsuz teşekkürler sunarım. Çalışmalarım kapsamında değerli görüş ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi. Uzay KARAHALİL, Dr. Öğr. Üyesi. Abdurrahman ŞAHİN’e ve Orman Yüksek Mühendisi Süleyman BORUCU’ya sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım süresince bana her zaman destek olan eşim Huriye Berrun ÇELİK ve kızım Elif Ahsen ÇELİK ile aileme sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Durmuş Ali ÇELİK

Trabzon 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYENNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Çalışmanın Gerekçesi, Kabuller ve Amaç	13
1.2. Genel Kavramlar	16
1.2.1. Hiyerarşik Planlama Yaklaşımı.....	16
1.2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	18
1.2.3. Yöneylem Araştırması.....	19
1.2.4. Orman Amenajmanı, Modelleme ve Karar Destek Sistemleri.....	21
1.2.5. Doğrusal Programlama.....	31
1.2.6. Tamsayılı Doğrusal Programlama (TDP)	34
1.2.7. Orman İşletmelerinde Gelirler ve Giderler	36
1.2.8. Odun Üretiminin Planlanması	37
1.2.9. Silvikültürel Planlama	40
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	45
2.1. Kavramsal Çerçeve.....	45
2.2. Planlama	46
2.2.1. Yazılım ve Donanım	46
2.2.2. Sistem Analizi ve Tasarımı	48
2.2.2.1. Operasyonel Planlamada Kullanılan Veri Tabanının Kurulumu	50
2.3. Materyal.....	52
2.3.1. Araştırma Alanının Coğrafi Konumu ve Orman Amenajman Planı	52
2.3.2. Çanakkale OİŞ Detay Silvikültür Planı.....	55
2.3.3. Araştırma Alanının Jeolojik Özellikleri	56
2.3.4. Araştırma Alanının İklim Özellikleri	57

2.3.5.	Tüketim Merkezleri	58
2.3.6.	Yol Ağı Planı.....	59
2.3.7.	Çalışma Alanındaki Köyler ve Kooperatifler.....	60
2.3.8.	Odun Üretimi ve Ekonomik Değeri	61
2.3.9.	Odun Ürün Çeşitleri	62
2.4.	Yöntem	63
2.4.1.	CBS Uygulama ve Analizleri	63
2.4.1.1.	Eşyükselti Eğrilerinin Elde Edilmesi	63
2.4.1.2.	Sayısal Yükseklik Modeli, Eğitim ve Bakı Analizleri	63
2.4.1.3.	Ortalama Sürütme ve Transport Mesafesinin Bulunması	64
2.4.1.4.	Yol Yoğunluğu ve İşletmeye Açma Oranı	65
2.4.2.	Ormancılık Üretim Planlama Modeli	66
2.4.2.1.	Çıkarılacak Ürün Miktarlarının Hesaplanması.....	67
2.4.2.2.	Üretim İşlerindeki Giderlerin Hesaplamaları	67
2.4.3.	Optimizasyon Modeli	69
2.4.4.	Tamsayılı Doğrusal Programlama (TDP) Modellerinin Kurulması.....	72
2.4.4.1.	Endüstriyel Plantasyon Kesim Düzeni	72
2.4.4.2.	Tıraşlama Alanları Kesim Düzeni	74
2.4.4.3.	Büyük Alan Siper İşletmesi Kesim Düzeni.....	75
2.4.4.1.	Ağaçlandırma Alanları Düzeni.....	76
2.4.4.2.	Bakım Alanları Kesim Düzeni	78
2.4.5.	Çalışma Alanının Ekonomik Girdi ve Giderlerinin Hesaplanması	79
2.4.6.	Kodlama ve Kullanıcı Arayüzünün Geliştirilmesi	80
2.4.7.	Karbon Miktarı	80
2.4.8.	Planlama Senaryoları.....	81
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	85
3.1.	Operasyonel Planlama Modeli	85
3.1.1.	Veri Girişi.....	86
3.1.2.	Operasyonel Planlama Ayarları.....	87
3.1.3.	Model Oluşturma ve Koşturma	91
3.1.4.	Model Bulguları (Çıktılar).....	93
3.1.5.	Çanakkale Orman İşletme Şefliğindeki Örnek Senaryolar	95
3.1.5.1.	Endüstriyel Plantasyon Alanları Senaryoları Bulguları	98
3.1.5.2.	Bakım Alanları Senaryoları Bulguları.....	107

3.1.5.3. Tıraşlama İşletmesi Senaryoları Bulguları	114
3.1.5.4. Büyük Alan Siper İşletmesi Senaryoları Bulguları	120
3.1.5.5. Ağaçlandırma Alanları Senaryoları Bulguları.....	126
3.1.6. Planlama Senaryolarına Ait Genel Bulgular	131
3.1.6.1. Karbon Miktarları.....	136
3.1.7. Çanakkale Orman İşletme Şefliği 2018 Yılı Uygulama Bulguları.....	136
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	141
5. KAYNAKLAR.....	145
6. EKLER	161

ÖZGEÇMİŞ



Doktora Tezi

ÖZET

ORMAN AMENAJMAN PLANLARINA GÖRE OPERASYONEL MODELİN GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI (ÇANAKKALE ÖRNEĞİ)

Durmuş Ali ÇELİK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI
2019, 160 Sayfa, 3 Ek sayfa

Bu çalışma kapsamında; (i) orman kaynaklarının yıllık bazda planlanması ile odun hammaddesi ve diğer ürün-hizmetlerinin üretimini sürdürebilmek için belirlenen ölçüt ve kısıtlar (ara hasılat etası ve son hasılat etası, ağaç türü, üretim şekli, odun ürün çeşitleri, köy-kooperatif bilgileri, işgücü vb.) doğrultusunda planlama ünitesinin bakım blokları alternatifleri oluşturularak, (ii) orman kaynaklarını koruma ve kullanma dengesini gözeterek senaryolar ortaya konularak, odun hammaddesi üretiminin bütününe kapsayan bir üretim planlaması tasarlanarak hiyerarşik planlama sürecinin ayrıntılı son aşaması ortaya konulmuştur. Geliştirilen prototip Konumsal Karar Destek Sistemi (KKDS); taktiksel amenajman plan çıktılarına ilaveten mevcut işletme kapasitesine bağlı olarak silvikültürel etkinliklerin ayrıntılı olarak planlandığı, mevcut-planlanan orman yol-şebeke ağı planları ve coğrafi bilgi sistemleri ile desteklenen bir yaklaşım tarzı ile hazırlanmıştır. Prototip KKDS arayüz yazılımı, nesne tabanlı bir programlama dili olan C++ kullanmıştır. Prototip KKDS tamsayılı doğrusal programlama tekniğini kullanarak odun üretim fonksiyonunun optimizasyon modellerini geliştirmiştir. Model gerçek bir planlama biriminde (Çanakkale Orman İşletme Şefliği) farklı senaryolar uygulanarak, model geçerliliği test edilmiştir. Matrislerin çözümlerinin elde edilmesinde LİNGO yazılımından faydalanılmıştır. Planlama biriminin silvikültürel gereksinimleri dikkate alınarak işletme sınıfları beş alt üniteye (Endüstriyel Plantasyon, Bakım, Büyük Alan Tıraşlama İşletmesi, Büyük Alan Siper İşletmesi ve Ağaçlandırma Alanları) ayrılmıştır. Her bir alt ünite için üç farklı planlama senaryosu üretilerek test edilmiş ve bu senaryolarda net karın maksimizasyonu amaçlanmıştır. Uygulama sonucunda, işletme sınıfları amaçlarına en uygun senaryolar (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) belirlenmiş ve konumsal özellikleri de kontrol edilerek mevcut orman amenajman planının yıllık düzeyde uygulanabilir bir detay planı elde edilmiştir. Detay plan çıktıları ile orman amenajman ve silvikültür planları karşılaştırılmıştır. Geliştirilen prototip KKDS'nin, bilimsel ve teknik araştırmalarda, uygulama ve ormancılık eğitiminde de kullanılması için bilişim altyapısını oluşturabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Orman amenajmanı, Konumsal karar destek sistemi, Odun üretimi, Tamsayılı programlama, Coğrafi bilgi sistemleri

PhD. Thesis

SUMMARY

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE OPERATIONAL MODEL
ACCORDING TO THE FOREST MANAGEMENT PLANS (CASE OF ÇANAKKALE)

Durmuş Ali ÇELİK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Ali İhsan KADIOĞULLARI
2019, 160 Pages, 3 Pages Appendix

In this study; (i) providing the necessary infrastructure by using the inputs of labor, money and time to sustain the production of wood raw materials and other product-services with annual planning of forest resources, (ii) providing methods of making use of forest resources, renewing and preserving them, a production plan covering the whole of the raw material production designed and the detailed final stage of the hierarchical planning process was revealed. The Spatial Decision Support Systems (SDSS) was developed in an approach style supported by existing planned forest road network plans and geographical information systems, where silvicultural activities were planned in detail, depending on the current operational capacity, in addition to tactical management plan outputs. The software interface of prototype SDSS was designed using C++ language which is an object-based programming language. The SDSS was developed optimization models of wood production, using integer linear programming technique. The SDSS was tested and validated in real planning unit (Çanakkale State Forest Enterprise) using different scenarios. The software named LİNGO was used for solution of the matrices. The software named LİNGO was applied for solution of the matrices. Çanakkale State Forest Enterprise was divided into five sub-units, considering silvicultural requirements of the planning unit. For the each sub-units, three different planning scenarios aiming net profit maximization was produced and tested. The most appropriate scenarios was determined (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 and SYAG2) and the spatial properties of these scenarios was checked. As a result, the operation plan which can be used annually of forest management plan was obtained. Then, the outputs of the operational plan, forest management and silvicultural plan were compared. The successful implementation of prototype SDSS will be invaluable in scientific research programs, forestry education and applications.

Key Words: Forest management, Spatial decision support systems, Wood production, Integer linear programming, Geographical information systems

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Hiyerarşik planlama yaklaşımı.....	16
Şekil 2. Odun üretimi zinciri	40
Şekil 3. Operasyonel planlamanın kavramsal yapısı	45
Şekil 4. Operasyonel karar destek sisteminin tasarımı	50
Şekil 5. Operasyonel planlamada orman ürünleri üretimin planlanması.....	51
Şekil 6. Çanakkale OİŞ alansal dağılımı	52
Şekil 7. Çanakkale OİŞ coğrafik konumu	53
Şekil 8. Çanakkale ili jeolojik haritası.....	57
Şekil 9. Çanakkale OİŞ mevcut yol ağı haritası	59
Şekil 10. Planlamada kullanılan dört kooperatifin sınır haritası	60
Şekil 11. ArcGIS Network analizi kullanılarak her bir bölmenin orta noktasından depoya giden rotalar	65
Şekil 12. Çanakkale OİŞ yol-buffer	66
Şekil 13. Operasyonel planlamanın optimizasyon tabanlı planlanmasında sistemin akış diyagramı.....	71
Şekil 14. Operasyonel planlama prototip yazılımının ana penceresi.....	85
Şekil 15. Çanakkale OİŞ bölmecik tablosu	87
Şekil 16. Endüstriyel plantasyon işletme sınıfının planlama ayarları menüsü.....	88
Şekil 17. Bakım alanları ayarları menüsü.....	88
Şekil 18. Tıraşlama işletmesi ayarları menüsü	89
Şekil 19. Büyük alan siper işletmesi ayarları menüsü	89
Şekil 20. Ağaçlandırma ayarları menüsü.....	90
Şekil 21. Modelin LİNGO ekranında açılması.....	92
Şekil 22. Modelin LİNGO ekranında çözülmesi	92
Şekil 23. Model çözümünün LİNGO ekranında gösterilmesi	93
Şekil 24. Endüstriyel plantasyon modeli sonuç çıktıları	94
Şekil 25. Karar değişkenleri tasarımına yönelik katsayıları gösteren görüntü ekranı	96
Şekil 26. Endüstriyel plantasyon alanları model yapısının LİNGO programında çözümü .	97
Şekil 27. Operasyonel planlamanın endüstriyel plantasyon alanları modelinin LİNGO çözüm sonuçları penceresi.....	97
Şekil 28. Karar değişkenleri tasarımına yönelik katsayıları gösterir tablo görüntü ekranı .	98
Şekil 29. SEP1,SEP2 ve SEP3 senaryoları net gelir değerleri dağılımı	100

Şekil 30. SEP1,SEP2 ve SEP3 senaryoları alan değerleri dağılımı	101
Şekil 31. SEP1,SEP2 ve SEP3 senaryolarının eta değerleri dağılımı	102
Şekil 32. Endüstriyel plantasyon alanları SEP2 senaryosu toplam odun ürün çeşitleri miktarları dağılımı	102
Şekil 33. Endüstriyel plantasyon alanları SEP2 senaryosu 1. yıl odun ürün çeşitleri miktarları	103
Şekil 34. SEP1 senaryosu yıllık kesim planı haritası	104
Şekil 35. SEP2 senaryosu yıllık kesim planı haritası	105
Şekil 36. SEP3 senaryosu yıllık kesim planı haritası	106
Şekil 37. Bakım alanlarındaki senaryoların net gelirleri dağılımı.....	108
Şekil 38. SBA1, SBA2 ve SBA3 senaryolarının eta miktarlarının KÖYKOP sınırları içerisindeki yıllık dağılımı.....	110
Şekil 39. SBA1 senaryosu yıllık kesim planı haritası.....	111
Şekil 40. SBA2 senaryosu yıllık kesim planı haritası	112
Şekil 41. SBA3 senaryosu yıllık kesim planı haritası	113
Şekil 42. Tıraşlama alanları senaryolarının yıllık eta miktarları dağılımı.....	115
Şekil 43. TA senaryolarının yıllık net gelir dağılımı.....	116
Şekil 44. TA senaryolarının yıllık alan dağılımı	116
Şekil 45. STA1 senaryosu yıllık kesim planı haritası.....	117
Şekil 46. STA2 senaryosu kesim planı haritası	118
Şekil 47. STA3 senaryosu kesim planı haritası	119
Şekil 48. Büyük alan siper işletmesi senaryolarında eta miktarları dağılımı	121
Şekil 49. BASİ senaryolarının net gelir dağılımı	122
Şekil 50. BASİ senaryolarının alan dağılımı	122
Şekil 51. SBAS1 senaryosu yıllık kesim planı haritası	123
Şekil 52. SBAS2 senaryosu yıllık kesim planı haritası	124
Şekil 53. SBAS3 senaryosu yıllık kesim planı haritası	125
Şekil 54. YAGA SYAG1, SYAG2 ve SYAG3 senaryoları yıllık net gelir miktarları dağılımı.....	127
Şekil 55. YAGA SYAG1, SYAG2 ve SYAG3 senaryoları yıllık alanları dağılımı	127
Şekil 56. SAGS1 senaryosu yıllık ağaçlandırma alanları.....	128
Şekil 57. SAGS2 senaryosu yıllık ağaçlandırma alanları.....	129
Şekil 58. SAG3 senaryosu yıllık ağaçlandırma alanları	130
Şekil 59. Toplam etanın senaryo gruplarına yüzdeler dağılımı.....	132
Şekil 60. Planlama yörüngesi sonucunda toplam ürün çeşitleri miktarının yüzdeler dağılımı.....	133
Şekil 61. Birleştirilen senaryo gruplarının 2018 yılı sonundaki eta dağılımı.....	134

Şekil 62. Birleştirilen (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) senaryoların yıllık kesim planı haritası.....	135
Şekil 63. Eta miktarlarına bağlı olarak hesaplanan karbon miktarları	136
Şekil 64. Uygulama planı ve SEP2 senaryolarının alansal dağılımı	138



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Orman fonksiyonları, işletme amaçları ve koruma hedefleri	3
Tablo 2. En çok kullanılan yöneylem araştırma teknikleri.....	20
Tablo 3. Orman amenajman planlamasında kullanılan bazı karar destek sistemleri ve özellikleri	25
Tablo 4. Tamsayıli modellere örnekler.....	35
Tablo 5. Çanakkale OİŞ işletme sınıfları alan dağılımı.....	55
Tablo 6. Çanakkale OİŞ planlama birimine ait meteorolojik veriler	58
Tablo 7. Çanakkale OİŞ sınırları içerisinde bulunan köyler ve nüfusları	61
Tablo 8. Endüstriyel plantasyon model tasarımı	73
Tablo 9. Büyük alan siper işletmesi model tasarımı.....	75
Tablo 10. Yapay gençleştirme (ağaçlandırma) alanları model tasarımı	77
Tablo 11. Bakım alanları (ara hasılat) model tasarımı	78
Tablo 12. Örnek planlama senaryoları	82
Tablo 13. Endüstriyel plantasyon alanlarında SEP1, SEP2 ve SEP3 senaryolarının net gelir, eta ve alan değerleri	99
Tablo 14. SEP2 senaryosu sonunda odun ürünleri çeşitleri	103
Tablo 15. Bakım alanlarında SBA1, SBA2 ve SBA3 senaryolarının net gelir, eta ve alan değerleri	107
Tablo 16. Bakım alanlarındaki senaryolarının eta miktarları KÖYKOP sınırları içerisindeki yıllık dağılım miktarları.....	109
Tablo 17. Tıraşlama alanları senaryoları net gelir, eta ve alan değerleri.....	114
Tablo 18. Tıraşlama alanları modelinde STA2 odun ürün çeşitleri miktarları.....	116
Tablo 19. Büyük alan siper işletmesi alanları SBAS1, SBAS 2 ve SBAS 3 senaryolarının net gelir, eta ve alan değerleri	120
Tablo 20. Ağaçlandırma alanları SYAG1, SYAG2 ve SYAG3 senaryolarının net gelir, eta ve alan değerleri	126
Tablo 21. Senaryo gruplarının toplam eta değerleri	131
Tablo 22. SEP2 senaryosu, uygulama planı ve optimal kuruluşun alansal değerleri.....	137
Tablo 23. Detay silvikültür planına göre 2018 yılı için tıraşlamaya tabi olan alanlar ve uygulama bulguları	139
Tablo 24. Çanakkale OİŞ orman amenajman planı ve detay silvikültür planlarında “büyük alan siper” işletmesinin uygulandığı sahalar	140

KISALTMALAR DİZİNİ

AHS	: Analitik Hiyararşik Süreç
BASİ	: Büyük Alan Siper İşletmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
Çk	: Karaçam
ÇZ	: Çalışma Zamanları
Çz	: Kızılçam
DP	: Doğrusal Programlama
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Dünya Gıda ve Tarım Örgütü)
ETÇAP	: Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama
ETFOP	: Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama
ID	: Bölmecik Numarası
İBM	: İşçi Birim Maliyeti
İÇZ	: İşçi Çalışma Zamanı
LINGO	: Optimizasyon Problemlerini Çözen Kapsamlı Bir Yazılım
KBM	: Kamyon Birim Maliyeti
KDS	: Karar Destek Sistemleri
KKDS	: Konumsal Karar Destek Sistemleri
KÖYKOP	: Köy Kooperatifleri
MBM	: Makinalı Birim Maliyeti
MÇZ	: Makineli Çalışma Zamanı
NBD	: Net Bugünkü Değer
OAP	: Orman Amenajman Planı
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
OP	: Operasyonel Planlama
OPA	: Optimal Periyodik Alan
SOY	: Sürdürülebilir Orman Yönetimi
STD	: Sağ Taraf Değeri
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli

TA : Tıraşlama Alanları
TDP : Tamsayılı Doğrusal Programlama
TÜB : Toprak Üstü Biyokütle
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜK : Toprak Üstü Karbon
YA : Yöneylem Araştırması



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ormanlık ve orman yönetimi son 30 yılda önemli ölçüde bir değişim süreci içerisine girmiştir. Bu dönemde bir dizi olumlu gelişmeler olmasına rağmen dünyadaki orman alanlarının oranı 1990 yılında % 31,6 (4.128 milyar hektar) iken, 2015 yılında % 30,6'ya (3.999 milyar hektar) gerilemiştir (FAO, 2018). Küresel ölçekte dünya ormanlık alanlarının miktarı azalmaya devam ederken, sanayileşme ve nüfus büyümeye devam etmektedir. İnsanlar yeterli gıda için daha fazla tarım arazisi talep etmekte ve bu daha fazla çevresel sorunların oluşmasına neden olmaktadır.

Ormanlar; orman ürünleri ve hizmetlerine yönelik artan talepleri karşılarken, aynı zamanda ekolojik-biyolojik ve sosyal-kültürel fonksiyonları da beraberinde barındırmaktadır. Örneğin, ormanlar mevcut biyoçeşitliliğin %80'ini ve karasal bitki karbon stoğunun da %80-90'ını tek başına kapsamaktadır (FAO, 1999; Watson vd., 2000; FAO, 2015; FAO, 2016).

Artan ekonomik refah ve gelişen teknoloji, insanların yaşam kalitelerinin artması sonucunda; ormanlardan yararlanmanın şekli değişmiş ve doğal alanlar üzerindeki baskıyı arttırmıştır. Ormanlık arazilerin amaçları dışında düzensiz ve plansız kullanımları sonucunda, ormanların sağlık durumunun bozulması ve gelecekte ekosistem sürekliliğinin tehlikeye düşmesi gibi problemlerle karşı karşıya kalınacaktır (Başkent, 1996; 1999). Orman ekosistemi elemanlarının yapılarının bozulması; küresel ısınma, sel-taşkın-heyelan ve çığ olaylarının artması, çevre kirliliği, doğal hayatın zarar görmesi, biyolojik çeşitliliğin azalması, çölleşme, su kaynaklarının kalite ve sürekliliğinin tehlikeye düşmesi ve ormansızlaşma gibi pek çok sorunu doğrudan ya da dolaylı olarak beraberinde getirmiştir. (Eraslan, 1982; Köse, 1986; Keleş, 2008; Kadıoğulları, 2009).

Ekolojik ve çevresel olumsuzlukların artması ile toplum çevre konusunda duyarlı hale gelmiş, doğa ve doğal kaynaklara ilgi toplulukları oluşmaya başlamış, gelişen teknolojiye de bağlı olarak dünya ülkelerinin mevcut sorunlara ortak çözüm arayışları bu konudaki farkındalık düzeyini artırmıştır. Çeşitli uluslararası toplantılar ile birlikte imzalanan sözleşmeler-süreçler doğrultusunda, yeniden biçimlenen doğal kaynaklardan yararlanma süreci Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SOY) ölçüt ve göstergeleri belirlenmiştir. SOY,

1993 yılında Helsinki 'de yapılan Avrupa Ormanlarının Korunması 2. Balkanlar Konferansında; “Ormanların ve orman alanlarının küresel, ulusal ve yerel düzeylerde, yaşama enerjisini ve kendini yenileme kabiliyetini, biyolojik çeşitliliğini, verimliliğini, şimdi ve gelecekte, ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonlarını yerine getirebilme potansiyelini koruyarak ve diğer ekosistemlere zarar vermeyecek düzeyde ve derecede kullanılması ve ayarlanmasıdır” şeklinde tanımlanmaktadır (Helsinki, 1993). Bu tanım sonrasında belirlenen SOY kriterleri vasıtasıyla, temel noktaları ekolojik, ekonomik ve sosyal süreklilik olan, daha akılcı ve bilimsel, uluslararası düzeyde ortak katılımcı, teknoloji yoğun, bütünleşik, disiplinler arası çalışma yaklaşımını ilke edinen ortak davranış şekli ortaya konulmuştur (Yolasiğmaz, 2004).

Topluma sunulan hizmetlerin ve ürünlerin zamanında ve yerinde, kesintisiz ve sürekli bir biçimde tedarik edilebilmesi için teknik, ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel faaliyetlerin orman işletmelerinin nerelerinden, ne ölçüde ve ne zaman yapılacağı, zaman ve yer göstererek belirlenebilmesi için yapılan planlara “Orman Amenajman Planı” adı verilmektedir (Eraslan, 1982).

Orman işletmelerinin doğaya açık ve uzun üretim süreli olmaları, buralarda yapılacak her türlü faaliyetin amaçlı ve planlı olmasını zorunlu kılar. Bu zorunluluğun doğal ve yasal sonucu olarak, tüm gelişmiş dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de ormanlar belirli amaçları gerçekleştirmek üzere sürdürülebilirliği garanti altına almak için orman amenajman planlarına göre işletilmektedir (Başkent, 1995;1996).

Dünyadaki toplam orman alanlarının % 52'sinin (2,1 milyar ha) orman amenajman planı bulunmaktadır. Koruma amaçlı yönetim planı olan ormanlık alanlar 1950 yıllardan günümüze kadar olan sürede önemli miktarda artmış ve bu alanlar üretim ve koruma amaçlı amenajman planlarıyla işletilen alanlarla neredeyse eşit seviyeye gelmiştir (MacDicken vd., 2015). Türkiye ormanlarında da dünyadaki gelişmelere paralel olarak ormanlık alanların yaklaşık %50'si (11,3 milyon ha) ekonomik, %50'si de ekolojik ve sosyokültürel fonksiyonlar olarak ayrılmıştır (OGM, 2019). Ülkemizde orman amenajman planları 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 için 10 veya 20 yıl uygulama süreli olarak hazırlanan orman amenajman planları ile işletilmektedir.

Türkiye, 78 milyon hektarlık alanıyla, ekolojik ve biyolojik açıdan önemli bir çeşitliliği bünyesinde barındırır. Bu biyoçeşitlilik içerisinde ormanlar; oluşturduğu

kompozisyon ve tür çeşitliliği olarak önemli bir yere sahiptir. Ülke ormanlarımız, 2018 yılı itibariyle 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. Bahsedilen ormanlık alanların dikili serveti 1,658 milyar m³, yıllık toplam cari artımı yaklaşık 47 milyon m³'tür. Ormanların odun üretim kapasitesi ve piyasa talepleri göz önünde bulundurularak hazırlanan 2018 yılı odun üretimi programında 19.080.137 m³ endüstriyel odun ve 4.890.455 ster yakacak odun üretilmiştir (OGM, 2019).

Orman ekosistemlerini oluşturan sistem elamanlarının karşılıklı ilişkisi ile genellikle kendiliğinden ortaya çıkan ve bir bölümü toplum yararına kullanılan mal ve hizmetler üretilir. Ormanlarımızın sunmuş olduğu işlevler üç ana orman fonksiyonu altında (Ekonomik, Ekolojik ve Sosyo-Kültürel), on adet alt orman fonksiyonları ve her bir alt orman fonksiyonlarına ait "İşletme Amaçları" ve "Koruma Hedefleri" ne sahiptir (Tablo 1) (OGM, 2017a).

Tablo 1. Orman fonksiyonları, işletme amaçları ve koruma hedefleri (OGM, 2017a)

Ana Orman Fonksiyonları	Alt Orman Fonksiyonları	İşletme Amaçları ve Koruma Hedefleri Sayısı
Ekonomik	Orman ürünleri üretimi	11
Ekolojik	Doğayı koruma	20
	Erozyonu önleme	5
	İklim koruma	1
Sosyo-Kültürel	Hidrolojik	3
	Toplum sağlığı	4
	Estetik fonksiyon	2
	Ekoturizm ve rekreasyon	4
	Ulusal savunma	2
	Bilimsel	2

Orman Ürünleri Üretim Fonksiyonu; ekonomik bir değeri olan, odun ve odun dışı orman ürünleri üretimini gerçekleştiren, aynı zamanda ulusal ve uluslararası ekonominin bu ürünlere olan talebini sürekli bir şekilde karşılamak için ayrılan alanlardır. Ekonomik fonksiyona ayrılan orman alanlarından (doğal ormanlar, baltalık/enerji ormanları ve endüstriyel ağaçlandırma alanları) odun ve odun dışı orman ürünleri (yuvarlak odun ürünü çeşitleri, bitkisel, hayvansal ve mineral vb.) üretimi yapılmaktadır. Bu alanlar, özellikle

hizmet üretimi için ayrılan alanlar ile karıştırılmamalıdır. Odun üretim fonksiyonunun işletme amacına dönüşebilmesi için toplumun da aynı zamanda talepte bulunması gerekmektedir.

Ülkemizin odun hammaddesi talebinin büyük bir bölümü Orman Genel Müdürlüğü (OGM) (% 65) ve özel sektör (%17) tarafından karşılanırken, geri kalan %18'lik kısmı ise ithal edilmektedir (OGM, 2016a). Söz konusu bu üretim miktarı Orman Genel Müdürlüğü'nün 28 Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki, 258 Orman İşletme Müdürlüğü bünyesine bağlı 1.425 Orman İşletme Şefliği tarafından gerçekleştirilmektedir (OGM, 2019).

Orman İşletme Şefliği: Ormana ve ürünlerine olan gereksinimi direk veya dolaylı olarak, sürekli bir şekilde sağlayarak, sınırları belli olan ve ormanlarda işletmecilik faaliyetlerinde (teknik ve ekonomik) bulunan ekonomik bir birimdir (Türker, 2008). Başka bir ifadeyle, ormanların korunması, çoğaltılması, bakımı, onarımı, orman ürünlerinin hasat edilmesi, alıcıya ve tüketiciye sunularak satılması, ormanların diğer fonksiyonlarından (doğayı koruma, hidrolojik, estetik-rekreasyon, toprak koruma/erozyonu önleme, toplum sağlığı, iklimik, bilimsel ve ulusal savunma vb.) toplumun yararlandırılması gibi çalışmaların yapıldığı, sahibi ve amaçları belli, yeterli büyüklükteki ormanı olan, orman amenajman planları ile yönetilen bir işletme ünitesidir (Eraslan, 1982).

İşletme Sınıfı: Orman işletmesinde uygulanan "orman amenajman planı" içerisinde, işletme amaçları, koruma hedefleri, bonitet sınıfları, orman formları, ağaç türleri, işletme şekli, idare (yönetim) süreleri, orman ürünlerinin taşınması ve tüketim yerleri, yerine getirilecek faydalanma hakları gibi etmenler yönünden, aynı ve benzeri alanlardan oluşan (bu alanlar ister bir arada, ya da tüm sahada büyük veya küçük alanlar halinde), aynı amenajman metotlarının (faydalanmayı düzenleyen yöntemlerin) uygulandığı ve etaların kararlaştırıldığı ve yıllık ya da periyodik kesim planlarının yapıldığı, sürekli olarak ürünlerin alındığı bir devamlılık ünitesi (Süreklilik Ünitesi)' dir" (Eraslan, 1982; OGM, 2017a).

Orman amenajmanı açısından orman formları ikiye ayrılır. Bunlar; ülkemiz ormanlarının %98'ini oluşturan aynı yaşlı-maktalı koru ormanları ile %2'sini oluşturan değişik yaşlı (seçme) ormanlarıdır. Bunun yanında, işletme şekilleri bakımından; Koru, Baltalık ve Korulu Baltalık ormanları olmak üzere üçe ayrılırlar. Toplam ormanlık alanlarının % 94,70'i (21.421.769 ha) koru ormanı, % 5,30'u (1.200.166 ha) baltalık olarak işletilmektedir. Ülkemizde artık korulu baltalık işletme şekli orman amenajman planlarında ayrılmamaktadır (OGM, 2016a; OGM, 2019).

Ormanlık alanlardan faydalanmanın düzenlenmesi ise klasik, münferit ve fonksiyonel planlarda kullanılan; alan, hacim ve alan - hacim kontrolü metotları şeklinde yapılmaktadır. Aynı yaşlı-maktalı ormanlarda kullanılan amenajman metodu “Yaş Sınıfları”dır. Yaş sınıflarında kullanılan alan kontrolü yöntemine göre her periyotta eşit miktarda, optimal periyodik alanın gençleştirilmesi amaçlanır. İşletme sınıfının tam manasıyla optimale ulaşabilmesi için alan ve ağaç serveti itibariyle optimale ulaşması gerekmektedir. Bu durum da alanların optimale ulaşması için her yıl eşit miktarda meşcere oluşturmak ve bu müdahalelerin idare süresi sonuna kadar götürülmesiyle olur (Eraslan, 1982).

Değişik yaşlı seçme ormanlarında kullanılan “Çap Sınıfları” metodu ise hacim kontrolü yöntemine dayanır. Hacim kontrolü ile aktüel ve optimal kuruluşların birim alandaki servetin, ince, orta ve kalın çap sınıflarındaki dağılımları karşılaştırılarak aktüelin, optimalden ne derece yakın yada uzak olduğu belirlenerek etalar tespit edilir. Etalar belirlenirken matematiksel formüller kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; 1883 Fransız Hacim Yöntemi, Hufnagl’ın Çap Sınıfları Yöntemi, Çap Sınıfları Artımına Dayanan Yöntem, İsviçre Kontrol Yöntemi gibi çok sayıda eta formülleridir (Eraslan, 1982; Eler, 2001; Eraslan ve Eler, 2003; Kapucu, 2004; Asan, 2013).

“Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama (ETFOP) Orman Amenajman Yönetmeliği” ile uygulayıcının, ticari-piyasa ve ormanın durumunu karşılıklı değerlendirerek müdahale yapacağı alanlar (kesim parsellerini) belirlenebilmektedir. Orman amenajman yönetmeliğinde yer alan (74. Maddesinin 2 fıkrasında) “Plan ünitesinde bakıma konu edilen seçme, aynı yaşlı, devamlı orman ve benzeri meşcerelere ait kararlaştırılan bakım etalarının tamamı bölme ve bölmecikler itibariyle sıralanır. Plan uygulama süresi için toplam bakım etası, plan uygulama süresine bölünerek yıllık ortalama miktarı hesaplanır. Bulunan yıllık ortalama bakım etası esas alınarak yıllık bakım programına alınacak bölme ve bölmeciklerin veya parsellerin seçimi uygulayıcıya bırakılabilir” ifadesi ile uygulayıcıya zaman ve mekân düzenlemesinde serbestlik tanınmıştır (OGM, 2008). Fakat bu durumda, işletme şefi işletme amaçları doğrultusunda hangi bölmeciklerin veya bölmenin, niçin, nerede, ne zaman, nasıl, ne şekilde üretime açılacağı konusuna karar vermek zorunda kalmaktadır. Bununla birlikte işletme şefinin, odun üretim faaliyetlerini daha düzenli bir şekilde yapabilmesi için, üretimi etkileyen diğer (eta, bonitet, ağaç türü, eğim, bakı, yükseklik, iş gücü, sürütme mesafesi, yol ağı, diri örtü durumu, deponun konumunu vb.) faktörleri de iyi bir şekilde analiz etmesi gerekmektedir.

Odun üretiminin ilk yıllarında transportun yoğun ve iş gücünün kolay olduğu bölmeler tercih edilirse sonraki yıllarda bakım etasının alınamamasına neden olunabilir. Bu doktora çalışmasının sonucunda ortaya koyulan prototip yazılımlar yardımıyla; planlama biriminden periyot süresince alınması öngörülen etanın yıllara eşit yada eşite yakın bir şekilde dağıtılabilmesi sağlanabilecektir.

Türkiye’de orman içlerinde ya da kenarında takribi 7.1 milyon orman köylüsü yaşamaktadır (OGM, 2016b). 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. Yerel halkın (orman köylüsü) amenajman plan süresi içerisinde her yıl işlendirilmesine olanak veren bir yaklaşım tarzıyla, özellikle bakım (ara hasılat) alanlarının dağıtılmasında köy kooperatif sınırlarını dikkate alan bir planlama yapılmalıdır. Hem orman köylüsü için önemli bir problem olan yakacak ihtiyacının karşılanması hem de oluşturulan istihdamın büyük bir bölümünün orman köylülerine verilerek ekonomik girdilerinin artmasında önemli bir yer tutmaktadır. Orman işletmelerinde üretim işleri; sadece biyofizik koşulları değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyo-kültürel değişkenleri de dikkate alması gerekmektedir.

Türkiye’de 1963 yılında kalkınma planlarının hazırlanmasıyla, 10 yıllık bir sürede (1963-1972) tüm ormanlık alaların envanteri yersel ölçüm ve uzaktan algılama metotları ile birlikte orman amenajman planları düzenlenmiştir. Bilimsel anlamda model yazılım denemeleriyle birlikte Orman Genel Müdürlüğü’nde ulusal ve uluslararası düzeyde projeler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak; 1972 yılında “Akdeniz Orman Kullanım Projesi” kapsamında makineli odun üretim sistemleri kullanılmıştır. Bir diğeri ise “Orman Kaynakları Bilgi Sistemi (FRİS)” projesi kapsamında FRIS adında bir meşcere gelişim simülasyonu yazılımı

geliştirilmiş ve CBS uygulamaları ilk defa amenajman plan yapımında kullanılmıştır. Daha sonra, Münferit Planlama, Fonksiyonel Planlama adları altında model amenajman planlama sistemleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Hazırlanan orman amenajman planlarında odun üretiminin sürdürülebilirliği amaçlanmıştır (Keleş, 2008).

1990'lı yılların başından itibaren dünyada değişen planlama yaklaşımlarını da dikkate alan çok amaçlı ve fonksiyonel planlar yapılmaya başlanmıştır. 2008 yılında yürürlüğe giren yeni yönetmelikle birlikte "Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama (ETFOP)" yaklaşımı benimsenmiştir. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlamanın temel aldığı unsurlar ise sırasıyla envanter, veri tabanı kurulumu, temel altlıkların hazırlanması (meşcere haritası, orman fonksiyonları haritası vb.), orman işletme amaçları ve koruma hedeflerinin belirlenmesi (işletme sınıflarının hazırlanması), yararlanmanın düzenlenmesi (karar verme), elde edilen verilerin plan formatında sunulması (kesim planı haritası ve tabloların düzenlenmesi) olmak üzere altı aşamadan oluşmaktadır (Köse ve Başkent, 2003; Başkent, 2005; Yolasıǧmaz vd., 2005). Ormanların ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonlarından maksimum faydalanmayı hedefleyen, katılımcı yaklaşımı dikkate alan orman amenajman planları yapılmaya başlanmıştır (OGM, 2008).

Yurt dışında ve ülkemizde, orman kaynaklarının verimli yönetilebilmesi ve odun üretim çalışmalarının planlanmasında karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda genel olarak çözüm yöntemi olarak "Yöneylem Araştırması (Simülasyon ve Optimizasyon)" tekniklerini içeren modeller kullanılmaktadır. Önemli bazı araştırmalar aşağıda verilmiştir.

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 Grafıksel Simülasyon Modeli (GRASİMOD) adı verilen üç adet simülasyon modeli geliştirilmiştir.

Robak'ın (1984) geliştirdiği OPPLAN adındaki operasyonel plan aracında; bölge, işletme ve bölme bazında üretim, transport, ana ve tali yollar ile silvikültürel işlemler de operasyonel planlanma aşamasında konu edilmiştir.

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 tasarlanmış ve FORTRAN dilinde yazılımını da yapmıştır.

Ormanların kısa vadeli yönetilebilmesi için, Davis ve Martell (1993) stratejik hedefler doğrultusunda ormancılık faaliyetlerinden sürdürülebilir şekilde yararlanmayı sağlayan, silvikültürel gereksinimleri temel alan bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem coğrafi bir bilgi sistemi ile bağlantılı olan stratejik ve taktik seviyesindeki silvikültürel planlama modellerine dayanmaktadır. Her bir meşcere için potansiyel silvikültürel reçeteleri tanımlayarak 10 yıllık bir sürede orman ürünlerinden verimli ve sürdürülebilir faydalanmayı tasarlamışlardır.

Gül (1995), Basic programlama dili kullanarak orman amenajman planlarını düzenleyen bir yazılım geliştirmiştir.

MacDonald (1996) tarafından yapılan çalışmada, orman amenajman planı yapanlara yönelik silvikültürel plan özelliklerini de içinde barındıran ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemleri ile sayısal haritaları kullanarak yeni yol güzergâhlarına bağlı olarak üretim alanlarının tespitini yapmıştır. Orman kaynakların etkin yönetimi ve sürdürülebilir amaçlar doğrultusunda çeşitli yaklaşımlar getirmiştir.

Liu (2001), sürdürülebilir odun üretimi problemlerini çözmek için alan kısıtlamaları, üretim başlangıcı ve bitişi, ürün stok kısıtlamalarının uygulandığı bir yaklaşım (kesim düzeni algoritması) geliştirmiştir.

Mısır (2001), nesne tabanlı bir programlama tekniği ile karar verme tekniklerinden amaç programlama tekniğini kullanarak çok amaçlı bir orman amenajmanı planlama modeli geliştirmiştir.

Andalaft vd. (2003), tamsayılı doğrusal programlama ile odun üretim problemlerine orman yol ağını dahil ederek geliştirdikleri modellerle çözüm alternatifleri sunmuşlardır. Jumpponen vd. (2003), birçok sahibi olan ormanlık alanların kesim planlarının yapılmasında yeni ve pratik bir yaklaşım geliştirmiştir. Ekonomik, ekolojik ve sosyokültürel değerleri içeren kesim parsellerinin konumunu ve peyzaj özelliklerini dikkate alan bir kesim düzeni geliştirmiştir.

Karlsson vd. (2003), İsveç ormanlarında üretilen odun ürünlerinin kalitesini dikkate alan karma tamsayılı programla tekniğiyle, kısa bir sürede ürünlerin üretilip taşınmasını modellemişlerdir.

Torul Orman İşletmesi Karanlıkdere planlama biriminde, Keleş (2003), tarafından orman ekosistemlerinin su üretim fonksiyonu, Karahalil (2003), tarafından ise toprak

koruma fonksiyonu doğrusal programlama tekniği kullanılarak amenajman planlarına entegre edilmiştir.

Öhman ve Lamas (2003), orman kaynaklarının net bugünkü değer maksimizasyonunu amaçlayan uzun dönemli, çok amaçlı planlama ilkelerine uygun aynı zamanda mekânsal, rekreasyon ve doğa koruma ilişkilerini önemseyen bir kesim planı geliştirmişlerdir.

Eker (2004), yaptığı çalışmada, hiyerarşik planlama yaklaşımına göre, operasyonel düzeyde bir planlama modeli geliştirerek yıl içindeki toplam ortalama üretim giderlerinin minimizasyonunu amaçlamıştır. Bu amaç için teknik, topoğrafik, ekonomik, çevresel ve sosyo-ekonomik kriterlere uygun bir planlama senaryosu hedeflenmiş, çevresel ve kurumsal değişkenler, niteliklerine göre değerlendirilmiş ve bu değerlendirme için çok kriterli analizlerden analitik hiyerarşik süreç (AHS) kullanılmış ve elde edilen sonuçlar nicel değerlendirmelere eklenmiştir. Operasyonel kararların modellenmesi ve optimizasyonu (nicel değerlendirme) için doğrusal ve tamsayılı programlama teknikleri kullanılmıştır. Sonuç olarak bu planlama yaklaşımı ile yıllık ortalama üretim maliyetlerinde doğrudan %4 oranında bir tasarruf sağlanabileceği ifade edilmiştir.

Karlsson vd. (2004), yıllık üretim planı problemlerinin çözümü için yürüttükleri çalışmada karışık tamsayılı doğrusal modelleme tekniği kullanmışlar ve üretim alanı seçiminin farklı düzeyde üretim miktarını değiştirdiğini, belli yolların üretim sezonunda kullanılmadığını ve belli dönemlerde üretim için alana gidilemediğini belirtmişlerdir. Ayrıca taşıma ve depolama ile ilgili problemlerin de bulunduğunu ve sorunların çözümü için CPLEX yazılımını kullanarak karar vermede sorunları çözmek için olumlu sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Nieumenhuis ve Tiernan (2004), geliştirdikleri karma programlama-sürdürülebilir orman yönetimi modelinde sürdürülebilir orman yönetimi ilkeleri ile kesim düzeninin belirlenmesini birlikte ele almışlardır. Modelde, finansal değişkenlerin yanında çevresel ve sosyal değişkenler de yer almıştır.

Robak (2004), operasyonel planlama düzeyini; orta vadeli (5 yıla kadar), yıllık ve çok kısa vadeli olmak üzere üçe ayırmıştır. Orman kaynaklarından faydalanmanın sürdürülebilirliğin ekonomik, ekolojik ve sosyal boyutu açısından, odun hammaddesi üretimine odaklı ormancılık faaliyetlerinin bir planlama çerçevesinde yürütülmesi gerektiğini belirtmiştir.

Bettinger vd. (2005), uydu görüntülerini kullanarak CBS yardımıyla yaptıkları çalışmada uzun dönemli hiyerarşik mekânsal planlamanın kavramsal çerçeve örneğini

ortaya koymuşlar ve ormanların yönetiminde ekonomik ve ekolojik analizlerin de hesaba dahil edilebileceği, farklı ormancılık politikalarına uygun alternatif çözümler üretilebileceğini aktarmışlardır.

Artvin planlama biriminde Yolasıǧmaz (2004) tarafından, Ekosistem Amenajmanı anlayışı kapsamında doğrusal programlama tekniği kullanılarak uzun dönem amenajman planlama senaryoları geliştirmiştir.

Tiernan ve Nieumenhuis (2005), İrlanda ormancılığı için ekonomik tabanlı optimizasyon modellerini, hiyerarşik yaklaşımla kesim düzeni için geliştirmişlerdir. Doğrusal programlama ile karma TDP tekniklerinin kullanıldığı çalışmada, amaç fonksiyonu olarak belirlenen net bugünkü değeri maksimize eden beş yıllık planlama yapmışlardır.

Twery vd. (2005), doğal kaynak yöneticilerine faydalı ve bilimsel bilgi sağlamak amacıyla ormanların planlanması ve karmaşık sistemlerde karar vermeyi iyileştirebilmek için NED-2 adında windows tabanlı bir yazılım geliştirilmişlerdir. NED-2, orman alanının özelliklerini ve mevcut duruma bağlı olarak kaynakların ekolojik, orman ürünleri, su, toprak ve yaban hayatı fonksiyonlarını dikkate almaktadır. Ormanları planlarken alternatifleri tasarlayarak gelecekteki orman kuruluşunu simüle etmiş; seçilen alternatifler doğrultusunda planları hedeflerine ulaştırmışlardır.

Başkent ve Keleş (2006), doğrusal programlama tekniğine dayalı ve 100 yıllık planlama süresini kapsayan bir model kurmuş ve bu model ile odun çeşitlerinden elde edilen net bugünkü değerin farklı iskonto oranlarına göre en iyi duruma getirildiği ve değişik kısıtlayıcı koşulların modellere eklenerak farklı odun üretim stratejileri geliştirilmişlerdir.

Korkmaz (2006), yapmış olduğu çalışmada Bucak Orman İşletme Müdürlüğu Pamucak Orman İşletme Şefliği Kızılçam işletme sınıfında yer alan ormanlık alandaki üretim birimlerini (bölme-bölmecek) belirlemiş ve bu birimlerin hacim, ürün çeşidi, üretim sürecindeki masrafları ile birim satış gelirlerini idare süreleri itibari ile hesaplamıştır. Doğrusal programlama ve 0-1 tamsayılı doğrusal programlamayı kullanmıştır. Korkmaz bu çalışmasında optimum işlendirme düzeyini hem ilk periyot için hem de yıllık olarak çalışma zamanları itibariyle ortaya koymuştur.

Robak ve Murty (2006), ormancılık planlama sistemini; uzun dönemli stratejik planlama, birleştirilmiş taktiksel ve operasyonel planlama, yıllık operasyonel planlama ve operasyonel kontrol olarak sınıflandırmış; operasyonel planlamayı orta ve kısa vadeli planlama yöntemi olarak tanımlamışlardır.

Bettinger vd. (2007), orman yönetimi planlama problemlerine çözüm getirmek için yaptıkları zamansal ve mekânsal planlama odaklı çalışmalarında, yöneylem araştırma tekniklerinden tabu-search yaklaşımını kullanarak sezgisel model kullanmışlar ve karşılaşılan problemlere daha etkili orman planlama çözümleri ürettiklerini aktarmışlardır.

Keleş (2008), “Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama” (ETÇAP) yaklaşımı temel esaslarını dikkate alan, ülkemiz teknik, ekosistemin tüm öğelerini bir bütün olarak kabul eden, Türkiye ormancılık politikası, mevzuat ve sosyo-kültürel koşullarına uygun karar destek sistemi (KDS) tasarımı geliştirilmiştir. Ayrıca uzun vadeli stratejik plan yapma özelliğine sahip ETÇAP Simülasyon ve ETÇAP Optimizasyon modellerini nesne tabanlı programlama dili ile yazılım geliştirilmiş ve test edilmiştir.

Sivrikaya (2008), klasik (sezgisel) planlama tekniğini CBS teknolojileri ile entegre biçimde kullanmak suretiyle orman ekosistemlerinin çok amaçlı planlanması için, yürürlükteki orman amenajman yönetmeliğine uygun bir yazılım geliştirmiş ve test etmiştir.

Kadıoğulları (2009), karar vericilere bütünleşik planlama yaklaşımı çerçevesinde, stratejik ve taktiksel düzeyde seçenekler sunmakta ve konumsal analizler yaparak en iyi kesim düzenini oluşturmasına imkan vermektedir. Konumsal simülasyon ve tavlama benzetimi tekniği kullanarak geliştirilen Konumsal Karar Destek Sistemi (KKDS), ekosistem yapısını daha iyi analiz ederek, konumsal özelliklerin de planlamaya yansıtılması ile orman amenajman planlarının konumsal bazda uygulanabilir nitelikte hazırlanmasını sağlamıştır. KKDS ile geliştirilen ETÇAP Konumsal simülasyon ve ETÇAP Kombine optimizasyon modellerinin kullanıcılar tarafından rahat ve kolay bir şekilde kullanılması amacıyla bir arayüz tasarımı gerçekleştirmiştir.

Karahalil (2009), Doğrusal Programlama modelini kullanarak korunan alanlar (Köprülü Kanyon Milli Parkı) için koruma ve kullanma dengesini dikkate alan katılımcı bir yaklaşımla orman amenajman planı düzenlemiştir. Çalışmada, simülasyon ve optimizasyon modüllerini içeren, stratejik ve taktiksel düzeyde planların oluşturulmasında karar vericiler tarafından istenilen hedeflerde alternatifler sunulmaktadır. Ayrıca doğrusal denklemlerle oluşturulamayan konumsal özellikleri sağlayabilmek için sezgisel arama yöntemi olan “Tavlama Benzetimi” kullanılmıştır.

Zengin (2009), orman amenajman planlarının ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımına uygun olarak Karışık Tamsayı program yaklaşımıyla ormanların hidrolojik, rekreasyon ve odun üretimi fonksiyonlarını işletme sınıflarına ayırmıştır. Bölmeciklerin

komşuluk ilişkilerini de ön planda tutarak, hangi periyotta gençleştirmeye alınacaklarını farklı senaryolar deneyerek bir kesim düzeni oluşturmuştur.

Çağlayan (2014), baltalık olarak işletilen meşe ormanlarının koruya tahvil edilmesi sürecinde mesçerelerin komşuluk ilişkilerini de dikkate alan odun üretimini işletme sınıfı bazında optimize etmeye çalışmıştır. Karışık TDP tekniği kullanarak bakım kesimleri ile elde edilen etayı eniyilemeye çalışmıştır.

Buğday (2015), ormancılık üretim faaliyetlerinin yürütülmesi sırasında çok yönlü düşünmek zorunda kalan uygulayıcı ve karar vericilere, ormanlardan optimal faydalanmayı sağlayarak, sürekli değişkenlik gösteren piyasa taleplerine en doğru şekilde karar verme yetkinliği kazandırmayı amaçlamıştır. Bu kararları verirken de çevre ve ormana en az zarar verecek şekilde dinamik bir program yardımıyla, ormancılıkta üretim planlanmasını orman işletme müdürlüğü düzeyinde ortaya koymuştur. CBS ortamından elde edilen veriler altlık olarak kullanılmış ve nesne tabanlı Delphi programlama yazılımı ile kullanıcı dostu arayüze ve dinamik bir yapıya sahip Üret-KEN adlı üretim planlama program geliştirilmiştir.

Borges vd. (2016), yapmış oldukları çalışmayı ormancılıkta odun üretimine ilişkin optimizasyon çalışmalarında net bugünkü değer maksimize edilmesi veya maliyetlerin en aza indirgenmesi yoluyla gerçekleştirmişlerdir.

Kadioğulları vd. (2016), ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama anlayışına göre geliştirilmiş bir simülasyon tabanlı konumsal orman amenajman planlama modeli üzerinde çalışmış ve örnek olarak planlama biriminde uygulamıştır. Bu amaçla konumsal özellikleri dikkate almayan temel bir simülasyon senaryosu ile bu senaryoya farklı konumsal özelliklerin dahil edilmesi ile birlikte üç farklı planlama senaryosu üretilmiştir. Bu planlama senaryoları değişik performans göstergeleri (örneğin; eta, dikili servet, net karbon birikimi, simülasyon süresi sonundaki yaş sınıfı dağılımı) kapsamında karşılaştırmıştır. 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.

Orazio vd. (2017), “Avrupa ormanlarının yakın gelecekte bütünleşik yönetimi” (INTEGRAL) adlı Avrupa birliği projesinde; 20 Avrupa ülkesinde (Akdeniz ve Boreyal ekosistemleri) ormanların planlanması ve yönetiminde kullanılan mevcut similasyon-optimizasyon karar destek sistemlerini içeren programların özellikleri karşılaştırılmıştır.

Avrupa'da mevcut olan başlıca büyüme modelleri ile yazılımlar açıklanmıştır. Bu farklı yaklaşımların güçlü ve zayıf yönleri tartışılmıştır. Orman planlanması-yönetimi simülasyonu seçimi için tavsiyeler verilmiş, iklim değişikliği ile başa çıkabilecek araçlara ve orman yönetiminin sürdürülebilirliği için daha sağlam göstergelere ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Komşuluk kısıtlamasını da dikkate alan modellere yönelik örnek olarak; Jones vd. (1991), Weintraub vd. (1994), Mullen (1996), Brumelle vd. (1998), Boston ve Bettinger (2001), McDill vd. (2002) ve Nalle vd. (2005) gibi yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır.

1.1.1. Çalışmanın Gerekçesi, Kabuller ve Amaç

Ülkemizde orman amenajman planlarının hazırlanmasında kullanılan karar destek sistemlerinin stratejik ve taktiksel düzeyde kullanılıyor olmasına rağmen uygulama aşamasına aktarılamamasının temel problemleri şunlardır;

- Oluşturulan orman amenajman planları sistem tasarımına sahip değildir,
- Orman kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlayan uzun ve orta vadeli planlama yaklaşımlarıyla kısa süreli (operasyonel) planlama süreci eşgüdüm oluşturamamaktadır,
- Orman amenajmanı planları yapımında kullanılan karar destek sistemleri ağırlıklı olarak bilimsel çalışmalarca desteklenmekte fakat uygulanabilirliği test edilememektedir,
- Ormancılıkta odun üretim problemleri dikkate alınsa bile, çok fazla sayıda parametreyi içermekte ve sadece karmaşık matematiksel modellerin kullanımını kolaylaştıracak bilgisayar paket yazılımları bulunmaktadır,
- Mevcut mevzuat yeterince temsil edilmemektedir,
- Orman amenajman planlarındaki odun üretim faaliyetlerinin ekonomik analizi yapılmamaktadır,

Bu çalışmayla, Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama (ETFOP) ilkelerine göre planlaması yapılan orman amenajman planının yıllık bazda gençleştirme ve bakım alanlarının kesim düzenini oluşturan, tamsayılı doğrusal programlama tabanlı prototip bir yazılım geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen modeller araştırma alanında test edilmiş, alternatif plan seçenekleri oluşturulmuş ve elde edilen alternatif planlama senaryoları ile güncel orman amenajman planı karşılaştırılmasını yapılmıştır.

Bu doktora tez çalışması bazı yan amaçlara da hizmet etmektedir ve bunlar aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir;

1. İşletme amaçlarına uygun ölçüt ve kısıtlara göre plan alternatifleri oluşturmak ve uygulanabilirlik analizi yapmak,
2. Orman amenajman planındaki ara hasılat etasının belirlenmesinde yıllara, ağaç türlerine, üretim şekline, ürün çeşitlerine, köy veya kooperatifte bulunan işçi istihdamına dikkat edilmiş ve sürekliliği de dikkate alan en uygun bakım bloklarını oluşturmak,
3. Klasik planda verilen üretim planı ile operasyonel plan sonucunda ortaya konulan zamansal ve mekânsal değerlendirmeler doğrultusunda alternatifler sunmak,
4. Klasik orman amenajman ve detay silvikültür planlarında verilen kesim düzeni ile bu araştırma sonucunda ortaya konulan kesim düzenlerinin karşılaştırılmak.

Kavramsal olarak bu tez çalışması kabul ve sınırlar dâhilinde gerçekleştirilmiştir. Bu sınırlar ve kabuller aşağıda belirtilmiştir;

1. Orman amenajman planları Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama (ETFOP) Orman Amenajman Yönetmeliği'ne göre hazırlanmaktadır. Yönetmeliğe bağlı olarak planı uygulanan orman işletme şefine ormandaki meşcerelerin silvikültürel istekleri ve piyasa durumuna bağlı olarak her yıl için en uygun kesip parselinin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Orman amenajmanı yönetmeliğinin 74.maddesininin 2. fıkrasında “İşletme şefliğindeki bakım etası verilen aynı yaşlı, seçme ve devamlı orman meşcerelerine ait kararlaştırılan etalar bölmecikler ve bölme bazında sıralanır. Uygulama planı süresi dâhilinde bakım etası toplamı, periyot süresine (10) bölünerek yıllık ortalama bakım etası miktarları hesaplanır. Yıllık ortalama bakım etası esasına bağlı olarak bakıma alınacak alanların tespiti ve uygulaması işletme şeflerine bırakılır” ifadesi ile işletme şefine mekân ve zaman düzenlemesinde serbestlik kazandırılmıştır.
2. Planlamanın zamansal ölçeği yönüyle 1 yıllık odun üretim operasyonları; konumsal ölçeği yönüyle ise bir orman işletme şefliği alanlarındaki yıllık ara hasılat etası ve üretim işletme sınıflarına ait son hasılat etasının alınacağı bölmeler konu edilmiş; odun dışı orman ürünlerinin üretimi, toprak koruma ve su üretimi gibi ormanların diğer mal ve hizmet üretimi fonksiyonları dikkate alınmamıştır.

3. Orman amenajman, silvikültür ve yol ağı planları taktiksel düzeyli plan olarak kabul edilmiş ve çalışma alanı için optimal bir plan oldukları kabul edilmiştir.
4. Orman işletme şefliği alanında aktif olarak kullanılabilen odun üretim teknolojileri tercih edilmiş ve plan süresince değişmeyeceği varsayılmıştır.
5. Maliyet hesaplamalarında orman işletme müdürlüğünün orman emvali birim fiyatları ile gençleştirme ve ağaçlandırma giderleri dikkate alınmıştır.
6. Transport ve üretim giderlerinin hesaplanmasında OGM'nin 2017 yılının başlangıcındaki birim fiyatları, çalışma zamanlarının bulunmasında "Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliği" (OGM, 1996) kullanılmıştır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde; tez çalışmasının konusu, genel kavramlar, planlama süreci, orman amenajman planlarında kullanılan karar destek sistemleri ve özellikleri, odun üretiminin planlanması ve silvikültürel planlama özellikleri tanıtılmıştır.

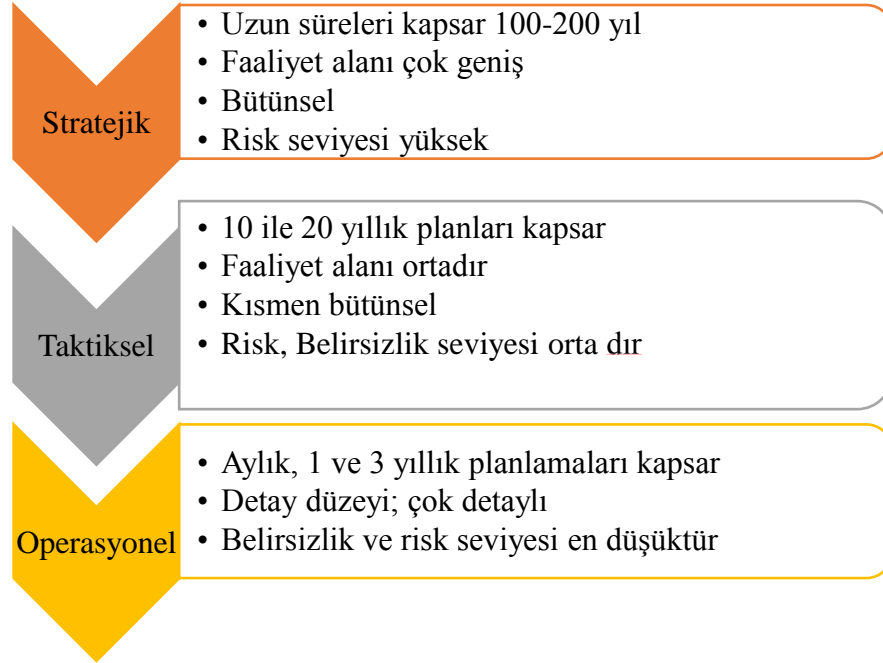
İkinci bölümde, operasyonel planlamaya yönelik prototip olarak geliştirilen konumsal karar destek sisteminin kavramsal çerçevesi ve tasarım aşamaları ile çalışmada kullanılan materyaleler, tamsayılı doğrusal programlama tekniğiyle oluşturulan planlama modeller, arayüzün kodlanması ve planlama senaryoları ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde (Bulgular ve Tartışma); operasyonel planlama prototip yazılımının tanıtımı ve oluşturulan odun üretim planlama senaryoların çalışma alanı olarak seçilen Çanakkale Orman İşletme Şefliğinde uygulanarak ve bulguları değerlendirilmiştir. Son bölümde ise; elde edilen sonuçlar ve öneriler sıralanmıştır.

1.2. Genel Kavramlar

1.2.1. Hiyerarşik Planlama Yaklaşımı

Orman amenajman plan yapımı bir takım karar verme süreçlerini içermektedir. Bu süreç; zaman ve mekâna bağlı şekillenen bir hiyerarşik yapı çerçevesinde gerçekleşmektedir. Genel olarak planlama; geleceğe yönelik kararların alınmasıyla dinamik ve süreklilik itibarıyla ekonomik işletmecilik ilkelerini barındırır. Ormancılığın ekonomik olmayan fonksiyonları da belirli amaçlar doğrultusunda karar verme mekanizması (planlama faaliyetleri) içerisine dâhil edilerek en iyi eylem planı belirlenir (Eraslan, 1982; Gunn, 1991; Bettinger vd., 2009). 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; Greer ve Meneghin, 2000; Gustafson, vd., 2000; Rönnqvist, 2003; Bettinger ve Lennette, 2004; Kangas ve Kangas, 2005; Gustafson, vd., 2006; Keleş, 2008; Bettinger, vd. 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 planlamadaki konular genellikle, stratejik planın amaçlarına (Örneğin: odun ürünü işleyen endüstrinin ihtiyaçlarını karşılamak vb.) nasıl ulaşacağı etrafında döner ve stratejik planlamada tanımlanmayan yönetim unsurlarını içermektedir. Örneğin üretim alanının büyüklüğü ve şekli, su kenarı ormanlık alanlarındaki silvikültürel uygulamalar ile yaban hayatını geliştirme unsurlarının tümü, bu planlama düzeyine mekânsal olarak orta vadede tanımlanabilir (Sessions vd., 2007). Taktiksel planlamada, tamsayı ve karışık tam sayılı doğrusal programlama ile simülasyon ve sezgisel metotlar yoğun olarak kullanılır (Kangas vd., 2014a, 2014b; Dong vd., 2015; Abasian, 2017; Borges vd., 2017). Örneğin; Konumsal

simülasyon (benzetim) modellerinde, orman ekosistemi öğelerinin uzun vadedeki değişimlerini belirleyebilmek için, meşçereye (bölmecik) uygulanan silvikültürel müdahale tipinin bölmeciğin artımına olan etkilerini büyüme modelleri vasıtasıyla hesaplamaktadır. Ayrıca meşçerelerin konumsal özelliklerini de (parça/sınıf/arazi) izleyerek, karar vericiye plan çıktılarını (harita, tablo ve grafik) sunmaktadır (Kadıoğulları, 2009).

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; nasıl, nereden ve nereye taşınacağını; ekonomik, topoğrafik/teknik, ergonomik, çevresel ve sosyo-ekonomik ölçütleri 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. Odun üretim faaliyetlerinin istenilen hedeflere ulaşabilmesi için gerekli planlamayı organize eden bir dizi üretim metodu yöntemleridir (Bettinger vd., 2009). Operasyonel plan çalışmalarında doğrusal programlama ve dinamik programlama etkin bir şekilde kullanılıyor olmasına karşın, son zamanlarda sezgisel (Heuristic Techniques) yöntemler daha yaygın kullanılmaktadır (Sessions vd., 2007).

1.2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) doğal kaynakların envanterinin belirlenmesi, izlenmesi ve planlamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Orman ekosistemine ait konumsal verilerin (örneğin: tür, gelişim çağı, alanı, kapalılığı, boniteti, ve toprak tipi) grafik ve öznitelik bilgileri veri tabanına kaydedilerek gerekli güncelleme, sorgulama, analizlerin ve haritalarının yapılabildiği bilgisayar destekli veri tabanı işletim sistemidir (Köse ve Başkent, 1993; Bolstad, 2005; Çakır, 2006; Wing ve Bettinger, 2008; Burrough vd., 2015) ve konumsal verilere dayalı birçok bilim dallarında (ormancılık, ziraat, jeoloji, jeofizik, maden, haritacılık gibi vb.) kullanım alanı bulmuştur. Bunun yanında CBS, ormancılıkta, orman

envanterinin yapılmasında, orman amenajman planının temel altlıklarının kolay ve kaliteli bir şekilde hazırlanmasında kullanılır (Yolasığmaz, 1998; Mısır,1995; 2001; Başkent, vd., 2002a; Çakır, 2006; Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009; Kadioğulları, vd., 2015, 2016) ve orman fonksiyonlarının (Odun üretim, su üretimi, toprak koruma, yaban hayatı, estetik-rekreasyon vb.) belirlenmesine de yardımcı olur.

Dinamik bir yapıya sahip olan orman ekosistemlerine yapılan teknik müdahalelerin etkilerini tespit etmek ve gerektiğinde önlemleri alabilmek, denetleyebilmek ve bilgi güncellemesini yapabilmek ancak CBS ile mümkün olmaktadır. CBS, özellikle orman alanlarının geçmişe yönelik zamansal ve mekânsal değişimlerini ortaya koymada etkilidir (Davis vd., 2001; Çakır, 2006; Kadioğulları, 2009) ve üretim alanlarının (kesim blokları) konumsal yapısının tanımlanmasını ve planlanmasını kolaylaştırır (Nasset, 1995, 1997; Kadioğulları, 2009). Konumsal veri tabanları sayesinde, komşuluk kısıtları dikkate alınarak alternatif üretim programlarının hazırlanmasında ve ekolojik olarak habitat parçaları arasında koridorların oluşturulmasında önemli olan (Kangas vd., 2000, Bettinger vd.,2017) coğrafi bilgi sistemleri (CBS) orman amenajman planları için gerekli haritaların hazırlanması, sunumu ve konumsal parametrelerinin belirlenmesi için tüm donanımlara sahiptir.

1.2.3. Yöneylem Araştırması

Yöneylem Araştırması (YA), bilimsel karar verme tekniklerini kapsayan bir terimdir. Literatürde “Operations Research” ya da “Yönetim Bilimi” olarak tanımlanan YA, kıt kaynakların tahsisini gerektiren koşullar altında bir sistemin işletme faaliyetlerinin planlanması, yönetilmesi ve sorunlarının çözülmesinde kullanılan bilimsel karar verme disiplini olarak ifade edilmektedir (Asan, 1980; Köse, 1986; Köse vd., 2000; Winston, 2004). YA, I. Dünya Savaşı sırasında bazı askeri sevkiyat ve telefon hatlarının etkin kullanılması gibi kısıtlı problemlerde kullanılmaya başlansa da, etkin bir şekilde bilimsel karar verme tekniklerinin kullanımı II. Dünya Savaşı sırasında ve sonrasındaki gelişimlerle olmuştur. YA çalışmaları özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde askeri ve sivil alanlarda hızla yayılmış ve Amerikalı bilim adamları kompleks lojistik problemlerin çözümü, hava yolları uçuş planının hazırlanması, denizaltı askeri tatbikatının planlanması ve askeri kaynakların etkili kullanılmasına yönelik bilimsel karar verme yöntemleri geliştirmişlerdir (Buongiorno ve Gilless, 2003; Winston ve Goldberg, 2004).

Türkiye’de yöneylem araştırması teknikleri ile ilgili çalışmalar Türk Silahlı Kuvvetleri öncülüğünde 1954 yılında başlamış ve 1956 yılında askeri alandaki ilk yöneylem takımı kurulmuştur. Bilimsel ve sivil alanda ise 1965 yılında “TÜBİTAK'ta Hareket Araştırma Bölümü kurulmuş ve 1973 yılında Marmara Araştırma Enstitüsü Gebze’ye taşınmıştır. Yöneylem araştırmasının eğitim alanına girmesiyle ülkemizde çeşitli üniversitelerde (işletme, istatistik, ekonometri, inşaat ve endüstri, ormancılık ve ziraat, askeri harp okullarında) ders olarak okutulmaya başlanmıştır. Yöneylem araştırmasının yaygın etkisi pek çok alanda kendisini göstermiştir (Soykan, 1979, Asan, 1980; Öztürk, 2002, 2013).

Karar verme yetkisine sahip kişilerin karşılaştıkları problemleri çözmek ve amaçlarına uygun olan en iyi çözüm alternatifleri arasından seçim yapabilmeleri amacıyla çeşitli teknikler kullanılır. Kullanılan bu yöneylem araştırma teknikleri (yöntemleri) veya en iyileme (optimizasyon) yaklaşımları model yapılarına göre deterministik (belirleyici-kesinlik) ve stokastik (olasılığa dayalı) modeller olarak gruplandırılabilirler. Çok sayıda yöneylem araştırma tekniği vardır. En çok kullanılan teknikler Tablo 2’de verilmiştir (Başkent, 2004).

Tablo 2. En çok kullanılan yöneylem araştırma teknikleri

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Doğrusal programlama ➤ Tamsayı programlama ➤ Dinamik programlama <ul style="list-style-type: none"> ○ Deterministik dinamik programlama ○ Stokastik dinamik programlama ➤ Amaç programlama ➤ Doğrusal olmayan programlama ➤ Kuadratik programlama ➤ Ağ modelleri <ul style="list-style-type: none"> ○ Ulaştırma (Transport) modeli ○ Aktarma (Transshipment) modeli ○ Görev dağılımı/atama (Assignment) modeli ○ Gezgin satıcı problemi ○ En kısa yol problemi ○ Maksimum akış problemleri ○ PERT/CPM ○ Karar teorisi ve ağacı 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Simülasyon <ul style="list-style-type: none"> ○ Deterministik simülasyonu ○ Stokastik (örneğin, Monte-Carlo) simülasyonu ➤ Oyun kuramı ➤ Envanter modelleri <ul style="list-style-type: none"> ○ Stokastik envanter modelleri ○ Deterministik envanter modelleri ➤ Kuyruk (bekleme hattı) modelleri ➤ Markov zincirleri ➤ Kombine optimizasyon (karma sezgisel) teknikleri <ul style="list-style-type: none"> ○ Yokuş tırmanma (Ardışık optimizasyon) modeli ○ Tavlama benzetimi ○ Tabu arama ○ Genetik algoritma ○ Yapay zeka ○ Yapay sinir ağları ○ Bulanık mantık ○ Uzman sistemler
--	--

1.2.4. Orman Amenajmanı, Modelleme ve Karar Destek Sistemleri

Ormanlar, dinamik bir yapıda olmaları nedeniyle bilimsel esaslar dikkate alınarak düzenli ve planlı bir şekilde yönetildikleri takdirde insanlığın ve diğer tüm canlıların sürekli olarak yararlanabilecekleri yenilenebilir doğal bir kaynak olma özelliklerini sürdürebilirler (Kimmins, 1987; Çepel, 1995). Bu dinamik yapıya bağlı olarak üretimin yapılacağı alanların belirlenmesi, taşıtlar ve transport tesisleri, taşıma güzergâhları, işgücü gibi niteliklerin bilinmesi gerekmektedir. Çok yönlü planların oluşturularak, silvikültürel metotların ve orman yönetimi amaçlarının önceden belirlenmesi işi planlamanın ilk ve en önemli aşamasıdır (Eraslan, 1982; Kapucu, 2004; Buğday, 2015). “Orman Amenajmanı Bilimi” orman kaynaklarının sürdürülebilir biçimde planlanması ve denetlenmesi görevini yerine getirmek üzere ortaya çıkan bir disiplindir (Köse, 1986; Davis vd., 2001).

Orman amenajmanı terimi; Eraslan (1982), Eler (2001), Eraslan ve Eler (2003) ve Kapucu (2004) gibi araştırmacılar tarafından çeşitli biçimlerde tanımlanmıştır. Asan (2013) ise tüm bu tanımları değerlendirerek Orman Amenajmanı kavramını “Coğrafi konumu ve sınırları belli orman ekosistemlerinde kendiliğinden oluşan, ürün ve hizmetleri toplumdan gelen talepler doğrultusunda, en uygun biçimde harmonize ederek, bunlardan faydalanmayı plan ünitesinin toplam verim gücünü aşmadan ve ekosistem elemanları arasındaki iç ilişkileri ve doğal dengeyi bozmadan sürekli ve kesintisiz biçimde sağlamak amacıyla, ilgili ünite sınırları içindeki üretim süreçlerini irdeleyen ürün ve hizmet akışını kesintisiz gerçekleştiren zamansal ve konumsal düzenlemeler için gerekli olan teknikleri geliştiren, bu tekniklerin uygulanışını izleyen ve denetleyen bir bilim dalıdır” şeklinde tanımlamaktadır.

Sistem; birbirleriyle karşılıklı ilişki içinde bulunan çok sayıda elemanların oluşturduğu ortak bir yapı veya organik bir bütün olarak tanımlanabilir. Üretimin ve yatırımın planlanması, stok kontrolü, bütçe planlaması gibi sistematik faaliyetler bir sistemin parçalarıdır. Karar verme açısından ele alındığında sistem: sayısal olarak tanımlanabildiği, çok sayıda elemanların birbiriyle ilişki olan, sembolik olarak sayısallaştırılabilen ve kontrol edilebilen bir bütündür. Matematiksel ifadelerle temsil edilememiş bir sistemin farklı bir şekilde tanımlanması ve kontrol edilmesi ancak mantıksal ve sezgisel (heuristic) yaklaşımlarla mümkündür. Bu durumda, yine yöneylem araştırması disiplininin farklı karar verme teknikleri kullanılarak probleme çözüm sağlanabilir. Her iki durumda da, yine sistemin belirlenmesi ve tanımlanması gerekmektedir. Orman ekosistemi, canlı ve cansız bileşenlerin oluşturduğu sonsuz sayıdaki farklı bileşenlerden oluşmaktadır ve bu sistemin

baskın elemanları orman ağaçlarıdır. Her elemanın kendine özgü nitelikleri, sistem içerisinde belli bir yeri, işlevi, diğer elemanlarla karşılıklı ilişki ve etkileşimleri vardır. Her eleman, karşılıklı ilişki ve etkileşim sonucu, zaman ve mekân içerisinde önemli değişimler gösterir. Orman ekosistemi sağlığı ve varlığı ile bünyesindeki ve çevresindeki diğer sistemlerin sürekliliğini sağlamakta ve zaman içerisinde de belli girdi-çıkıtı işlemleri gerçekleştirerek hem doğaya hem de insanlara yararlı olmaktadır (Kapucu, 2004).

Karar; en az iki farklı alternatif arasından seçim yapmak, ancak karar verme problemin tüm sürecinde en iyi alternatifi seçmek olarak tanımlanmaktadır (Kangas vd., 2008). Karar verici öncelikle problemi tanımlar, sistem elemanlarını ortaya koyar, bu elemanların sayısal değerlerini belirler, sistemi belirleyeceği bir çözüm yaklaşımına uyarlar (model kurar) ve yine geliştireceği bir yöntemle de problemi çözmeye çalışır.

Model ya da modelleme; herhangi bir gerçek nesneyi, olayı ya da süreci bir sistemmiş gibi değerlendirip, sistemi oluşturan elemanlar arasındaki ilişkileri tanımakta ve bu ilişkileri kelimeler, şekiller, işaretler veya matematiksel sembollerle temsil edebilmektedir. Orman ekosistemleri gibi karmaşık sistemleri çözümleyebilmek için ekosistemi oluşturan unsurların birbirleriyle sürekli bir etkileşim (yangın, böcek arızı gibi) halinde olmaları sistem üzerinden yapılacak tahminlerin tutarlılığını zorlaştırmaktadır. Orman ekosistemlerini anlamak, bu sistemler hakkında isabetli tahminlerde bulunmak ve sistemin doğal olarak sunduğu değerlerden, sürekli bir şekilde optimal olarak faydalanmak için orman amenajmanında modelleme kullanımı zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Ormanın dinamik yapısının planlama süresince tahmin edilmesi, karar vermede alternatifler oluşturulması, müdahaleler doğrultusunda orman ekosistemlerindeki değişikliklerin takip edilmesi, ürünlerin ve hizmetlerin yıllara göre değişiminin elde edilmesi ve uygun planların yapılması amacıyla farklı modelleme teknikleri kullanılmaktadır (Başkent, 2004). Modeller, orman ekosisteminin zamanla değişen davranışlarını anlamaya, öğrenmeye ve zamanında karar vermeye yardımcı olur.

Modelleme tekniklerinin kullanılması ile planlama aşamasında çok sayıda planlama senaryosu üretilmesi ve bunlar arasından amaca göre en uygun alternatifin seçilmesi modellemenin en önemli avantajını oluşturmaktadır.

Orman amenajman planı öncelikle; ormanların kendiliğinden sunduğu ürün ve hizmetlerden (odun üretimi, biyolojik çeşitlilik, estetik-rekreasyon, toprak ve su koruma vb.) sürdürülebilir bir şekilde yararlanılabilecek ve birlikte diğer paydaşların da sisteme entegre olması ile karar vericilere karar verme aşamasında yardımcı olacak yöneylem araştırma

metotlarını içeren bilgisayar tabanlı bilişim programlarına ihtiyaç duymaktadır (Başkent, vd., 2002a).

Karar destek sistemleri; 1980'li yılların başlarından itibaren basit ormancılık çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda ise stratejik, taktiksel ve operasyonel düzeyde planların, koordinasyon ve eş güdümünü sağlayan stratejik kararların alınmasında etkin bir yol oynamaktadır. KDS planlayıcılar tarafından belirli bir amaç için alınan kararların sonuçlarının değerlendirilmesinde teorik anlamda yardımcı olmakta ve alınan kararların belirlenen amaçlarla uyumunu sağlamaktadır. KDS, sürdürülebilir orman yönetimi, orman amenajmanı, transport ve silvikültür planları gibi zor ve karmaşık süreçleri anlamayı kolaylaştırırken, bunları bir bütün olarak değerlendirerek optimal çözümler sunar ve karar vericilere oluşturulan bu alternatifler arasından en uygun olanı seçmelerinde de yardımcı olur (Başkent ve Keleş, 2004; Reynolds, 2005; Reynolds vd., 2008; Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009; Zengin, 2009; Çağlayan, 2014; Demirci ve Bettinger, 2015; Demirci, 2018).

Coğrafi bilgi sistemleri ve modern yazılım teknolojileri ile desteklenen karar destek sistemleri, orman planlanmasında karar vericiye yardımcı olmaktadır (Çakır, 2006; Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009). Orman parçalarının (meşcere) öznelik verileri ile konumsal bilgilerinin yönetimini ve analizlerinin sürekli bir şekilde takibinin yapılabilmesi için de KDS kullanılabilir. Sonuç olarak, yapılan planlama uygulanabilir bir statü kazanmakta, toplumun zamanla değişen ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde güncellenebilmektedir.

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. Özellikle orman amenajman planlarının hazırlanmasına yönelik olarak geliştirilen karar destek sistemleri Tablo 3'de gösterilmiştir ve her bir sistemin amacı, kullandığı teknik ve özellikleri kısaca belirtilmiştir.

Toplumun ormanlara olan taleplerinin artması sonucu ormanların sunduğu birçok alternatif fonksiyon ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, ekosistem bütünlüğü ve sağlığının korunması gerekliliği ormanlardan optimal şekilde faydalanma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu faydalanmanın geleneksel yöntemler kullanılarak sağlanabilmesi oldukça zordur. Bundan dolayı, bu zorlukları aşmak ve ormanlardan optimal şekilde faydalanmak için bir karar verme aracı olan "Yöneylem Araştırması" teknikleri orman işletmelerinin

planlanmasında (orman amenajman planlarının yapımında) yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Bettinger vd., 2009).

Orman amenajman planları yapılırken karşılaşılan 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. Toplumun ormanlardan beklentilerinin değişmesiyle birlikte odun üretiminin yanında biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği, yaban hayatı, toprak koruma, su kaynaklarını koruma, estetik-rekreasyon, orman ekosistemlerinin bütünlük ve hayatiyetinin devamlılığı gibi fonksiyonların ön plana çıkması, konumsal özelliklerin orman amenajman planlarına dahil edilmesi zorunluluğu gibi gerekçeler nedeniyle tabu arama, tavlama benzetimi ve genetik algoritma gibi yine yöneylem araştırması tekniklerinden karma optimizasyon teknikleri gündeme gelmiştir. Son yıllarda, değişik karar verme tekniklerini kullanan çok sayıda uluslararası düzeyde planlama modelleri (TimberRAM, MUSYC, FORPLAN, TEAMS, SPECTRUM, WOODSTOCK, ATLAS, MONSU vb.) geliştirilmiştir (Chapelle vd., 1976; Johnson ve Jones, 1980; Johnson vd., 1986; Covington vd., 1988; Walters, 1993; Greer ve Meneghing, 2000; Nelson, 2003; Pukkala, 2004; Silva vd., 2010; Kangas vd., 2015; Bagdon vd., 2016; Bettinger, vd., 2017).

Tablo 3. Orman amenajman planlamasında kullanılan bazı karar destek sistemleri ve özellikleri (Keleş, 2008; Kadioğulları, 2009; Packalen vd., 2013)

Model Adı ve Yazarlar	Ülke	Modelleme Teknikleri	Diğer Özellikleri
TimberRAM (Navon, 1971; Chappelle vd., 1976; Alston ve İverson, 1987)	ABD	Doğrusal Programlama	Amerika Birleşik Devletlerin de ormancılık sektörü tarafından geliştirilmiş en eski doğrusal programlama tabanlı odun hammaddesi kaynak tahsisi için geliştirilmiş bir orman amenajmanı planlama modelidir.
MUSYC (Johnson ve Jones, 1980)	ABD	Doğrusal Programlama	Çok amaçlı sürdürülebilir bir hasılat planlama sistemidir. Doğrusal programlama tekniğini kullanmaktadır. Bu sistem geliştirilerek ilk önce FORPLAN sonra SPECTRUM modelleri olmuştur.
FORPLAN (Johnson vd., 1986; Kelly vd., 1986)	ABD	Doğrusal Programlama	Amerika Birleşik Devletlerin Ormancılık Birimi tarafından geliştirilmiştir. Doğrusal programlama tabanlı konumsal olmayan üretim problemleri için tasarlanmıştır. TimberRAM'a göre detaylı bir amenajman planı modelidir. Yaş sınıfları ve katman bazında bir planlama modelidir. Odun hammaddesi, yaban hayatı, havza bazında su üretimi ile ilgili hedefleri bünyesinde barındırmasından dolayı çok amaçlı planlama özelliğine sahiptir. ABD de ormancılığında orman amenajman planlarının yapımında uzun yıllar kullanılmıştır.
TEAMS (Covington vd., 1988; Wood vd., 1989)	ABD	Doğrusal Programlama	Doğrusal programlama tabanlı bir sistem olup odun üretimi planlamasına yönelik, farklı senaryoların değerlendirilmesini sağlar. Kullanıcılar tarafından özelleştirilen standartlar ve kılavuzlara uyacak ve belirtilen amaçları başaracak olan yetiştirme ortamına özgü programlar/planlar geliştirmek için taktiksel düzeyde tasarlanmıştır. Müdahaleler göre alternatifler üretir, grafik, tablo ve haritalar şeklinde sonuçları gösterir. Orman amenajmanı planlama problemlerine ilişkin matris kurucu görevini üstlenir. LİNGO matris kurucu program yardımıyla planlama problemlerine çözüm sunmaktadır. CBS yazılımlarına entegre olur ve plan çıktılarını harita ve sayısal olarak verir.
SARA (Scott, 1991)	ABD	Doğrusal Programlama	Orman Amenajmanı planı yapmaya yönelik, doğrusal programlama tabanlı matris kurucudur. CWHIZ ve LİNGO gibi matris çözücü programlarla birlikte, problemleri çözer, sonuçları ise rapor yazıcı aracılığıyla kullanıcıya sunar. CBS yazılımları ile bağlantı sağlanır, veri girişi ve çıktıları görsel olarak sunar. Uzun vadede, kullanıcıların ekolojik-ekonomik analizleri yapabilmesine olanak vermektedir.

Tablo 3'ün devamı

Model Adı ve Yazarlar	Ülke	Modelleme Teknikleri	Diğer Özellikleri
SPECTRUM (Greer ve Meneghin, 2000)	ABD	Doğrusal Programlama Amaç Programlama Dinamik Programlama	FORPLAN'ın gelişmiş halidir. Problemin çözüm sonuçlarına, CBS yazılımlarıyla bağlantı kurarak konumsal özellikleri de sisteme entegre olur. Doğrusal programlama, dinamik programlama ve amaç programlama gibi diğer yöneylem araştırması tekniklerini de barındırır. C-WHIZ matris çözücü programıyla bütünleşik çalışmaktadır. Çok sayıda farklı işletme faaliyetleri yada silvikültürel rejimlerin uzun dönem planlama süresince, orman ekosistemine ve yaban hayatı gibi diğer orman fonksiyonları üzerine etkileri incelenebilir.
RELMdss (Church vd., 2000)	ABD	Doğrusal Programlama	SPECTRUM'da üretilen uzun dönem planlama sonuçlarını kullanarak konumsal orman planlarının yapılmasını sağlayan bir modelleme sistemidir. Konumsal analizlerin yapılmasına ve çok sayıda alternatiflerin oluşturulmasına olanak verir.
HARVEST (Gustafson ve Crow, 1999; Gustafson ve Rasmussen, 2002; Gustafson vd., 2006)	ABD	Simülasyon	HARVEST çok az sayıda veriye ihtiyaç duyar. Kullanımı kolay ve basittir. Meşcerenin yaş sınıflarını dikkate alan, konumsal tabanlı (CBS) ve planlamaya yönelik olan raster tabanlı simülasyon modelidir. Alternatif üretim stratejilerinin orman yaş sınıfı dağılımı, çekirdek ve kenar habitatların konumsal dağılımı ve son orman ekosisteminin patch dağılımı/yapısı üzerine etkilerini değerlendirmek için geliştirilmiştir. Son yıllarda bu modele diğer yazılımların (SPECTRUM) entegre olması ile odun üretimine yönelik amenajman planlama modülleri geliştirilmiştir.
LANDIS (Gustafson vd., 2000)	ABD	Simülasyon	LANDIS Raster tabanlı bir modeldir. Odun hammaddesi üretiminin yanında; ekolojik ve konumsal etkileşimlerine önem veren orman vejetasyonunun yapı/desenindeki uzun dönem değişiklikleri simüle eden bir sistemdir. Yaş sınıfları önemli bir ölçüt olmakta, uzun dönem orman ekosistemi projeksiyonu bu ölçüt üzerinden yapılmaktadır. Farklı silvikültürel müdahaleler altında, meşcereler bir takım ekolojik (meşcere yaşı) ve ekonomik kısıtlara göre kesime alınmaktadır.
LAMPS (Bettinger ve Lennette, 2004)	ABD	Simülasyon	Sadece belirli bir bölge için geliştirilmiş konumsal simülasyon modelidir. Kullanıcılar çeşitli alternatifler geliştirmekte ve bunların zaman boyutunda orman ekosistemlerinin ekolojik (yaban hayatı vb.) ve ekonomik kaynakları üzerine etkilerini görülebilmektedir. Taktiksel ve stratejik planlar arasında bağ kurabilmektedir. Müdahale alanı büyüklüğü, erteleme süresi ve koruma zonlarına özel müdahale seçenekleri gibi belirli sayıda konumsal özelliklerin kullanımı mümkündür.

Tablo 3'ün devamı

Model Adı ve Yazarlar	Ülke	Modelleme Teknikleri	Diğer Özellikleri
JLP/J/MELA (Lappi, 1992; Redsven vd., 2005)	Finlandiya	Doğrusal Programlama	MELA meşcere düzeyinde ve artım ve büyüme potansiyeli dikkate alan farklı müdahale alternatiflerin oluşturarak; ormanların üretim potansiyelinin ne olduğu ve önceden belirlenen amaçları elde etmek için meşcerelerin nasıl işletilmesi gerektiği gibi sorunların çözülmesine yardım eden programdır.
MONSU (Pukkala, 2004)	Finlandiya	Genetik Algoritma Tavlama Benzetimi Tabu arama Cellular Automato Rastgele Arama	Model, konumsal ve konumsal olmayan özellikleri bütünleştirebilme özelliğine sahip, birçok modelleme algoritmalarını (tabu arama, tavlama benzetimi, genetik algoritma, rastgele arama vb.) içeren modülleri vardır. Ormanlardan çok amaçlı faydalanmak amacıyla geliştirilmiştir. Örneğin; odun ve odun dışı ürün ve hizmetleri (mantar ve böğürtlen, yaban hayatı, estetik- rekreasyon) aynı anda planlamaya dahil edebilme yeteneğine sahiptir.
MOTTI (Hynynen vd., 2005)	Finlandiya	Simülasyon	Meşcere düzeyinde bir simülasyon modelidir. Ormancılık faaliyetlerinin meşcerelerin dinamik yapısı üzerine etkilerini değerlendirir. Biyoçeşitlilik, biyokütle ve karbon birikimini tahmin etmeyi amaçlayan bileşenlere sahiptir. Başlangıçta, aktüel envanter verilerini ve ekonomik verileri kullanarak, meşcere düzeyinde uzun dönem simülasyonu gerçekleştirir.
FORMAN GISFORMAN LANDMAN (Wang vd., 1987; Jordan ve Başkent, 1992)	Kanada	Simülasyon	FORMAN, envanter projeksiyon modeli olup uzun zamanlı stratejik plan yapmaya yönelik bir simülasyon modelidir. GISFORMAN, konumsal özellikleri dikkate alarak, odun üretim planlamasına hizmet eden simülasyon modelidir.
WOODSTOCK (Walters, 1993)	Kanada	Simülasyon Doğrusal Programlama Kombine Optimizasyon	Odun hammaddesi, yaban hayatı ve orman ekosistemlerinin yönetim-üretim planların simülasyonun oluşturulmasında yaygın olarak kullanılır. Meşcere bazında sonuç vermemektedir, konumsal özellikler hariç tutulmuştur. Fakat, bu program ile bağlantılı çalışan STANLEY programı geliştirilmiştir. Orman amenajmanında yaygın olarak kullanılan WOODSTOCK/ STANLEY programı aynı zamanda CBS ile ilişkili olarak SPATIALWOODSTOCK programı geliştirilmiş ve bazı CBS programlarının yaptığı konumsal işlemleri kendisi yapabilmektedir.

Tablo 3'ün devamı

Model Adı ve Yazarlar	Ülke	Modelleme Teknikleri	Diğer Özellikleri
ATLAS (Nelson, 2003)	Kanada	Simülasyon	Orman düzeyinde üretim tabanlı çalışan simülasyon modelidir. Orman yollarını ve temel üretim birimlerini konumsal olarak ele almaktadır. Üretimi düzenleyici konumsal olmayan kısıtlardan, müdahale alanı büyüklüğü kısıtları ve üretim birimleri arasındaki komşuluk kısıtlarına kadar çok sayıda amaçlar/hedefler veya kısıtlayıcılar modele dahil edilebilir. Üretime tabi tutulacak parsel yada meşcereler, kullanıcı tarafından belirli kesim öncelikleri oluşturularak (en yaşlıdan başla) amaçlar doğrultusunda kesilmek suretiyle çalışmaktadır. Model sonuçlarını görsel olarak izlemek ve değerlendirmek, orman yollarının planlamaya dahil etmek önemli avantajlarıdır.
SFMM (Davis, 1999)	Kanada	Doğrusal Programlama	Konumsal olmayan bir modeldir. Fakat modelin çözüm sonuçları konumsal üretim tahsisini sağlama yeteneğine sahip olan STANLEY konumsal planlama yazılımı ile bağlantı kurulmak suretiyle, bir ölçüde konumsal model olma özelliğini taşıyabilmektedir. Meşcerelerin üretim ve artımı envanter verilerine ilaveten, yaban hayatı sürekliliği ve biyoçeşitlilik gibi unsurları da dikkate alarak çok amaçlı planlama özelliğini muhafaza etmektedir.
ECHO (MMFA, 2001)	Kanada	Doğrusal Programlama Tavlama Benzetimi	Farklı zamansal ve konumsal ölçeklerde, tüm modelleme tekniklerini (simülasyon, optimizasyon ve kombine optimizasyon) kullanan ekosistem tabanlı konumsal bir karar destek sistemidir. Modelde hiyerarşik bir yapı olarak üç modül bulunur. Bunlar birbiriyle bağlantılı MODEL A, MODEL B ve MODEL C'dir. Aynı zamanda bir matris kurucu özelliğine sahip olup, LİNGO matris çözücü programla bağlantısı bulunmaktadır.
HABPLAN (NCASI, 2006)	Kanada	Doğrusal Programlama Tavlama Benzetimi Genetik Algoritma	Stratejik ve taktiksel plan yapma özelliğinin yanı sıra hem konumsal hem de konumsal olmayan planları yapabilmektedir. Poligon-meşcere bazında çalışması konumsal planlama yapma imkanını sunmaktadır. Genetik algoritma ve tavlama benzetimi modelleme yapısına benzeyen ve metropolis olarak adlandırılan bir çözüm algoritmasına sahiptir. Farklı programlama tabanlı planlama problemlerin çözüm çıktılarını karşılaştırma imkânı vermektedir.
AVVIRK (Hobbelstad ve Hofstad , 1988)	Norveç	Simülasyon	Uzun vadeli yatırım, gelir ve üretim analizlerini hesaplayan stratejik düzeyde planlama modelidir. Deterministik simülasyon modelini kullanır. Farklı yönetim stratejileri ile ürün ve silvikültürel yatırım stratejileri için araçlar sağlar.

Tablo 3'ün devamı

Model Adı ve Yazarlar	Ülke	Modelleme Teknikleri	Diğer Özellikleri
SAGALP (Chen ve Gadow, 2001)	Almanya	Doğrusal Programlama Tavlama Benzetimi Genetik Algoritma	Çok çeşitli orman yönetim problemleri ile başa çıkabilmek için, meşcerelere ait bilgilerini tek tip bir formata dönüştürerek, farklı modellerin kullanabileceği veri setleri için bir arayüz düzenlemiştir. Oluşturulan bu tek tip veri seti kullanılarak, doğrusal programlama, tavlama benzetimi ve genetik algoritma modellerin çözümlerinin sonuçları karşılaştırılabilmektedir. Doğrusal programlama eniyi optimal çözümü vermesine karşın bölünebilir özelliğinden dolayı sorun oluşturabilir. Bu sonuçlara en yakın model orman planlamasında kullanılabilir.
HEUREKA (Wikström vd., 2011)	İsveç	Doğrusal Programlama, Karışık Tamsayılı Programlama	İsveç Tarım Bilimleri Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme teknikleriyle plan alternatifleri arasından seçim yapma araçlarına kadar tüm karar destek sürecini kapsar. Odun üretimi, rekreasyon, biyolojik çeşitlilik ve karbon depolanmasını sisteme dahil ederek ormanların planlanmasında bütüncül bir yaklaşımı mümkün kılmaktadır. Tahmini iklim modelleri yapabilmektedir.
CAPSIS (Courbaud vd., 2001), (Dufour-Kowalski, vd., 2012)	Fransa	Doğrusal Programlama, Tamsayılı Programlama, Tavlama Benzetimi Genetik Algoritma Simülasyon, ve diğerleri	Meşcere büyümesini dinamik modellerle açıklayan bir yazılımdır. Büyüme modellerini silvikültürel müdahalelerle birleştirerek uzun, orta ve kısa vadede çeşitli silvikültürel senaryolar üretir.

Türkiye’de kalkınma planlarının hazırlanmasıyla başlayan orman amenajman plan yapım süreci, çıkartılan yönetmelikler doğrultusunda değişim ve gelişim göstermiştir. 1963 yılından itibaren 10 yada 20 yıllık periyotlarla yapılan amenajman planları sırasıyla Klasik Planlama, Akdeniz Orman Kullanım Projesi, Batı Karadeniz Yapraklı Tür Projesi, Fonksiyonel Planlar ve Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama (ETFOP) olmak üzere beş aşama kaydetmiştir (Asan, 1999; Başkent vd., 2002a, 2002b; Köse ve Başkent, 2003). ETFOP yaklaşımına kadar orman envanter metotları ve teknik-silvikültürel yöntemlerde ilerleme kaydedilmiş olmasına karşın odun üretimi eksenli klasik ormancılık politikasından tam anlamıyla vazgeçilememiştir. Orman ekosistemlerinin ürettiği odun dışı orman ürünleri ve hizmetler (fonksiyonlar) sayısal olarak belirlenemediği için, bunlara bağlı koruma hedefleri ve işletme amaçları, ölçüt ve göstergeleri tam olarak tespit edilememiştir (Keleş, 2008; Karahalil, 2009; Köse, 2017).

20. yüzyılın son çeyreğinde orman ekosistemlerinde yaşanan olumsuzluklar, toplumun çevre konusundaki bilinçlenme düzeyinin ve doğal kaynaklara olan talebin artması sonucunda dünya ülkeleri konferanslar ve toplantılar yaparak gelişen teknolojik gelişmeler ışığında ortak çözüm arayışına gitmişlerdir. Ülkemiz de çeşitli uluslararası sözleşmeler (Biyçeşitlilik Sözleşmesi, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi vb.) ile Pan-Avrupa ve Yakın Doğu gibi bölgesel süreçleri benimsemiştir. Ülkemiz Kyoto Protokolü’ne taraf olmuş ve ormancılık politikasında ve planlama yaklaşımında köklü değişikliklere girmiştir. Bu süreçler doğrultusunda, orman kaynaklarının sürdürülebilir-etkin planlanması, işletmecilik yaklaşımı ile biyolojik çeşitliliğin orman amenajman planlarına yansıtılması konusunda ulusal ve uluslararası destekli projeler kapsamında pilot çalışmalar yapılmıştır. Son on yıllık dönemde, çok amaçlı planlama yaklaşımı değişim ve gelişim göstererek ekosistem, biyçeşitlilik ve katılımcılık altlıklarını da edinerek, “Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama” (ETFOP) adını almıştır. Bu gelişmelere bağlı olarak, ulusal ormancılık politikalarını, orman amenajman yönetmeliğini ve ülkenin sosyo-kültürel yapısını dikkate alan modern planlama yaklaşımına göre düzenlenen ve uygulanabilir planlar hazırlanması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bunun için yöneylem araştırması teknikleri, bilişim araçları ve coğrafi bilgi sistemlerini içeren karar destek sistemlerine gereksinim duyulmaktadır (Asan, 1999; Başkent vd., 2002a-b; Köse ve Başkent, 2003; Yolaşmaz, 2004; Başkent, vd., 2004; Yolaşmaz, vd., 2005; Başkent, vd., 2005a-b; Keleş, 2008; Bettinger vd., 2009; Başkent vd., 2010; Kadioğulları vd., 2015, 2016, Bettinger, vd., 2017).

1.2.5. Doğrusal Programlama

Doğrusal Programlama (DP); Yöneylem Araştırması teknikleri arasında, ilk ve en çok kullanılan matematiksel programlama tekniklerinden biridir. 1947'de George Dantzig tarafından doğrusal programlama problemlerini çözmek için etkili bir yöntem olan simpleks algoritması geliştirilmiştir. Böylece bir sistemin bileşenleri değişik simgelerle tanımlanıp, bu bileşenler aralarındaki fonksiyonel ilişkiler doğrusal matematiksel modellerle gösterilmektedir. Diğer bir ifadeyle DP; iki ya da daha fazla değişkenin sınırlarının, kısıtlı kaynaklarla çevrili belirlenen amaç fonksiyonunu eniyileyecek şekilde değişkenlerin miktarlarının bulunması yöntemidir. Örneğin DP; bankacılık, üretim ve tahsis, stok kontrolü, eğitim, ormancılık, ziraat ve taşımacılık gibi çeşitli alanlardaki optimizasyon problemlerinin çözümünde başarıyla kullanılmıştır (Winston ve Goldberg, 2004, Öztürk, 2013; Nobre vd., 2016). Bu tekniğin etkin şekilde kullanılabilmesi için aşağıda açıklanan varsayımların önemi vurgulanmaktadır (Köse, 1982; Köse, 1984; Başkent, 2004; Sağır vd., 2013).

Doğrusallık; bir doğrusal programlama modelinde, her bir aktivite veya potansiyel alternatif hareket biçimini sınırlandıran kısıtlayıcılar ve amaç fonksiyonu doğrusal nitelikte olmalıdır. Örneğin üretim miktarı artarken aynı oranda üretim girdileri de artmaktadır.

Bölünebilirlik; her bir karar değişkeninin alacağı değer tamsayı ve kesirli sayı cinsinden reel sayı olabileceğini ifade etmektedir. Örneğin; üretilecek bir birim tutkal için kullanılması gereken reçine miktarı reel sayıyla ifade edilebilirken, bir ineğin günlük yem miktarının tam sayı ile ifade edilmesi gerekmez. Ancak, bazı durumlarda değişkenlerin pratik bir takım sebeplerden dolayı alacağı değerlerin tamsayı olması istenir. Bu durumda, yöneylem araştırması tekniklerinden tamsayı programlama yöntemi ile problemi çözmek gerekmektedir.

Tek Amaç; doğrusal programlamanın bir diğer varsayımı, çözülecek problemin tek amaçlı (maksimizasyon ya da minimizasyon) olmasıdır. DP ile, sadece bir amaca yönelik kurulan bir modeldeki karar değişkenlerinin değerleri bulunur. Gerçek problemlerin pratiklik ve yalınlık açısından çoğu tek amaca yönelik tanımlanmış olup çözümü istenmektedir. Ancak, birden fazla amacı olan problemler de mevcuttur. Bunların çözümü için, yöneylem araştırması tekniklerinden amaç programlama tekniği kullanılmaktadır.

Kısıtlayıcılar; bir amacın maksimizasyonu veya minimizasyonu bir takım sınırlandırıcı faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerin olmaması durumunda, her ne kadar teorik olarak sınırsız üretim yapılacağı sonucu ortaya çıksa da, gerçek ortamda böyle

sınırlandırılmamış problemlerin varlığından söz etmek mümkün değildir. Çünkü bunlar gerçek dışıdır. Üretimdeki bu sınırlandırmalar doğrusal programlama modelinde kısıtlayıcılar şeklinde yer almaktadır.

Deterministik; doğrusal programlamada tüm katsayılar ve sağ taraf değerlerin sabit olduğu varsayılır. Bunlar belirli uygulamalar için değişmez değerlerdir. Bu varsayım genelde tutarlı ve yerinde bir varsayımdır. Ancak, gerçek uygulamalarda bu değerler belirli olasılıklar dahilinde elde edilmektedir. Öte yandan, bizim kesin olarak kabul ettiğimiz tüm bu sabit ölçüm ve gözlem değerleri gerçekleri tam olarak temsil edememekte neya azda olsa yanılma payı içermektedirler. Tüm durumlarda, doğrusal programlamada deterministik yaklaşım tarzı hakimdir ve olasılıklara yer verilmemektedir. Ancak burada sabit olarak nitelendirilen katsayı ve sabitler -Sağ Taraf Değeri (STD)- belirli sınırlarda değiştirilerek, bu değerlerin çözüme olan etkilerinin doğru bir biçimde hesaplanabileceğini vurgulamak gerekmektedir. Dolayısıyla, doğrusal programlamada deterministik varsayımdan dolayı, parametrelerdeki belirsizlik ve olasılıklar kısmen de olsa, duyarlılık analizi ile büyük oranda giderilebilmektedir.

Doğrusal programlama (DP) modellerinde, amaç fonksiyonu (1) ve kısıtlayıcılar kümesi (2) şeklinde iki parçası vardır. Birincisi, kısıtlayıcı koşullardan hareketle uygun olan çözüm alanı belirlenir. Çözüm alanı belirlenirken, kısıtlayıcıların kesişim kümesinin oluşturulmasıdır. Oluşturulan kesişim kümesinde bulunan olası durumlar, amaç fonksiyonu hesaplanmasında kullanılır. DP modelleri amaç fonksiyonları; maksimizasyon yada minimizasyon şeklinde oluşur, kısıtlayıcı kümesine sınırlarına göre değer verir. Bu kısıtlara bağlı olarak amaç fonksiyonun en iyi değerler alması beklenir. Bu sebeple, DP problemlerinde amaç fonksiyonlar, olması gereken seçenekleri, en iyiden en kötüye doğru sıralayarak bir fayda-değer fonksiyonu olarak kabul edilebilir (Köse, 1982; Öztürk, 2002).

Doğrusal programlama modelinin genel gösterimi aşağıdaki gibidir;

$$\text{Amaç Fonksiyonu} \rightarrow Z = \sum_{j=1}^N C_j x_j \quad (1)$$

$$\text{Kısıtlar} \rightarrow \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} B_i \quad (2)$$

$$\text{Karar Değişkenleri} \rightarrow x_j$$

Pozitiflik Koşulu $\rightarrow x_j \geq 0$

Formülde belirtilen semboller:

$i = 1, 2, \dots, M$ (kısıt sayısı)

$j = 1, 2, \dots, N$ (karar değişken sayısı)

$x_j =$ Karar değişkenleri

$C_j =$ Amaç fonksiyonu katsayıları, j karar değişkeninin katkı katsayıları

$a_{ij} =$ i kısıtındaki j karar değişkeninin teknik katsayısı

$B_i =$ i kısıtının sağ taraf değeri (STD) veya kaynak değeri şeklindedir.

Doğrusal programlama modelleri problemin çözümünde optimum sonuç ortaya koyarken, çözümün sonucunda birçok ilişki ve bilgiye de ulaşılabilmektedir. Model tümüyle ele alındığında toplam karı maksimum yapan uygun çözümü vermektedir. Bir diğer unsur ise 'indirgenmiş maliyet'dir. Bir doğrusal programlama değişkeni, kâr elde etmek amacıyla üretim faaliyetinde bulunurken kaynakların tükendiği bir ekonomik faaliyet olarak tanımlanır. Bir faaliyetin birim başına indirgenmiş maliyeti pozitif ise, bu durumda tüketilen kaynağın birim başına maliyeti birim başına kardan daha büyük olacak ve faaliyet gerçekleştirilemeyecektir. Aksi durumda, optimum çözümde sıfır değeri almış olan indirgenmiş maliyet ekonomik olarak istenilen bir durumdur. Bu, birim karın (çıktı) kaynağın birim maliyetine (girdiye) eşit olduğu bir denge durumunda görülecektir. Optimum çözüme giren karar değişkenlerinin indirgenmiş maliyetleri sıfırdır (Taha, 2007). Karar değişkeni değerleri, çözüme dahil edilemeyen değişkenlerin çözüm kümesi içerisine dahil edilebilmesi için katsayıların alması gereken minimum değişim miktarlarını ifade etmektedir. Çözüm kümesine dahil olmamış olan herhangi bir değişkenin indirgenmiş maliyeti, değişkenin kalem olarak bir birim şeklinde çözüme girmesi (birim olarak üretilmesi) durumunda optimal çözümü iyileştirecektir. Çözüme indirgenmiş maliyetin altında ki bir değerlerde girmesi durumunda optimal çözüm etkilenmeyecektir. Bundan dolayı bir değişkenin optimal çözüme girmesi ve en iyileştirilmesi için ilgili değişkenin katsayısındaki değişiklik indirgenmiş maliyetin üzerinde olmalıdır (Köse vd., 2000; Başkent, 2004; Taha, 2007).

Ormancıkta etkin şekilde kullanılan doğrusal programlama modelleri özellikle; odun üretimi alanlarının sistemli bir şekilde neyin-nerede-nasıl ve ne zaman olacağı konusunda geliştirilen karar destek sistemleridir. Bunlar; Timber RAM, MUSYC, FORPLAN, TEAMS, SARA, RELMdss vb. karar destek sistemleri olup bu sistemlerle ilgili bilgiler Tablo 3'de verilmiştir. Karar destek sistemlerinin haricinde çeşitli araştırmacılar tarafından

geliştirilen optimizasyon modeller ile ormancılıkta üretim problemleri, ormanların aktüel kuruluşlarının optimal kuruluşa yaklaştırılması, çevre planlanması, ağaç türü seçimi, arazi kullanım planlanması, ağaçlandırma, meşcerelerde artım ve büyüme ilişkilerinin saptanması, ziraat uygulamaları, transport, ormandan elde edilecek net hasılanın maksimize edilmesi, işletme-pazarlama, idare süresinin tespiti, işletme giderlerinin minimizasyonu gibi konularda yoğun olarak doğrusal programlama tekniği kullanılmaktadır (Soykan, 1979; Field vd., 1980; Köse, 1982; Görücü, 1995; Ok, 1997; Davis vd., 2001; Mısır, 2001; Courbaund vd., 2001; Köse ve Başkent, 2003; Keleş, 2003; Nelson, 2003; Karahalil, 2003; Eker, 2004; Yolasığmaz, 2004; Çağlayan, 2014; Bettinger, 2017).

1.2.6. Tamsayı Doğrusal Programlama (TDP)

Doğrusal programlama problemlerinde karar değişkenlerinin aldıkları değerlerde bir kısıtlama olmamakla birlikte, karar değişkenlerinin çözümde aldıkları değerler tamsayılabilmektedirler. 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. Karar değişkenlerinin çözüm değerleri mutlaka tam sayılı değerler olmalıdır. Optimal çözümü garantiliye alabilmek için bazı özel kısıtlayıcı koşullara ihtiyaç vardır (3-4) (Köse vd., 2000; Keleş vd., 2005).

Tamsayı programlama tekniğinin temeli, doğrusal programlamaya benzemekle beraber, yapısal karar değişkenlerinin tamamının ya da belli bir kısmının çözüm değerleri tamsayı olmalıdır. Genel anlamada TDP üçe ayrılır (Kara, 1986; Köse vd., 2000; Başkent, 2004).

- ✓ Sade Tamsayı Programlama: yapısal karar değişkenlerinin tümü tam sayılı çözüm değerleri alır.
- ✓ Karışık Tamsayı Programlama: Sadece bazı yapısal karar değişkenleri kesirli (reel) çözümler alırken, diğerleri tam sayılı olabilmektedir.
- ✓ Tamsayı Programlama: Sade tam sayılı programın özel bir durumu olup, tüm karar değişkenleri çözümde 0 yada 1 değeri alabilmektedir.

$$\text{Amaç Fonksiyonu} \quad \rightarrow \quad Z = \sum_{j=1}^N C_j x_j \quad (3)$$

$$\text{Kısıtlar} \quad \rightarrow \quad \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j \begin{bmatrix} \leq \\ = \\ \geq \end{bmatrix} B_i \quad (4)$$

$$\text{Karar Değişkenleri} \quad \rightarrow \quad X_j = 0 \text{ yada } 1$$

$$\text{Pozitiflik Koşulu} \quad \rightarrow \quad X_j \geq 0$$

Formüllerde belirtilen semboller:

$i = 1, 2, \dots, M$ (kısıt sayısı)

$j = 1, 2, \dots, N$ (karar değişken sayısı)

x_j = Tam sayı karar değişkeni (hasat edilecekse $x_j = 1$, aksi durumda $x_j = 0$ dır)

C_j = Amaç fonksiyonu katsayıları, j karar değişkeninin katkı katsayıları

a_{ij} = i kısıtındaki j karar değişkeninin teknik katsayısı

B_i = i kısıtının sağ taraf değeri (STD) veya kaynak değeri

Yukarıda özellikleri belirtilen TDP modellerinin formüle edilmiş biçimi Tablo 4'de görülmektedir.

Tablo 4. Tamsayılı modellere örnekler

Modeller	Örnek Gösterimi
Saf Tamsayılı Programlama	$Z_{\max} = 6x_1 + 4x_2$ $x_1 + x_2 \leq 16$ $x_1, x_2 \geq 0$;ve tamsayı
Karma Tamsayılı Programlama	$Z_{\max} = 6x_1 + 4x_2$ $x_1 + x_2 \leq 16$ $x_1, x_2 \geq 0$ ve x_1 tamsayı
0-1 Tamsayılı Programlama	$Z_{\max} = 6x_1 + 4x_2$ $x_1 + x_2 \leq 16$ $x_1, x_2 = 0$ veya 1

TDP modellerinin amaç fonksiyonları ve kısıtların matematiksel ifadelerinin benzer olmasına karşın, bir kısmı yada tüm değişkenlerin tamsayı olmasını sağlayan bir takım ek kısıtlar eklenmesi, çözüm bakımından tam sayılı problemleri çözümsüzlüğe itebilir. DP modelleri kısa zamanda çözüme ulaşılabilirken, aynı formülasyonu kullanan tamsayı

programlama modellerinde çözüme ulaşmak uzun süre gerektirebilir (Öztürk, 2002; Bakır ve Altunkaynak, 2003).

1.2.7. Orman İşletmelerinde Gelirler ve Giderler

Orman amenajman planlarına ekonomik verilerin dahil edilmesi durumunda, odun hammaddesi üretiminden elde edilecek gelirler ve bu üretim sürecinde gerçekleşen giderlerin sayısal olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu tür ekonomik veriler ise, ilgili planlama biriminin ait olduğu işletme müdürlüğünün işletme bilançolarından sağlanmaktadır. Gelirler ve giderler; odun hammaddesine yönelik olarak geliştirilecek bir ekonomik modelde bulunması gereken temel bileşenlerdir (Ok, 1997; Türker, 2008).

Gelirler; toplam üretim hacminin ürün çeşitlerine (tomruk, maden direği, sanayi odunu ve yakacak odun) dağılımının meşcere yaşına veya çapına bağlı olarak % (yüzde) ifade edilmektedir. Bu ürünlere ilişkin satış fiyatlarının (piyasa, tahsis veya pazarlıklı satış) ortalaması alınmak suretiyle ortalama fiyatlar belirlenir. Birim satış fiyatlarının ve üretilen miktarların çarpılması suretiyle satış gelirleri ve dolayısıyla toplam gelir hesaplanabilir.

Giderler; üretim giderleri, tevzi giderler, tarife bedeli ve satış giderinden oluşmaktadır. Üretim gideri; hasat ve taşıma masraflarından meydana gelmekte olup üretim birimi her bir alan için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Tevzi giderler; genel idare giderleri, orman bakım giderleri ve amortisman giderlerinden oluşmakta ve üretim birimi başına hesaplanmaktadır. Tarife bedeli, ormandaki dikili ağaç servetinin bir metreküpünün değerine tarife bedeli denilmektedir. Bu değer, ağaç servetinin mevcut değeri olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, bu değer, ağacın o andaki maliyet değeri ya da kesim değeri olarak düşünülebilir ve bu değer de üretim birimi başına hesaplanmaktadır. Diğer bir gider olan satış gideri ise, orman işletmesinin o yıl içinde elinde bulundurduğu ürünleri satmak için katlandığı giderlerin, satılan ürün miktarına bölünmesiyle, metreküp başına ortalama değer olarak bulunabilmektedir. Diğer bir gider ağaçlandırma masrafları yada kültür masrafları olarak da adlandırılabilir ve bu giderler meşcere tesis etme ve devam ettirme amacıyla gerçekleştirilen masraflardır. Boş bir arazide, meşcere ya da orman tesis etmek amacıyla, ağaçlandırma yapılması, bu işlem içinde; saha temizliği, toprak işleme, fidan temini, alanın koruma altına alınması ve gençlik bakımı için yapılan masrafları kapsamaktadır ve birim alan için hesaplanmaktadır (OGM, 1996; 2014).

Orman ekosistemlerinin odun hammaddesine yönelik ekonomik değişkenlerinin amenajman planlarına yansıtılmasında dikkate alınacak önemli bir husus, bölme ve bölmeciklerin konumsal özelliklerinin dikkate alınması gereğidir. Konumsal özellikleri dikkate almayan bir planlama modelinde ekonomik veriler planlamaya dahil edilirken her bir bölmeden elde edilecek gelir ve giderlerin hesaplanmasında konumsal parametreler dikkate alınmamaktadır. Oysa ki; bir ormanın temel üretim birimleri olan bölmeler veya bölmeciklerin konumu ekonomik verilerin daha doğru ve güvenilir hesaplanmasında oldukça önemlidir. Her bir bölmenin konumu ile doğrudan bağlantılı olan eğim, yükselti, sürütme mesafesi, kullanılan sürütme tekniği, yol tipi, bölmelerin yola ve depoya olan uzaklığı gibi parametreler ile kesme, sürütme ve taşıma masraflarının farklı olmasına sebep olmaktadır. Ancak söz konusu konumsal özellikler, stratejik (uzun dönem) orman amenajman planlamasında bu durum genellikle göz ardı edilmekte olup taktiksel (orta) ve operasyonel (kısa) dönem planlamalarda dikkate alınmaktadır. Gelir ve giderleri doğrudan etkileyen konumsal özellikler dikkate alınmamaktadır. Meşcereden üretilen eta ve dikili servet değerleri temel değişken parametreler olmaktadır.

1.2.8. Odun Üretiminin Planlanması

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.

Üretim; ormancılıkta ağacın kesilmesi, boylanması/tomruklama, kabuğunu soyma, sürütme (bölmeden çıkarma), yükleme ve taşıma, depoya istifleme işlerinden oluşmaktadır (Erdaş, 1997; Acar ve Eker, 2001, Acar vd., 2014). Odun hammaddesinin, bulunduğu yerden en yakın yol veya transport tesisine taşındığı uzaklık sürütme mesafesi olarak tanımlanır. Sürütme mesafesi, transport sınırlarının belirlenmesiyle ilişkili olup üzerinden çeşitli yollara taşıma yapılan alanları birbirinden ayıran sınır olarak, düz veya düze yakın alanlarda iki yol arasından geçtiği kabul edilen transport sınırı, arazinin eğimine göre değişen bir yapı arz etmektedir. Sürütme mesafesi, transport sınırları göz önünde bulundurulmakta ve genellikle ortalama sürütme mesafesi olarak ifade edilmektedir (Erdaş, 1997).

1990'lı yılların başına kadar ormanların sürekliliği tanımlanırken odun hammaddesi ya da bugün ki ifadesiyle odun üretimi fonksiyonunun sürdürülebilirliği dikkate alınırken, 21. yüzyıla gelindiğinde artık ormanların diğer ürün ve hizmet fonksiyonlarını da dikkate alan sürdürülebilir orman yönetimi kavramı kullanılmaktadır (Kadioğulları, 2009).

Toplumun orman ekosistemlerinden beklediği ürün ve hizmetlere olan talep zaman içerisinde değişmektedir. Planlayıcı için, orman ekosistemini oluşturan tüm değişkenlerin aralarındaki ilişkilerin tanımlanması ve değerlendirilmesi süreci sistem yaklaşımı ile mümkündür. Planlayıcı, ekosistemi oluşturan unsurların birbirleri ile olan dengesini bozmayacak şekilde üretimi ve faydalanmayı düzenlemelidir (Eraslan, 1971; Kapucu, 2004). Planlamacılar, 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 kullanmak zorundadırlar. Dünyada bu tür problemlerin çözümü için çeşitli karar destek sistemleri ve modeller kullanılmakta olup, söz konusu sistem ve modeller bölüm 1.2.4'de ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Türkiye ormancılığında odun üretimi sonucu elde edilen ürünler orman amenajman planlarında işletme sınıflarında kullanılan ana amenajman metoduna bağlı olarak "ara ve son hasılat" etaları olarak isimlendirilirler.

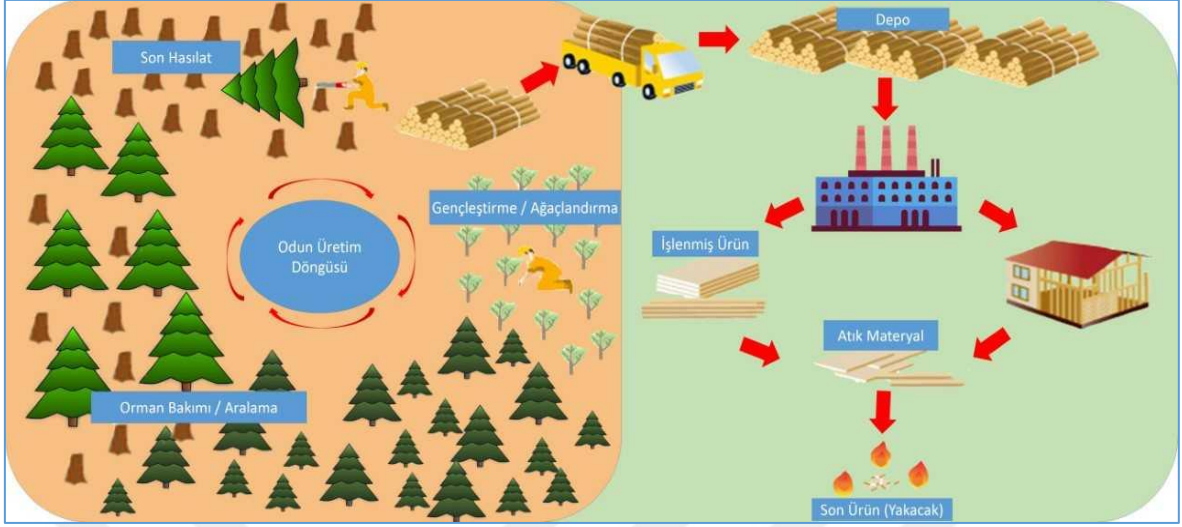
Son Hasılat Etası; orman amenajman planlarında aynı yaşlı ve maktalı olarak işletilen yaş sınıfları metodunun uygulandığı tüm işletme sınıflarında, ilk periyotta gençleştirmeye alınan meşcerelerden elde edilen ürün miktarıdır. Aynı zamanda yıllık alan metodunun kullanıldığı endüstriyel plantasyon ve baltalık alanlardaki kesim parsellerinden üretilen ürüne de son hasılat etası denir. Orman amenajman planlarında aynı yaşlı koru ormanlarında "Son Hasılat Kesim Planını Tablo No:28" düzenlenir. Endüstriyel plantasyon işletme sınıflarında "Endüstriyel Ağaçlandırmalarda Meşcere Tipi Tanıtım ve Planlama Tablosu No: 33"de ve baltalık ormanlarında "Meşcere Tanıtım ve Kesim Planı Tablosu No:32" de verilmektedir (Eraslan, 1982; Eler, 2001; Eraslan ve Eler, 2003; Kapucu, 2004; Asan, 2013).

Ara Hasılat (Bakım) Etası; orman amenajman planında, aynı yaşlı ve maktalı olarak işletilen işletme sınıflarında, son hasılat kesim planına dahil edilmeyen normal kapalı meşcereler (bir kapalı meşcereler hariç) için işletme sınıflarının amaçları ve silvikültürel gereksinimleri dikkate alınarak bakım etaları kararlaştırılır ve "Ara Hasılat Tablo No:23" düzenlenir. Seçme ve devamlı orman yapılarındaki kuruluşlar için bakım ve gençleştirme çalışmaları aynı alanda ve tek ağaç bazında yapıldığı için faydalanmayı düzenleyen

metotlara ve işletme sınıfı amaçlarına bağlı olarak “ Değişik Yaşlı Ormanlarda Kesim Planı Tablo No: 31” düzenlenmektedir. Orman amenajman planında verilen ara hasılat/bakım etaları, yıllık bütçelerin düzenlenebilmesi ve ticari piyasanın gereksinimlerini karşılamak için toplam ara hasılat miktarı planın uygulama süresine (10 yıl) bölünerek her yıl eşit miktarda ürün sunmayı hedefler (Eraslan, 1982; Eler, 2001; Eraslan ve Eler, 2003; Kapucu, 2004; Asan, 2013; OGM, 2017a)

Orman amenajman planlarındaki bakım alanları 2005 yılında çıkarılan 6399 sayılı “Amenajman Yönetmeliği Değişikliği” tamim ile “Aynı Yaşlı Kuru Ormanlarında Ara Hasılat Kesim Planı Tablosu” değiştirilerek, kesim planlarında belirtilen üretim birimlerinin (bölme-bölmecik) zamansal müdahale seçiminin uygulamacıya (işletme şefi) bırakılabileceği vurgulanmaktadır.

Odun üretimi, gençleştirme ve bakım sahalarında meşcerelerin silvilkültürel gereksinimlerince kesime uygun ağaçların tespit edilerek damgalanmasıyla başlar (Yıldırım 1989). OGM tarafından çıkarılan damga yönetmeliğince (OGM, 2004) belirtilen unsurlar doğrultusunda ağaçlarda damgama yapılmaktadır. Bu yönetmelikçe “Devlet Ormanlarından kesilecek veya herhangi bir sebeple devrilmiş ve kesilmiş ağaçlardan hangilerinin diplerinin ve hangi emval çeşidinin kimler tarafından numaralanıp damgalanacağına, istihsal işlerinin tevzine, bunların kesim, imal, toplama, koruma, taşıma, istif ve ölçme iş ve işlemlerine ait şekil ve esaslar” 1989 yılında yürürlüğe giren “Orman Emvalinin İstihsaline Ait Yönetmelik” ile belirlenmiştir. Odun Üretimi süreci, ağaçların kesilmesi ile başlar ve sırasıyla, devrilmesi, kesilen ağaçların boylanması, kesim alanlarındaki ölçü ve kayıt işleri ve orman içi istif yerine taşınmayla ilgili kayıt işleri gibi iş ve işlemlerden oluşmaktadır. Bu süreç, geçici istif yerine getirilen ürünlerin yeniden ara/ana depo ya da odun hammaddesinin işleneceği fabrikalara taşınmasıyla son bulur (Şekil 2).



Şekil 2. Odun üretimi zinciri

1.2.9. Silvikültürel Planlama

Ormancılıkta planlı bir şekilde üretim işlerinin yönetilmesi, orman amenajman planlarıyla gerçekleştirilir. Planda verilen “Son Hasılat (gençleştirme)” ve “Ara hasılat (bakım)” etaları plan süresince elde edilecek toplam odun ürünü miktarını bize sunmaktadır. Etaların silvikültürel tekniklere uygun olarak elde edilmesiyle, hem yaşlı meşcereler gençleştirilmekte, hem ormanların devamlılığı sağlanmakta ve gerekli bakımları yapılarak sağlıklı bir yapıya kavuşturulmaktadır (Saatçioğlu, 1976; 1979; Odabaşı, 1983; Atay,1989;1990; Genç, 2004a, 2004b).

Kararlaştırılan idâre süresini doldurmuş ya da strüktürü (tabakalılığı, kapalılığı ve sıklığı) veya tekstürü (ağaç türü karışımı, karışım oranı ve karışım biçimi) bozulmuş meşcerelerde, mevcut popülasyonun yerine, yetişme ortamı koşullarına uygun genç bir orman toplumu getirmek amacıyla yapılan plânlı ve maksatlı silvikültürel müdahalelere “gençleştirme” denir (Genç, 2004b; 2012). Doğal gençleştirme koşullarının halen mevcut olduğu meşcerelerde uygulanan ve bu meşcerelerdeki mevcut ağaçlardan dökülen tohumlardan (tohum takviyesi ile birlikte) oluşacak gençliği dikkate alan gençleştirme şekline “doğal gençleştirme”; doğal gençleştirme koşullarının kaybolmuş olduğu alanlarda yapılan gençleştirme çalışmalarına ise ‘yapay gençleştirme’ tanımları yapılmaktadır (Saatçioğlu, 1979; Yahyaoğlu, 1994).

Sürdürülebilir orman yönetim esaslarına göre karşılaştırılan işletme amaçları doğrultusunda, gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmalarıyla kurulmuş yeni ormanlarla birlikte tabiat ormanlarını oluşturan canlı ve cansız bütün öğeleri, iyi nitelikleri koruyup ön plâna çıkarma, kötü nitelikleri geriletip zararsız hâle getirme ilkesine bağlı kalarak muhâfaza etmeyi amaçlayan silvikültürel müdahalelerin tamamı, “Orman Bakımı” kavramı ile ifade edilmektedir (Odabaşı, 1983; Genç, 2004a; 2011).

Saatçioğlu (1969), “Silvikültür; yeni ormanların kurulması ve bunların tabiaten mevcut olanlarla birlikte yetiştirilmesi (bakımı), gençleştirilmesi ve varlıklarının en iyi bir şekilde devam ettirilmesiyle uğraşan bir bilim dalı” tanımlamasını yapmıştır. Silvikültürel Planlamada; ormanda ya da silvikültürel planlama biriminde farklı işlem ve amaçlar belirlenir, var olan koşullar hedeflenen amaçlara ulaştıracak silvikültürel müdahaleleri ve zaman-alan koordinasyonu düzenlenir (Odabaşı, 1983; Çolak ve Odabaşı, 2004, Yolasıgmaz ve Güner, 2016).

Silvikültürel planlamanın konusu; orman kurma, orman bakımı ve orman gençleştirmesidir. Planlamada, biyolojik, ekolojik ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurulurken, yapılacak müdahalelerin uzun bir sürede ve farklı alanlardaki etkilerinin tahmini zorlaşmaktadır. Silvikültürel planlama çok yönlü karmaşık sistemlerin ortaya çıkmasına neden olduğundan dolayı karar verme güçlüklerini beraberinde getirir. Detay silvikültür planları, planlamanın genel öğelerini taşıdığından müdahalenin şekli ve hedeflenen amaçlara ulaşabilmek için bir takım ekolojik ve biyolojik kurallarla sınırlanan bir karaktere sahiptirler. Silvikültürel planlar, planlara esneklik kazandırmak için düzenli aralarla revizyonlara uğramalı, kontrol edilemeyen faktörlere ve ortaya çıkabilecek özel durumlar için gerekli önlemleri önceden öngörerek alternatifler sunmak zorundadırlar. Ormanda devamlılık ve en yüksek yararlanma ancak isabetli silvikültürel kararlar ve uygulamalarla gerçekleştirilebilir (Odabaşı, 1983; Genç, 2006).

Yürürlükteki orman amenajman yönetmeliğinde aynı yaşlı ormanlarda yaş sınıfları düzeninin getirilmesinin ve çalışmaların plan süresi içerisinde (10 veya 20 yıl) bitirilmesinin kabul edilmesi, farklı doğal gençleştirme yöntemlerini kullanan silvikültürel işletme şekillerinin uygulanma olanağı üzerinde etkili olmuştur. Kullandıkları gençleştirme yöntemleri veya bunları kullanım biçimleriyle birbirinden ayrılan silvikültürel işletme şekillerini başlıca altı grupta toplamak mümkündür: 1) tıraşlama işletmeleri, 2) siper işletmeleri, 3) grup işletmeleri, 4) etek şeridi işletmeleri, 5) seçme işletmesi, 6) devamlı ormanlardır. Bunlardan ilk dördünde yaş sınıfları yöntemi kullanılmakta, beş ve altıncı

gruplar ise çap sınıfları yöntemine göre işletilmektedir (Saatçioğlu, 1979; Odabaşı, 1983; Atay, 1990; Odabaşı vd., 2004; Genç, 2006).

Bol tohum yılı; Meşceredeki tohum tutma kabiliyetine sahip, galip ve müşterek galip ağaçların tamamına yakınının tohum tuttuğu yıla bol tohum yılı olarak ifade edilmektedir (Genç, 2006).

- Tıraşlama İşletmeleri: Büyük bir alan üzerinde yaşlı ağaçların aynı zamanda kesilmesi ve genellikle bundan sonra ekim veya dikim yoluyla yeniden gençleştirilmesine (yapay gençleştirme) dayanan bir işletme şeklidir. Bu işletme şekli, tıraşlamanın uygulandığı alan itibariyle “büyük alan tıraşlama işletmesi” yapay gençleştirmeye dayanır. “Etek şeridi tıraşlama işletmesi” ise doğal gençleştirmeye dayanan iki farklı biçim gösterir. Yaş sınıfları düzeni kurmaya elverişlidir (Saatçioğlu, 1979; Odabaşı, 1983; Atay, 1990; Genç, 2004b; Odabaşı vd., 2004; Genç, 2011, 2012).
- Büyük alan tıraşlama işletmesi: Bu tıraşlama işletmesinde meşceredeki bütün ağaçlardan tek bir kesimle aynı zamanda yararlanılıp, dikim veya ekimle korumasız yapay gençlik yetiştirilir. Büyük alanlar üzerinde dış ortam etkilerine açık birtakım olumsuz etkileri olmasına karşın işletmecilik açısından ekonomik, yüksek mekânizasyon kullanma olanakları, basit odun hasadı ve kolay işletme yönetimi söz konusudur (Örneğin; yıllık kesim alanı (ha/yıl) = yapay gençleştirmeye tabi tutulacak alan (ha) / idare süresi (yıl)). Ancak tıraşlama işletmesinde ağaç türü seçimi sınırlıdır. Yani, büyük alanlar üzerinde saf ve aynı yaşlı meşcereler oluşur (Saatçioğlu, 1979; Odabaşı, 1983; Atay, 1990; Genç, 2004b; 2011; Odabaşı vd., 2004).
- Etek şeridi tıraşlama işletmesi: Doğal gençleştirmeye dayalıdır. Etek şeridi tıraşlama işletmesinde şerit genişlikleri, başta ağaç türleri tohumlarının uçuş yeteneği olmak üzere, arazinin şekli ve tohum döküm mevsimindeki hakim rüzgar yönüne göre değişir. Genellikle 1/2-2 ağaç boyu genişliğinde tıraşlanmış şeritlerde prensip olarak yandan tohumlama yardımıyla doğal gençliğin gelmesi sağlanır. Uygun bir zaman düzeni kurarak 10 veya 20 yılda son hasılat alanlarının gençleştirilmesi sağlanabilir ve dolayısıyla yaş sınıfları yönteminin kabul ettiği düzen kurulabilir (Saatçioğlu, 1979; Odabaşı, 1983; Atay, 1990; Odabaşı vd., 2004; Genç, 2006, 2012).
- Büyük alan siper işletmesi (siper vaziyeti): Büyük alanlarda uygulanan siper işletmesinde özel gençleştirme süresi orman ağaçlarımızdan karaçam, ladin kayın vb., ağaç türlerinde 15-20 yıla kadar sürebilir. Fakat yapılan denemeler göstermiştir ki, hazırlık kesimlerini kaldırmak suretiyle bu süreyi 8-10 yıla indirmek mümkündür. Zon

siper işletmesinde bu süre daha da kısalabilir. Bu süreler bulunurken, ağaçların yerden 80 cm yüksekliğinden alınan artım kalemelerinden hesaplanan yaşların ortalaması alınarak o yöre için türün biyolojik bağımsızlık yaşı bulunur. Bol tohum yıllarının aralarının uzun olduğu (4-6 yıl) meşe ve kayın ağaç türlerinde gençleştirme alanının tamamında gençleştirmenin 10-20 yılda bitirilebilmesi için bir tohum yılında çok geniş alanlar üzerinde çalışmak zorunluğu ortaya çıkabilmektedir. Zon siper işletmesi uygulandığı taktirde aynı tohum yılında birkaç zonda çalışma yapılması gerekebilir. Bu gibi uygulamalarla gençleştirmenin 20 yılda bitirilmesi ve yaş sınıfları düzeninin oluşturulması mümkündür. Aynı yaşlı (maktalı) orman formuna göre düzenlenmiş orman amenajman planları, detay silvikültür planlarına göre uygulanır (Saatçioğlu, 1979; Odabaşı, 1983; Atay, 1990; Genç, 2004b; Odabaşı vd., 2004; Genç, 2006, 2012).

Yaş sınıfları metodunda işletme sınıflarının “periyodik tüm etası”; gençleştirme kesimleriyle çıkarılan “son hasılat etası” ile, bakım kesimlerinden alınan “ara hasılat etası”ın toplamından ibarettir. Periyodik tüm etanın periyot uzunluğuna bölünmesi suretiyle “yıllık eta” bulunur. Yıllık etanın her yıl mümkün olduğu kadar birbirine eşit olması istenir. Bakım etasının da böyle bir düzeni sağlamak olanağı bulunmakla beraber, son hasılat etasının da özellikle doğal gençleştirme çalışmalarında bu olanak yoktur. Doğal gençleştirme çalışmalarının tohum yıllarına bağlı bulunması periyot yıllarında alınacak hasılatın da farklı olmasına neden olur.

Orman kaynaklarının planlamasında silvikültürel senaryoların seçilerek uygulama aşaması, orman yöneticilerinin karar verme sürecinde göz önünde bulundurulması gereken çok çeşitli hedefler ve geniş kapsamlı kriterler nedeniyle son derece karmaşık bir yapısı vardır (Diaz-Balteiro ve Romero, 2008; Kangas ve Kangas, 2005; Maness ve Farrell, 2004). Geniş çaplı araştırmalar yoluyla, eşit ya da değişik yaşlı meşcereler için oluşturulan büyüme modelleri ile meşcere gelişimini tanımlamayı amaçlayarak, zaman içinde meşcere gelişimini tahmin ve analiz etmek için yararlıdır. Son yıllarda özellikle tek ağaç ve orman simülasyonuna dayanan karar destek sistemleri tasarlanarak, bilgisayar ortamında çeşitli silvikültürel uygulamalar denenerek ormanların gelişimleri izlenmeye çalışılmıştır. Her karar çeşitli kriterleri: çevresel (örneğin, biyolojik çeşitliliğin korunması, karbon tutma, vb.), ekonomik (kereste, odun kalitesi, vb.) ve sosyal konuları (iş, işçi, vb.) etkileyebilir. Ormancılıktaki yeni zorlukların artan karmaşıklığı göz önünde bulundurulduğunda, bu tür sistemler, özellikle sürdürülebilir doğal kaynak yönetimi, iş planlaması, ulaştırma ve ürün

hasadının planlaması gibi alanları kapsayan geniş bir yelpazeden faydalanılmaktadır (Gordon vd., 2004; Reynolds, 2005).

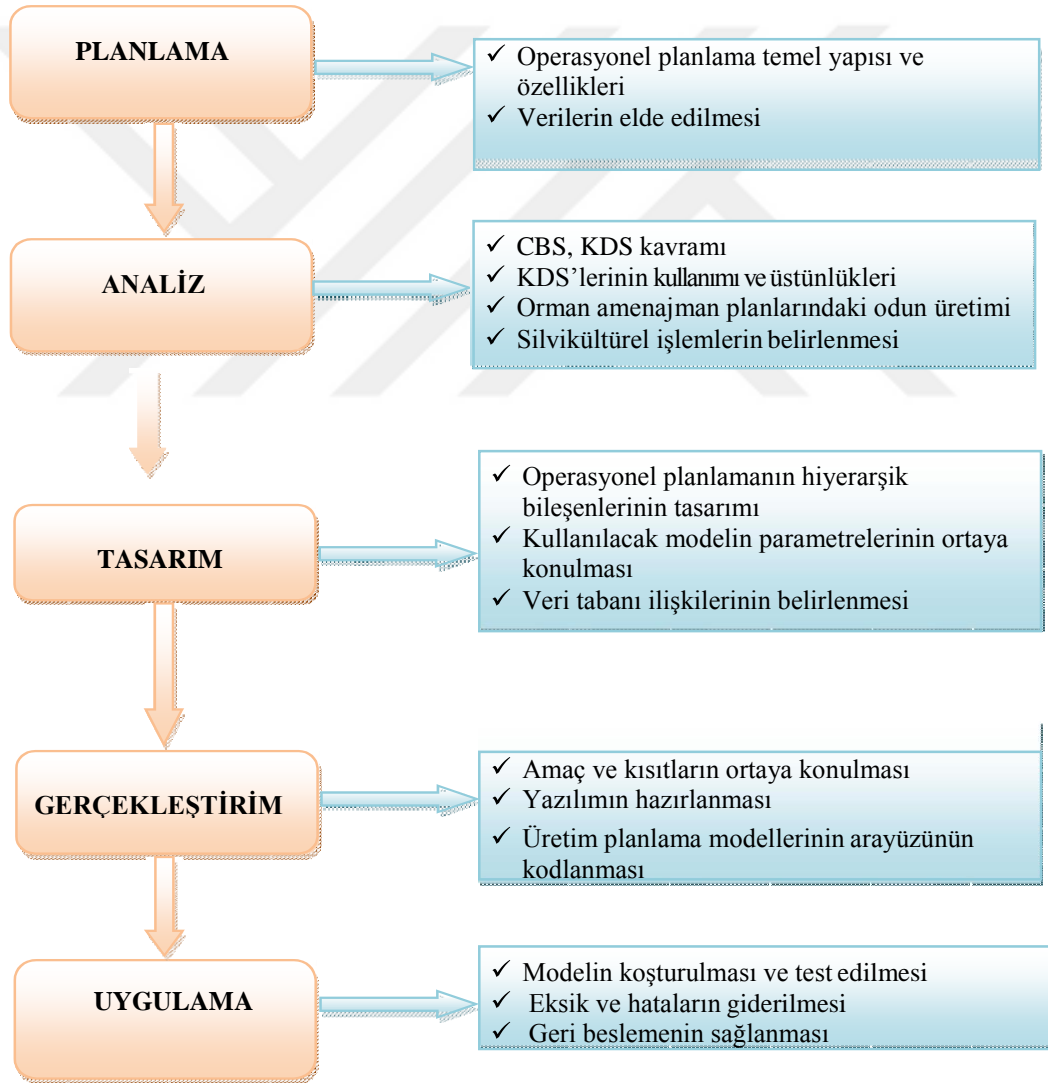
Kızılçamda doğal gençleştirilmeye dayanan büyük alan tıraşlama işletmesinde, faydalanılabilir tohum kaynaklarının en önemlisi o yıl olgunlaşmış ve ağırlıklı olarak mayıs ayı sonundan itibaren dökülmeye başlarlar. Fakat kızılçam kozalağındaki tohumun büyük bir kısmı sonbaharda (%70-80) dökülmektedir. Kızılçam meşcerelerinde tohumun en fazla toprağa dökülmesinden sonra gençleştirme kesimlerine girilmesi ve çimlenme başlamadan önce sahadan çıkılması başarılı olmanın en büyük koşuludur (Saatçioğlu, 1979).

Karaçam ağaç türünün doğal gençleştirilmesinde zengin bol tohum yılının tespiti yapılarak Kasım-Mart aylarında tohum dökümü olduktan sonra çimlenmenin görüldüğü tarihten 2-3 hafta önce alandan bütün işlemlerin bitirilerek çıkılması gerektiği belirtilmektedir. Arazi hazırlığı çalışmaları da düşünülerek, kesim ve bölmeden çıkarma çalışmaları için ocak ayı sonunda ve şubat ayı başında bölme içindeki işlemlerin bitirilmesi gerekmektedir (Saatçioğlu, 1979; Odabaşı, 1983; Atay, 1990; Genç, 2004, Odabaşı vd., 2004).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Kavramsal Çerçeve

Bu çalışma, ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımına göre taktiksel düzeyde hazırlanan orman amenajman planlarının, operasyonel (yıllık-işlevsel) modelinin geliştirilmesinde planlama, analiz, tasarım, gerçekleştirim (arayüz ve kodlama) ve uygulama aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Operasyonel planlamanın kavramsal yapısı

Planlama aşamasında; operasyonel karar destek sisteminin temel aldığı prensipleri ortaya konulmuştur. Ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama anlayışı çerçevesinde oluşturulan orman amenajman planlarında, odun üretimi fonksiyonunun sürdürülebilirliği, ulusal ve uluslararası gerekli tüm prensipler ve bileşenler belirlenerek planlamaya yansıtılmaya çalışılmıştır. ETFOP aşamaları; arazi öncesi taslak meşcere ve fonksiyon haritalarının hazırlanması, arazide yapılan fonksiyonel envanter çalışması, büroda konumsal veri tabanı kurularak orman fonksiyonlarının sayısal hale gelmesi, işletme amaçlarının ve hedeflerinin ortaya konulması, en uygun silvikültürel müdahale tekniklerinin belirlenerek uygulanması ve denetlenmesi şeklindedir.

Analiz aşamasında; ülkemizde uygulanmakta olan orman amenajman planlarındaki odun üretim problemlerine çözüm oluşturabilecek ve uygulanabilir özellikte bir karar destek sisteminin özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Tasarım aşamasında; operasyonel planlamanın hiyerarşisine yönelik geliştirilen karar destek sisteminin tasarımı (sistem tasarımı) yapılmıştır. Bu amaçla gerekli veriler toplanarak, ilişkilendirilmiş ve birleştirilerek bir veri tabanına aktarılmıştır. Aynı yaşlı ormanlar için seçilen TDP tekniğine yönelik model kurulumu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, odun üretimi modelinin kullanıcıların sistemi rahat ve etkin bir şekilde kullanabilmeleri için bir arayüz tasarlanmıştır.

Gerçekleştirim aşamasında; tasarımı yapılan arayüzde sadece aynı yaşlı ormanların odun üretim modelini içeren kodlama işlemleri yapılmıştır. Kodlama ve güncellemelerin kolaylıkla sağlanabildiği nesne tabanlı programlama dili olan C++ kullanılmıştır. Programın modüler bir tasarım yapısına sahip olması kullanımını kolaylaştırmaktadır.

En son uygulama aşamasında; aynı yaşlı ormanlar için geliştirilen odun üretimi optimizasyon modelleri, örnek bir planlama biriminde (Çanakkale Orman İşletme Şefliği) test edilmiştir. Programın testi esnasında ortaya çıkan hatalar ortadan kaldırılarak çözümlenmiştir.

2.2. Planlama

2.2.1. Yazılım ve Donanım

Bu çalışmada, Operasyonel planlama karar destek sisteminin yazılımı, veri tabanı tasarımı ve kurulumu, analiz, modelleme, çözümlenme ve yazma işlemlerinde Intel Core i7

CPU 2.93 GHz, 6.00 GB RAM ve 64 Bit işletim sistemi özelliğine sahip masaüstü bilgisayardan yararlanılmıştır. Çalışma süresince yapılan tüm işlemlerde, Windows 10 Professional işletim sistemi kullanılmıştır. Hazırlanan tez kapsamında kullanılan yazılımlar ve programlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

MS Access: Microsoft Access, bilgileri bünyesinde toplayan ve düzenleyen bir veri tabanı yönetim programıdır. Birleştirilmiş birden fazla tabloyu barındıran bir nesne kapsayıcısıdır. Nesneye ait bilgilerin tamamını kapsayan veri tabanına sahip olup, verilerin işlenerek geliştirilmesine olanak sağlayan bir yapısı vardır. Kullanışlı ve oldukça basit olan bu yapısı sayesinde basit veri tabanı tasarımlarından, gelişmiş bilgi sistemlerine kadar çeşitli uygulamaları yapmak için gerekli tüm altyapıyı sunan bir yapıya sahiptir (Yıldız, 2013).

C++: C yalnızca yapısal programlamaya olanak verirken, C++ nesne tabanlı programlama dilini kullanır. Kullanışı kolay, esnek ve güçlendirilmiş nesne yönetim özelliği ile bilgisayar dünyasının en çok kullanılan dilleri arasındadır. C++ programları sınıf ve fonksiyon denilen parçalardan oluşur. Bir C++ programı oluşturmak için ihtiyaç duyulan her parçası programlanabilmektedir. C++ programcısı standart kütüphanesinde mevcut sınıfların ve fonksiyonların zengin koleksiyonunu kullanır. Bu nedenle, C++ “dünyasını” öğrenmenin gerçekten iki kısmı vardır. Birincisi C++ dilinin kendisini öğrenmek; ikincisi ise C++ standart kütüphanesinde sınıfları ve fonksiyonları nasıl kullanılacağını öğrenmek gerekmektedir (Vandevorde ve Josuttis, 2002; Shepherd ve Kruglinski, 2003)

ArcGIS Desktop 10.5: ArcGIS™ Desktop; ArcView® 10.5, ArcEditor™ 10.5 ve ArcInfo™ 10.5 modüllerinden oluşan güçlü bir CBS yazılımıdır. Çok kapsamlı veri kullanımı ve depolanması (vektör ve raster), sayısallaştırma ve veri girişi, haritalama ve analiz, veri üretimi ve güncelleme, network analizi, model builder, 3D analiz, konumsal veri elde edilmesi, harita hazırlama, etiketle ve sunumu gibi birçok analiz işlemlerini yapabilmektedir (URL-2).

LİNGO: Yöneylem araştırması tekniklerinden doğrusal, doğrusal olmayan, tamsayılı ve de stokastik matematiksel modelleri çözmeye yarayan “LINDO System INC. Şirketi” tarafından geliştirilen ticari bir yazılımdır. Yazılımın en büyük avantajı Windows, Mac, Linux ve Android ortamında çalışabilmesidir. Matematiksel modelleri çözen, duyarlılık analizi yapabilen ve çözüm sonuçlarını raporlayarak karar vericilerin değerlendirmesini kolaylaştıran profesyonel bir matris çözücüsü programıdır (URL-1). Optimizasyonla en iyi sonuçların bulunmasına yardımcı olmaktadır ve para, zaman, makine, personel, en yüksek

karı veya en düşük maliyetli çözüm hangisidir, sorularına cevap bulunarak sınırlı olan kaynaklarınızın en verimli şekilde kullanmayı amaçlamaktadır.

2.2.2.Sistem Analizi ve Tasarımı

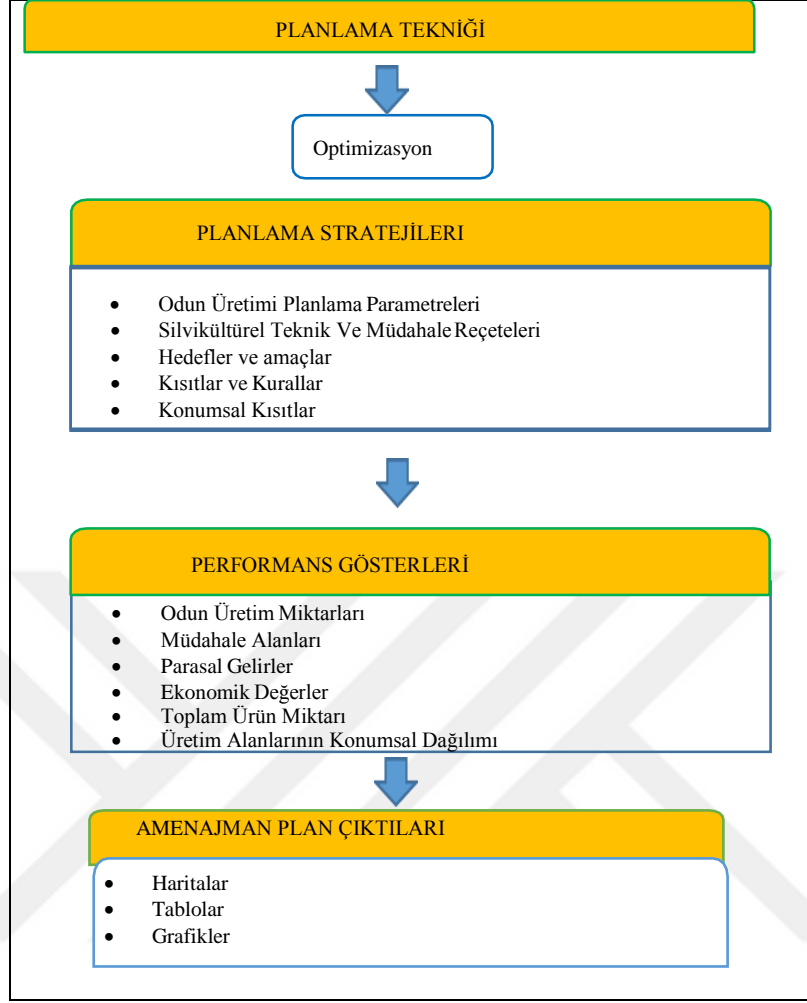
Odun üretimi, orman amenajman planlarında son hasılat ve bakım etası verilen alanlardan karşılanmaktadır. Gençleştirme (son hasılat) etası verilen alanlardaki hasat planlanması yöreye uygun olarak yapılan detay silvikültür planlar doğrultusunda yapılmaktadır. Bakım etası verilen alanlar bloklu ya da bloksuz (serbest) olarak planlanmaktadır. Mevcut durum analizlerini yaparak sistem yaklaşımı çerçevesinde konumsal verileri içeren nesne tabanlı bir programlama yaklaşımıyla karar destek sistemi oluşturulmaktadır. Orman amenajman planlarının operasyonel düzeyde hazırlanmasında yardımcı olacak karar destek sisteminin sekiz önemli bileşeni vardır. Bunlar;

- Orman ekosistemini oluşturan bileşenler ile konumsal özelliklerini içeren tüm verilerin birlikte değerlendirilmesi,
- Planlamada gerekli verilerin toplanması: planlamanın amacı, kapasitesi, veri tabanı, meşcerelerin konumsal dağılımı, odun ürün çeşitleri formülasyonu gibi verilerin sisteme dahil edilmesi,
- Odun üretimi birimlerinin belirlenmesi: Orman amenajman planlarında üretim yapılacak alanların silvikültürel müdahale tekniklerine göre ayrılarak modelde kullanılacak şekilde veri tabanına girilmesidir. Örneğin tıraşlama alanlarına “1”, Büyük alan siper işletmesi uygulanan alanlara “2”, yapay gençleştirme yapılacak alanlara “3” ve bakım alanlarına “4” olacak şekilde bazı tanımlamaların yapılması,
- Operasyonel planlama ile yıl içerisindeki müdahale edilecek bölme ve bölmeciklerin odun üretimi alternatiflerinin belirlenmesi,
- Planlama modelinin temel bileşenleri; Orman amenajman planı, silvikültürel planlama (doğal ve yapay gençleştirme, bakım) parametreleri, konumsal özellikler, orman yol ağı (işletmeye açma oranı) ve bu bileşenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
- Planlama hedefi, kısıtlayıcılar ve kuralların belirlenerek karar verme açısından uygun alternatiflerin modellere yansıtılması,
- Üretim planlama senaryolarının geliştirilmesi ve uygulanabilir modellerin

oluşturulması,

- Sonuçların planlama gereksinimlerini karşılar nitelikte olması, kanun ve yönetmeliklere uygunluğunun test edilmesi ve oluşturulan alternatifler arasından en uygun planının seçilerek uygulamaya aktarılmasıdır.

Operasyonel planlama sistemi yapısının tasarım entegrasyonu açısından önemli dört aşaması vardır. Karar destek sisteminin birinci aşaması, orman ekosistem bileşenlerinin verilerinin (bölme ve bölmecik tablosu, meşcereler arasındaki komşuluk ilişkileri, odun ürün eşitleri tablosu, meşcerelerin aktüel servet ve artım tablosu, bölmeciklere ait eta bilgileri) toplanması ve sistemin gerektirdiği formatta verilerin düzenlenerek veri tabanının hazırlanmasıdır. Tasarımdaki ikinci aşama ise, odun üretimi alanlarına uygun silvikültürel müdahale tekniklerinin gruplandırılması, hedeflerin ve bu hedeflere ulaşmayı kısıtlayan sınırların belirlenerek ortaya konulmasıdır. nc aşamada, planlama senaryolarına yön veren ekonomik girdilerin her bölme-bölmecik bazında hesaplanarak planlamaya dahil edilmesidir. Son olarak, farklı planlama alternatiflerinden elde edilen çözüm (ıktı) sonuçlarının tablo, harita ve grafik olarak üretilmesi ve karşılaştırılması aşamasıdır. Bu sonuçlar karar vericilere yardım ederek performans ölçütlerine en uygun senaryonun seçilmesinde önemli rol oynamaktadır (şekil 4).



Şekil 4. Operasyonel karar destek sisteminin tasarımı

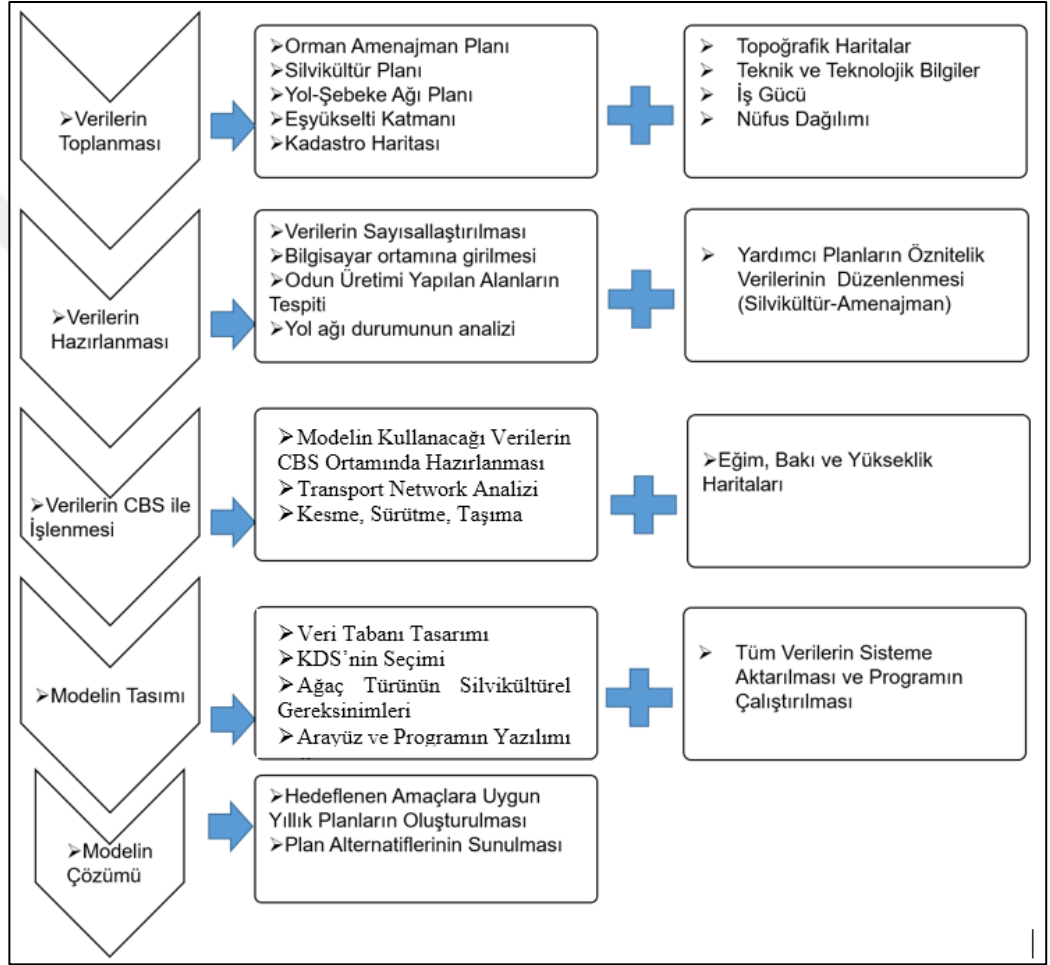
2.2.2.1. Operasyonel Planlamada Kullanılan Veri Tabanının Kurulumu

Operasyonel karar destek sistemi modülünün geliştirilebilmesi için orman ekosistemini oluşturan bileşenlerin ve ekonomik verilere ek olarak grafik ve öznelik verilerden oluşan coğrafik (konumsal) veri tabanının oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan bu veri tabanında modelin çalışabilmesi için bulunması gereken veriler;

- Orman işletme şefliği sınırları, konumu ve topoğrafik özellikler (yükselti, bakı, eğim vb.),
- Orman işletme şefliği sınırları içerisinde bulunan köy kooperatif sınırlarına ait bilgilerin sayısal ortama aktarılması,
- İşletme şefliğine ait toprak ve yetiştirme ortamı özelliklerinin sayısallaştırılması,
- Orman yol-şebeke ağının ve transport sınırlarının konumsal olarak tanımlanması,

- Detay silvikültür planı bilgilerinin veri tabanına işlenmesi,
- Orman amenajman planında bulunan meşcerelere ait alan, servet, artım ve eta değerlerinin sisteme girilmesi şeklinde sıralanmaktadır.

Çok sayıda olan coğrafik verilerin birbirleri ile olan ilişkileri coğrafi bilgi sistemi yazılımları yardımıyla oluşturulmuştur. Oluşturulan veri tabanına bağlı olarak üretim planlama süreci Şekil 5' deki aşamaları izlemektedir.

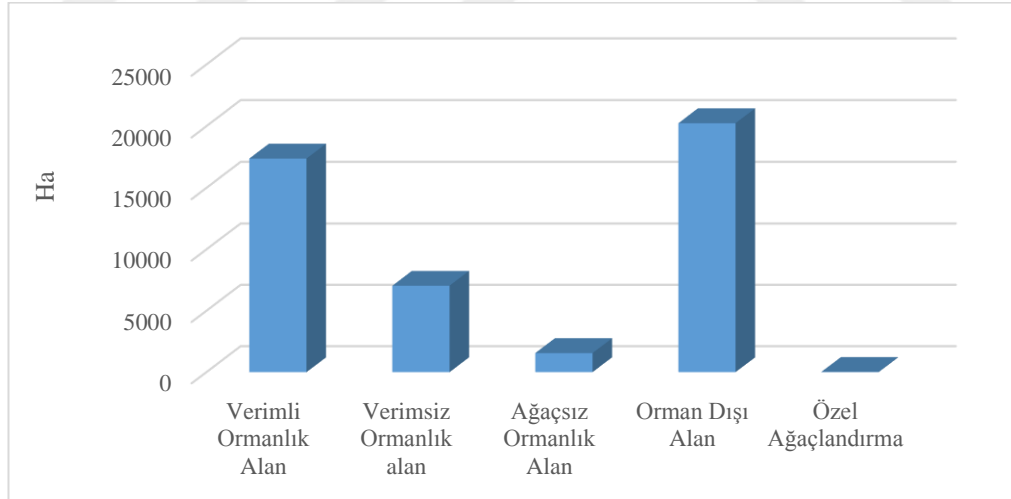


Şekil 5. Operasyonel planlamada orman ürünleri üretimin planlanması

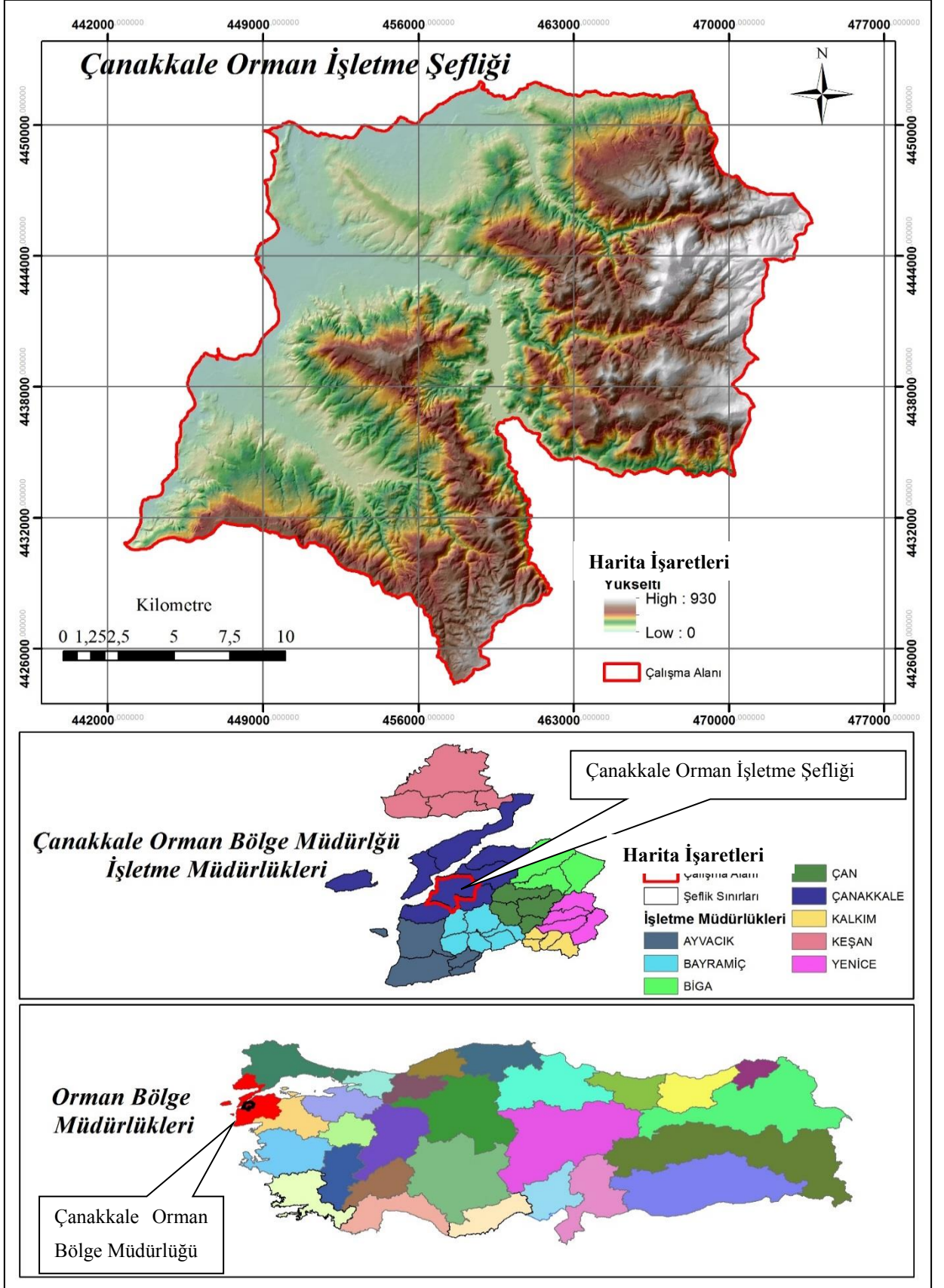
2.3. Materyal

2.3.1. Araştırma Alanının Coğrafi Konumu ve Orman Amenajman Planı

Çanakkale Orman İşletme Şefliği, Çanakkale İli, Merkez İlçesi sınırları içinde yer almakta olup, Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü bünyesindeki Çanakkale Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlıdır. Şefliğin genel alanı 46.214,2 hektar olup bunun 17.376,7 hektarı verimli, 7.041,8 hektarı verimsiz, 1.555,6 hektarı ağaçsız ormanlık alan olmak üzere toplam 25.974,1 hektarı ormanlık ve 20.240,1 hektarı ormansız alandır (Şekil 6). Ayrıca ilgili şeflik sınırları içerisinde devlet ormanlarından tahsisli özel ağaçlandırma alanı (ÖA) da mevcut olup 54,6 ha'dır. İşletme Şefliği ormanları; Ekvatora göre; 39°08'15" - 40°13'06" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Greenwich'e göre ise; 26°19'47"-26°41'37" doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 7). Plan ünitesinin 1/25.000 ölçekli topoğrafik ve eşyüksekti haritaları; Çanakkale h16-c2, Çanakkale h16-c3, Çanakkale h16-c4, Çanakkale h17-d1, Çanakkale h17-d2, Çanakkale h17-d3, Çanakkale h17-d4, Ayvalık i16-b2 ve Ayvalık i17-a1 paftalarını kapsamaktadır (OGM, 2017b).



Şekil 6. Çanakkale OİŞ alansal dağılımı



Şekil 7. Çanakkale OİŞ coğrafik konumu

Çanakkale Orman İşletme Şefliği'nin amenajman planı yapımında, "Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar" isimli 299 sayılı Tebliği uygulanmıştır. Planlama alanının işletme sınıflarında 4'ü ekonomik, 3'ü ekolojik ve 5'i sosyo-kültürel olmak üzere toplam 12 adet işletme sınıfı bulunmaktadır. İşletme sınıflarına ait özellikler aşağıda verilmiştir (Tablo 5). Örneğin; amenajman planından elde edilen bilgilere göre; A "En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi (Kızılçam)" ortam koşullarının olanak verdiği en yüksek miktardaki odun hasılatı elde etme amacıdır. İşletme sınıfının idare süresi 30 yıl; periyot uzunluğu 10 yıl; İşletme sınıfının gerçek alanı 2.272,2 ha; periyot sayısı 3; ortalama boniteti II (orta) olarak belirlenmiştir. Bu işletme sınıfının ana amacı eşit veya gerçek hasılatlı yıllık alan metoduna dayalı tek tabakalı aynı yaşlı saf kızılçam meşcerelerinden en fazla odun üretimi elde etmektir, genellikle kalite veya vasıf önemli değildir ve eşit yaşlı kuruluş amaçlanmaktadır. A (Kızılçam) işletme sınıfı için genel servet 309.311,34 m³, artım ise 117.88,94 m³ dür. Diğer işletme sınıflarının alansal özellikleri Tablo 5'de görülmektedir.

Gençleştirme alanları sütununda işletme sınıfına verilen verimli ve verimsiz meşcerelerin toplam alanları görülmektedir. Bakım alanları sütununda ise, sadece bakım etası verilen meşcerelerin alansal toplamaları verilmektedir. Çanakkale OİŞ orman amenajman planında on yıl için alınması planlanan toplam bakım etası 195.070 m³ tür. Toplam bakım etasının orman fonksiyonlara dağılımı ise üretim fonksiyonlu alandan 104.720 m³, ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonlu alanlardan ise 90.350 m³ tür.

Tablo 5. Çanakkale OİŞ işletme sınıfları alan dağılımı

ANA FONKSİYONLAR	İŞLETME SINIFLARI		Ağaç Türleri	İdare Süresi	Periyot Uzunluğu	Normal Kapah	Boşluklu Kapah	Ağaçsız Orman Alanları	Açıklık	Gençleştirme Alanları	Bakım Alanları
				Yıl	Yıl	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
EKONOMİK	A	En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	Kızılçam	30	10	2180,7	91,5			2272,2	
	B	En Yüksek Miktarda Yapacak Odun Üretimi	Kızılçam	60	10	5955,8	1758,2	142,6	6,9	1032,2	3749,9
	C	En Yüksek Miktarda Yapacak Odun Üretimi	Karaçam	120	20	636,2	85,4			110,9	472,2
	D	Bitkisel Ürün Üretimi	Fıstıkçamı	100	20	618,5		30,5			386,8
EKOLOJİK	E	Muhafaza Ormanı	Kızılçam	140	20	1092,4	853,6	78,8	1012,8		199,5
	F	Doğal Sit	Kızılçam	140	20	52,6	29,9	94,7	18,4		
	G	Toprak Koruma	Kızılçam+ Karaçam	140	20	2770,3	2471,8	525,1	3297,5		2152,1
SOSYO-KÜLTÜREL	H	İçme Suyu Koruma	Kızılçam	140	20	1729,3	974,0	97,6	647,8		1459,7
	I	Kullanma Suyu Koruma	Kızılçam	140	20	737,4	173,4	64,6	148,9		528,9
	J	Estetik Görünüm	Kızılçam	140	20	1482,5	583,1	477,4	14814,8		666,1
	K	Rekreasyon	Kızılçam	140	20	99,1	15,7	7,8	53,8		99,4
	L	Askeri Tesis ve Tatbikat Alanları	Kızılçam	100	20	21,9	5,2	36,5	239,2		11,4

Tez kapsamında 2018 yılına yürürlüğe giren klasik orman amenajman planı verileri ve meşcere haritası kullanılmıştır. Araştırma alanının başlıca ağaç türleri kızılçam (*Pinus brutia* Ten), karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ve meşe (*Quercus* sp) türlerinden oluşmaktadır. Kızılçam ve fıstıkçamı alçak rakımlardaki havzalarda bulunurken, karaçam ve meşe orta ve daha yukarı rakımlardaki havzalarda yer almaktadır (OGM, 2017b).

2.3.2. Çanakkale OİŞ Detay Silvikültür Planı

Çanakkale Orman İşletme Şefliği (2018-2027, 2018-2037) Silvikültür Planı verilerine göre: çalışma alanında doğal ve yapay gençleştirme çalışmaları yapılmaktadır. Doğal yolla gençleştirilecek kızılçam alanlarında uygulanacak gençleştirme yöntemi; doğal gençleştirilmeye dayanan büyük alan tıraşlama yöntemidir. Karaçam alanlarında

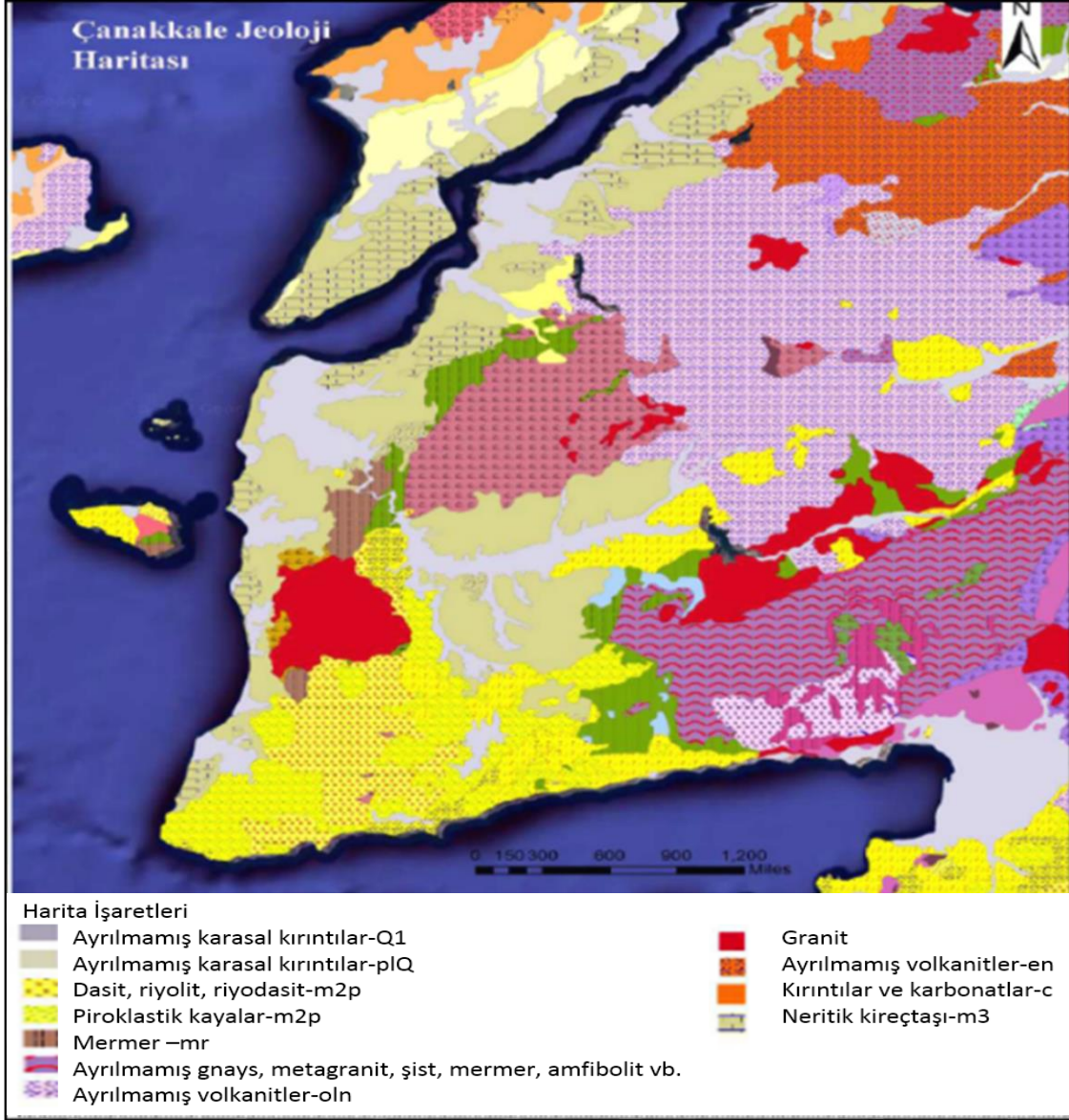
uygulanacak gençleştirme yöntemi büyük alan siper vaziyeti yöntemidir. Doğal gençleştirme koşulları kaybolmuş meşcerelerde ise fidan dikimine bağlı ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır.

Araştırma alanının ara hasılat/bakım kesimleri ise; gençlik bakımı, sıklık, ayıklama, aralama olarak sıralanmıştır. İşletme sınıflarında bakım bloklarına 10 yılda bir kez müdahale edilmesi kararlaştırılmıştır. Çanakkale OİŞ orman amenajman planına göre 2018-2027 yılları için yıllık 9.753 m³ ara hasılat alınması planlanmıştır (OGM, 2017b).

Operasyonel orman amenajmanı planlama modeli yazılımında, orman ekosistemlerinin yapı ve kuruluşunun karakterize edilerek veri tabanının kurulması ve bazı konumsal özelliklerin belirlenmesi ve çıktılarının sunulmasında coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) faydalanılmıştır. Operasyonel planlama modülü ile elde edilen tüm sonuçları konumsal olarak gösterebilmek ve farklı senaryoları karşılaştırabilmek amacıyla tüm bölmeciklere “ID” numarası verilmiştir. Bu sayede modellerin sonuçları yıllık olarak bölmecik bazında tüm silvikültürel müdahaleleri konumsal olarak gösterilmektedir.

2.3.3. Araştırma Alanının Jeolojik Özellikleri

Çalışma alanının jeolojik yapısını tanımlayan bilgiler, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından hazırlanan 1/100 000 ölçekli ana kaya haritasına göre, planlama alanında ana kaya neritik kireç taşlarından oluşmaktadır. Plan ünitesinin güneyinde genellikle volkanik alanlar, kristalin şistler, biraz kuzey batıda yeşil alanlar (serpantin, melafir, dibaz içinde yeşil şistler bulunan ufak oluşumlarla birlikte), daha kuzeyde genellikle eosen devri deniz oluşumu ve Çanakkale çevresinde neojen devri (tatlı su fariyeri) oluşumları gözlenir. Güneyden kuzeye ayrışım hızlanır ve toprak derinleşir. Plan ünitesi arazisinde batıdan doğuya gidildikçe eğim artar. Toprak yapısı ise, nemli orman toprağı kuşağının sahil kesiminde “Kahverengi orman toprağı” iç kesimlerde ise “kireçsiz kahverengi orman toprağı” sınıfına girmektedir. Kızılçam ağaç türünün bulunduğu alanlarda Terra Rosa toprak tipi hâkimdir. Silvikültür planında, alanın kumlu balçık toprak özelliğinde olduğu belirtilmektedir (OGM, 2017b) (Şekil 8).



Şekil 8. Çanakkale ili jeolojik haritası

2.3.4. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Çanakkale'de 6 m yükseklikte mevcut meteoroloji istasyonundan alınan 2005-2015 yılları meteorolojik rasat değerleri tablosuna göre yörenin en sıcak ayları temmuz-ağustos aylarıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 630,7 mm' dir. Yıllık ortalama nisbi nem % 75,2 dir. Hâkim iklim olarak ise Akdeniz iklim kuşağının Marmara tali iklim tipi içinde kalmaktadır. Hem Marmara hem de Ege denizlerinin etkisi altında kalmasından dolayı kışlar mutedil ve yağışlı, yazları ise az yağışlı ve sıcak geçmektedir. Sıfır rakımda bile kar yağabilmektedir.

Vejetasyon süresi 7–9 ay arasında değişmektedir. Yaz aylarında esen, sıcak ve kuru poyraz, zaman zaman da lodos rüzgârları ise kuraklığa ve yangınlara yol açabilmektedir (OGM, 2017b) (Tablo 6) .

Tablo 6. Çanakkale OİŞ planlama birimine ait meteorolojik veriler

ÖLÇÜM PARAMETRESİ	A Y L A R												YILLIK ORTALAMA/ TOPLAM	VEJETASYON SÜRESİNDEKİ
	OCAK	SUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK		
Ortalama sıcaklık (°C)	6,3	6,7	8,4	12,5	17,5	22,2	24,9	24,9	21,0	16,2	12,0	8,3	15,1	18,9
Ortalama yüksek sıcaklık (°C)	9,7	10,2	12,5	17,2	22,6	27,8	30,7	30,5	26,3	20,6	15,9	11,7	19,6	24,0
En yüksek sıcaklık ortalaması (°C)	20,0	21,2	24,2	28,4	34,4	36,8	39,0	38,6	35,9	31,7	25,2	22,9	39,0	39,0
En düşük sıcaklık ortalaması (°C)	-9,2	-11,2	-8,4	-1,3	3,4	6,6	11,4	11,6	6,0	0,4	-4,4	-8,4	-11,2	-4,4
Ortalama yağış (mm)	87,3	71,0	64,8	48,7	32,0	24,0	15,0	7,7	26,3	57,9	85,0	111,0	630,7	296,6
Ortalama nispi nem (%)	81,5	80,3	79,2	77,4	75,0	69,8	65,5	65,9	70,1	76,1	80,0	81,6	75,2	72,5
Yağış 10 mm. olan gün sayısı	3,0	2,4	2,1	1,5	0,9	0,7	0,3	0,1	0,7	1,7	2,6	3,8	19,9	8,6
Günlük en yüksek yağış (mm)	91,5	58,7	86,0	72,2	110,0	50,5	80,6	45,5	63,8	104,8	101,9	96,3	110,0	110,0
Ortalama sisli gün sayısı	0,95	0,74	0,60	0,32	0,02			0,02	0,04	0,21	0,82	0,86	4,58	1,43
Vejetasyon (>10 °C) gün sayısı	6,35	6,47	10,56	24,89	30,96	30,00	31,00	31,00	30,00	29,70	21,29	10,80	263,02	228,84
Donlu günler sayısı	6,82	5,66	2,56	0,01							0,66	3,54	19,25	3,23
Engeç, en erken, ortalama don tarihleri	En Erken : 26 Kasım			En Geç : 10 Nisan				Ortalama : 22 Aralık- 12 Mart						
Ortalama rüzgâr hızı (m/sn)	4,4	4,5	4,2	3,8	3,5	3,4	3,9	4,0	3,7	3,8	3,9	4,4	4,0	3,8
En hızlı rüzgâr yönü ve hızı (m/sn)	SSE 35.2	SW 38.7	SSE 35.4	SSE 34.5	SSE 26.6	SW 31.1	NW 31.8	NNE 23.7	W 32.7	W 31.9	SSW 33.9	SW 34.1	SW 38.7	SSW 33.9

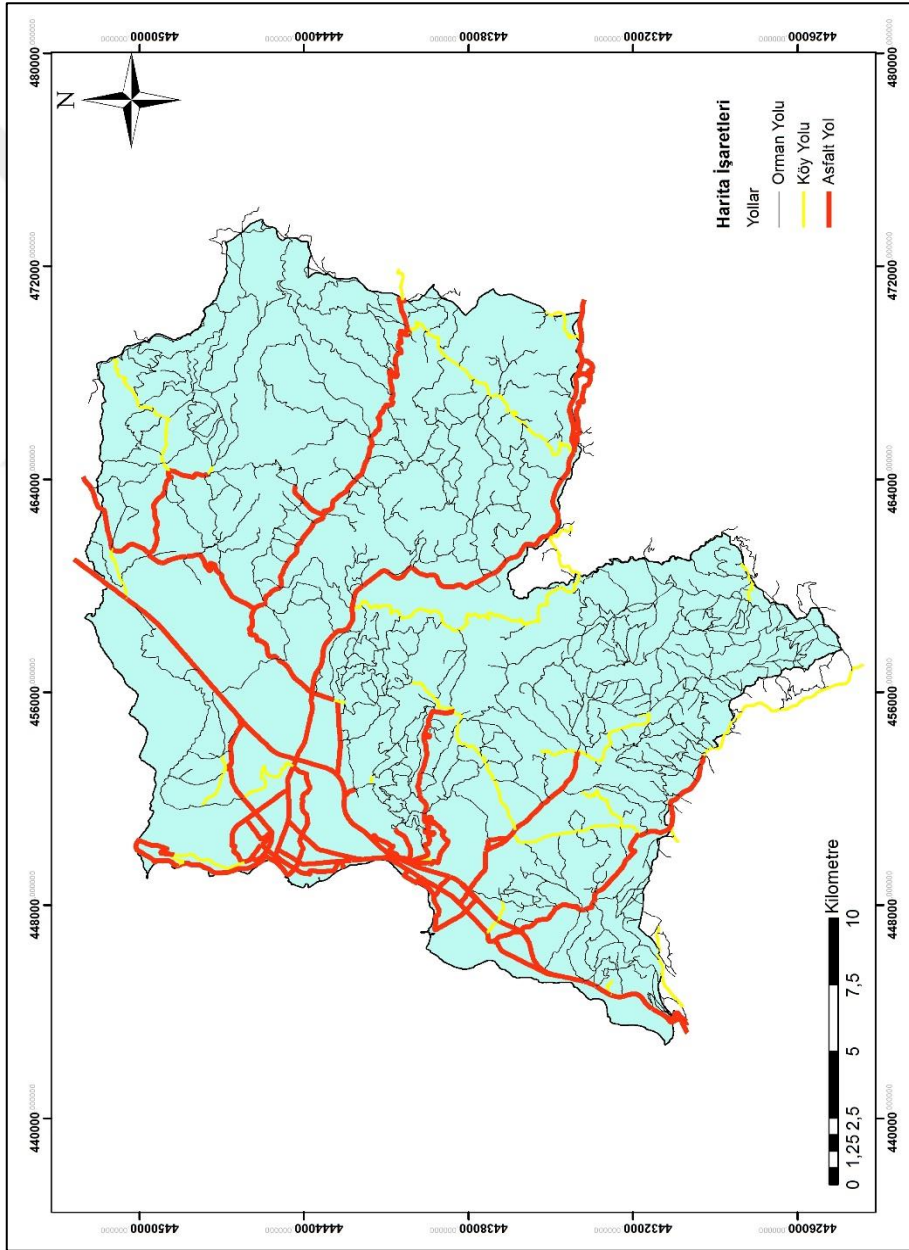
2.3.5. Tüketim Merkezleri

Çalışma alanı sınırları içinde üretilen odun ürünleri; önce Şehitlik Orman Deposuna getirilmektedir. Şehitlik deposu yıllık 20.000 m³ kapasiteye sahiptir ve her bir periyotta kesilen ürünler aynı ya da ardışık periyotta satılarak piyasanın talepleri karşılanmaktadır. Planlama alanında, piyasa tarafından istenilen tomruk boylarının; 2,5; 3; 3,5; 4; 5 ve 6 m boylarda olduğu belirtilmiştir. Ancak, son yıllarda dikili satışların artmasıyla depolara inen tomruk miktarı azalmaktadır. Şeflik kayıtları incelendiğinde, piyasanın 5 ve 6 m'lik boylardaki tomruklara daha çok talep ettiği ve satış gelirlerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır (OGM, 2017b).

Şehitlik depo Çanakkale–İzmir devlet karayoluna çok yakın bir konumda yer almakta olup, depo kayıtlarından alınan bilgilere göre odun satışları Çanakkale, Balıkesir, Bursa, İzmir ve İstanbul gibi yakın şehirlerdeki tüccarlar tarafından satın alınmaktadır.

2.3.6. Yol Ağı Planı

Çanakkale OİŞ orman yol ağı 1960 ile 2017 yılları arasında, ilk yıllarda “Ekstrem B-Tipi Tali Orman Yolu” şeklinde yapılmış ve son 20 yılda “Standartları Yükseltilmiş B-Tipi Tali Orman Yolu ve Normal B-Tipi Tali Orman Yolu” standartlarına yükseltilerek orman yol ağı bugünkü durumuna kavuşturulmuştur. Çanakkale OİŞ ormancılık faaliyetlerine hizmet eden orman içi ve dışı yollar mevcuttur (Şekil 9). Çanakkale OİŞ yollarının % 4’ü karayolu, %18’i köy yolu ve %71’i orman yoludur (OGM, 2017b).

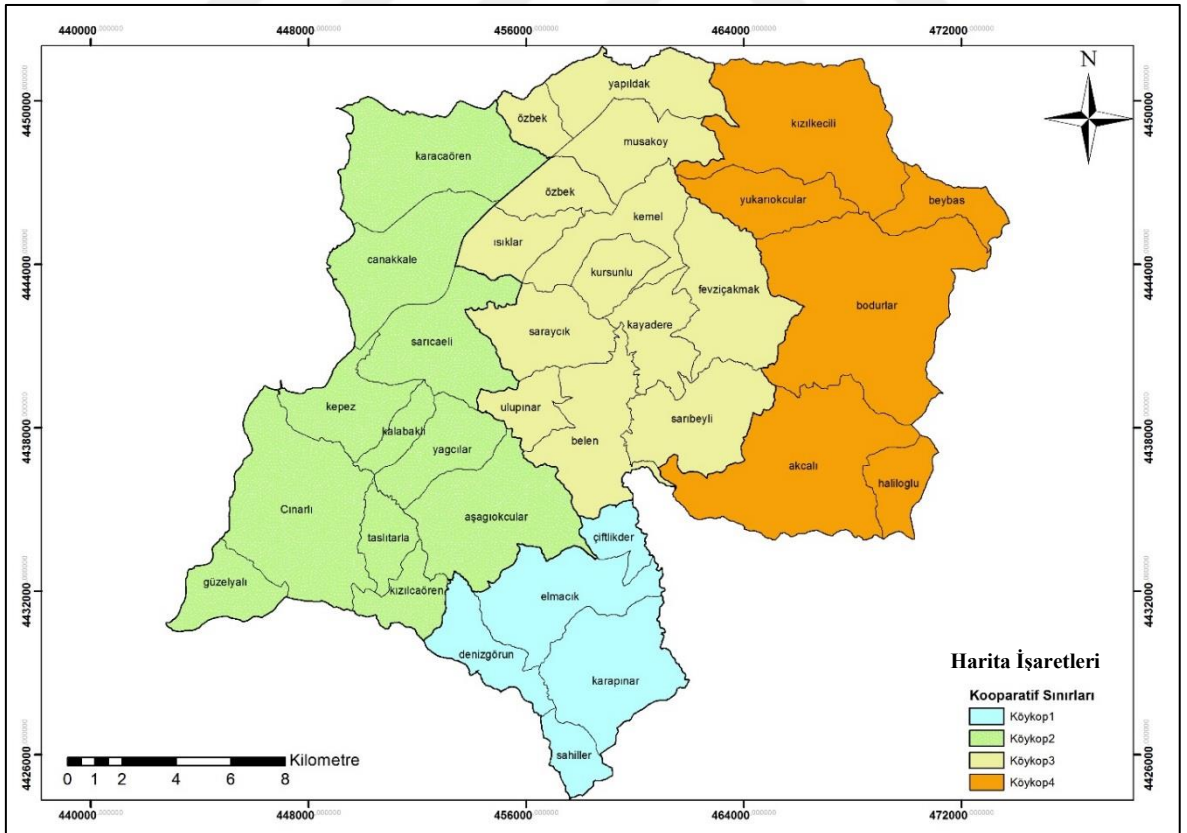


Şekil 9. Çanakkale OİŞ mevcut yol ağı haritası

2.3.7. Çalışma Alanındaki Köyler ve Kooperatifler

Odun üretimi planlamasında en önemli kısıtlayıcı unsurlardan biri de iş gücüdür. Köylerdeki iş gücünün planlara entegre olmasını sağlamak, özellikle ormancılık çalışmalarında son derece zor olmaktadır. Ancak, Çanakkale OİŞ sınırları içerisinde kesinleşmiş kadastro sınırları meşcere taslaklarına işlenmediği için amenajman planının kadastro sınırına uyumu gerçekleştirilememiştir. Meşcere haritasının çiziminde, kadastro durumuyla ilgili plan yapıcıya sağlanan veriler, veri tabanına katman olarak eklenmiştir. Meşcere haritasının yapımı aşamasında kadastro olarak orman alanı dışında kalan 3.0 hektardan büyük 2 veya 3 kapalı verimli alanlar 161,1 ha olup “Kadastro Dışı Alanlar” olarak tanımlanmıştır

Şeflik içerisinde yirmi dokuz köy bulunmakta (Tablo 7) ve bunlardan sadece dört tanesinde köy kooperatifi bulunmaktadır (OGM, 2017b). Planlama aşamasında mevcut kooperatif sınırları köy sınırlarına bağlı olarak genişletilerek toplamda dört birime ayrılmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Planlamada kullanılan dört kooperatifin sınır haritası

Tablo 7. Çanakkale OİŞ sınırları içerisinde bulunan köyler ve nüfusları (OGM, 2017b)

Şefliği	İlçesi	Köy adı	2016 nüfusu		
			Toplam	Erkek	Kadın
Çanakkale	Merkez	Merkez İlçe			
		Akçalı	52	28	24
		Aşağı Okçular	283	146	137
		Belen	63	32	31
		Bodurlar	72	35	37
		Çınarlı	1189	590	599
		Çiftlik Dere	108	55	53
		Deniz Görüldü	156	79	77
		Elmacık	116	57	59
		Güzelyalı	1910	1319	591
		Işıklar	1438	736	702
		Kalabaklı	253	129	124
		Karaca Ören	466	239	227
		Karapınar	22	8	14
		Kayadere	418	218	200
		Kemel	279	136	143
		Kepez	23451	11833	11618
		Kızıl Keçili	201	101	100
		Kızılca Ören	139	81	58
		Kurşunlu	411	224	187
		Mareşal Fevzi Çakmak	187	95	92
		Musa Köy	189	104	85
		Özbek	287	140	147
		Saraycık	470	235	235
		Sarı Beyli	45	22	23
		Sarıca Eli	448	228	220
Taşlı Tarla	51	28	23		
Uluşınar	135	119	16		
Yağcılar	158	75	83		
Yapıldak	463	232	231		
Yukarı Okçular	88	49	39		
Toplam			33548	17556	16367

2.3.8. Odun Üretimi ve Ekonomik Değeri

2016-2017 yılları arasında üretim etkinlikleri olan kesme, sürütme (bölmeden çıkarma), yükleme ve taşıma aşamalarında yapılan harcama miktarları orman işletme şefliğinin kayıtlarından; gençleştirme, satış ve idare masrafları ise orman işletme müdürlüğü muhasebe bölümünden elde edilmiştir.

2.3.9. Odun Ürün Çeşitleri

Orman ağaçları kesildikleri zaman, belirli standartlara göre bölünmek suretiyle çeşitli yuvarlak odun ürünü çeşitlerine ayrılmaktadırlar. Bu ürünler bütün şekilde kullanılabilceği gibi, farklı amaçlar için işlenmek suretiyle de kullanılabilir. Odun ürünü çeşitleri niteliklerine ve boylarına göre; tomruk, maden direği, sanayi odunu, sırik ve çubukluk odun ve yakacak odun olarak ayrılabilir. Her bir odun ürünü çeşidinin ekonomik değeri yine her bir ürünün kalitesine ve boyutlarına göre değişiklik göstermektedir.

Ülkemizde, kızılçam, karaçam, sarıçam, ladin, göknar, sedir, kayın ve meşe gibi önemli asli ağaç türleri için, odun ürünü çeşitlerinin belirlenmesine yönelik odun ürünü çeşitleri tabloları (modeller) geliştirilmiştir (Sun vd., 1977; Şahin vd., 2017). Bu tablolarda, her bir ağaç türünün göğüs çapına göre sahip olduğu servetin, odun ürünlerine dağılımları oransal olarak gösterilmektedir. Diğer taraftan, meşcere yaşının ve bonitetin de bu tabloların geliştirilmesinde kullanılabilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla her bir ağaç türünün belirli yaş veya çaptaki servetinden hareketle, o yaş ve çaptaki odun ürünleri oranları ile servet değerinin çarpılması suretiyle; tomruk, maden direği, sanayi odunu ve yakacak odun gibi ürün miktarlarını sayısal olarak ortaya koyulmasıyla daha gerçekçi rakamlar elde etmek mümkün olabilecektir. Bununla birlikte, meşcere hacminin odun ürünü çeşitlerine göre dağılımının belirlenmesi ile odun hammaddesinden elde edilecek parasal değerinin hesaplanması mümkün olabilecektir. Her bir ürünün ekonomik değerinin hesaplanarak orman amenajman planlarında sayısal olarak belirlenmesinde ise, ilgili işletmenin ekonomik bilançolarından faydalanılmaktadır. Ancak bu tür bir hesaplama genel bir hesaplama şekli olmakta, odun ürün çeşitlerinin ürün kalitesi itibarıyla ayrımının yapılamaması ve bu doğrultuda ekonomik değerinin hesaplanamaması dolayısıyla bir eksiklik söz konusu olabilmektedir.

2.4. Yöntem

2.4.1. CBS Uygulama ve Analizleri

Bu tez çalışmasında konumsal veri tabanı oluşturularak, model çıktılarının haritaya aktarılması ve altlıkların oluşturulması aşamalarında CBS programları kullanılmıştır. Bölme ve bölmeciklere ait eğim, sürütme mesafesi, transport, depoya olan uzaklık ve komşuluk ilişkileri gibi altlıkların hazırlanmasında ArcGIS.10.5TM yazılımından faydalanılmıştır.

Planlama senaryolarına bağlı olarak odun üretimi yapılan bölme-bölmeciklerin konumsal özelliklerinin haritaya aktarılması, meydana gelen bu değişimlerin periyot süresince takip edilebilmesi ve farklı planlama alternatiflerinin konumsal özelliklerinin karşılaştırılmasında CBS'den yararlanılmıştır.

2.4.1.1. Eşyüksekti Eğrilerinin Elde Edilmesi

İlk olarak Orman Genel Müdürlüğü (OGM)'nden temin edilen sayısal haritalara ek olarak topoğrafik analizlerin daha hassas yapılması için, 10 metrelik eşyüksekti eğrileri kullanılarak "Sayısal Yükselti Modeli (SYM)" (Digital Elevation Model) elde edilmiştir. Bu SYM verisi için ilk aşamada ArcGIS.10.5TM yazılımında projeksiyon dönüşümü (WGS-84) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bu eşyüksekti eğrileri Çanakkale OİŞ'ne ait dış sınır ile çakıştırılarak alan sınırlaması yapılmıştır.

2.4.1.2. Sayısal Yükseklik Modeli, Eğim ve Bakı Analizleri

Çanakkale OİŞ'ne ait eşyüksekti eğrileri veri tabanı bilgileri ve ArcGIS.10.5TM programında "Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ" (Triangulated Irregular Network) fonksiyonu kullanılarak çalışma alanının sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur.

Çalışma alanına ait SYM ArcGIS.10.5TM programı Spatial Analysis modülünde olan "Slope" (eğim) fonksiyonu kullanılmıştır. Eğim analizlerinde, bölme poligon verisi düzeyinde alanların ağırlıklı ortalamaları alınarak hesaplama yapılmıştır. Eğimler "288 Sayılı Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliği" tarafından kullanılan %0-30, %31-60 ve >%61 eğim sınıfları olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bu sayede çalışma alanına

ait en önemli faktörlerden birisi olan eğimin en küçük işletme birimi olan bölme düzeyinde ortalama değerleri bulunmuştur.

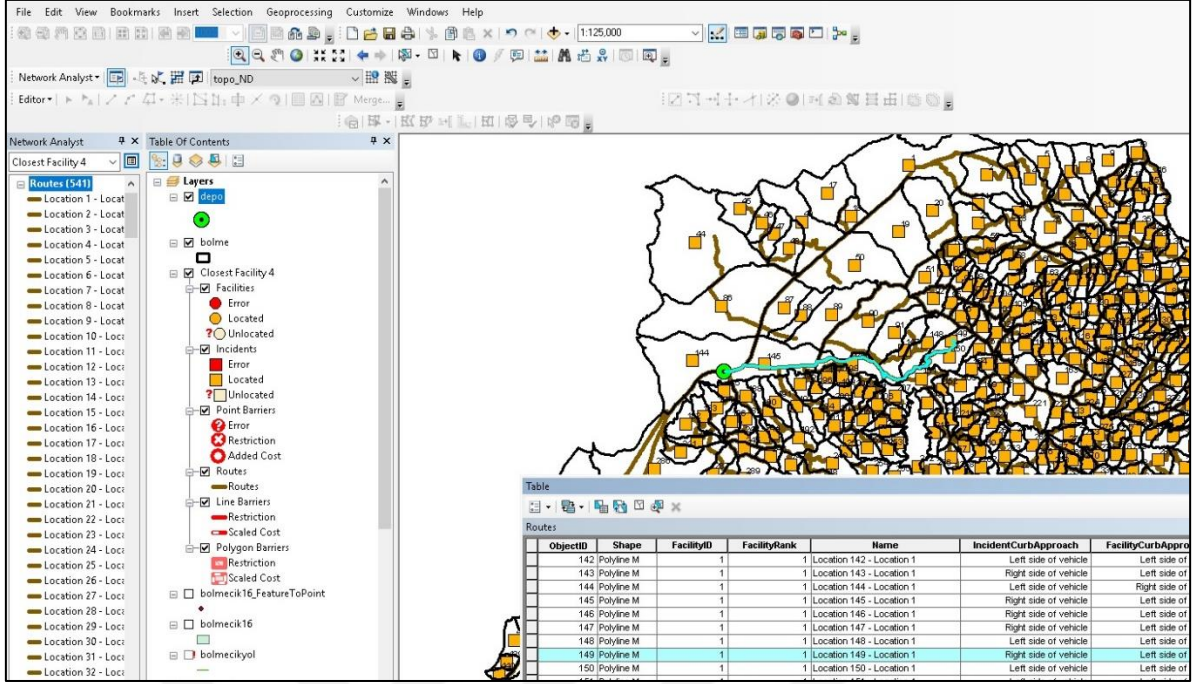
2.4.1.3. Ortalama Sürütme ve Transport Mesafesinin Bulunması

Çalışma alanında bulunan bölme ve bölmeciklere ait ortalama sürütme mesafeleri için yola en yakın olan mesafeyi gözetecek hesaplama aşamaları aşağıda maddeler halinde sıralı olarak açıklanmıştır.

- Çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur,
- Bölme poligon katmanının ortalama eğimleri CBS yazılımlarında ArcGIS programı “Spatial Analysis” modülüyle hesaplanmıştır,
- Bölme poligonlarına ait ağırlıklı ortalama geometrik merkezleri (centroid/geometric center) bulunmuştur,
- Poligonun merkezlerden en yakın orman yolu noktası rampa yeri olarak tespit edilmiştir.
- Rampa yerinden bölme orta noktasına arazi eğimi de dikkate alınarak yatay mesafeler bulunmuş ve gerekli düzenlemeler yapılarak veri tabanına aktarılmıştır.

Odun ürünlerinin bölme merkezinden rampaya sürütülmesinin ardından depoya kadar taşınması için gerekli olan transport mesafelerinin hesabı ise aşağıda açıklanan şekilde yapılmıştır.

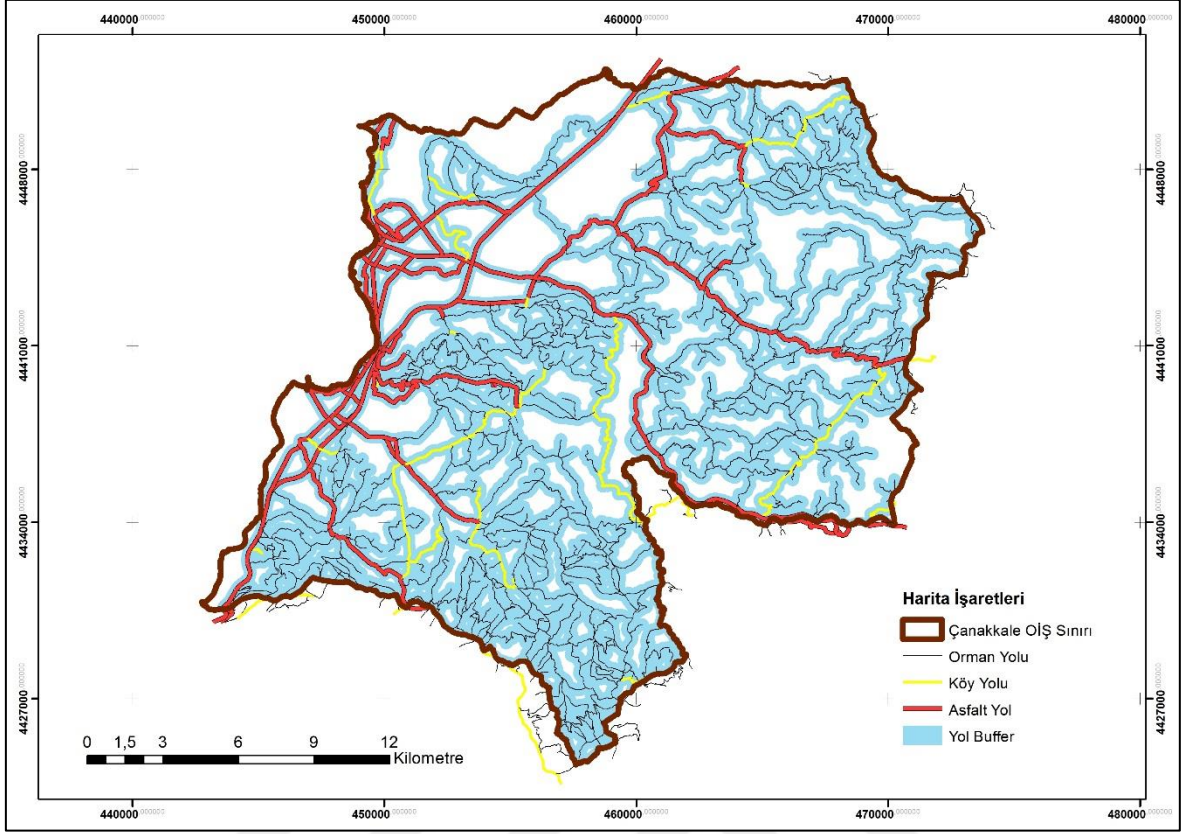
Hesaplama işlemi için mevcut yol ağı planı, orman deposu ve rampa yerleri verileri altlık olarak kullanılmıştır. ArcGIS programı “Network Analyst” modülünde bulunan “Closest Facility” fonksiyonuyla rampa yerleri ile orman deposu arasındaki mesafeler belirlenmiştir. Hesaplamalarda 292 nolu “Orman Yolları Yapımı ve Bakımı” Tebliğinde belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmuştur. Tüm yollara ait eğimler ArcGIS ortamında sayısal yükselti modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Yollar çift yön (Both = çift yönlü) olarak girilmiş ve “oneway” analizi yapılarak en uygun güzergâh belirlenmiştir. Bu nedenle üretim biriminden depoya olan uzaklık, yüklü kamyonlar için kabul edilen yollar üzerinden hesaplanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. ArcGIS Network analizi kullanılarak her bir bölmenin orta noktasından depoya giden rotalar

2.4.1.4. Yol Yoğunluğu ve İşletmeye Açma Oranı

Çanakkale Orman İşletme Şefliği'ne ait mevcut yol ağına göre aktüel işletmeye açma oranının hesaplanmasında, her bir yolun durumu incelenmiş, yolun üst yamacında ve alt yamacında kalan alanlar belirlenmiştir. Çalışma alanında mevcut bölmeden çıkarma yöntemleri göz önünde bulundurularak yapılan tespit, yolların alt yamacında bulunan emvalin traktörle kablo çekimi ile çıkarılabileceği kabul edilerek 200 m'lik bir mesafede işletmeye açılacağı kabul edilmiştir. Yolların üst yamacında bulunan ürünlerin de, zeminde sürütme yöntemleri göz önünde bulundurularak 600 m'lik bir şeridin işletmeye açılacağı hesaplanmıştır. Yukarıda açıklanan yöntemler dikkate alınarak optimal yol ağına göre de işletmeye açma oranı hesaplanmıştır. ArcGIS ortamında orman yol ağı kullanılarak yakınlık analizi yapılmış, 250 m mesafede alanlar oluşturulmuştur. Genel yol yoğunluğu %1,2 dir (Şekil 12).



Şekil 12. Çanakkale OİŞ yol-buffer

2.4.2. Ormancılık Üretim Planlama Modeli

Bu çalışmada, sürdürülebilir ormancılık anlayışı yaklaşımı doğrultusunda sosyal ve ekonomik ölçütleri göz önünde bulunduran, çok yönlü ve çok amaçlı planlama ilkelerine uygun tamsayılı doğrusal programlama yaklaşımından yararlanılmıştır. Operasyonel planlama sürecinin en önemli bileşeni olan ormancılıkta üretim çalışmalarını beş aşamada değerlendirmek mümkündür. Tüm aşamalarda tekniğine uygun hareket edilmesi, çevreye ve üretilen odun hammaddesine en az zarar verecek şekilde davranılması büyük önem taşımaktadır. Birinci aşama, damgalanmış ağaçların kesilmesi, ikincisi kesilen ağaçların dallarının isteğe göre kabuğunun ve tepe kısımlarının alınması iş ve işlemlerini kapsamaktadır. Üçüncü aşama, kesilen ağaçların gövdesinin istenilen standartlara uygun olarak bölümlenmesidir. Dördüncü aşamayı ise, bölümlenen odun hammaddesinin en yakın orman içi yol kenarına geçici istiflenmesi ve son aşama ise en yakın depoya veya doğrudan işleneceği fabrikaya gönderilmek üzere emvalin kamyon vb. uzak nakliyat taşıtlarına yüklenerek istenilen yere nakledilmesini oluşturmaktadır (Bayoğlu 1996). Bu aşamalar “Asli

Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliğ” uyarınca ve bu tebliğde yer alan ilgili tablolar (Ek 1; 2) kullanılarak yapılmıştır.

Orman amenajman planlarında bulunan, 1, 13, 14, 28 ve 23 nolu tablolar ile Sonsöz isimli tablolardan faydalanılmıştır. Yine amenajman veri tabanı ile SYM verisinden elde edilen konumsal bilgiler ile yükseklik, eğim analizleri yapılarak çalışma alanı verileri ile ilişkilendirilmiştir. ArcGIS yazılımı ile altlık veri tabanı hazır hale getirilmiştir. Orman Köyleri mülki hudutları ve kooperatif sınırları ile veri tabanına aktarılmış, konumsal ve sözel bilgiler eşitlenerek tek veri tabanı olarak birleştirilmiştir. İkinci aşamada ise karar verme sürecine yardımcı bilgiler Excel ortamında üreterek operasyonel modellerin kullanması için hazır hale getirilmiştir.

Karar verme aşamasında yardımcı olmak amacıyla hiyerarşik bir altyapı oluşturmaya çalışılmıştır. Bu planlama alternatiflerini içeren uygulama “Operasyonel Planlama Modülü” olarak adlandırılmıştır. Operasyonel Planlama Modülü, bilgisayar mühendisi tarafından nesne tabanlı C++ programlama yazılımı vasıtasıyla kodlanarak hazırlanmıştır.

2.4.2.1. Çıkarılacak Ürün Miktarlarının Hesaplanması

Ürün çeşitlerinin hesaplanmasında Sun vd. (1977) tarafından yapılan “Temel Ağaç Türlerimizin Kabuklu Gövde Hacminden Elde Edilebilecek Ürün Çeşitleri ve Zayiat Oranları” çalışmasında üretilen tablolar kullanılmıştır. Bu tablolarda ürün çeşitleri olarak; tomruk, maden direk, sanayi odunu ve yakacak odun şeklinde ayrılarak ürün çeşitleri oranları belirlenmiştir. Çanakkale OİŞ’ne ait orman amenajman planlarında yer alan tablo 13 ve ağaç hacim tabloları kullanılarak meşcerelerin orta çapları bulunmuştur. Çapa bağlı olarak geliştirilen ürün çeşitleri oranları kullanılarak meşcereden çıkarılacak etalar ilişkiye getirilerek, çıkarılan ürün çeşitleri miktarları hesaplanmıştır.

2.4.2.2. Üretim İşlerindeki Giderlerin Hesaplamaları

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).

Kesme birim fiyat hesabında kullanılan formülde ibrelili ve yapraklı ağaç türleri için (kabuğu soyulan ve soyulmayan) 1m³ ürünün üretilmesinde çap kademelerine ve eğim gruplarına bağlı olarak standart işçi ve makineli çalışma zaman tabloları üretilmiştir (Ek 1, 2).

$$\text{Kesme birim fiyat (TL/m}^3\text{)} = \left[\frac{\sum(\dot{I}\dot{C}Z)}{\sum(m^3)} \right] \times (\dot{I}BM/60) + \left[\frac{\sum(M\dot{C}Z)}{\sum(m^3)} \right] \times (MBM/60)$$

$\dot{I}\dot{C}Z$: 1m³ ürün için orta çapa ve eğim grubuna göre işçi standart zaman (dk/m³).

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

$M\dot{C}Z$: 1m³ ürün için orta çapa ve eğim grubuna göre makinalı standart zaman (dk/m³).

MBM : OGM tarafından belirlenmiş makinalı birim maliyeti (TL/saat).

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

$$\text{Sürütme birim fiyat (TL/m}^3\text{)} = (\dot{I}BM/60) \times \dot{I}\dot{C}Z$$

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

$\dot{I}\dot{C}Z$: 1m³ ürün için orta çapa ve eğim grubuna göre işçi standart zaman (dk/m³).

Yükleme birim fiyat, sürütmeyle ara depolara getirilen ürünlerin insan gücüyle kamyonlara yüklenmesidir. 1m³ ibrelili yapacak odun için 11,00 dk/m³, 1m³ yapraklı yapacak odun için 16,50 dk/m³ $\dot{I}\dot{C}Z$ zamanları OGM tarafından tespit edilmiştir.

$$\text{Yükleme birim fiyat (TL)}: (\dot{I}BM/60) \times \dot{I}\dot{C}Z$$

$\dot{I}BM$: OGM tarafından her yıl belirlenen yükleme işçi birim maliyeti (TL/saat).

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, 1m³ odunun ürününü depoya kadar taşınması için gerekli olan kamyon zamanları ($K\dot{C}Z$) bulunmuştur.

$$\text{Transport birim fiyat (TL)}: (KBM/60) \times K\dot{C}Z$$

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

İstif birim fiyat, kamyonlarla depoya taşınan odun ürünlerinin istifleme masrafıdır.

$$\text{İstif birim fiyat (TL/m}^3\text{)}: (\dot{I}BM/60) \times \dot{I}\dot{C}Z$$

$\dot{I}BM$: OGM tarafından her yıl belirlenen istif birim maliyeti (TL/saat).

$\dot{I}\dot{C}Z$: OGM tarafından belirlenen standart işçi çalışma zamanı 8,8 dk/m³.

Bu tez çalışmasında maliyet giderlerinin hesaplanmasında, OGM tarafından orman işletme müdürlüğüne gönderilen birim çalışma masrafları olarak kesme için MBM 15,33

(TL/saat), İBM 9,12 (TL/saat); sürütme için İBM 4,00 (TL/saat); yükleme için İBM 23,16 (TL/saat); transport(nakliyat) için KBM 50,22 (TL/saat) ve istif için İBM 28,17 (TL/saat) olarak kullanılmıştır.

2.4.3. Optimizasyon Modeli

Operasyonel planlamanın optimizasyon tabanlı planlanmasındaki sistemin akış diyagramı Şekil 13'te verilmiştir.

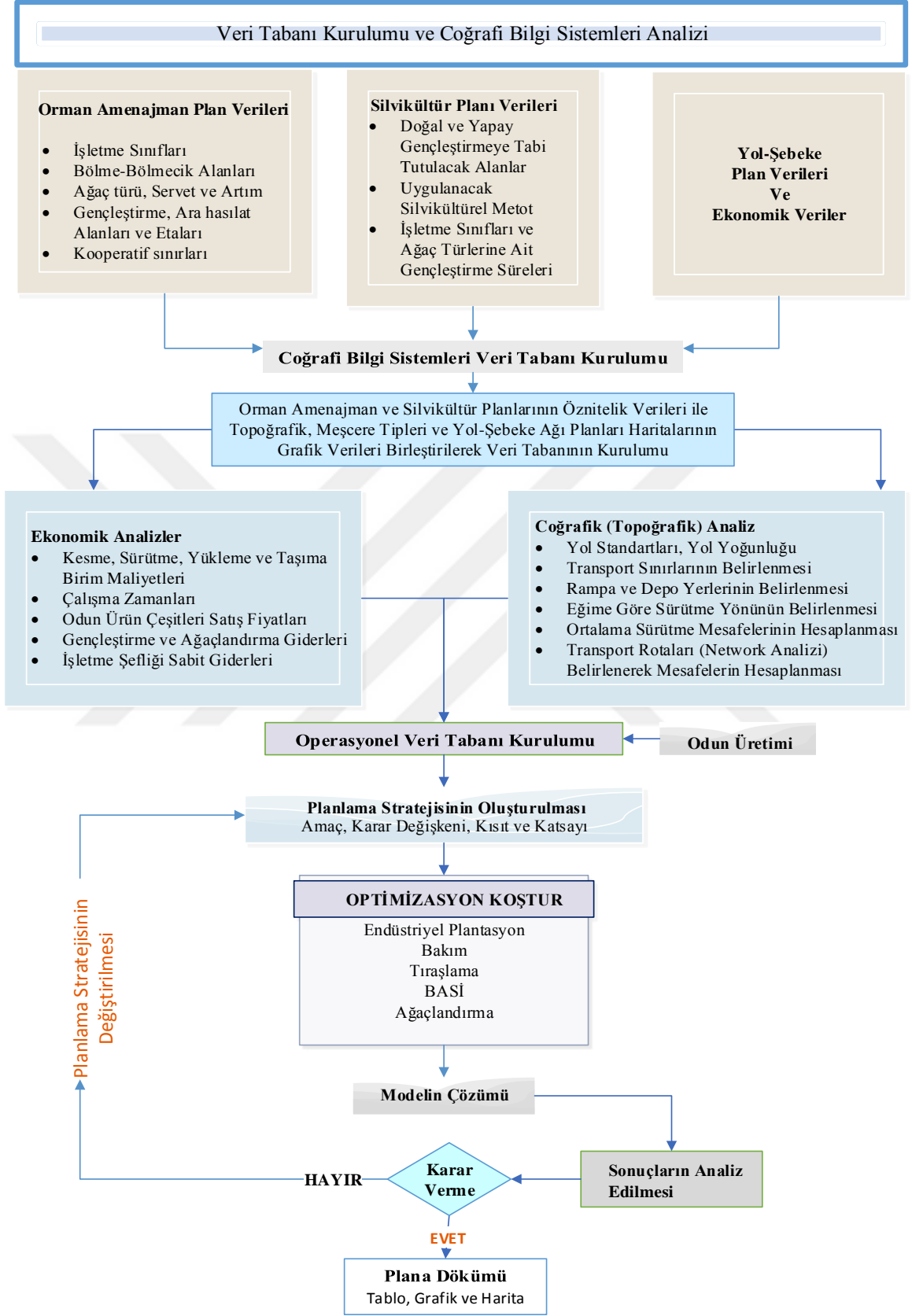
Veri Tabanı Kurulumu ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Analizi: Çanakkale OİŞ orman amenajman planı verileri, detay silvikültür plan verileri ve yol-şebeke plan verileri birbirleriyle entegre hale getirilip tek bir veri tabanı kurulmuştur. Konumsal olarak ilişkilendirilen verilerin, ekonomik ve coğrafik analizlerle gerekli hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalarla kesme, sürütme, transport ve gençleştirme yâ da ağaçlandırma birim masrafları ile ürün çeşitlerinin satışından elde edilecek ekonomik gelir ve giderler hesaplanmıştır.

Tamsayı Doğrusal Planlama Modelinin Kurulmasında; öncelikle karar verici tarafından, periyot genişliği, amaçlar, kısıtlayıcılar (kısıtların sınırları) ve hedefler tanımlanmaktadır ve her bir analiz alanı 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. Tamsayı 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. Örneğin, elde edilecek eta miktarının minimum 1.000 m³ olması kısıtı eklenebilmektedir.

Tamsayı 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.

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 koşturulması 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 13. Operasyonel planlamanın optimizasyon tabanlı planlanmasında sistemin akış diyagramı

2.4.4. Tamsayı Doğrusal Programlama (TDP) Modellerinin Kurulması

Opresyonel planlama modeliyle, bir orman işletme şefliğindeki yıllık üretime tabi tutulacak olan alanların belirlenebilmesi için beş farklı planlama menüsü (endüstriyel plantasyon, bakım, büyük alan tıraşlama, büyük alan siper işletmesi (BASİ) ve yapay gençleştirme) kullanılmaktadır. Planlama modeli olarak da TDP modeli kullanılmıştır. Model yapısında yer alan amaç ve kısıtlar matematiksel ifadelerle tanımlanarak, oluşturulan modellerin koşturulması ve sonuçların elde edilmesinde LINGO 10 yazılımı kullanılmıştır. Planlama modellerinin amaç fonksiyonları idare süresi yada periyot aralığına bağlı olarak odun üretiminin toplam net gelirlerini maksimize etmektedir.

2.4.4.1. Endüstriyel Plantasyon Kesim Düzeni

Endüstriyel plantasyon (EP) alanların kesim düzenini oluşturmak için tasarlanmıştır. Tıraşlama kesim ve dikim yolu ile meşcere kurmaya dayanan endüstriyel ağaçlandırmalarda faydalanmanın düzenlenmesinde eşit veya gerçek hasılatlı yıllık alan metodu kullanılır (5). Her yıl eşit ya da eşite yakın bir alan kesilerek aktüel kuruluşun optimale götürülmesi planlanmaktadır (Eler, 2001; Kapucu, 2004).

$$YFa = F/U \quad (5)$$

Formülde:

YFa: İlk düzenleme süresi içerisinde, her yıl kesilecek yıllık alan miktarını (ha),

F: İşletme sınıfının genel alanını (ha),

U: İdare süresini (yıl), gösterir.

İşletme sınıfı alanlarında 5 nolu formül uygulanarak kesim alanı büyüklüğü belirlenmiş ve eşit alan kısıtı olarak programa tanıtılmıştır. Endüstriyel Plantasyonda yıllık kesim planı hazırlanırken uygulamaya uygun olarak kesim parselleri (karar değişkenleri) “bölme (X96K1; X: endüstriyel plantasyon sembolü, 96: bölme numarası; K1: parselin kesim yılı)” bazındaki alanlar kullanılmıştır. TDP modelin özelliği doğrultusunda, kesim bölmesi hangi yılda olacaksa o yıl için 1, diğer yıllar için 0 değeri almaktadır. Böylelikle kesim bölme alanı parçalanmamış sadece tek bir yılda model çözümüne girebilmektedir. İdare süresi 30 yıl için model tasarımı Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Endüstriyel plantasyon model tasarımı

Bölme No	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3	Yıl 4	Yıl 5	Yıl 6	Yıl 7	Yıl 8	Yıl 9	Yıl 10
X96K1	EP									
X96K2		EP								
X96K3			EP							
X96K4				EP						
X96K5					EP					
X96K6						EP				
X96K7							EP			
X96K8								EP		
X96K9									EP	
X96K10										EP

EP planlama modelinin oluşturulmasında idare süresi 30 yıl (örnekte 10 yıl alınmıştır) eşit alan ve eta kısıtlarına ek olarak dalgalanma oranları verilmiştir. Endüstriyel plantasyon modelinin matematiksel yapısı aşağıda gösterilmektedir (6, 7, 8, 9 ve 10).

$$Zmax \quad EPNET$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} - EPNET = 0 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n b_{ij} x_{ij} - EH_j = 0 \quad (7)$$

$$EH_j - (1-y) EH_j > 0 \quad (8)$$

$$EH_j - (1+y) EH_j < 0 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - EA_j = 0 \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^m Ax_{ij} - A = 0 \quad (11)$$

$$EA_j - (1-y) EA_j > 0 \quad (12)$$

$$EA_j - (1+y) EA_j < 0 \quad (13)$$

EPNET= Endüstriyel plantasyon alanların toplam net geliri.

EH_j= j. Yıldaki gençleştirmeyle elde edilen eta miktarı (m³).

EA_j= Endüstriyel plantasyon alanlarının j yılındaki toplam alan miktarı (ha).

a_{ij} = i.bölmenin,j.yılında gençleştirilmesi durumunda elde edilen net gelir (TL).

b_{ij} = j ninci yıldaki, i inci bölmeden alınan eta miktarı (m³/ha).

y = Yıllar arasındaki alan/eta değişim miktarı (%).

x_{ij} = i.bölmenin,j.yılında gençleştirilmesi durumu (0-1).

A =i. bölmenin toplam alanı (ha).

n = Bölme adedi.

m = Yıl sayısı (30 yıl).

2.4.4.2. Tıraşlama Alanları Kesim Düzeni

Orman amenajman planında belirtilen gençleştirme alanları minimum kesim yaşını doldurmuş bölmeciklerdir. Periyot süresi kadar (10-20 yıl) süre içerisinde kesilmesi ve yerine genç meşcerenin getirilmesi “gençleştirme çalışmaları” olarak adlandırılmaktadır. Gençleştirme çalışmaları sonucunda üretilen ürün miktarına son hasılat etası denir. Büyük alan tıraşlama kesimi uygulanması öngörülen bölmeciklerde; her yıl eşit yada eşite yakın hasılat elde etmek için bu alanlar periyot uzunluğuna bölünür. Silvikültürel uygulamalar tebliğine uygun olarak her yıl tıraşlanacak alanların komşulukları da dikkate alınarak, maksimum 25 hektar alanı geçmeyecek şekilde model oluşturulmuştur (14, 15, 16, 17, 18 ve 19). Tıraşlama Alanları modelleri;

$$Zmax \quad TNET$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_j x_{ij} - TNET = 0 \quad (14)$$

$$X_{ij} + \sum x_{kj} \leq 25 \text{ (komşuluk kısıtı)} \quad (15)$$

$$\sum b_{ij} x_{ij} - TH_j = 0 \quad (16)$$

$$TH_j - (1-y) TH_j = 0 \quad (17)$$

$$TH_j - (1+y) TH_j = 0 \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^m Ax_{ij} - A = 0 \quad (19)$$

TNET= Tıraşlama alanlarının toplam net geliri (TL).

b_{ij} = i.bölmeciğinin,j.yılında gençleştirilmesi durumunda elde edilen net gelir (TL).

x_{ij} = i.bölmeciğinin, j.yılında gençleştirilen alan miktarı (ha).

$TH_j = j$. yılında toplam eta miktarı (m^3).

y = Yıllar arasındaki alan değişim miktarı (%).

X_k = X' e komşu olan meşcereler.

b_{ij} = j yılındaki, i inci bölmecikten alınan etalar (m^3 /ha).

X_k = X' e komşu olan meşcereler.

x_{ij} = i .bölmeceğin, j .yılında gençleştirilmesi durumu (0-1).

$A=i$. bölmeceğin toplam alanı (ha).

m = Yıl sayısı (10 yıl).

n = Bölmecik sayısı.

2.4.4.3. Büyük Alan Siper İşletmesi Kesim Düzeni

Büyük alan siper işletmesi ile gençleşecek alanlarda; ağaç türünün bol tohum yılları aralığı ve çıkış yaşları (ağaç türlerinin biyolojik olgunluğa ulaştıkları süre) dikkate alınmıştır (Tablo 9). Büyük alan siper işletmesi modelinin matematiksel yapısı aşağıda gösterilmektedir (21, 22, 23, 24 ve 25).

Tablo 9. Büyük alan siper işletmesi model tasarımı

Bölmecik No	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3	Yıl 4	Yıl 5	Yıl 6	Yıl 7	Yıl 8	Yıl 9	Yıl 10	Yıl 11	Yıl 12	Yıl 13	Yıl 14	Yıl 15	Yıl 16	Yıl 17	Yıl 18	Yıl 19	Yıl 20
W15K2		TK (50)			IK (25)			BK (25)												
W15K5					TK (50)			IK (25)			BK (25)									
W15K8								TK (50)			IK (25)			BK (25)						
W15K11											TK (50)			IK (25)			BK (25)			
W15K14														TK (50)			IK (25)			BK (25)

$Z_{max} \quad SNET$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^r \sum_{j=1}^g a_{irj} x_{ij} - SNET = 0 \quad (21)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^r \sum_{j=1}^g b_{irj} x_{ij} - SH = 0 \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^r \sum_{j=1}^g b_{irj} x_{ij} - (SH)Y = SHr \quad (23)$$

$$SHr \geq 1000 \text{ ya da } 2000 \quad (24)$$

$$\sum_{j=1}^m Ax_{ij} - A = 0 \quad (25)$$

SNET= Siper vaziyetinde gençleştirme kullanılarak ürünlerden elde edilen net gelir (TL).

airj= i. bölmeciğin, r. inci başlangıç yılında, m. müdahale çeşidiyle elde edilecek net gelir (TL/ha).

birj = i. meşcerenin, r. başlangıç yılında, m. müdahale çeşidiyle elde edilecek ürün miktarı (m³/ha).

SH= Siper vaziyetinde gençleştirme kullanılarak elde edilen toplam ürün miktarı (m³).

SHr=r. müdahale yılında (bol tohum yılında) elde edilecek ürün miktarı (m³).

r= Periyot süresi içerisinde tohumlama kesimi başlangıç adedi.

g= i. inci bölmeciğe uygulanacak, tohumlama, ışıklandırma ve boşaltma kesimi adedi.

xij= i inci bölmeciğin, j inci yılında gençleştirilen alan miktarı (ha).

n= Bölmecik adedi.

r=Müdahale yılı sayısı (bol tohum süresi).

Y= Müdahale çeşidine göre toplam etadan alınan oranlar (tohumlama %50, ışıklandırma %25, boşaltma %25).

xij = i.bölmeciğin, j.yılında gençleştirilmesi durumu (0-1).

A=i. bölmeciğin toplam alanı (ha).

2.4.4.1. Ağaçlandırma Alanları Düzeni

Orman amenajman planında son hasılat alanlarına (gençleştirme alanları) dahil edilmiş, doğal yollarla gençleştirme imkanının olmadığı, boşluklu kapalı (bozuk) orman alanı özelliği taşıyan ve orman içi açıklıklar (OT) vasfında olan alanlarda yapay gençleştirme çalışmaları yapılmaktadır. Ağaçlandırma alanları menüsünde; periyot genişliği dikkate

alınarak her yıl eşit alanda ağaçlandırılma yapılması hedeflenmiştir (Tablo 10). Ağaçlandırma alanları modelinin matematiksel yapısı aşağıda gösterilmektedir (26, 27, 28, 29 ve 30).

Tablo 10. Yapay gençleştirme (ağaçlandırma) alanları model tasarımı

Bölmecik No	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3	Yıl 4	Yıl 5	Yıl 6	Yıl 7	Yıl 8	Yıl 9	Yıl 10
N561K1	A									
N561K2		A								
N561K3			A							
N561K4				A						
N561K5					A					
N561K6						A				
N561K7							A			
N561K8								A		
N561K9									A	
N561K10										A

Zmin YANET

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} - YANET = 0 \quad (26)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} - YA_j = 0 \quad (27)$$

$$YA_j - (1-y) YA_j > 0 \quad (28)$$

$$YA_j - (1y) YA_j > 0 \quad (29)$$

$$\sum_{j=1}^m Ax_{ij} - A = 0 \quad (30)$$

YANET: Toplam net ağaçlandırma gider (TL).

a_{ij} = j. yılındaki, i. meşcerenin ağaçlandırma gideri (TL).

x_{ij} : i inci bölmeciğin, j inci yılında ağaçlandırma alan miktarı (ha).

n: Yapay yolla gençleştirilecek bölmecik adedi.

m= yıl sayısı (10 yıl).

YA_j : j yılda ağaçlandırma yapılacak alan (ha).

y: Yıllar arasındaki alan değişim miktarı (%).

x_{ij} = i.bölmeciğinin, j.yılında gençleştirilmesi durumu (0-1).

A=i. bölmeciğin toplam alanı (ha).

2.4.4.2. Bakım Alanları Kesim Düzeni

Orman amenajman planında bakım etası öngörülen bölmeciklere müdahale edilmiştir. Bakım kesimleri sonucu elde edilen odun ürününe ara hasılat etası adı verilir. Mevcut uygulaması bölme bazında olduğu için, bölme içerisindeki bölmeciklerin etaları toplanmıştır. Bu müdahale seçeneğinde bölmecikteki ağaçların hepsi kesime tabi tutulmamaktadır. Bu yüzden her meşcerenin orta çapı dikkate alınmak suretiyle toplam etalar ürün çeşitlerine dağıtılmıştır. Sosyo-Kültürel olarak iş gücünün sürdürülebilirliğini sağlamak için orman işletme şefliği dört adet köy kooperatif sınırına bölünmüştür. Burada amaç köy kooperatifleri sınırları içerisinde verilen etaların periyot genişliğine bölünerek eşit eta alımları hedeflenmiştir. Bakım alanları modelinin matematiksel yapısı ve tablo tasarımı aşağıda gösterilmektedir (Tablo 11) (31, 32, 33, 34 ve 35).

Tablo 11. Bakım alanları (ara hasılat) model tasarımı

Bölme No	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3	Yıl 4	Yıl 5	Yıl 6	Yıl 7	Yıl 8	Yıl 9	Yıl 10
Y496K1	B									
Y496K2		B								
Y496K3			B							
Y496K4				B						
Y496K5					B					
Y496K6						B				
Y496K7							B			
Y496K8								B		
Y496K9									B	
Y496K10										B

Max BNET

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{z=1}^f a_{ij} b_{ij} x_{ij} - BNET = 0 \quad (31)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} b_{ij} x_{ij} - BH_{mf} = 0 \quad (32)$$

$$BH_{mf} - (1 - y) BH_{mf} > 0 \quad (33)$$

$$BH_{mf} - (1 + y) BH_{mf} < 0 \quad (34)$$

$$\sum_{j=1}^m Ax_{ij} - A = 0 \quad (35)$$

BNET= Toplam bakım geliri (TL).

BH_{jz}= j yılında f. köyünden alınacak bakım etası (m³/ha).

a_{ij} = j. yılda, i. nci bölmeden, f. köyden alınacak bakım etası miktarı (m^3/ha).

b_{ij} =j. yılda, i. nci bölmeden, f. köyden alınan bakım etasının net geliri (TL).

x_{ij} = j. yılda, i. nci bölmenin bakım alanı miktarı (ha).

y = Yıllar arasındaki eta değişim oranı miktarı.

n = Bölmecek adedi.

m = Yıl sayısı (10 yıl).

f = Köy kooperatif sayısı.

$\forall z \text{ And } \forall j$

2.4.5. Çalışma Alanının Ekonomik Girdi ve Giderlerinin Hesaplanması

Ekonomik değişkenleri dikkate alan planlarda, parasal girdiler verisi olarak masrafların kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada odun hammaddesi üretim planlaması konu edildiği için kesme, sürütme, taşıma, gençleştirme, idare ve satış masrafları bu kapsamda dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bunun yanında net gelirlerin belirlenmesinde tüm bu masraflar toplam gelirlerden çıkarılmıştır.

Ormanın zaman içindeki değişimini ekonomik olarak ortaya koymak ya da bugüne indirgemek için Net Bugünkü Değer (NBD) yöntemi kullanılması tercih edilmiştir. Iskonto oranı olarak ise ormancılıkta genelde kullanılan %3 değeri esas alınmıştır (Türker, 2008). Odun üretimine yönelik ekonomik matrislerin oluşturulması amacıyla, Çanakkale Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2017 yılı yılsonu bilançolarından faydalanılmıştır. Plan başlangıcı 2018 yılı kabul edilerek, bu yıldaki gelir ve giderler dikkate alınmıştır. Girdi düzeyleri itibariyle homojen birimler olarak ayrılan üretim birimleri, belirlenen gelirler ve giderler açısından birbirinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle masraflar, her bir üretim birimi için gelir ve giderler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Gelirlerin hesaplanmasında tomruk, direk, sanayi odunu ve yakacak odun ürünlerinin gerçek piyasa satışlarından elde edilen birim değerlerden yararlanılmıştır. Giderlerin hesaplanmasında ise genel üretim giderleri (kesme, sürütme, taşıma), tevzi masraflar, satış giderleri (idare ve satış), tarife bedeli, gençleştirme ve ağaçlandırma gideri dikkate alınmıştır. Üretim birimlerinden elde edilen etanın hangi ürün çeşidinden ve ne oranda elde edileceği Sun vd. (1977) hazırlamış olduğu "Ağaç türlerinin yaş ve orta çapına göre ürün çeşidi" tablosundan yararlanarak belirlenmiştir. Her bir meşçereye ait Çanakkale ili için belirlenmiş 2018 yılı OGM dikili satış fiyat listeleri

temin edilerek satış fiyatından toplam maliyet fiyatları çıkarılmış ve ortalama olarak odun ürün çeşitleri birim fiyatları bulunmuştur. Çanakkale Orman İşletme Müdürlüğünde genellikle III. sınıf normal boy odun ürünleri satılmıştır. Bu bağlamda tez çalışmasında kızılçam I. sınıf tomruk 400,00 TL, II. sınıf tomruk 350 TL, III. sınıf tomruk 300,00 TL, karaçam I. sınıf tomruk 500,00 TL, II. sınıf tomruk 450 TL, III. sınıf tomruk 300,00 TL, maden direği için, 250,00 TL sanayi odunu için, 280,00 TL ve yakacak odun için, 100,00 TL ortalama birim fiyatları kullanılmıştır. Ağaçlandırma gideri 17.000 TL/ha, doğal gençleştirme 5.000,00 TL/ha ve yönetim gideri olarak 500,00 TL/ha birim fiyatları kullanılmıştır.

2.4.6. Kodlama ve Kullanıcı Arayüzünün Geliştirilmesi

Önceki bölümlerde de bahsedilen model tasarımlarına bağlı olarak, prototip yazılım bilgisayar ortamında kodlama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, nesne tabanlı C++ programlama dili kullanılmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen prototip yazılımın kullanıcılar tarafından daha rahat anlaşılması ve kullanılması için bir arayüz tasarlanmıştır.

2.4.7. Karbon Miktarı

Çanakkale Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan ibrelili ve yapraklı ormanlar için orman amenajman planı tarafından verilen eta miktarlarına bağlı olarak, ilgili katsayılar kullanılarak biyokütle ve karbon depolama miktarları hesaplanmıştır (36 ve 37).

Kullanılan katsayılar ve eşitlikler ;

$$\bullet T\ddot{U}B = V \times BCEF1 \quad (36)$$

$$\bullet T\ddot{U}K = T\ddot{U}B \times CF \quad (37)$$

V: Eta miktarı (m³).

TÜB: Toprak üstü biyokütle (ton).

BCEF1: Gövde hacmini toprak üstü biyokütleyle çevirme katsayısı, ibreliler için 0,541 ton/m³ ve yapraklılar için 0,709 ton/m³ (Tolunay, 2012).

TÜK: Toprak üstü karbon miktarı (ton).

CF: Biyokütleyi karbona çevirme katsayısı, ibreliler için 0,51 ve yapraklılar için 0,48 (IPCC, 2006).

2.4.8. Planlama Senaryoları

Operasyonel orman amenajman planı yapmak amacıyla belirlenen planlama yörüngesi boyunca her bir bölme-bölmeciğe uygulanabilecek alternatif müdahaleler mevcut durum, uygulanabilirlik, belirlenen silvikültürel amaçlar ve orman işletme amaçları doğrultusunda belirlenir. Silvikültürel müdahalelerin amacı, işletme sınıfları bazında belirlenen amacı eniyileyecek şekilde bölmecik ya da bölmeden ürün elde ederken sürdürülebilirliği garanti altına almaktadır. İşletme sınıfları için ağaç türlerinin özelliklerine göre silvikültürel rejimler kodlanmıştır. Tıraşlama kesimi, siperde kesim, seçme kesimi, dikim, sıklık bakımı, aralama kesimleri gibi farklı silvikültürel müdahale çeşitleri vardır. Çalışma kapsamında silvikültürel müdahale olarak; gençleştirme (üretim işletme sınıflarında, son hasılat kesim planı tablosundaki alanlar için doğal ya da yapay gençleştirme) ve bakım (tüm işletme sınıflarındaki ara hasılat etası verilen tüm meşcereler) olmak üzere iki farklı seçenek ele alınmıştır.

Üretim planlamasına ilişkin modellerde net geliri maksimize eden amaç fonksiyonu hedeflenmiştir. Fakat farklı kısıtlar ve hedefler konularak amaç fonksiyonundaki değişimlere yönelik planlama senaryoları geliştirilebilmektedir. Tez çalışması kapsamında, amaç fonksiyonunu etkileyen kısıtlar ve hedefler düzeyinde değişiklikler yaparak planlama süresi boyunca farklı alternatifler üretilip denenmek suretiyle çeşitli senaryolar oluşturulmuştur. Bu oluşturulan alternatifler arasından işletme amaçlarına en uygun olanı belirleyebilmek için her bir analiz alanı için “Endüstriyel Plantasyon Alanları, Bakım Alanları, Büyük Alan Tıraşlama İşletmesinin Uygulandığı Alanlar, Büyük Alan Siper İşletmesinin Uygulandığı Alanlar ve Yapay Gençleştirme (Ağaçlandırma) Alanları” üçer farklı senaryo geliştirilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12’deki özellikler dikkate alınarak amaçlara yönelik sonuçların periyot süresince değişimleri izlenmiştir. Orman amenajman planlarında aynı yaşlı ormanlarda yaş sınıfları metodu uygulanmaktadır. İşletme sınıflarında, idare süresi sonunda eşit eta ya da eşit yaş sınıfları alanları optimale taşınması amaçlanmaktadır. Bu amaca ulaşabilmek için öncelikle ilk planlama periyodunda işletme sınıflarının optimal periyodik alan (OPA) kadar alanın gençleştirilmesi sağlanmalıdır. İşletme sınıfları için belirlenen OPA hedeflerini yakalayabilmek amacıyla gençleştirme ya da endüstriyel plantasyon alanların yıllar itibariyle optimize eden senaryoların geliştirilmesi gerekmektedir. Net gelir maksimizasyonu yaparken en önemli kısıtlar eta ve alan olmaktadır. Bakım alanlarından elde edilecek ara hasılat etası, aktüel planda verilen on yıllık toplam eta yıllara bölünerek eşit yada dalgalanma oranının da ayrıca bir kısıt olarak belirlenerek eşite yakın alınması planlanmaktadır.

Endüstriyel plantasyon alanları, bakım alanları, tıraşlama alanları ve büyük alan siper işletmesi alanları için geliştirilen senaryoların amaç fonksiyonu net gelir maksimizasyonudur. Sadece yapay gençleştirme (ağaçlandırma) alanları seçiminde kullanılan senaryolarda ana amaç ağaçlandırma maliyetinin minimizasyonu şeklinde olmuştur.

Tablo 12. Örnek planlama senaryoları

A) Endüstriyel Plantasyon Alanları (Kızılçam) Planlama Senaryoları		
SENARYOLAR	KISITLAR	DÜZEY
Senaryo 1(SEP1)	<ul style="list-style-type: none"> • Planlama yörüngesi • Periyot genişliği • Kesim alanı • Kesim alanı dalgalanma oranı • Eta miktarı • Eta miktarı dalgalanma oranı • Her bir analiz alanın da tıraşlama kesim 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 yıl • 10 yıl • 70 ha • %30 • 9.000 m³ • %20
Senaryo 2(SEP2)	<ul style="list-style-type: none"> • Planlama yörüngesi • Periyot genişliği • Kesim alanı • Kesim alanı dalgalanma oranı • Eta miktarı • Eta miktarı dalgalanma oranı • Her bir analiz alanın da tıraşlama kesim 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 yıl • 10 yıl • 80 ha • %15 • 10.000 m³ • %15
Senaryo 3(SEP3)	<ul style="list-style-type: none"> • Planlama yörüngesi • Periyot genişliği • Kesim alanı • Kesim alanı dalgalanma oranı • Eta miktarı • Eta miktarı dalgalanma oranı • Her bir analiz alanın da tıraşlama kesim 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 yıl • 10 yıl • 90 ha • %30 • 10.000 m³ • %25

Tablo 12.' in devamı

B) Bakım Alanları Planlama Senaryoları		
SENARYOLAR	KISITLAR	DÜZEY
Senaryo 1(SBA1)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planlama yörüngesi ▪ Periyot genişliği ▪ Köy kooperatif ▪ Eşit Eta Kısıtı ▪ Eta miktarı dalgalanma oranı ▪ Her bir analiz alanın da Bakım kesimi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10 yıl ▪ 10 yıl ▪ 4 adet ▪ Var/ Yok ▪ Var/ %5
Senaryo 2(SBA2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planlama yörüngesi ▪ Periyot genişliği ▪ Köy kooperatif ▪ Eşit Eta Kısıtı ▪ Eta miktarı dalgalanma oranı ▪ Her bir analiz alanın da Bakım kesimi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10 yıl ▪ 10 yıl ▪ 4 adet ▪ Var/ Yok ▪ Var/ %10
Senaryo 3(SBA3)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planlama yörüngesi ▪ Periyot genişliği ▪ Köy kooperatif ▪ Eşit Eta Kısıtı ▪ Eta miktarı dalgalanma oranı ▪ Her bir analiz alanın da Bakım kesimi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10 yıl ▪ 10 yıl ▪ 4 adet ▪ Var/ Yok ▪ Var/ %20
C) Büyük Alan Tıraşlama Alanları (Kızılçam) Planlama Senaryoları		
SENARYOLAR	KISITLAR	DÜZEY
Senaryo 1(STA1)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Planlama yörüngesi ❖ Periyot genişliği ❖ Komşuluk Kısıtı ❖ Eşit Eta Kısıtı ❖ Eta miktarı dalgalanma oranı ❖ Her bir analiz alanında Tıraşlama kesimi 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 10 yıl ❖ 10 yıl ❖ 25 ha ❖ Var/ Yok ❖ Var/ Yok
Senaryo 2(STA2)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Planlama yörüngesi ❖ Periyot genişliği ❖ Komşuluk Kısıtı ❖ Eşit Eta Kısıtı ❖ Eta miktarı dalgalanma oranı ❖ Her bir analiz alanında Tıraşlama kesimi 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 10 yıl ❖ 10 yıl ❖ 25 ha ❖ Var/ Yok ❖ %5
Senaryo 3(STA3)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Planlama yörüngesi ❖ Periyot genişliği ❖ Komşuluk Kısıtı ❖ Eşit Eta Kısıtı ❖ Eta miktarı dalgalanma oranı ❖ Her bir analiz alanında Tıraşlama kesimi 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 10 yıl ❖ 10 yıl ❖ 30 ha ❖ Var/ Yok ❖ %10

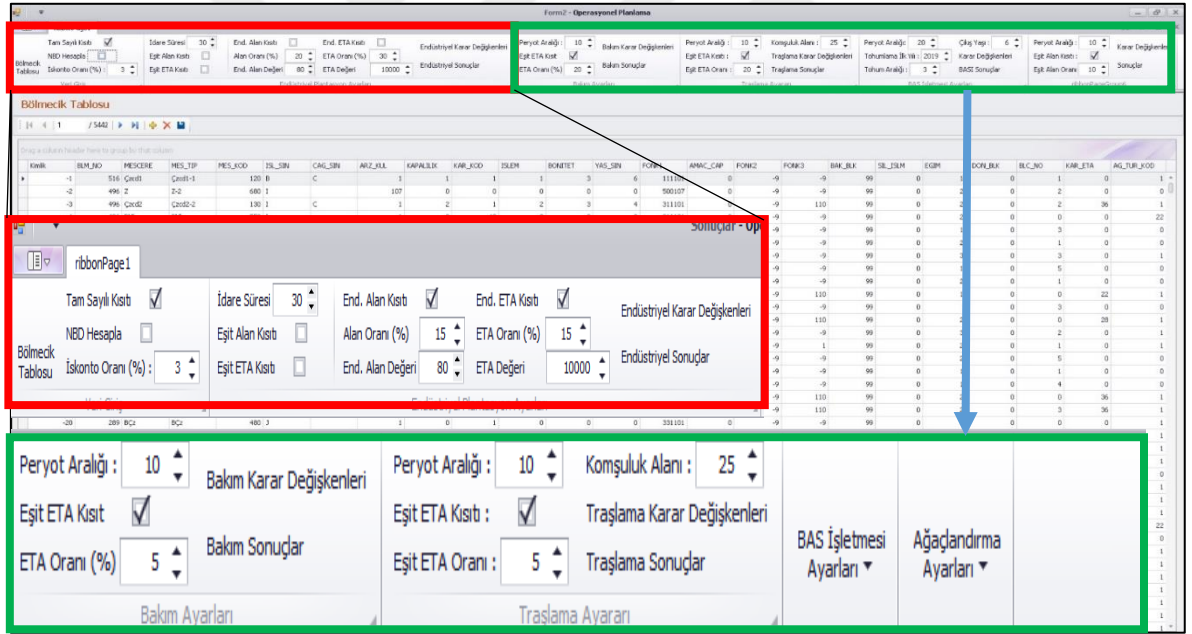
Tablo 12.' in devamı

D) Büyük Alan Siper İşletmesi Alanları (Karaçam) Planlama Senaryoları		
SENARYOLAR	KISITLAR	DÜZEY
Senaryo 1(SBAS1)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planlama yörüngesi ➤ Periyot genişliği ➤ İlk bol Tohum Yılı ➤ Bol tohum yılı aralığı ➤ Bol tohum yıllarında eta ➤ Çıkış Yaşı ➤ Her bir analiz alanında Büyük alan siper vaziyeti 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 20 yıl ➤ 20 yıl ➤ 2019 ➤ Var/3 yıl ➤ $\geq 1.000 \text{ m}^3$ ➤ 6
Senaryo 2(SBAS2)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planlama yörüngesi ➤ Periyot genişliği ➤ İlk bol Tohum Yılı ➤ Bol tohum yılı aralığı ➤ Bol tohum yıllarında eta ➤ Çıkış Yaşı ➤ Her bir analiz alanında Büyük alan siper vaziyeti 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 20 yıl ➤ 20 yıl ➤ 2019 ➤ Var/3 yıl ➤ $\geq 2.000 \text{ m}^3$ ➤ 6 yıl
Senaryo 3(SBAS3)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planlama yörüngesi ➤ Periyot genişliği ➤ İlk bol Tohum Yılı ➤ Bol tohum yılı aralığı ➤ Bol tohum yıllarında eta ➤ Çıkış Yaşı ➤ Her bir analiz alanında Büyük alan siper vaziyeti 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 20 yıl ➤ 20 yıl ➤ 2019 ➤ Var/3 yıl ➤ $\geq 2.500 \text{ m}^3$ ➤ 6 yıl
D) Yapay Gençleştirme Alanları (Ağaçlandırma) Planlama Senaryoları		
SENARYOLAR	KISITLAR	DÜZEY
Senaryo 1(SYGA1)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Planlama yörüngesi ✓ Periyot genişliği ✓ Eşit alan ✓ Eşit alan oranı ✓ Her bir analiz alanında ağaçlandırma 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 10 yıl ✓ 10 yıl ✓ Var/Yok ✓ Var/Yok
Senaryo 2(SYGA2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Planlama yörüngesi ✓ Periyot genişliği ✓ Eşit alan ✓ Eşit alan oranı ✓ Her bir analiz alanında ağaçlandırma 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 10 yıl ✓ 10 yıl ✓ Var/Yok ✓ %5
Senaryo 3(SYGA3)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Planlama yörüngesi ✓ Periyot genişliği ✓ Eşit alan ✓ Eşit alan oranı ✓ Her bir analiz alanında ağaçlandırma 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 10 yıl ✓ 10 yıl ✓ Var/Yok ✓ %10

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Operasyonel Planlama Modeli

Operasyonel planlama prototip yazılımı, hiyerarşik planlama yaklaşımının son aşaması olan operasyonel düzeyinde bir planlama modeli geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Geliştirilen yazılım dizüstü ve masaüstü bilgisayarlara yüklenebilmekte, menüleri ve fonksiyonları rahatlıkla kullanılabilir. Operasyonel planlama sistemi temel olarak veri girişi, planlama (endüstriyel, bakım, tıraşlama, büyük alan siper (basi) ve ağaçlandırma) ayarları, karar değişkenlerinin oluşturulması, modelin (LINGO) çözümü ve sonuçlar olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Operasyonel planlama prototip yazılımının ana penceresi

- Veri girişi bölümünde yıllık bazda orman amenajman planı düzenlemek için gerekli her türlü veri ve bilgiler (aktüel plan verileri, etalar, odun ürün çeşitleri tabloları, komşuluk ilişkileri ve ekonomik girdiler) sisteme hazır olarak aktarılmaktadır.
- Planlama ayarları bölümünde ise herhangi bir orman amenajman problemini çözmek için gerekli hedefler ve kısıtlar tanımlanır.

- Karar değişkenlerinin oluşturulması ve modelin kurulması; bu bölümde belirlenen amaç kapsamında alternatifler sunularak TDP modeli oluşturulur.
- Modelin koşturulması (LINGO); oluşturulan modelin LINGO programı ile çözülmesi sağlanır.
- Sonuçlar; modelin çözümüyle birlikte raporlanır. Raporlanan plan sonuçları, orman amenajman planı formatlarında grafik, tablo, harita veya metin şeklinde excel ortamında hazırlanır ve uygulamaya sunulur.

TDP modellerinde tek bir amaç fonksiyon olmasına karşın birçok kısıtlayıcı özellikleri içeren farklı senaryolar oluşturulabilmektedir. Bu nedenle herhangi bir optimizasyon modeli açıldığı zaman öncelikle bir senaryo oluşturulması gerekmektedir. Senaryo gereksinimleri programın üst menüsünde görüntülenmektedir (Şekil 14).

3.1.1. Veri Girişi

Veri girişi; orman amenajman planları optimisasyon modeli için gerekli veri tablolarını içermektedir. Bu tablolar, aktüel orman verilerinin tutulduğu bölmecik tablosu, komşuluk tablosu, silvikültürel müdahalelerin belirlendiği sınırlar, odun ürünü miktarlarını hesaplamak için kullanılacak odun ürünü çeşitleri tablosu ve odun üretimine yönelik ekonomik verilerin kaynağı olan ekonomik veri tablosundan oluşmaktadır. Bununla birlikte bu bölümde doğrudan bölmecik tablosu veri tabanı ile ilişkili olan ve bir planlama biriminde yer alan ağaç türleri, işletme sınıfları, komşuluk, eğim, sürütme mesafesi, depoya olan uzaklık, kapalılık, eta miktarı, ürün çeşitleri oranı, gelirler, giderler, orman fonksiyonları, meşcere tipleri ve mevcut amenajman planının öngördüğü bakım ve silvikültürel rejim kod ayarlarını içeren bir bölmecik tablosu bulunmaktadır (Şekil 15).

Bölmeçik Tablosu - Operasyonel Planlama

ribbonPage1

Tam Sayılı Kısıt İdare Süresi 30 End. Alan Kısıt End. ETA Kısıt Endüstriyel Karar Değişkenleri Peryot Aralığı: 10 Bakım Karar Değişkenleri

NBD Hesapla Eşit Alan Kısıt Alan Oranı (%) 20 ETA Oranı (%) 30 Endüstriyel Sonuçlar Eşit ETA Kısıt Bakım Karar Değişkenleri

Bölmeçik Tablosu İskonto Oranı (%): 3 Eşit ETA Kısıt End. Alan Değeri 80 ETA Değeri 10000 Endüstriyel Sonuçlar ETA Oranı (%) 20 Bakım Sonuçlar

Veri Giriş Endüstriyel Plantasyon Ayarları Bakım Ayarları

Bölmeçik Tablosu

1 / 5442

Drag a column header here to group by that column

Kimlik	BLM_NO	MESCERE	MES_TIP	MES_KOD	ISL_SIN	CAG_SIN	ARZ_KUL	KAPALILIK	KAR_KOD	ISLEM	BONITET	YAS_SIN	FONK1	AMAC_CAP	FONK2
-29	469	Z	Z-2	680	I		107	0	0	0	0	0	500107	0	
-8	469	Z	Z-5	680	I		107	0	0	0	0	0	500107	0	
-7	469	BÇz	BÇz-3	480	I		1	0	1	0	0	0	311101	0	
-5	469	OT	OT-3	560	I		12	0	0	0	0	0	311100	0	
-1833	468	Çzbc2	Çzbc2	70	I	B	1	2	1	2	3	3	311101	0	
-1809	468	Çzb3	Çzb3	60	I	B	1	3	1	2	3	3	311101	0	
-1798	468	BÇz	BÇz-1	480	I		1	0	1	0	0	0	311101	0	
-1755	468	Z	Z-2	680	I		107	0	0	0	0	0	500107	0	
-1742	468	BÇz	BÇz-2	480	I		1	0	1	0	0	0	311101	0	
-1241	468	Z	Z-1	680	I		107	0	0	0	0	0	500107	0	
-1237	468	Çzcd2	Çzcd2-1	130	I	C	1	2	1	2	3	7	311101	0	
-172	468	Çzcd2	Çzcd2-2	130	I	C	1	2	1	2	3	7	311101	0	

Şekil 15. Çanakkale OİŞ bölmeçik tablosu

3.1.2. Operasyonel Planlama Ayarları

Operasyonel modelinin ikinci bölümünü oluşturan “planlama ayarları” Orman amenajman planının özelliklerine göre değişebilmektedir. Planlama ünitesinde silvikültürel faaliyetler beş kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; endüstriyel plantasyon alanları, bakım (bakım etası verilen) alanları, tıraşlama işletmesinin uygulandığı alanlar, büyük alan siper işletmesinin uygulandığı alanlar ile ağaçlandırma alanlarıdır. Her bir silvikültürel faaliyet alanı için ayrı senaryolar belirlenirken, periyot süresi ayarları, eta, alan hedefleri ile oranları sisteme girilir. Daha sonra karar değişkenleri oluşturularak modelin çözümü LINGO aracılığıyla yapılarak, sonuçlar elde edilir (Şekil 16). Planlama ünitesinin silvikültürel faaliyetleri için oluşturulan her bir model ayrı ayrı koşturulur.

Endüstriyel plantasyon ayarları menüsünde: “idare süresi”, “eşit alan kısıtı” ya da “endüstriyel alan kısıtı değeri ve oranı”, “eşit eta kısıtı” ya da “endüstriyel eta kısıtı değeri ve oranı” parametreleri bulunmaktadır. Bu TDP modelinde kullanıcı tarafından; idare süresi ve planlama senaryoları belirlenir. Tıraşlama kesim ve dikim yolu ile meşcere kurmaya dayanan endüstriyel ağaçlandırmalarda faydalanmanın düzenlenmesinde “eşit” veya “gerçek” hasılatlı yıllık alan metodu kullanılır. Yıllık tıraşlama kesim ve dikime dayalı alan kontrol yöntemi ile işletilen endüstriyel ağaçlandırmalarda asıl planlama ögesi alan olduğu

için aktüel kuruluşların optimale götürülmesinde alan esas alınır. Endüstriyel planlama alanlarını olabildiğince eşitlerken, eta sürekliliğinin de sağlanarak net gelir maksimizasyonu hedeflenmektedir. Endüstriyel plantasyon modelinde idare süresi orman amenajman planında 30 yıl olarak belirlenebilirken farklı süreler de alternatif olarak kullanıcıya sunulabilmektedir (Şekil 16).

Şekil 16. Endüstriyel plantasyon işletme sınıfının planlama ayarları menüsü

Bakım alanları planlama ayarları menüsünde: “periyot aralığı”, “eşit eta kısıtı” ve “eta oranı” parametreleri bulunmaktadır. Tamsayılı doğrusal programlama (TDP) modelinde kullanıcı tarafından; planlama senaryoları belirlenmektedir. Bakım alanlarında olabildiğince eşit eta sürekliliği de sağlanarak net gelir maksimizasyonu hedeflenmektedir (Şekil 17).

Şekil 17. Bakım alanları ayarları menüsü

Tıraşlama işletmesi menüsünde: “periyot süresi”, “komşuluk alanı”, “eşit eta kısıtı” ve “oranı” parametreleri bulunmaktadır. TDP modelinde kullanıcı tarafından planlama senaryoları belirlenmelidir. İlgili menü “298 nolu Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları” tebliğine uygundur. Tıraşlama kesimi kızılcam için doğal gençleştirme metodu olup yıl içerisinde en fazla birbiriyle bitişik 25 ha alan kesilebilmektedir. Tıraşlama alanlarında eşit alan-eta sürekliliği ile net gelir maksimizasyonu hedeflenmektedir (Şekil 18).

M	BONİTET	YAS_SIN
1	3	
0	0	
2	3	
0	0	
0	0	
0	0	
0	0	
0	0	
0	0	

DON_BLK	BLC_NO	KAR_ETA	AG_TUR_KOD
0	1	0	1
0	2	0	0
0	2	36	1
0	0	0	22
0	0	3	0
0	0	1	0
0	3	0	1

Şekil 18. Tıraşlama işletmesi ayarları menüsü

Büyük alan siper işletmesi menüsünde: “periyot süresi”, “eşit eta kısıtı ve oranı”, “bol tohum yılı aralığı”, “ilk bol tohum yılı” ve “fıdanın çıkış yaşı” parametreleri bulunmaktadır. TDP modelinde kullanıcı tarafından planlama senaryoları belirlenmelidir. Büyük alan siper işletmesi doğal gençleştirme üzerine kurulmuş bir işletme şeklidir. İlgili menü, “298 nolu Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları” tebliğine de uygundur (Şekil 19).

M	BONİTET	YAS_SIN	FONK1
1	3	6	1111
0	0	0	5001
2	3	4	3111
0	0	0	3111
0	0	0	3111

AG_TUR_KOD	
0	1
0	0
36	1
0	22
0	0

Şekil 19. Büyük alan siper işletmesi ayarları menüsü

Ağaçlandırma alanları menüsünde; “periyot süresi”, “eşit alan” ve “eşit alan oranı” parametreleri bulunmaktadır. TDP modelinde kullanıcı tarafından planlama senaryoları belirlenmektedir. Oman amenajman planlarında gençleştirme alanlarına alınmış ancak tabii gençleştirme şartları bulunmayan veya tür değişikliğine gidilmesi zorunlu görülen alanlarda yapılması gereken dikim veya ekim çalışmalarına “Sunî Gençleştirme” olarak adlandırılmaktadır. İlgili menü, “298 nolu Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları tebliğine de uygundur (Şekil 20).

EM	BONİTET	YAS_SIN	FONK1	AMAC_CAP	FONK2	FONK3
1	3	6	111101	0	-9	
0	0	0	500107	0	-9	
2	3	4	311101	0	-9	
0	0	0	311101	0	-9	
0	0	0	311100	0	-9	

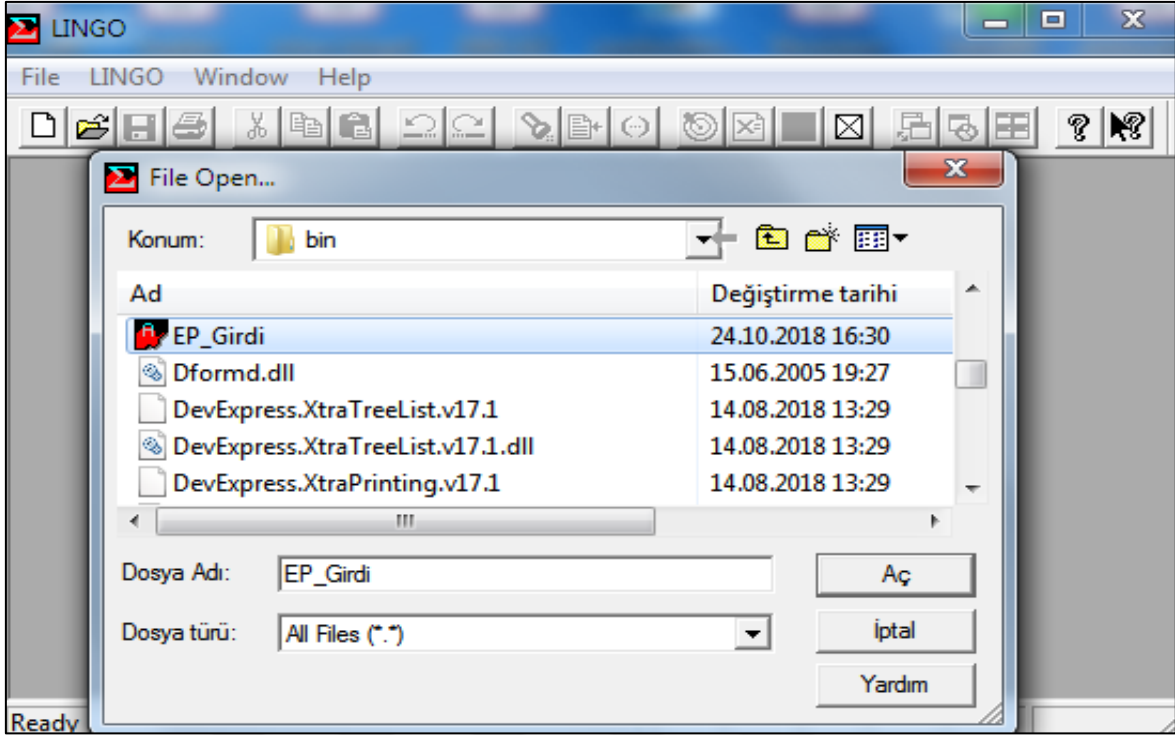
Şekil 20. Ağaçlandırma ayarları menüsü

Operasyonel Planlamada; kullanıcı planlama senaryolarına uygun olan, kısıtlayıcı koşulları belirleyebilmektedir. Orman amenajmanında kısıtlayıcı koşullar olarak alan ve hacim kontrol politikaları bulunmaktadır. Bunlar ise eşit eta veya alan, belirli oranda yıllar arasında değişen alan veya hacim kontrol politikalarından biri seçilebilmektedir. Örneğin; endüstriyel plantasyonda planlama süresi 30 yıl boyunca 10.000 m³ eta üretimi seçeneği bir hedef olarak belirlenebilmektedir.

Kullanıcı silvikültürel faaliyet alanlarına istediği oranda kısıt ortaya koyabilmektedir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus; çok sayıda kısıtın olması ya da oranların az tutulması durumunda ve özellikle birbiriyle çelişen kısıtlayıcıların varlığı durumunda, model uygun bir çözüm elde edemeyecektir. Örneğin, hem alan kontrolünü hem de eta kontrolünü aynı anda yapmak mümkün olmayabilmektedir. Bu durumda model çözümsüz “infeasible” bir sonuç verebilecektir.

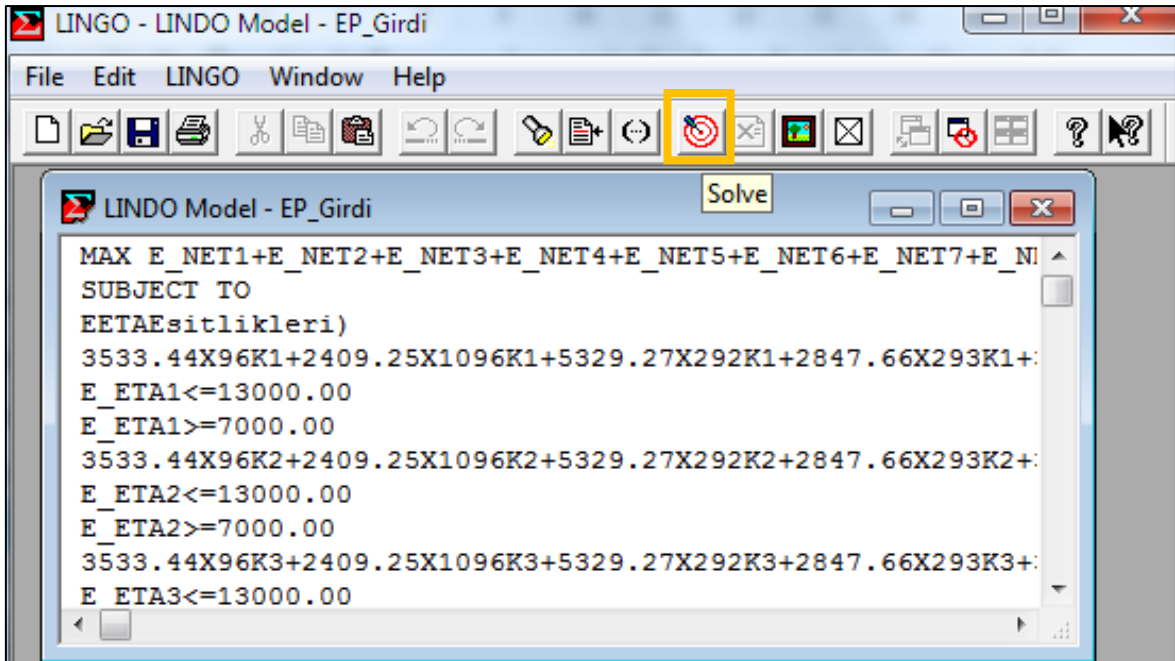
3.1.3. Model Oluşturma ve Koşturma

Operasyonel planlama modelinde bir optimizasyon senaryosuna ilişkin her turlu veri ve bilgiler ilgili b6lmecek tablosuna girilip, gerekli optimizasyon ayarları plan ünitesinin silvikültürel faaliyet alanları (Endüstriyel Plantasyon, Bakım, Tıraşlama, Büyük Alan Siper İşletmesi- BASİ ve Ağaçlandırma) için karar değişkenleri oluşturulur. Oluşturulan karar değişkenleri prototip program yazılımı ile modellere dönüştürölür. Program öncelikle matrisleri kurmakta, bunları LİNGO matris çözücü programa aktarmakta ve matris çözücüdenden elde edilen sonuçları bir rapor yazıcı ile birlikte farklı formatlarda kullanıcılara sunmaktadır. Her bir senaryonun koşturulması ile birlikte elde edilen çıktıları değerlendirildikten sonra, duruma bağlı olarak ayarlarda değişiklik yapmak suretiyle yeni senaryolar oluşturulup model tekrar koşturulmaktadır. İstenilen sayıda optimizasyon senaryosu geliştirilip çözülebilmekte ve her bir senaryo kaydedilip daha sonra tekrar görüntülenebilmektedir. Bununla birlikte, optimizasyon modellerinde her zaman uygun bir çözüml elde edilemeyebilir. Bu ise kullanıcı tarafından tanımlanan kısıtlayıcı koşulların özelliğine göre değişmektedir. Örneğin, kullanıcının hem eşit alan hem de eşit eta gibi modeli zorlayıcı iki tür kısıtı, modele aynı zamanda dahil etmesi durumunda, modelin uygun bir çözüml verme olasılığı düşük olabilecektir. Uygun çözüml olmadığı durumlarda, model “uygun olmayan çözüml (infeasible)” uyarısı verecektir. Böyle durumlarda kullanıcı, model yapısında değişiklikler yapmak suretiyle modeli yeniden koşturmak durumunda kalabilecektir. Modeller LİNGO doğrusal programlama çözümlleyici yardımıyla koşturulur. LİNGO ana ekranında “File Open” menüsünden gerekli planlama alt birimi seçilir. Örneğin; endüstriye plantasyon modeli “ EP girdi” dosyası seçilir ve “Aç” butonu tıklayarak görünür hale getirilmektedir (Şekil 21).



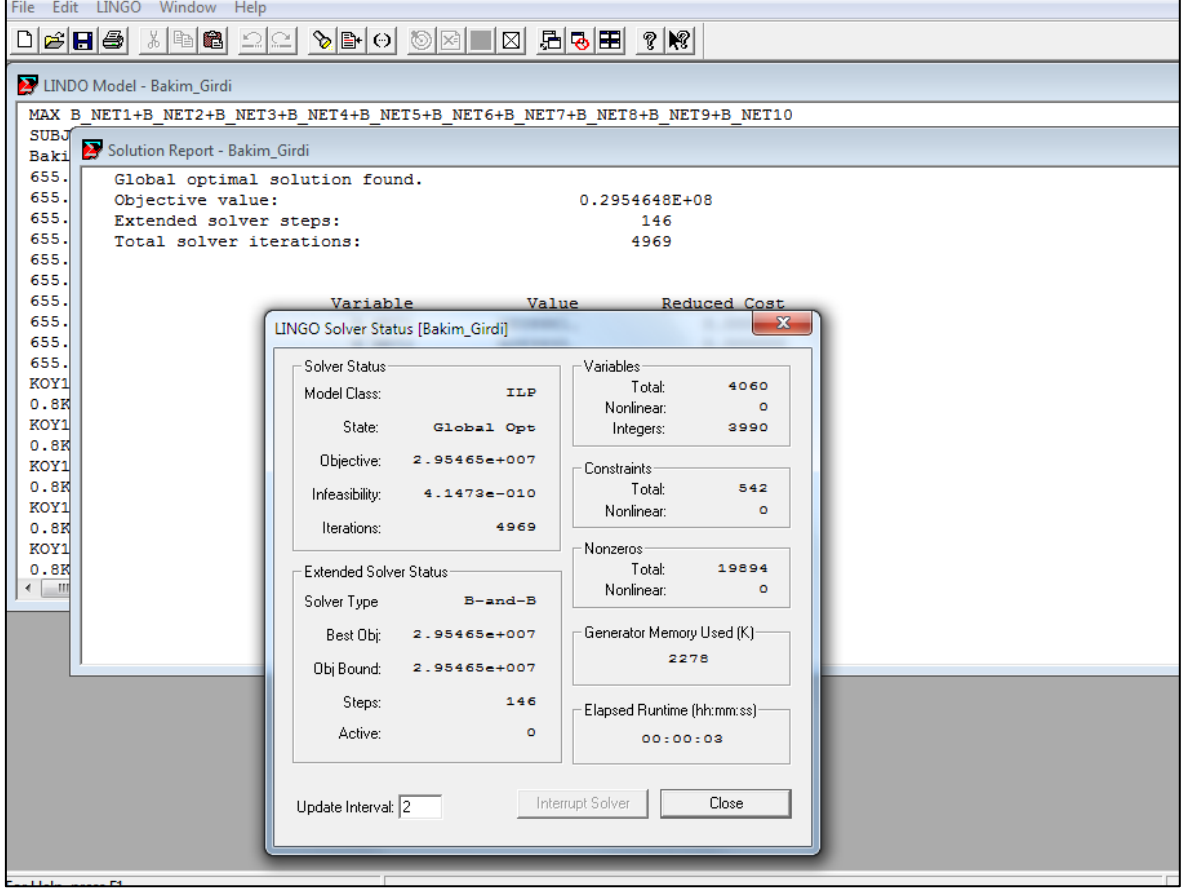
Şekil 21. Modelin LINGO ekranında açılması

Pencere ekranında iç içe geçmiş kırmızı “Solve” kısa yol düğmesi kullanılarak model koşturulur (Şekil 22).



Şekil 22. Modelin LINGO ekranında çözülmesi

Koşturulan model optimal çözüm verdiğinde “Global Opt” sonucu çözüm ekranında çıkmaktadır. Bu sayfada çözüme kaç iterasyonla gidildiği ve işlemin ne kadar sürdüğü görülebilmektedir (Şekil 23).



Şekil 23. Model çözümünün LINGO ekranında gösterilmesi

3.1.4. Model Bulguları (Çıktılar)

Optimizasyon modeli koşturulduktan sonra, uygun çözüm olması durumunda, ilgili senaryoya ait her türlü çıktılar modelinin sonuçlar sekmesinden görüntülenebilmektedir (Şekil 24). Şekilde görüldüğü gibi, optimizasyon sonuçları farklı bölümlerden oluşmaktadır. “Karar Değişkenleri” bölümünde bölmecikler için oluşturulmuş karar değişkenleri ve katsayılar görüntülenmektedir. “Sonuçları Göster” seçeneği ile kullanıcı planlama probleminin LINGO programı ile çözülmesi sonucunda elde edilmiş sonuçları görülebilmektedir.

Sonuçlar - Operasyonel Planlama

ribbonPage1

Tam Sayılı Kısıt İdare Süresi 30 End. Alan Kısıt End. ETA Kısıt Endüstriyel Karar Değişkenleri

NBD Hesapla Eğitim Alan Kısıt Alan Oranı (%) 20 ETA Oranı (%) 30 Endüstriyel Sonuçlar

İskonto Oranı (%) 3 Eğit ETA Kısıt End. Alan Değeri 80 ETA Değeri 10000 Bakım Ayarları * Traşlama Ayarları * BAS İşletmesi Ayarları * Ağaçlandırma Ayarları *

Veri Giriş Endüstriyel Plantasyon Ayarları

Bölmeçler			NET Gelirler			ETALAR			ALANLAR		
Karar Deg	OBJECTID	YIL	Karar Deg	YIL	Değer	Karar Deg	YIL	Değer	Karar Deg	YIL	Değer
X96K18	96	18	E_NET1	1	1207478	E_ETA1	1	11334,0	E_ALAN1	1	70,25
X1096K19	1096	19	E_NET2	2	1183377	E_ETA2	2	11429,8	E_ALAN2	2	70
X292K27	292	27	E_NET3	3	1322111	E_ETA3	3	11402,6	E_ALAN3	3	69,2
X293K21	293	21	E_NET4	4	1101790	E_ETA4	4	11447,0	E_ALAN4	4	79,66
X7K15	7	15	E_NET5	5	528731	E_ETA5	5	8987,84	E_ALAN5	5	91,38
X101K14	101	14	E_NET6	6	1104023	E_ETA6	6	11246,8	E_ALAN6	6	74,03
X68K9	68	9	E_NET7	7	1068441	E_ETA7	7	11263,6	E_ALAN7	7	71,65
X67K26	67	26	E_NET8	8	898817	E_ETA8	8	10815,9	E_ALAN8	8	71,34
X8K8	8	8	E_NET9	9	866705	E_ETA9	9	11072,1	E_ALAN9	9	69,6
X64K1	64	1	E_NET10	10	900989	E_ETA10	10	11297,9	E_ALAN10	10	69,66
X13682K30	13682	30	E_NET11	11	947286	E_ETA11	11	11476,3	E_ALAN11	11	69,51
X23K15	23	15	E_NET12	12	722438	E_ETA12	12	11299,8	E_ALAN12	12	72,83
X1023K18	1023	18	E_NET13	13	830935	E_ETA13	13	11451,0	E_ALAN13	13	70,54
X1024K29	1024	29	E_NET14	14	743521	E_ETA14	14	11363,8	E_ALAN14	14	68,06
X364K12	364	12	E_NET15	15	650343	E_ETA15	15	10922,5	E_ALAN15	15	68,41
X1364K14	1364	14	E_NET16	16	650917	E_ETA16	16	10512,5	E_ALAN16	16	73,92
X365K13	365	13	E_NET17	17	654313	E_ETA17	17	11158,1	E_ALAN17	17	68,42
X13681K17	13681	17	E_NET18	18	661346	E_ETA18	18	11321,8	E_ALAN18	18	69,9
X368K6	368	6	E_NET19	19	343842	E_ETA19	19	9218,59	E_ALAN19	19	70,25
X1368K9	1368	9	E_NET20	20	390594	E_ETA20	20	10058,7	E_ALAN20	20	73,23
X246K24	246	24	E_NET21	21	249854	E_ETA21	21	9436,65	E_ALAN21	21	77,3
X33K20	33	20	E_NET22	22	120188	E_ETA22	22	9382,16	E_ALAN22	22	81,02
X63K9	63	9	E_NET23	23	41729,2	E_ETA23	23	9083,74	E_ALAN23	23	84,43
X1365K18	1365	18	E_NET24	24	130453	E_ETA24	24	9002,19	E_ALAN24	24	89,35
X30K8	30	8	E_NET25	25	41323,9	E_ETA25	25	9073,33	E_ALAN25	25	85,03
X1372K30	1372	30	E_NET26	26	2582,08	E_ETA26	26	8500,94	E_ALAN26	26	88,69
X367K2	367	2	E_NET27	27	82844,4	E_ETA27	27	8742,5	E_ALAN27	27	89,1
X13672K13	13672	13	E_NET28	28	180197	E_ETA28	28	9237,89	E_ALAN28	28	80,08
X366K21	366	21	E_NET29	29	119393	E_ETA29	29	9073,98	E_ALAN29	29	78,34
X1366K11	1366	11	E_NET30	30	165861	E_ETA30	30	8696,32	E_ALAN30	30	77,01

Şekil 24. Endüstriyel plantasyon modeli sonuç çıktıları

Planlama ünitesinin silvikültürel faaliyet alanlarına ait model sonuçları kolayca Excel'e aktarılabilir. Planlama periyodu süresi boyunca her yıl ve ya toplam olarak elde edilen odun üretimine yönelik çıktıları, tablo veya grafik formatında hazırlanabilir. Tablo başlıkları olarak "etalar" endüstriyel plantasyon alanı, bakım, gençleştirme (tırışlama, büyük alan siper işletmesi) ve toplam eta ile tomruk, maden direği, sanayi odunu ve yakacak odun üretim miktarları olarak gösterilmektedir. Optimizasyon sonuçları bölümünün "alanlar" menüsünün çıktıları bölümü ise bakım alanları, gençleştirme alanları ve ağaçlandırma alanları bileşenlerinden oluşmaktadır.

Son olarak tüm orman fonksiyonlarından planlama süresi boyunca sağlanan "net gelir" ekonomik çıktılar bölümünden tablo veya grafik formatlarında hazırlanır.

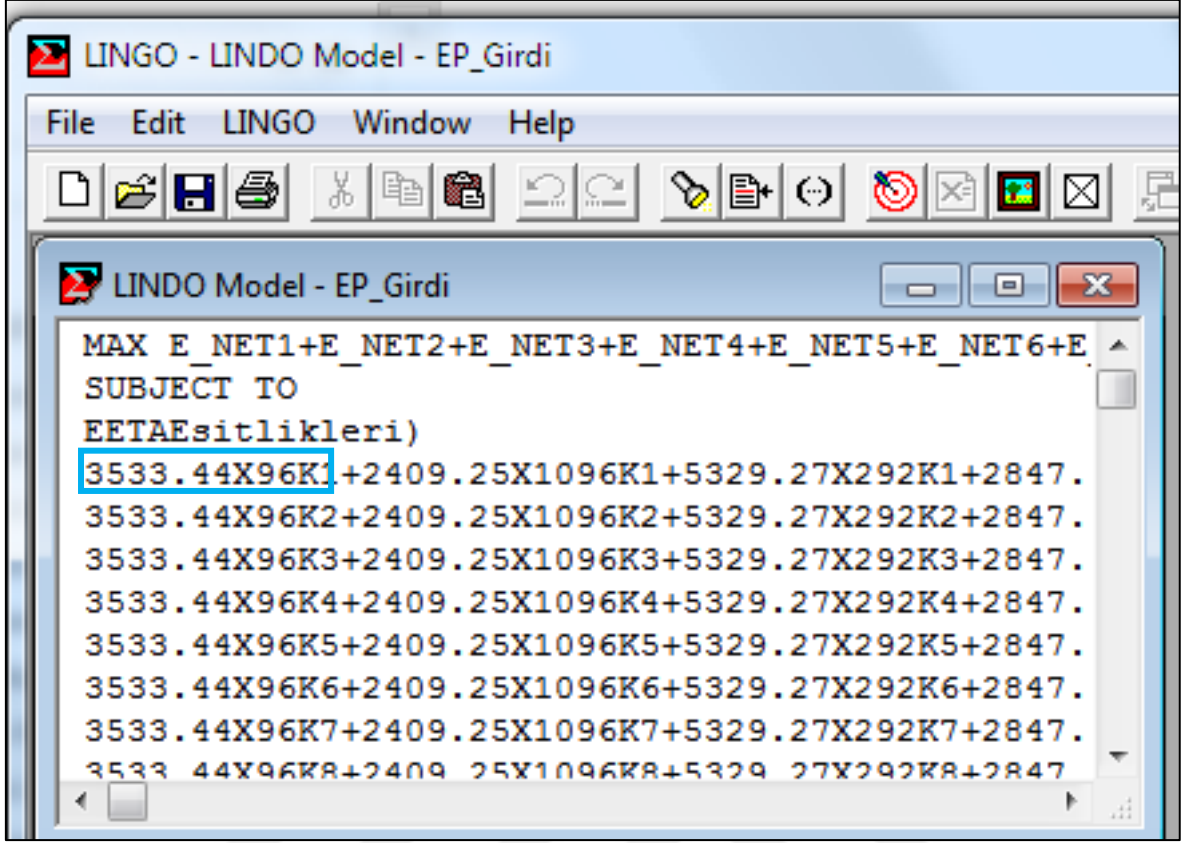
Bir sonraki bölümde "operasyonel planlama" modeli ve çıktılarının daha iyi anlaşılması için TDP tabanlı bir orman amenajman planlama modeli geliştirilmiş ve çözülmüştür. Bu model çıktıları grafik ve tablo formatında sunularak optimizasyon çıktılarının tüm özellikleri açıklanmıştır.

3.1.5. Çanakkale Orman İşletme Şefliğindeki Örnek Senaryolar

Optimizasyon tabanlı bir orman amenajman planlama modelinde, model için gerekli olan ve daha önce ayrıntıları ifade edilen her türlü veri tablolarının, silvikültürel rejimler (bakım, gençleştirme ve ağaçlandırma), odun ürün çeşitleri tablosu, komşuluk ilişkileri, gelir-gider hesapları ve aktüel orman verilerinin yer aldığı bilgilerin “Bölmecik” listesinin optimizasyon modeline dahil edilmesi gereklidir. Bu verilere ilaveten, optimizasyon modelinin periyot uzunluğunun (zaman ayarları) belirlenmesi ve atanması gibi yapılacak değişikliklerle birlikte çok sayıda orman amenajmanı planlama senaryoları geliştirilebilmektedir. Bu senaryolara bağlı olarak, karar verici orman ekosisteminin dinamik yapısını izleyebilmekte ve en iyi kararlara bu senaryoları değerlendirmek suretiyle erişebilmektedir.

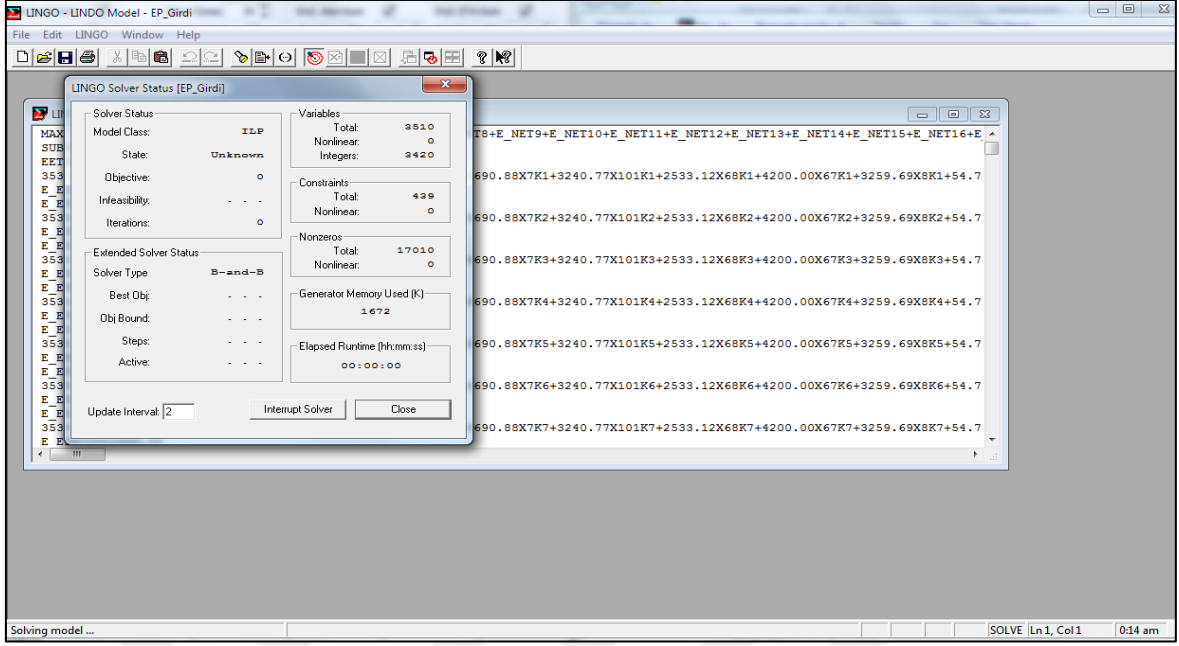
Bu çalışmada geliştirilen optimizasyon modelinde, karar değişkeni tanımı içerisine bölmeciklerin veya bölmemin ID numarası ilave edilmiştir. Bu ise, meşcerelerin hangi yıl işleme alındığını harita çıktısı üzerinde gösterimini kolaylaştırmak için yapılmıştır.

Örneğin: Endüstriyel plantasyon alanları sonuç raporunda mavi kenar ile belirtilmiş bir karar değişkeni görülmektedir. Bu karar değişkeni operasyonel plan modelinde, X64K1 olarak tanımlanmaktadır. Karar değişkeninin başındaki “X” endüstriyel plantasyon alan modelinde, 96 sayısı bölme numarasını, K1.ise 1. yıl işleme alındığı zaman, 3533.44 bu bölme içerisindeki meşcereden elde edilecek eta miktarını (m^3) göstermektedir (Şekil 25). OP prototip yazılım, her bir bölme için farklı müdahale rejimleri ve periyot yılına bağlı olarak oluşturulan karar değişkenleri ve katsayıları ile birlikte eta matrislerini oluşturmaktadır. Karar değişkenlerini görmek için “karar değişkenleri” düğmesini kullanmak yeterlidir.

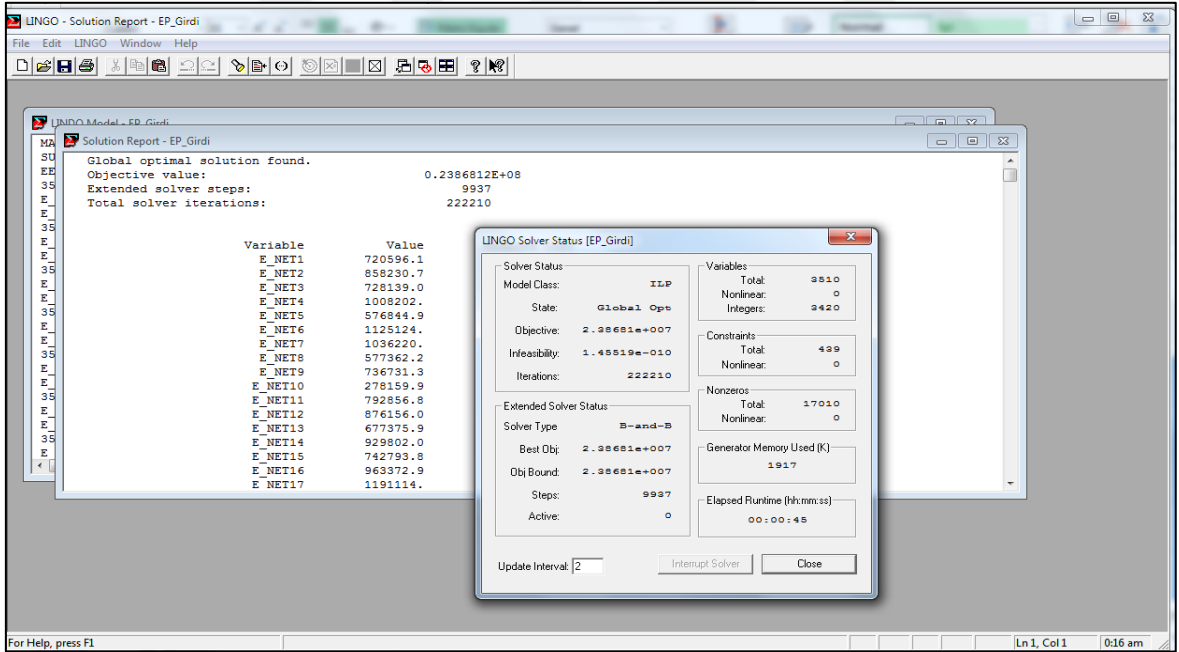


Şekil 25. Karar değişkenleri tasarımına yönelik katsayıları gösteren görüntü ekranı

Sonuçların gösterilmesi; örneğin “endüstriyel sonuçlar” düğmesi ile, operasyonel planlamanın endüstriyel plantasyon alanlar modeli ile orman amenajmanı planlama problemine ilişkin tamsayı doğrusal programlama matrisi görülebilmektedir. Aşağıda, LINGO programının operasyonel planlama alt birimi endüstriyel plantasyon matrislerini çözerken elde edilen bir görüntüsü ile, LINGO ile elde edilen çözüm sonuçları görülmektedir (Şekil 26 ve Şekil 27). Operasyonel endüstriyel plantasyon alanları modeli otomatik olarak matrisi LINGO programına atmakta ve matris ilgili program tarafından simplex yöntemi ile çözülmektedir.



Şekil 26. Endüstriyel plantasyon alanları model yapısının LİNGO programında çözümü



Şekil 27. Operasyonel planlamanın endüstriyel plantasyon alanları modelinin LİNGO çözüm sonuçları penceresi

Operasyonel planlama modülünün sonuçlar kısmına LİNGO çözüm sonuçları aktarılır. Örneğin: Endüstriyel Plantasyon Alanları sonuç raporunda, " Karar değişkenin başındaki "X" Endüstriyel Plantasyon Alan Modelinde, 64 sayısı bölme numarasını, K1.ise hangi yıl

işleme alındığını göstermektedir. Benzer şekilde, her bir bölme için idare süresine bağlı olarak oluşturulan karar değişkenleri ve katsayıları eta matrislerini oluşturacaktır (Şekil 28).

	Karar Deg	OBJECTID	YIL
▶	X64K1	64	1
	X10071K1	10071	1
	X32K1	32	1
	X1092K1	1092	1
	X11K10	11	10
	X1367K10	1367	10
	X10921K10	10921	10
	X1366K11	1366	11
	X1102K11	1102	11
	X97K11	97	11

Şekil 28. Karar değişkenleri tasarımına yönelik katsayıları gösterir tablo görüntü ekranı

Operasyonel Planlama modelinde orman amenajman planlama problemine ilişkin matrisler çözüldükten sonra (uygun çözüm olması durumunda) elde edilen tüm çıktıların kopyalanarak Excel ortamında tablolar ve grafikler şeklinde kullanıcı tarafından değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir.

3.1.5.1. Endüstriyel Plantasyon Alanları Senaryoları Bulguları

Çanakkale Orman İşletme Şefliği planlama biriminde oluşturulan operasyonel planlama problemlerine ilişkin senaryolar “2.4.8 Planlama Senaryoları” bölümünde ayrıntıları ile açıklandığı şekilde, “Endüstriyel Plantasyon Alanları” modülü için örnek olarak üç farklı planlama senaryosu oluşturulmuştur. Her bir senaryosunun çıktıları grafik ve tablo şeklinde karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Endüstriyel Plantasyon senaryolarında, plantasyon ormanı olarak tanımlanan alanın eşit alan prensipleri doğrultusunda; planlama süresi (30 yıl), her senaryo için farklı kesim alanı miktarları ve % değişim oranları verilmiştir. Senaryolarda her yıl belirli bir oran kapsamında (% olarak) eta esnekliği verilerek belirlenen eta değerine ulaşması hedeflenmiştir. Senaryoların oluşturulmasıyla elde edilen sonuçlara bakılarak müdahale alanları ve toplam eta seyri ile odun ürün çeşitlerinin zamana bağlı üretim miktarlarına ilişkin sonuçlar grafik formatında gösterilmiştir.

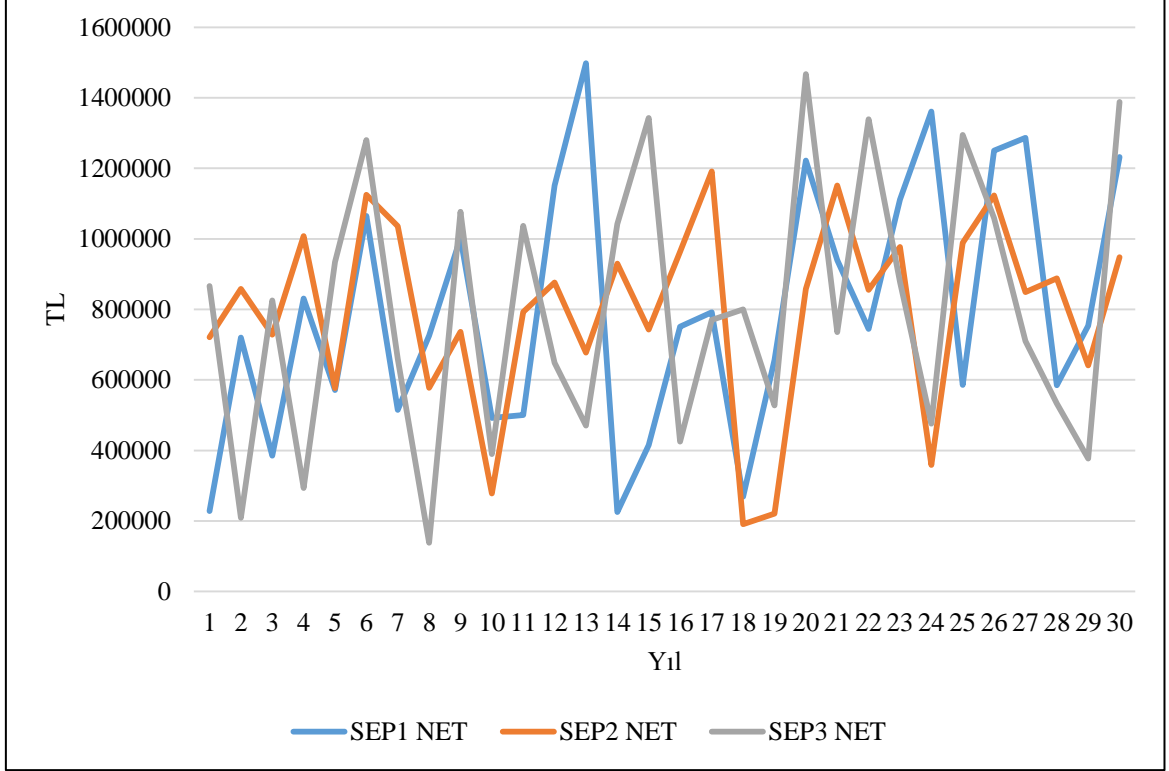
Endüstriyel plantasyon alanlarında odun üretimini ile elde edilen net karı maksimize eden SEP1, SEP2 ve SEP3 senaryolarının optimal çözümde elde ettikleri yıllık ortalama geliri 795.604,00 TL iken otuz yıl sonunda toplamda 23.868.120,00 TL olarak bulunmuştur (Tablo 13). Bu amaç fonksiyon değeri endüstriyel plantasyon işletme sınıfı içerisindeki bölmelerden elde edilen odun üretiminin net karıdır. Ormanların diğer fonksiyonlarından elde edilen gelirler ve giderler bu miktarlara dâhil edilmemiştir.

Tablo 13. Endüstriyel plantasyon alanlarında SEP1, SEP2 ve SEP3 senaryolarının net gelir, eta ve alan değerleri

Yıl	SEP1 (TL) NET	SEP2 (TL) NET	SEP3 (TL) NET	SEP1(m ³) ETA	SEP2 (m ³) ETA	SEP3(m ³) ETA	SEP1(Ha) ALAN	SEP2(Ha) ALAN	SEP3(Ha) ALAN
1	228.360,8	720.596,1	866.152,1	9.614,3	11.209,3	10.049,3	90,6	89,3	65,2
2	720.261,0	858.230,7	20.9071,6	10.356,8	10.677,8	8.616,0	83,6	74,2	78,9
3	385.273,2	728.139,0	825.043,4	9.823,7	10.107,6	9.745,6	90,7	69,5	67,4
4	830.777,9	1.008.202,0	293.439,1	1.0501,3	10.119,0	8.738,2	68,1	73,7	75,0
5	570.885,4	576.844,9	933.966,4	10.009,4	9.199,9	10.146,6	83,3	83,1	72,6
6	1065.032,0	1.125.124,0	1.280.066,0	10.393,3	11.352,0	12.156,0	59,2	74,2	79,2
7	514.456,2	1.036.220,0	659.819,1	10.796,3	10.357,4	8.898,6	90,9	69,6	68,9
8	725.935,5	577.362,2	13.792,6	10.799,4	9.803,3	9.536,7	85,5	81,5	100,4
9	1.002.401,0	736.731,3	1.076.550,0	10.568,5	9.903,7	12.448,5	69,9	68,0	71,4
10	492.637,6	278.159,9	389.650,3	9.199,9	9.555,0	10.870,1	88,5	91,5	90,9
11	500.008,3	792.856,8	1.037.005,0	10.754,9	10.261,6	10.103,9	81,4	70,5	70,1
12	1.151.315,0	876.156,0	647.914,5	10.796,9	11.290,1	10.476,5	60,4	75,3	79,9
13	1.498.456,0	677.375,9	470.446,6	10.785,3	9.580,0	9.373,3	54,2	69,9	95,1
14	22.4831,4	929.802,0	1.042.615,0	9.681,1	9.975,4	11.942,4	79,0	68,3	86,3
15	415.408,1	742.793,8	1.342.889,0	10.248,2	10.941,1	12.262,3	85,5	69,7	69,0
16	751.125,7	963.372,9	424.998,7	10.543,1	10.271,4	8.275,8	90,1	68,2	63,0
17	792.216,5	1.191.114,0	769.971,3	9.933,5	10.622,1	11.357,3	79,7	71,3	92,8
18	268.807,7	190.828,3	799.553,6	8.200,4	8.511,0	9.797,7	85,7	71,5	72,8
19	656.903,2	220.754,9	527.714,7	10.746,7	8.578,7	9.102,4	75,4	83,2	66,6
20	1.221.898,0	858.445,0	1.4673.08,0	10.510,8	11.472,9	11.878,6	70,0	88,2	66,6
21	939.506,2	1.151.796,0	7353.23,6	10.477,6	10.542,7	9.973,5	81,7	75,2	75,7
22	744.872,4	855.284,5	1.339.124,0	10.502,2	10.614,8	12.412,6	76,3	71,4	74,9
23	1.111.836,0	976.908,1	878.258,4	10.513,3	10.480,2	11.482,5	63,7	70,6	77,3
24	1.360.821,0	359.099,8	475.637,5	10.604,6	8.984,4	8.855,1	63,0	91,2	86,8
25	585.936,8	988.474,1	1.295.070,0	10.782,5	11.479,2	11.730,2	83,4	71,0	64,1
26	1.250.467,0	1.122.886,0	1.059.168,0	10.683,5	10.981,9	10.133,8	54,3	73,2	65,7
27	1.286.889,0	848.586,7	709.637,7	10.636,3	10.738,8	9.194,3	55,4	70,4	66,5
28	584.534,6	887.715,7	532.877,4	10.504,8	10.151,2	8.200,4	87,7	71,1	68,7
29	753.909,6	640.695,5	376.891,3	10.003,3	10.503,5	9.147,6	75,7	77,6	95,9
30	1.232.357,0	947.562,8	1.388.165,0	10.339,8	11.045,7	12.405,8	59,4	89,7	64,8
TOPLAM	23.868.120	23.868.120	23.868.120	309.312	309.312	309.312	2272	2272	2272

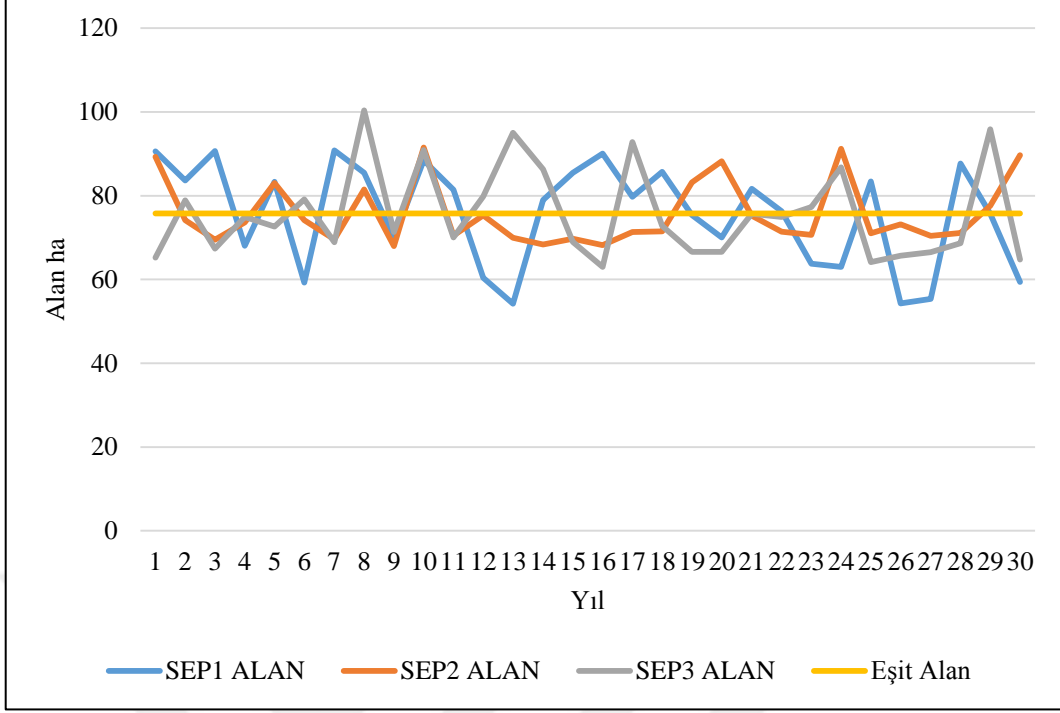
SEP1, SEP2 ve SEP3 senaryolarından elde edilen yıllık net gelir değerleri grafik üzerinde incelendiğinde keskin zikzakların olması dikkat çekmektedir. Bu durum aslında

çözümüne giren bölmelerin parçalanmadığı için elde edilen gelirlerin yoğun zikzaklar oluşturmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 29). Kesim alanı ve elde edilen et miktarlarındaki dalgalanma oranının en az olması ve odun üretimindeki net geliri maksimize edilmesinden dolayı SEP2 senaryosu net gelir açısından en iyi senaryo olmuştur (Şekil 29).



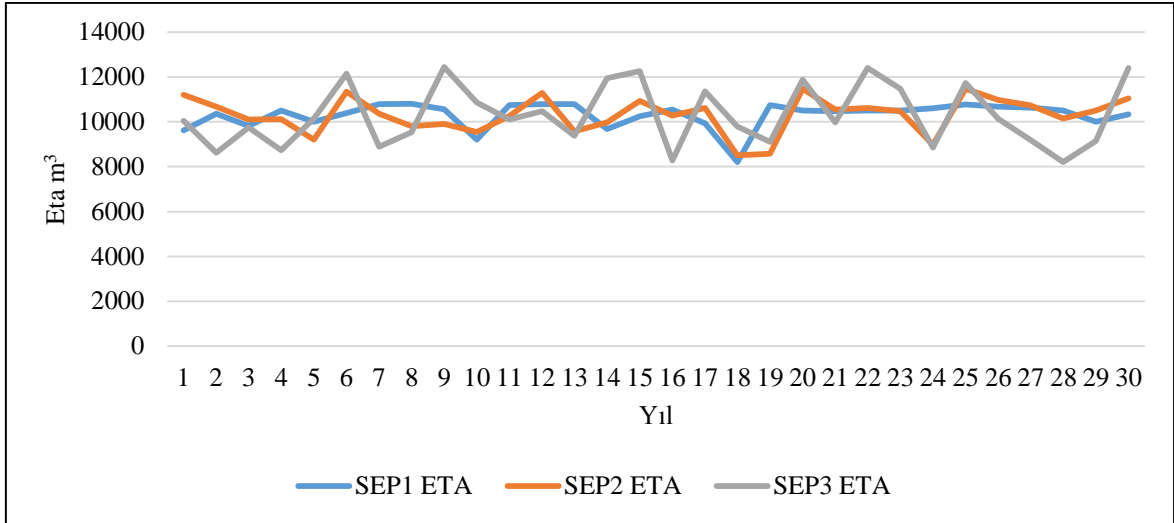
Şekil 29. SEP1,SEP2 ve SEP3 senaryoları net gelir değerleri dağılımı

Endüstriyel plantasyon alanlarında “eşit” yıllık alan metodu uygulanmaktadır. Oluşturulan SEP1, SEP2 ve SEP3 senaryolarında olabildiğince eşit kesim alanları oluşturulmak istenmiştir. SEP1’de yıllar itibariyle en fazla 90,85 ha ve en az 54,24 ha, SEP2’de en fazla 91,52 ha ve en az 68 ha ve SEP3’de en fazla 95,91 ha ve en az 68.03 hektarlık alanlarda kesim parselleri oluşturulmuştur (Tablo 13) (Şekil 34, 35, 36). Endüstriyel plantasyon işletme sınıfının alanları otuz yıl idare süresine bölündüğünde ortalama 75,74 ha alan olduğu görülmektedir. Senaryoların grafiksel incelemeleri yapıldığında SEP2 senaryoları istenilen ortalama kesim alanlarına en yakın sonuçları verdiği için eşit kesim alanları açısından en uygun senaryo olarak görülmektedir (Şekil 30).



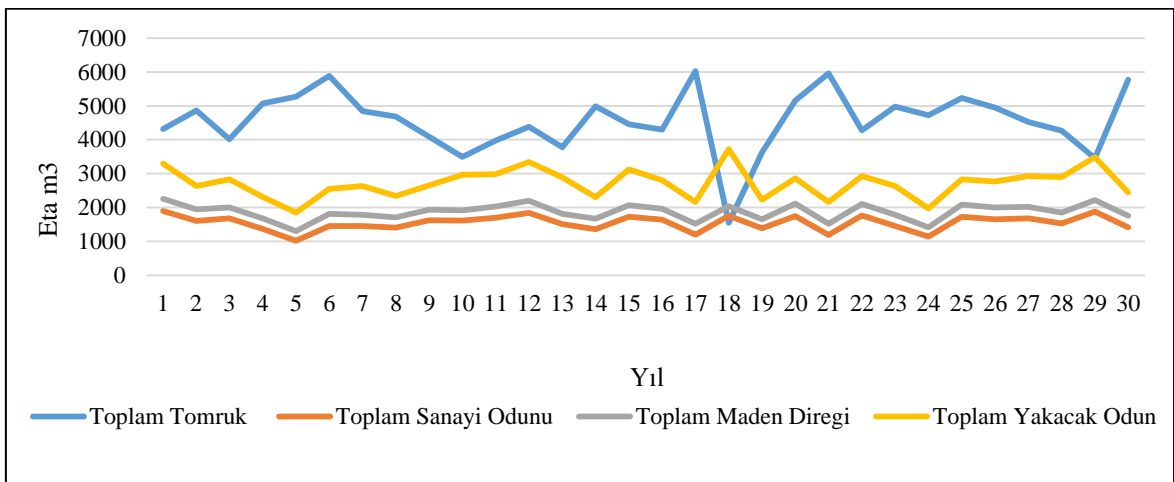
Şekil 30. SEP1,SEP2 ve SEP3 senaryoları alan değerleri dağılımı

Oluşturulan SEP1, SEP2 ve SEP3 senaryolarında eşit alan oluşturmanın yanında aynı zamanda işletmenin eta sürekliliğini de sağlanması gerekmektedir. Senaryoların eta sürekliliği sonuçları değerlendirildiğinde; SEP1’de yıllar itibariyle 8.200 m³ ile 10.799 m³, SEP2’de 8.511 m³ ile 11.479 m³ ve son olarak SEP3’de 8.200 m³ ile 12.448 m³ arasında değerlere ulaşılmıştır (Tablo 13). Endüstriyel plantasyon işletme sınıfının toplam etası otuz yıl idare süresine bölüldüğünde ortalama 10.310 m³ olduğu görülmektedir. Senaryoların grafiksel incelemeleri yapıldığında SEP1 senaryosu ortalama eta değerine en yakın sonuçları verdiği için, eta sürekliliği açısından en uygun senaryo olarak görülmektedir (Şekil 31).

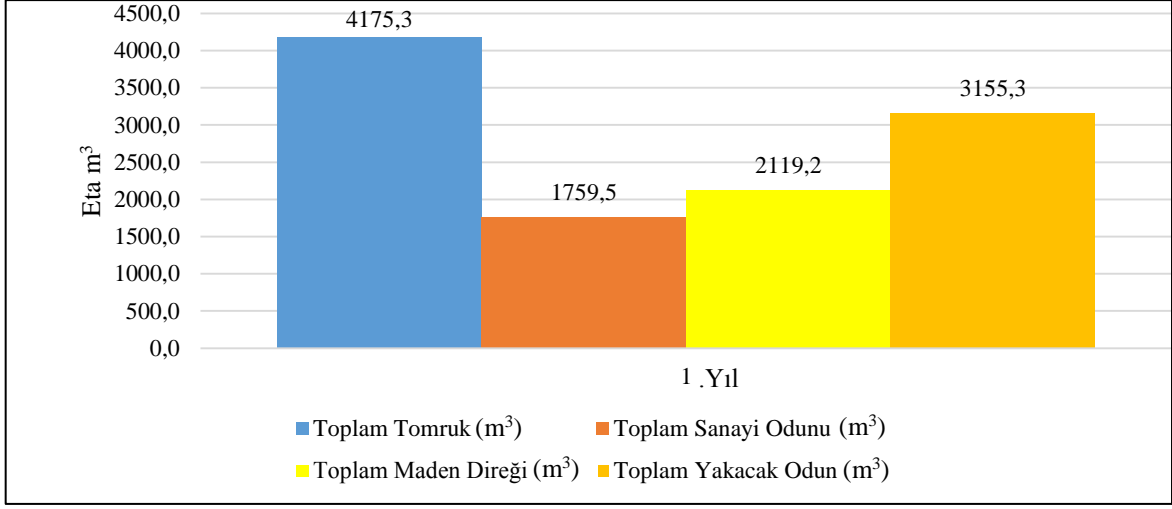


Şekil 31. SEP1,SEP2 ve SEP3 senaryolarının eta değerleri dağılımı

Tüm senaryoların sonuçları değerlendirildiğinde; Endüstriyel plantasyon işletme sınıfının ana amaçlarına (eşit alan) en iyi hizmet eden senaryo SEP2 senaryosu olmuştur. 30 yıl içerisinde planlama biriminden alınması tahmin edilen toplam odun ürün çeşitleri eta miktarı 309.311 m³ olarak gerçekleşmiştir (Şekil 32). SEP2 senaryosu sonucunda toplam elde edilecek odun ürün çeşitlerinin miktarları tablo 14'de verilmiştir. 2018-2047 orman amenajman planı göre Endüstriyel plantasyon biriminden 1. yıl alınması öngörülen toplam eta miktarı ise 11.209,3 m³ olup, odun ürün çeşitleri miktarları şekil 33'de gösterilmiştir. Senaryolara ait konumsal kesim planlarının haritaları Şekil 34, 35 ve 36'de gösterilmektedir.



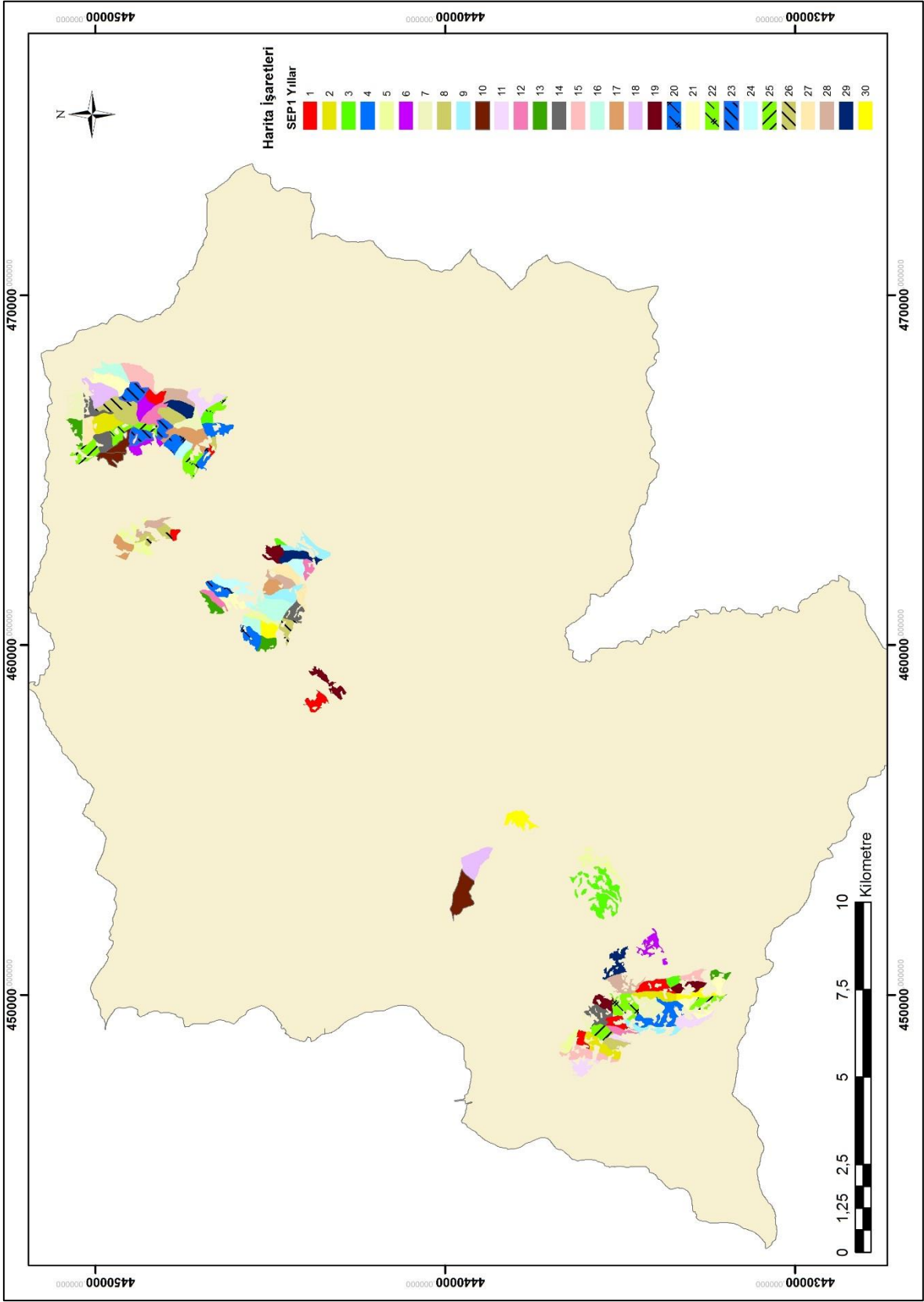
Şekil 32. Endüstriyel plantasyon alanları SEP2 senaryosu toplam odun ürün çeşitleri miktarları dağılımı



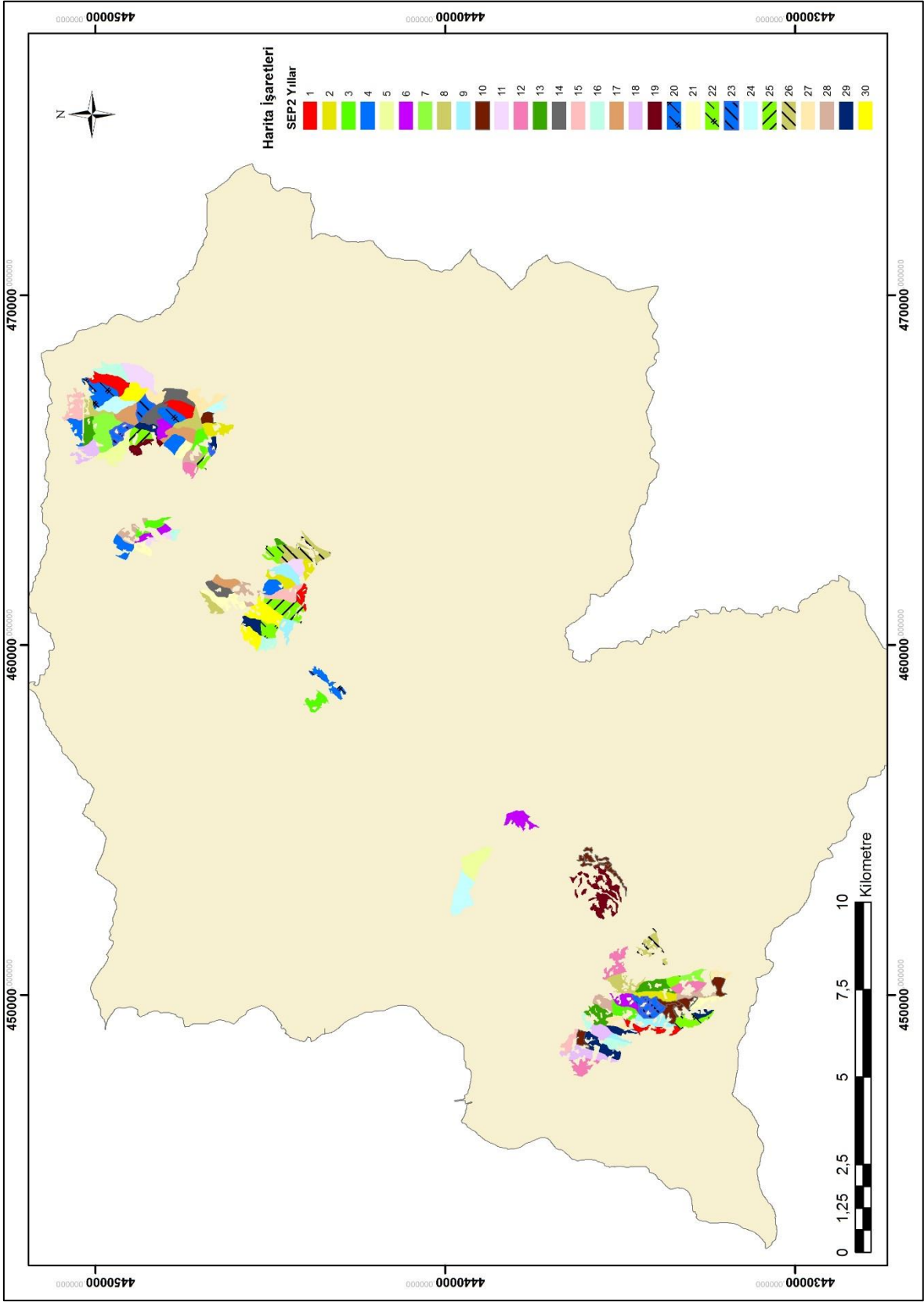
Şekil 33. Endüstriyel plantasyon alanları SEP2 senaryosu 1. yıl odun ürün çeşitleri miktarları

Tablo 14. SEP2 senaryosu sonunda odun ürünleri çeşitleri

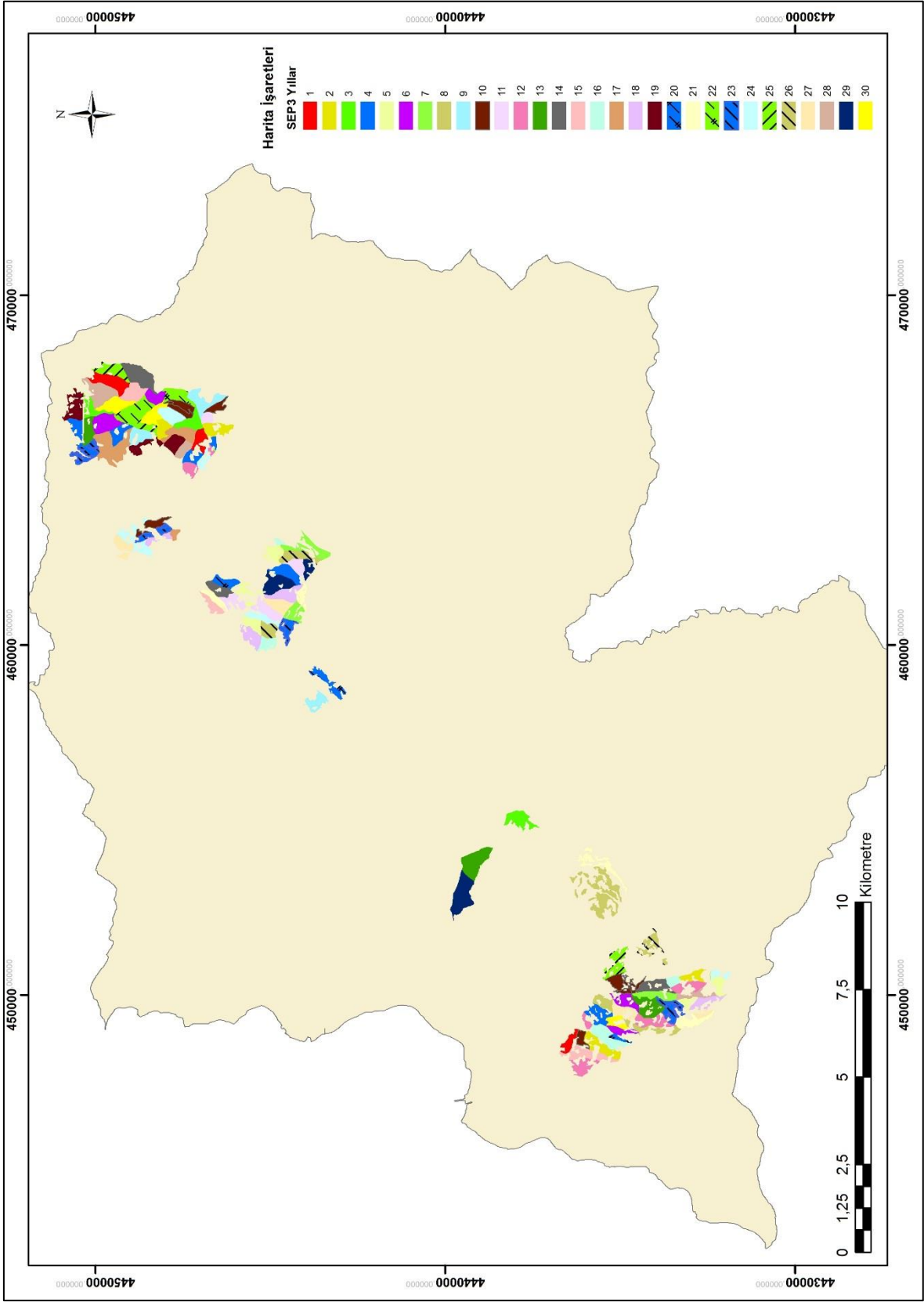
Yıllar	Toplam Tomruk (m³)	Toplam Sanayi Odunu (m³)	Toplam Maden Direği (m³)	Toplam Yakacak Odun (m³)
1	4.175,3	1.759,5	2.119,2	3.155,3
2	4.722,1	1.465,1	1.800,2	2.495,7
3	3.873,2	1.536,0	1.857,3	2.691,7
4	4.928,7	1.223,0	1.537,0	2.175,3
5	5.125,1	879,0	1.160,6	1.711,8
6	5.745,3	1.316,7	1.668,3	2.406,3
7	4.705,5	1.314,5	1.638,1	2.489,3
8	4.542,4	1.261,5	1.568,1	2.198,6
9	3.942,6	1.483,5	1.797,8	2.514,7
10	3.350,6	1.473,0	1.778,4	2.824,9
11	3.836,7	1.560,4	1.886,7	2.840,0
12	4.237,4	1.697,1	2.055,5	3.200,9
13	3.637,0	1.367,8	1.671,8	2.751,2
14	4.839,7	1.214,1	1.524,9	2.165,9
15	4.312,5	1.582,3	1.928,2	2.980,2
16	4.158,5	1.498,0	1.823,9	2.660,1
17	5.882,0	1.055,5	1.381,0	2.019,7
18	1.403,3	1.616,8	1.897,6	3.575,6
19	3.483,6	1.243,9	1.515,1	2.091,1
20	5.014,2	1.609,3	1.970,0	2.720,6
21	5.818,3	1.052,5	1.375,8	2.017,7
22	4.132,4	1.627,1	1.965,3	2.789,9
23	4.835,1	1.311,3	1.638,4	2.488,3
24	4.576,5	997,5	1.275,2	1.832,1
25	5.085,7	1.585,7	1.945,9	2.693,5
26	4.803,1	1.511,8	1.856,5	2.624,8
27	4.381,3	1.540,6	1.879,9	2.789,0
28	4.126,9	1.390,0	1.709,9	2.757,8
29	3.316,2	1.734,8	2.073,2	3.340,8
30	5.624,7	1.273,0	1.614,9	2.301,7
TOPLAM	132.616,1	42.181,6	51.914,6	77.304,4



Şekil 34. SEP1 senaryosu yıllık kesim planı haritası



Şekil 35. SEP2 senaryosu yıllık kesim planı haritası



Şekil 36. SEP3 senaryosu yıllık kesim planı haritası

3.1.5.2. Bakım Alanları Senaryoları Bulguları

Çanakkale Orman İşletme Şefliği planlama biriminde oluşturulan operasyonel planlama problemlerinde bakım alanlarına ilişkin senaryolar (SBA1, SBA2 ve SBA3) “2.4.8 planlama senaryoları” bölümünde ayrıntıları ile verilmiştir. Bu aşamada, “bakım alanları” modülü için örnek olarak üç farklı planlama senaryosu oluşturulmuştur. Her bir senaryosunun çıktıları grafik ve tablo şeklinde karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

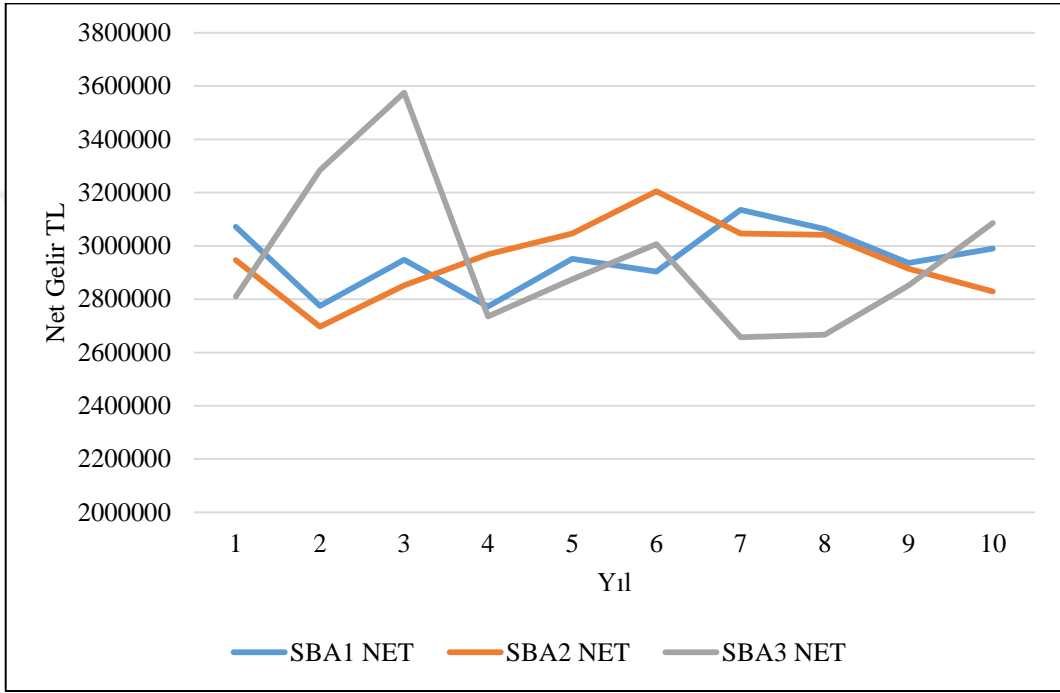
Bakım Alanları senaryolarında (SBA1, SBA2 ve SBA3), Orman Amenajman planında bakım alanları şeklinde tanımlanan alanın on yıl için eşit eta dağılımı sağlanmıştır. Modelde ayrıca her yıl belirli dalgalanma oranları kapsamında yüzde (%) olarak eta esnekliği verilerek dört kooperatif alanından elde edilen etalar tablo 15’de gösterilmiştir. Model çalıştırıldığında elde edilen sonuçlara bakılarak müdahale alanlarının toplam eta seyri ile odun ürün çeşitlerinin zamana bağlı üretim miktarları grafik şeklinde gösterilmiştir (Şekil 37).

Bakım alanlarında odun üretimini ile elde edile net karı maksimize eden SBA1, SBA2 ve SBA3 senaryoları optimal çözümde elde ettikleri yıllık ortalama 2.954.481,10 TL iken on yıl sonunda toplamda 29.546.481 TL olarak bulunmuştur (Tablo 15). Bu amaç fonksiyon değeri, bakım etası verilen işletme sınıfları içerisindeki bölmelerden elde edilen odun üretiminin net kârı olup, bu değere ormanların diğer fonksiyonlarından elde edilen gelirler ve giderler dâhil edilmemiştir.

Tablo 15. Bakım alanlarında SBA1, SBA2 ve SBA3 senaryolarının net gelir, eta ve alan değerleri

Yıl	SBA1 Net (TL)	SBA2 Net (TL)	SBA3 Net (TL)	SBA1 ETA (m ³)	SBA2 ETA (m ³)	SBA3 ETA (m ³)	SBA1 ALAN (m ³)	SBA2 ALAN (ha)	SBA3 ALAN (ha)
1	3.071.505	2.946.879	2.809.981	19.526	19.767	18.437	969,70	1.052,29	872,85
2	2.774.629	2.696.708	3.283.935	19.258	19.302	21.845	944,22	1.057,31	1.072,64
3	2.948.384	2.851.428	3.574.615	19.894	19.421	21.842	1.043,76	1.065,41	1.133,55
4	2.772.002	2.968.579	2.735.801	19.563	19.983	19.265	1.026,12	953,81	1.052,54
5	2.951.958	3.046.617	2.874.179	19.805	19.308	19.148	992,23	950,09	883,70
6	2.903.080	3.204.801	3.007.099	19.076	20.141	19.497	1.023,64	912,38	859,03
7	3.135.252	3.046.248	2.656.851	19.442	19.926	18.564	849,00	954,96	947,62
8	3.063.814	3.041.506	2.666.545	19.796	19.444	18.464	944,58	1.080,73	1.022,03
9	2.935.348	2.914.695	2.851.898	19.834	19.395	18.474	1.012,86	872,34	866,49
10	2.990.509	2.829.019	3.085.577	18.898	18.405	19.556	920,20	826,99	1.015,86
TOPLAM	29.546.481	29.546.481	29.546.481	195.092	195.092	195.092	9.726,00	9.726,00	9.726,00

SBA1, SBA2 ve SBA3 senaryolarından elde edilen yıllık net gelir değerleri grafik (Şekil 37) üzerinde incelendiğinde birbirlerine yakın şekilde seyrettikleri görülmektedir. Çözüme giren bölmelerin parçalanmaması ve eta miktarlarındaki dalgalanma oranının senaryolarda yakın tutulmasından dolayı elde edilen gelirlerdeki farklılık miktarı azalmıştır. Bakım alanlarındaki odun üretimindeki net geliri maksimize eden SBA1 senaryosu en az dalgalanma göstermesi sebebiyle en iyi senaryo olarak elde edilmiştir (Şekil 37).



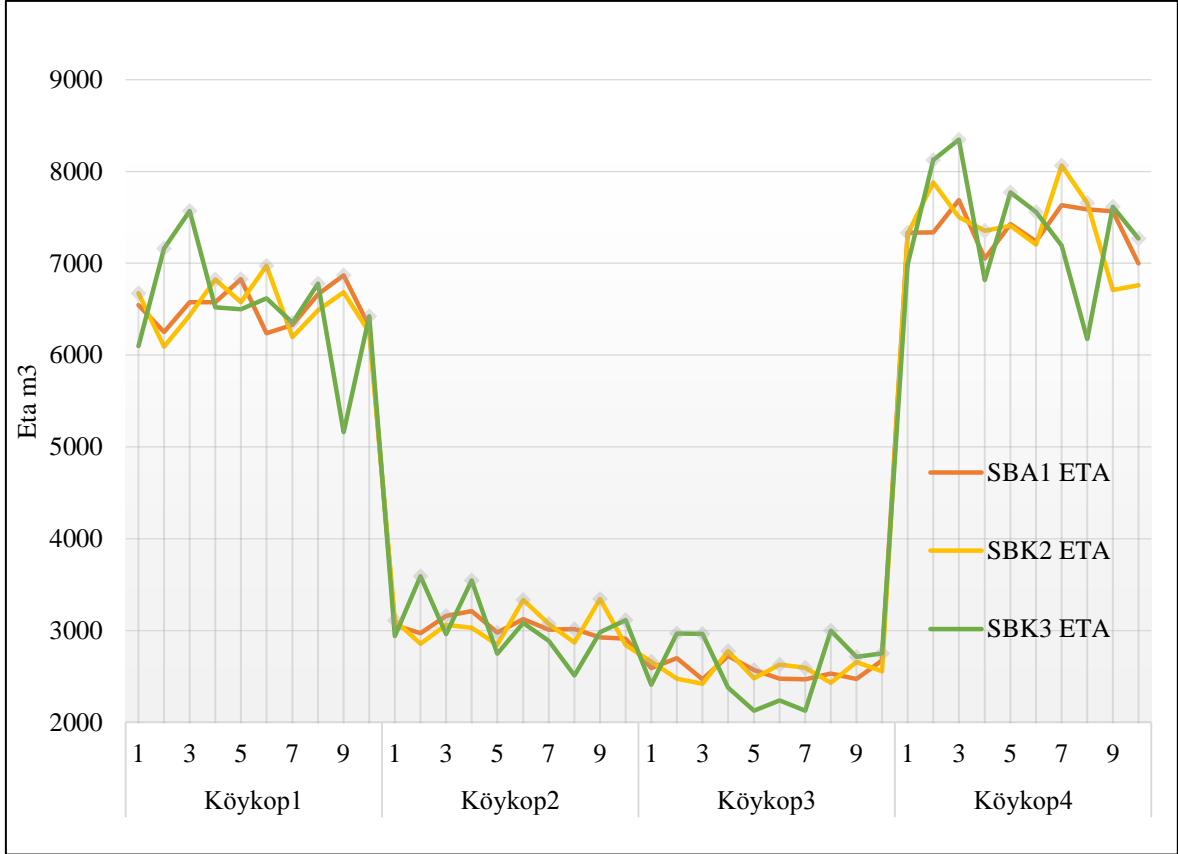
Şekil 37. Bakım alanlarındaki senaryoların net gelirleri dağılımı

SBA1, SBA2 ve SBA3 bakım alanları senaryolarında dört adet KÖYKOP sınırları dikkate alınmıştır. Dört KÖYKOP sınırları dahilinde bakım etası verilen alanlar; Köykop1'de 3.143 ha, Köykop2'de 1.632 ha, Köykop3'te 1.178 ha ve Köykop4'te 3.565 hektarlık sahalar bulunmaktadır. Köylerdeki üyeler bağlı buldukları kooperatif sınırları içerisinde her yıl belirli oranlarda işlendirilmeleri ve aynı zamanda işletmedeki eta sürekliliğinin de sağlanabilmesi için eta eşitliği öngörülmüştür. Senaryoların eta sürekliliği sonuçları kooperatifler bazında değerlendirildiğinde; Köykop1 sınırları içerisinde yıllar itibariyle SBA1 senaryosunda 6.238 m³ ile 6.870 m³, SBA2 senaryosunda 6.090 m³ ile 6.973 m³ ve SBA3 senaryosunda 5.161 m³ ile 7.569 m³; Köykop2 alanında SBA1 senaryosunda 2.913 m³ ile 3.211 m³, SBA2 senaryosunda 2.841 m³ ile 3 345 m³ ve SBA3 senaryosunda

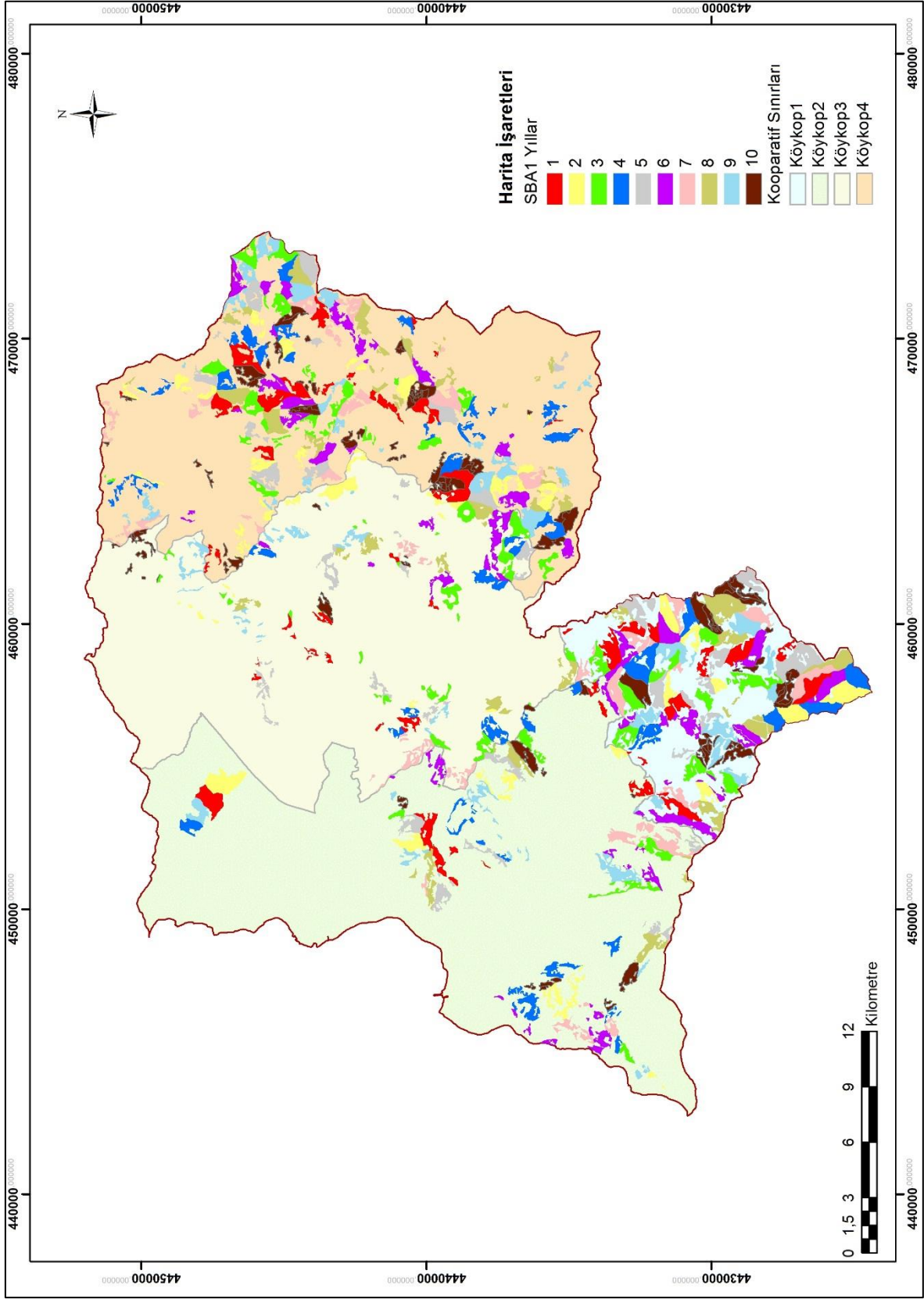
2.511 m³ ile 3.91 m³; Köykop3 alanında SBA1 senaryosunda 2.468 m³ ile 2.725 m³, SBA2 senaryosunda 2.420 m³ ile 2.774 m³ ve SBA3 senaryosunda 2.126 m³ ile 2.998 m³; Köykop4 alanında SBA1 senaryosunda 6.999 m³ ile 7.690 m³, SBA2 senaryosunda 6.708 m³ ile 8.065 m³ ve SBA3 senaryosunda 6.176 m³ ile 8.347 m³ arasında eta değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 16; Şekil 38). Bakım alanları senaryolarında on yıllık toplam eta 195.092 m³ ve yıllık ortalaması 19.510 m³ olduğu görülmektedir. Kooperatiflerin toplam bakım etası değerlerindeki farklılıkların temel sebebi kooperatif sınırları içerisinde bakım etası verilen ormanlık alanların dağılımı ve toplam bakım etasına bağlı olarak değişmektedir. Senaryoların grafiksel incelemelerine bakıldığında SBA1 senaryosunun ortalama eta değerine en yakın sonuçlar vermesi sebebiyle en uygun senaryo olarak görülmektedir (Şekil 38). Senaryolara ait konumsal kesim planlarının haritaları Şekil 39, 40 ve 41’de gösterilmektedir.

Tablo 16. Bakım alanlarındaki senaryolarının eta miktarları KÖYKOP sınırları içerisindeki yıllık dağılım miktarları

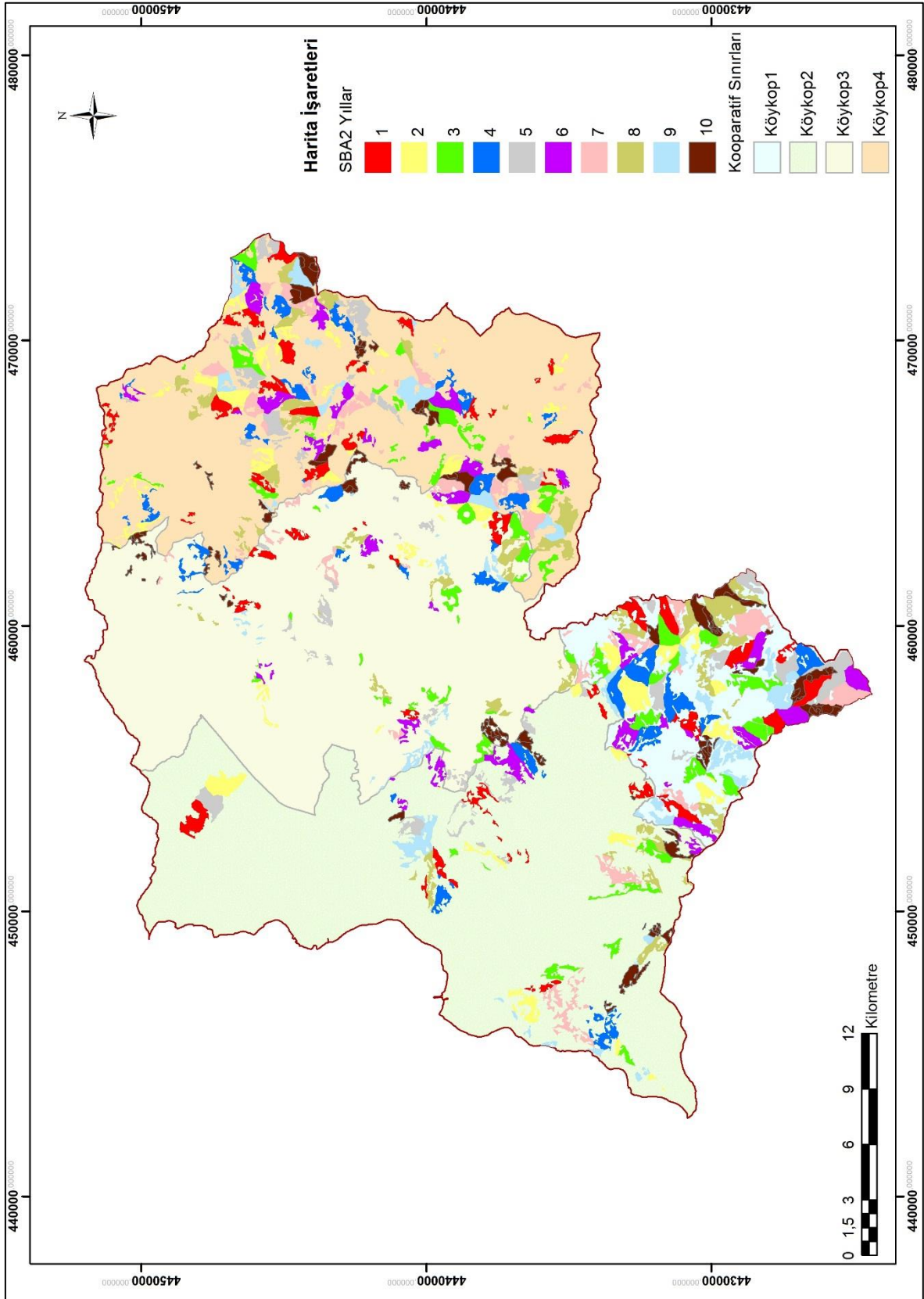
	YIL	SBA1 ETA (m ³)	SBA2 ETA (m ³)	SBA3 ETA (m ³)		SBA1 ETA (m ³)	SBA2 ETA (m ³)	SBA3 ETA (m ³)
KÖYKOP1	1	6.544	6.675	6.100	KÖYKOP2	3.057	3.110	2.940
	2	6.251	6.090	7.162		2.972	2.855	3.591
	3	6.577	6.435	7.569		3.159	3.061	2.961
	4	6.575	6.823	6.522		3.211	3.031	3.547
	5	6.828	6.577	6.500		2.979	2.844	2.749
	6	6.238	6.973	6.617		3.123	3.334	3.081
	7	6.330	6.196	6.354		3.009	3.072	2.888
	8	6.662	6.488	6.779		3.016	2.870	2.511
	9	6.870	6.684	5.161		2.924	3.345	2.982
	10	6.313	6.247	6.424		2.913	2.841	3.113
Toplam		65.188	65.188	65.188		30.363	30.363	30.363
KÖYKOP3	1	2.591	2.662	2.411	KÖYKOP4	7.334	7.320	6.986
	2	2.700	2.475	2.967		7.335	7.882	8.125
	3	2.468	2.420	2.965		7.690	7.505	8.347
	4	2.725	2.774	2.378		7.052	7.355	6.818
	5	2.571	2.479	2.126		7.427	7.408	7.773
	6	2.475	2.630	2.239		7.240	7.204	7.560
	7	2.469	2.593	2.128		7.634	8.065	7.194
	8	2.532	2.430	2.998		7.586	7.656	6.176
	9	2.472	2.658	2.714		7.568	6.708	7.617
	10	2.673	2.555	2.750		6.999	6.762	7.269
Toplam		25.676	25676	25.676		73.865	73.865	73.865



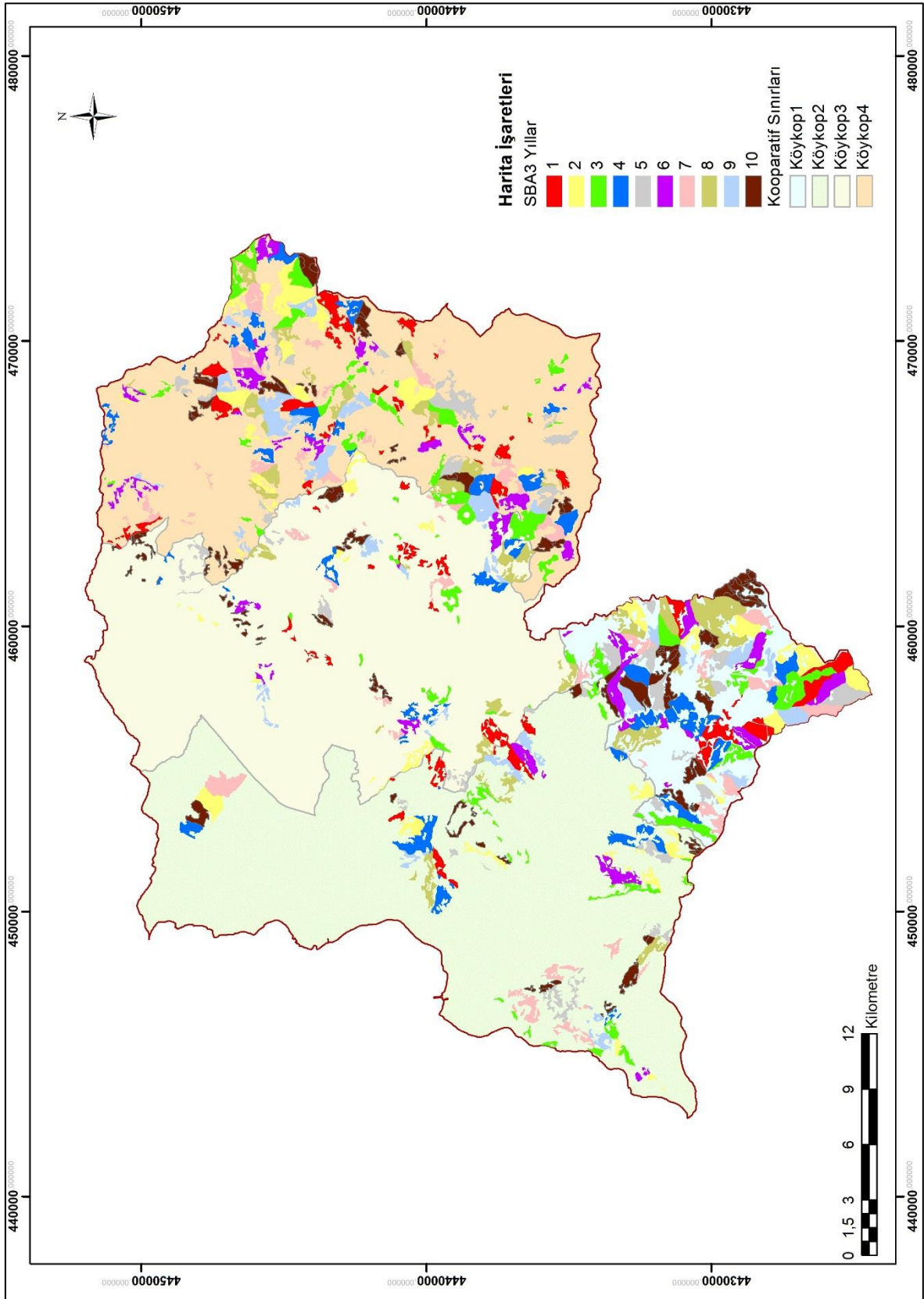
Şekil 38. SBA1, SBA2 ve SBA3 senaryolarının eta miktarlarının KÖYKOP sınırları içerisindeki yıllık dağılımı



Şekil 39. SBA1 senaryosu yıllık kesim planı haitası



Şekil 40. SBA2 senaryosu yıllık kesim planı haritası



Şekil 41. SBA3 senaryosu yıllık kesim planı haritası

3.1.5.3. Tıraşlama İşletmesi Senaryoları Bulguları

Çanakkale Orman İşletme Şefliği planlama biriminde oluşturulan operasyonel planlama problemlerinde kızılçam ağaç türünün hakim olduğu gençleştirme alanlarında büyük alan tıraşlama işletmesi uygulanmaktadır. Bu alanlara ilişkin senaryolar (STA1, STA2 ve STA3) “2.4.8 Planlama Senaryoları” bölümünde ayrıntıları ile verilmiştir. “Tıraşlama Alanları” modülü için örnek olarak üç farklı planlama senaryosu oluşturulmuştur. Her bir senaryolara ilişkin çıktıları grafik ve tablo şeklinde karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Tıraşlama alanları (TA) senaryolarında, mevcut uygulamada kullanılan “Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları No: 298” tebliği esasları doğrultusunda; planlama süresi (10 yıl), yıllık kesim yapılacak olan komşu alanların toplamı 25 hektarı aşmayacak şekilde senaryolar oluşturulmuştur. Ayrıca her yıl belirli bir oran kapsamında yüzde (%) olarak eta esnekliği verilmiştir. Senaryoların koşturulmasıyla elde edilen sonuçlara bakılarak müdahale alanları ve toplam eta seyri ile odun ürün çeşitlerinin zamana bağlı üretim miktarları sonuçları grafik formatında gösterilmiştir.

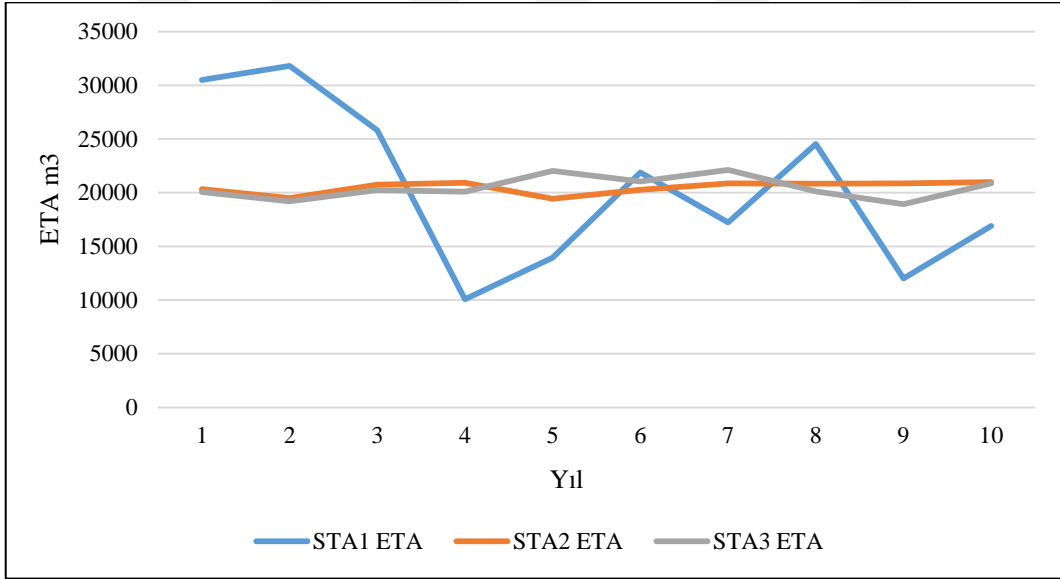
Tıraşlama alanlarında odun üretimini ile elde edile net kârı maksimize eden STA1, STA2 ve STA3 senaryoları optimal çözümde elde ettikleri yıllık ortalama 3.532.798,80 TL iken on yıl sonunda toplamda 35.327.988,00 TL olarak bulunmuştur (Tablo 17). Bu toplam değer tıraşlama alanları içerisindeki bölmeciklerden elde edilen odun üretiminin net kârını kapsamakta olup ormanların diğer fonksiyonlarından elde edilen gelirler ve giderler dâhil edilmemiştir.

Tablo 17. Tıraşlama alanları senaryoları net gelir, eta ve alan değerleri

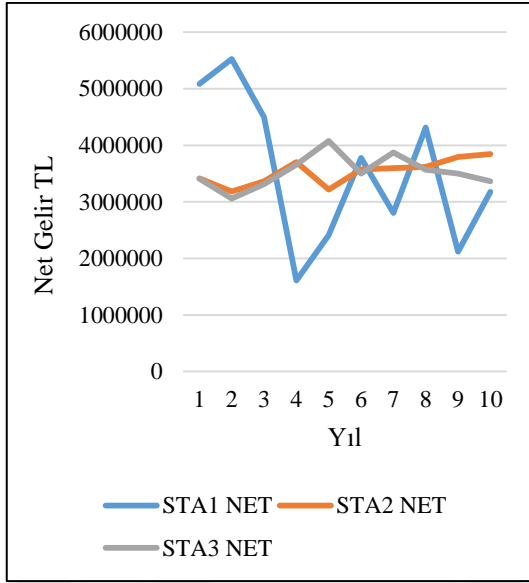
Yıl	STA1 NET (TL)	STA2 NET (TL)	STA3 NET (TL)	STA1 ETA (m ³)	STA2 ETA (m ³)	STA3 ETA (m ³)	STA1 ALAN (ha)	STA2 ALAN (ha)	STA3 ALAN (ha)
1	5.084.105	3.418.513	3.409.943	30.500,13	20.317,41	20.070,86	160,63	97,81	97,02
2	5.524.582	3.185.447	3.057.637	31.805,43	19.491,39	19.210,33	158,37	101,19	97,47
3	4.497.131	3.366.512	3.313.528	25.827,34	20.739,07	20.231,35	116,92	92,18	99,22
4	1.608.913	3.702.432	3.660.348	10.066,85	20.919,34	20.095,66	46,04	94,62	97,91
5	2.416.373	3.220.124	4.078.044	13.953,05	19.427,74	22.021,54	67,05	110,95	97,65
6	3.779.863	3.573.204	3.498.996	21.881,12	20.281,54	21.039,65	97,53	96,59	109,4
7	2.802.612	3.598.229	3.874.565	17.231,54	20.859,04	22.111,73	75,93	92,66	99,22
8	4.317.868	3.620.312	3.569.099	24.548,73	20.825,38	20.128,95	119,33	98,35	96,57
9	2.118.338	3.795.116	3.498.547	12.007,46	20.871,40	18.937,23	61,3	98,58	82,68
10	3.178.203	3.848.098	3.367.279	16.892,87	20.982,21	20.867,22	77,02	97,19	102,98
Toplam	35.327.988	35.327.988	35.327.988	204.715,00	204.715,00	204.715,00	980,00	980,00	980,00

STA1, STA2 ve STA3 senaryolarından elde edilen yıllık net gelir değerleri grafik üzerinde incelendiğinde, STA1 eşit eta oranı verilmediğinde keskin zikzakların oluşması dikkat çekmektedir. Bu durum aslında çözüme giren bölmeciklerin parçalanmaması sebebiyle elde edilen gelirlerin dalgalanmaya neden olmasıdır. STA2 ve STA3 senaryolarında elde edilen eta miktarlarındaki dalgalanma oranı birbirine yakın tutulduğundan, senaryoların eta sürekliliğini sağlayan sonuç grafikleri yakın seyretmiştir. Eta sürekliliği yıllar itibariyle STA2 senaryosunda 19.427,74 m³ ile 20.982,21 m³ ve STA3 senaryosunda ise 18.937,23 m³ ile 22.111,73 m³ arasında değerler elde edilmiştir. Bu aşamada da, en az dalgalanma gösteren STA2 en az dalgalanma ile en iyi senaryo olarak değerlendirilmiştir (Şekil 42) ve ürün çeşitleri miktarları tablo 18’de görülmektedir.

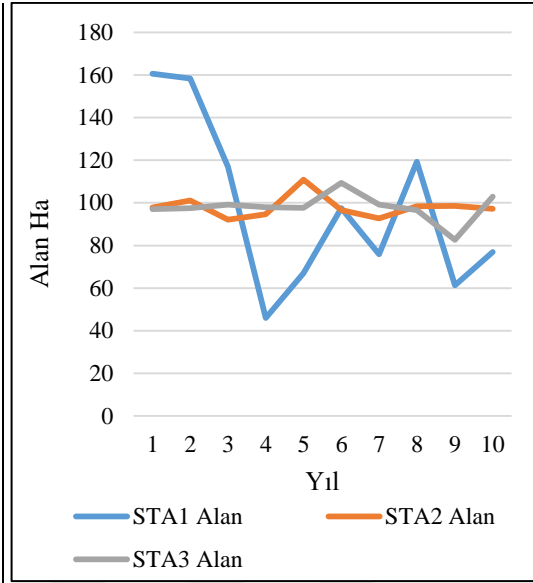
STA1, STA2 ve STA3 senaryolarından yıllık kesim alanları miktarlarındaki en yüksek değerler ise STA1 senaryosu birinci yılındaki 160,63 ha ile dördüncü yılındaki 46,04 ha arasında gerçekleşmiştir (Şekil 43, 44). Senaryolara ait konumsal kesim planları haritaları Şekil 45, 46 ve 47’de gösterilmektedir.



Şekil 42. Tıraşlama alanları senaryolarının yıllık eta miktarları dağılımı



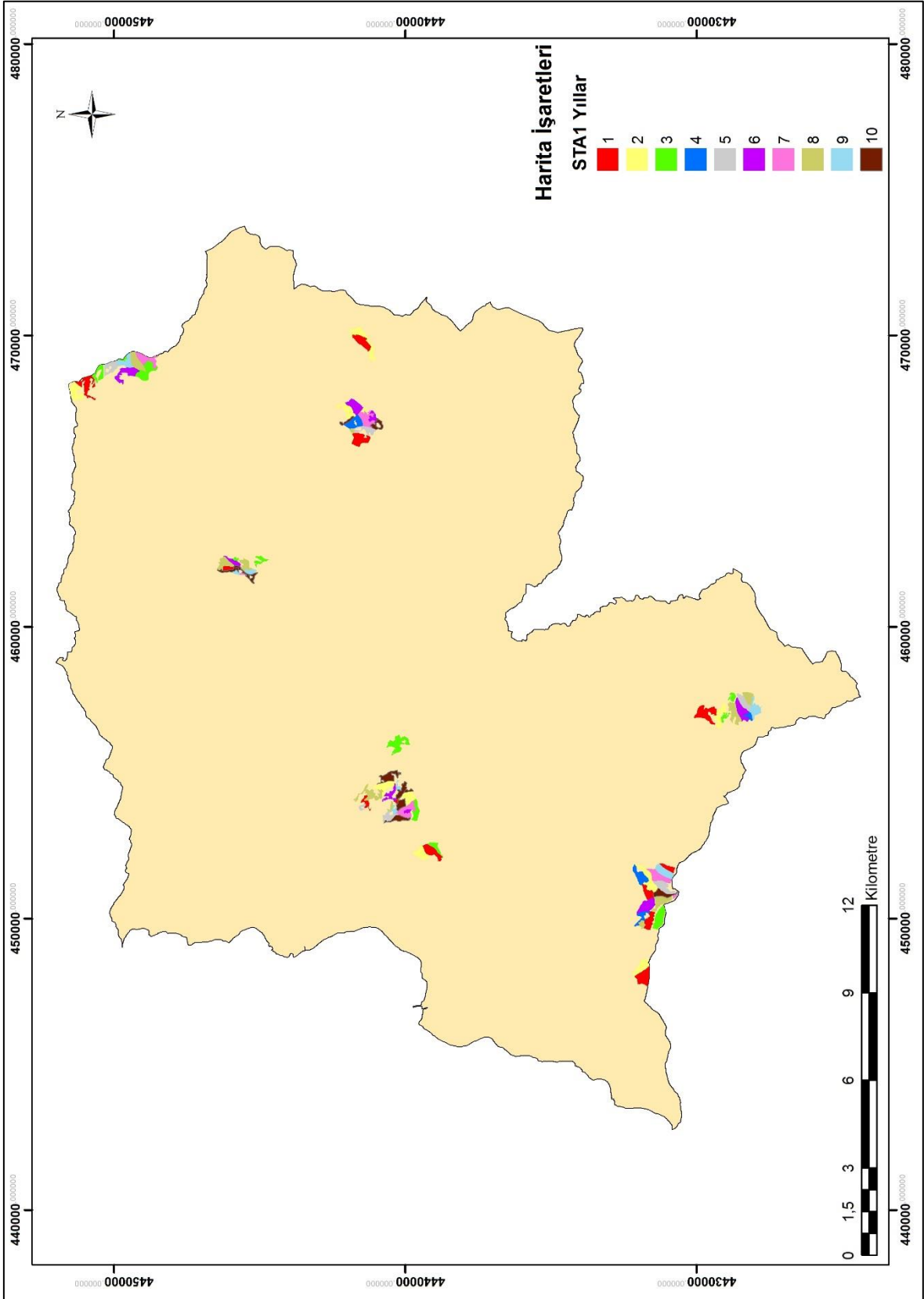
Şekil 43. TA senaryolarının yıllık net gelir dağılımı



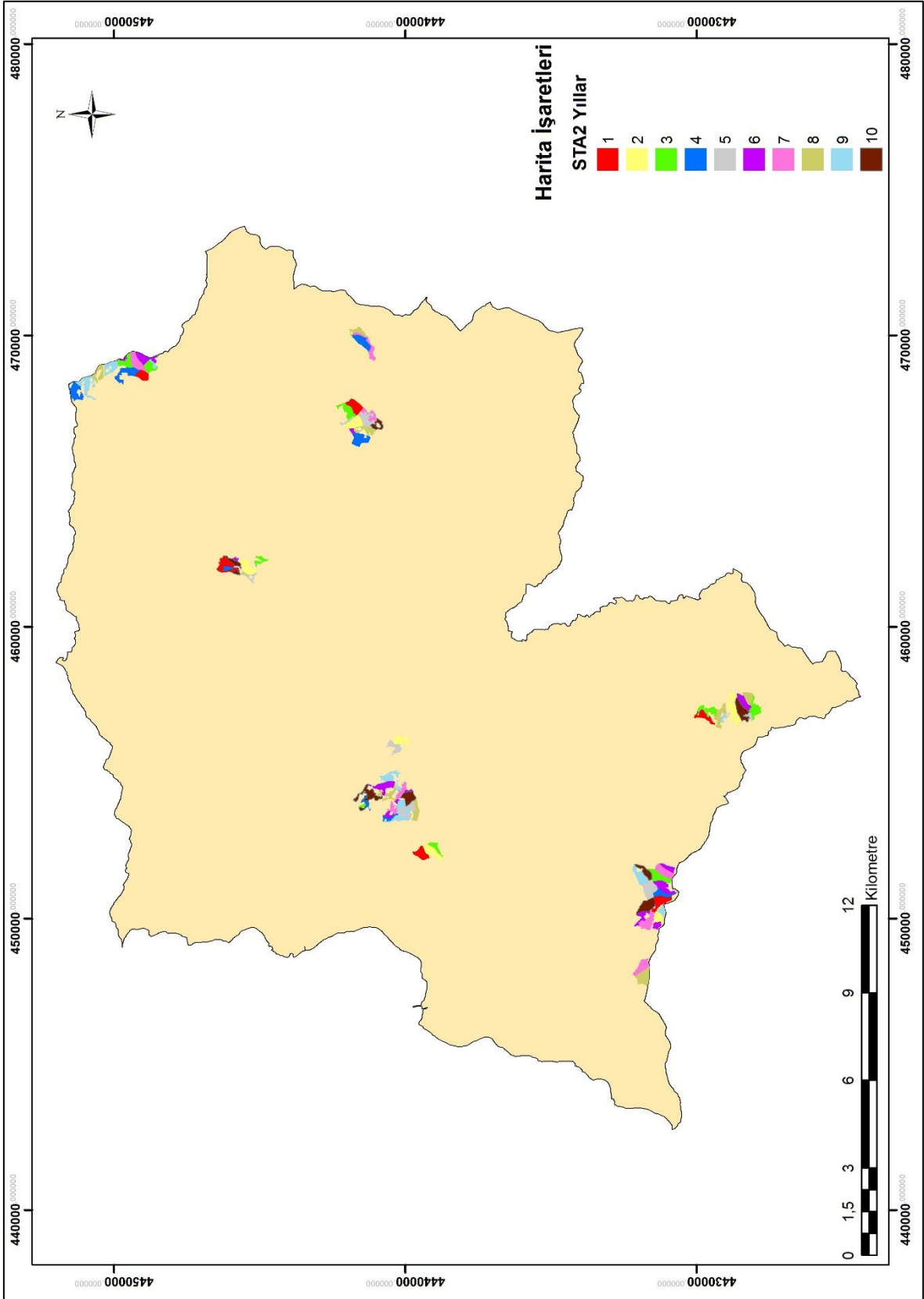
Şekil 44. TA senaryolarının yıllık alan dağılımı

Tablo 18. Tıraşlama alanları modelinde STA2 odun ürün çeşitleri miktarları

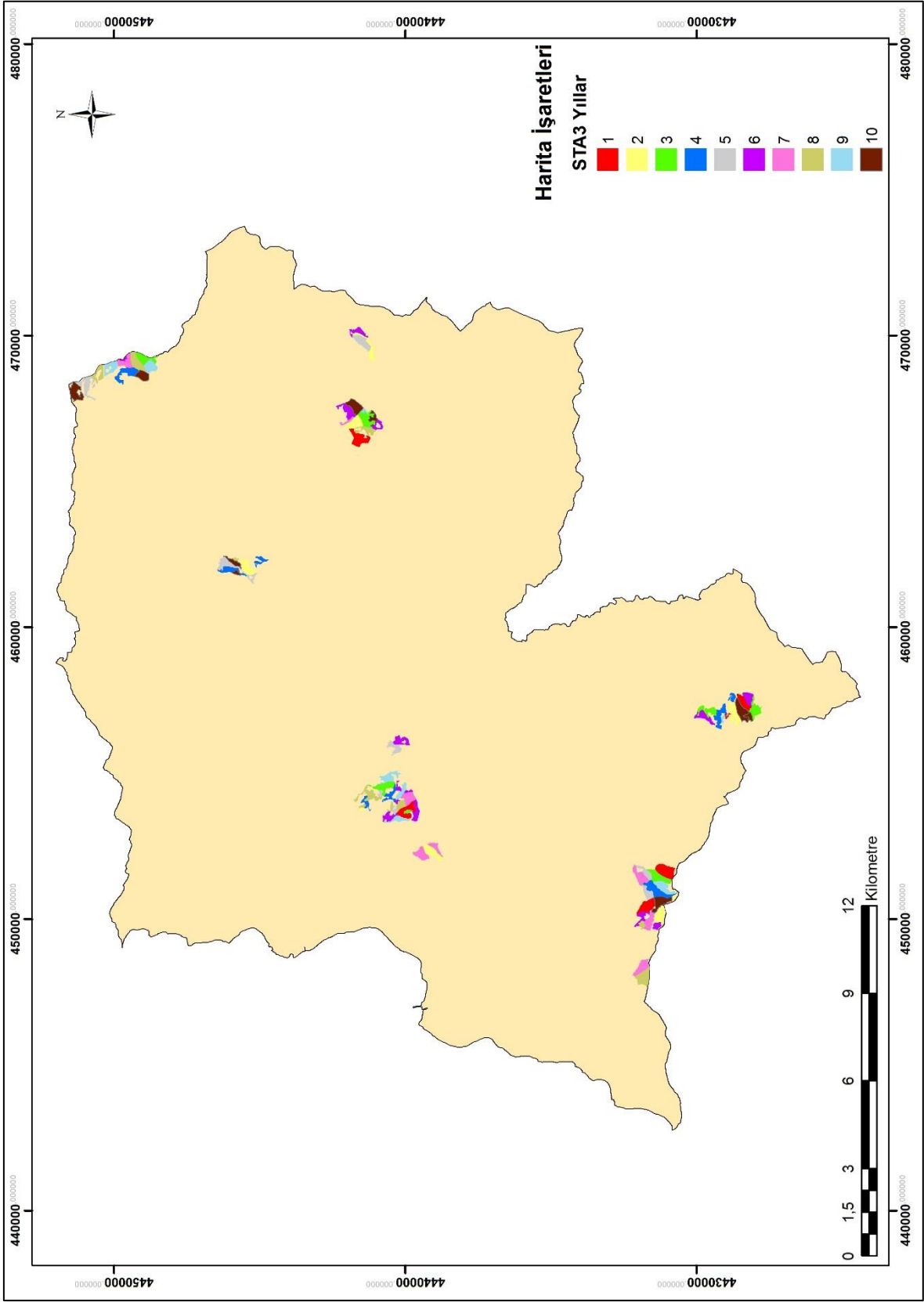
Yıllar	Tomruk (m ³)	Maden Direği (m ³)	Sanayi Odunu (m ³)	Yakacak Odun (m ³)
1	9.658,16	3.340,56	2.727,58	4.591,12
2	8.646,55	3.403,94	2.813,18	4.627,72
3	9.111,50	3.650,32	3.021,37	4.955,89
4	9.963,67	3.433,29	2.802,25	4.720,14
5	9.063,59	3.249,52	2.662,63	4.451,97
6	8.800,30	3.605,24	2.989,68	4.886,28
7	9.003,86	3.723,03	3.089,74	5.042,39
8	9.280,53	3.623,32	2.992,33	4.929,22
9	9.521,72	3.560,30	2.928,87	4.860,50
10	9.916,28	3.468,50	2.835,20	4.762,21
Genel Toplam	92.966,16	35.058,02	28.862,83	47.827,44



Şekil 45. STA1 senaryosu yıllık kesim planı haritası



Şekil 46. STA2 senaryosu kesim planı haritası



Şekil 47. STA3 senaryosu kesim planı haritası

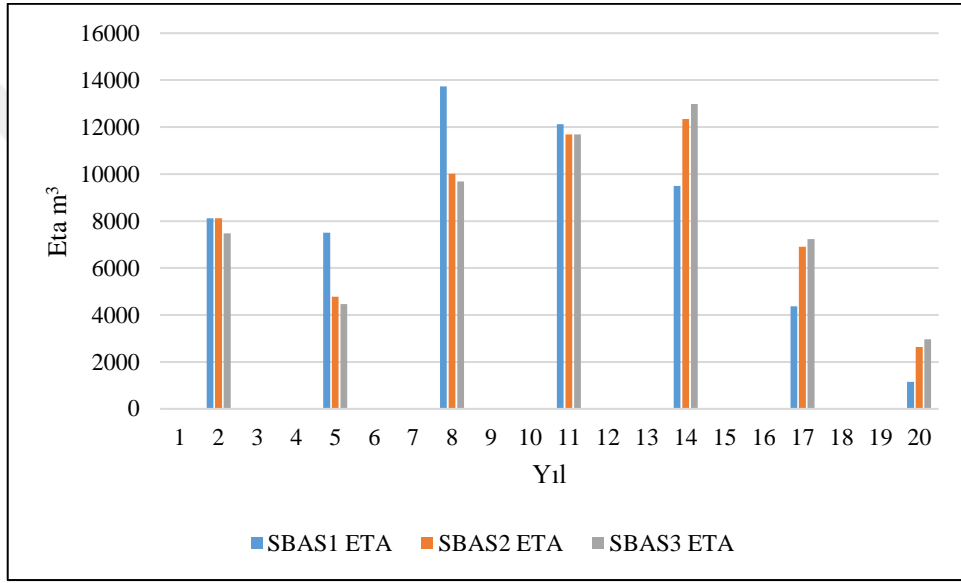
3.1.5.4. Büyük Alan Siper İşletmesi Senaryoları Bulguları

Çanakkale Orman İşletme Şefliği planlama biriminde oluşturulan operasyonel planlama problemlerinde karaçam ağaç türünün hakim olduğu aynı yaşlı koru ormanlarında son hasılat kesiminde (gençleştirme alanlarında) “büyük alan siper işletmesi” uygulanmaktadır. Karaçam türü için 20 yıl içerisinde uygun olan her bol tohum yıllarında eta alınması hedeflenmiştir. Modelde ayrıca tohumlama aralığı üç yıl, tohumlama başlangıcı 2019, çıkış yaşı altı ve bol tohum yıllarında belirli bir eta değeri olacak şekilde kısıtlar oluşturulmuştur. Bu alanlara ilişkin senaryolar (SBAS1, SBAS2 ve SBAS3) “2.4.8 planlama senaryoları” bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir. “Büyük Alan Siper Alanları” modülü için örnek olarak üç farklı planlama senaryosu oluşturulmuştur. Her bir senaryonun çıktıları grafik ve tablo şeklinde karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Senaryolar ile elde edilen sonuçlara bakılarak müdahale alanlarından elde edilen net gelirler, toplam eta ve alan değerleri tablo 19’de gösterilmektedir.

Tablo 19. Büyük alan siper işletmesi alanları SBAS1, SBAS 2 ve SBAS 3 senaryolarının net gelir, eta ve alan değerleri

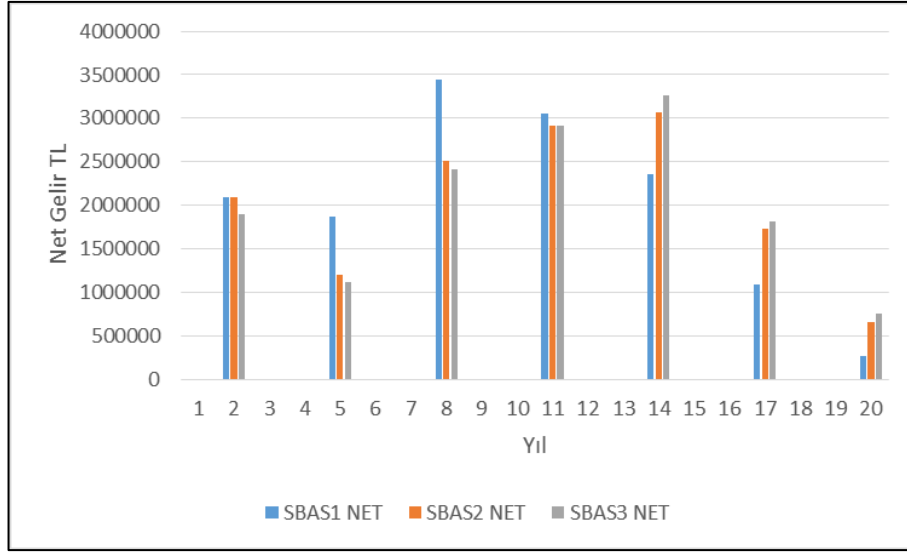
Yıl	SBAS1 NET(TL)	SBAS2 NET(TL)	SBAS3 NET(TL)	SBAS1 ETA(m ³)	SBAS2 ETA(m ³)	SBAS3 ETA(m ³)	SBAS1 ALAN(Ha)	SBAS2 ALAN (Ha)	SBAS3 ALAN(Ha)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2.090.103	2.090.103	1.899.443	8.123,20	8.123,20	7.478,76	48,48	48,48	43,86
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1.864.295	1.204.454	1.109.124	7.505,66	4.778,84	4.456,62	66,34	53,74	49,12
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	3.448.372	2.510.948	2.415.618	13.740,36	10.011,98	9.689,76	108,12	84,58	79,96
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3.048.084	2.918.378	2.918.378	12.120,46	11.693,76	11.693,76	93,42	79,68	79,68
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	2357098	3.068.708	3.259.368	9.494,12	12.343,84	12.988,28	87,58	100,18	104,80
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1.090.527	1.724.200	1.819.530	4.362,88	6.908,76	7.230,98	45,80	69,34	73,96
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	269.721	651.410	746.740	1.152,84	2.639,14	2.961,36	12,02	25,76	30,38
Toplam	14.168.201	14.168.201	14.168.201	56.499,52	56.499,52	56.499,52	461,76	461,76	461,76

Büyük alan siper işletmesi alanlarında koşturulan SBAS1, SBAS2 ve SBAS3 senaryolarına ait eta değerleri; SBAS1 senaryosunda 1.152,84 m³ ile 13.740,36 m³, SBAS2 senaryosunda 2.639,14 m³ ile 12.343,84 m³ ve SBAS3 senaryosunda ise 2.961,36 m³ ile 12.988,28 m³ arasında değerler olarak bulunmuş ve toplamda 20 yıl için 56.499,52 m³ ürün elde edilmiştir. Bu durumda en az dalgalanma gösteren senaryo SBAS2 olarak bulunmuştur (Şekil 48). Senaryoların planlama süresi sonunda net kârı toplamda 14.168.201 TL olarak bulunmuştur (Tablo 19, Şekil 49).

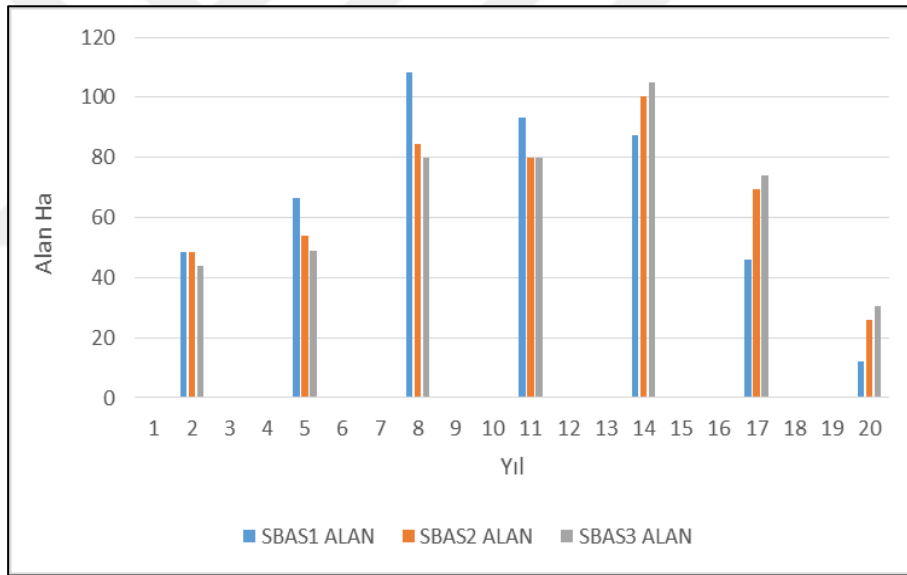


Şekil 48. Büyük alan siper işletmesi senaryolarında eta miktarları dağılımı

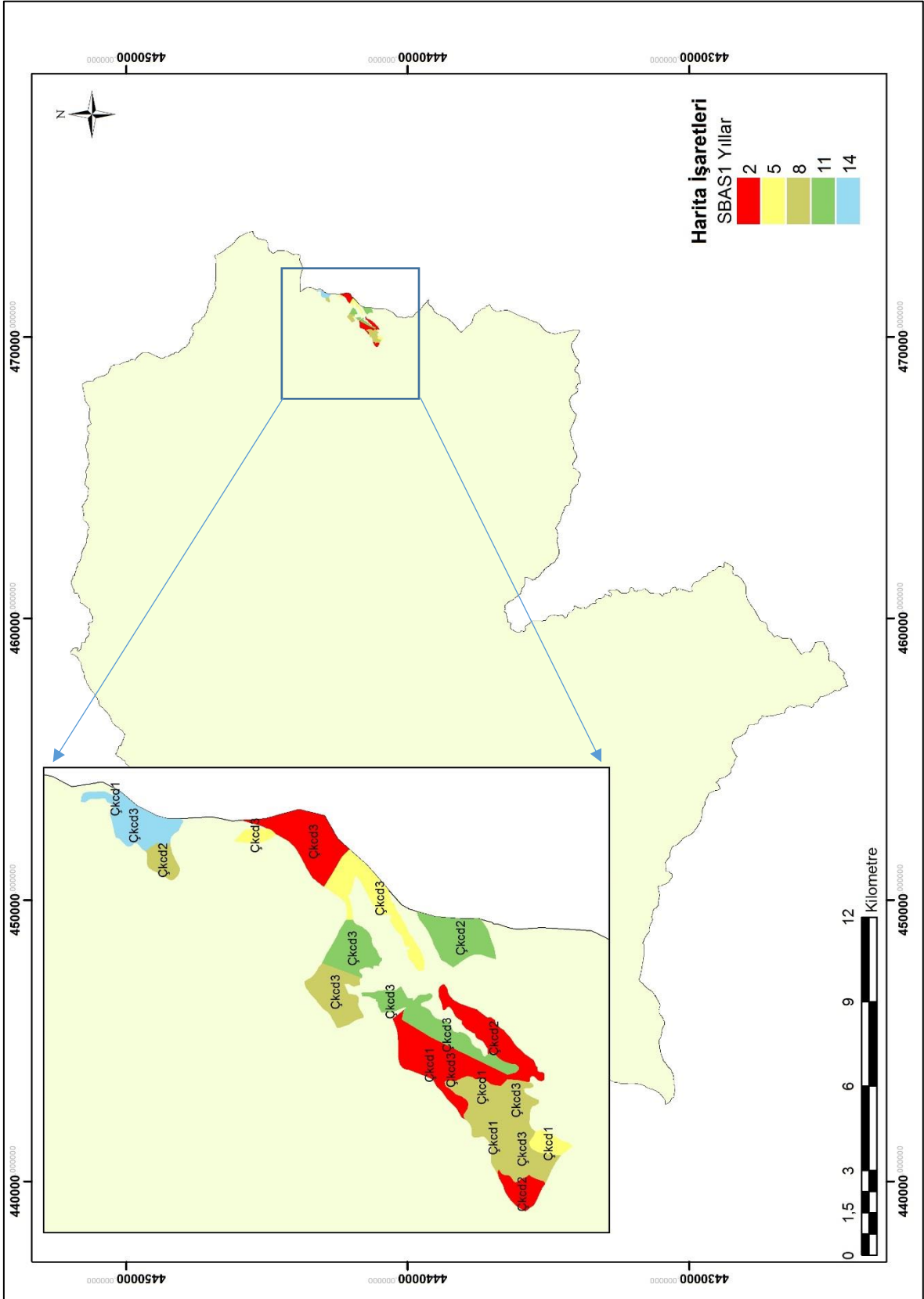
SBAS1, SBAS2 ve SBAS3 senaryolarından alan miktarları dikkate alındığında müdahale alanlarında ışıklandırma kesimin yapıldığında yine aynı yıl başka alanlarda da tohumlama ya da boşaltma kesimi yapılabilmektedir. Bu yüzden gençleştirme alanlarının dağılımları yıllar itibariyle yüksek çıkabilmektedir. SBAS1 senaryosunun sekizinci yılı dikkate alındığında, ilk bol tohum yılı 2019 (senaryoda 2. yıl) olduğu için kesime alınan alanlar aynı zamanda çıkış yaşı olan (tohumlama kesimin den sonra 6. yıl) 2025 yılında boşaltma kesimine tabi tutulacaklardır. 2025 yılı aynı zamanda bol tohum yılı olduğundan yeni başlayan bir gençleştirme alanı olabileceğinden müdahale alanı 108 hektara kadar yükselebilmektedir (Şekil 50). Senaryolarına ait konumsal kesim planları haritaları Şekil 51, 52 ve 53'de gösterilmektedir.



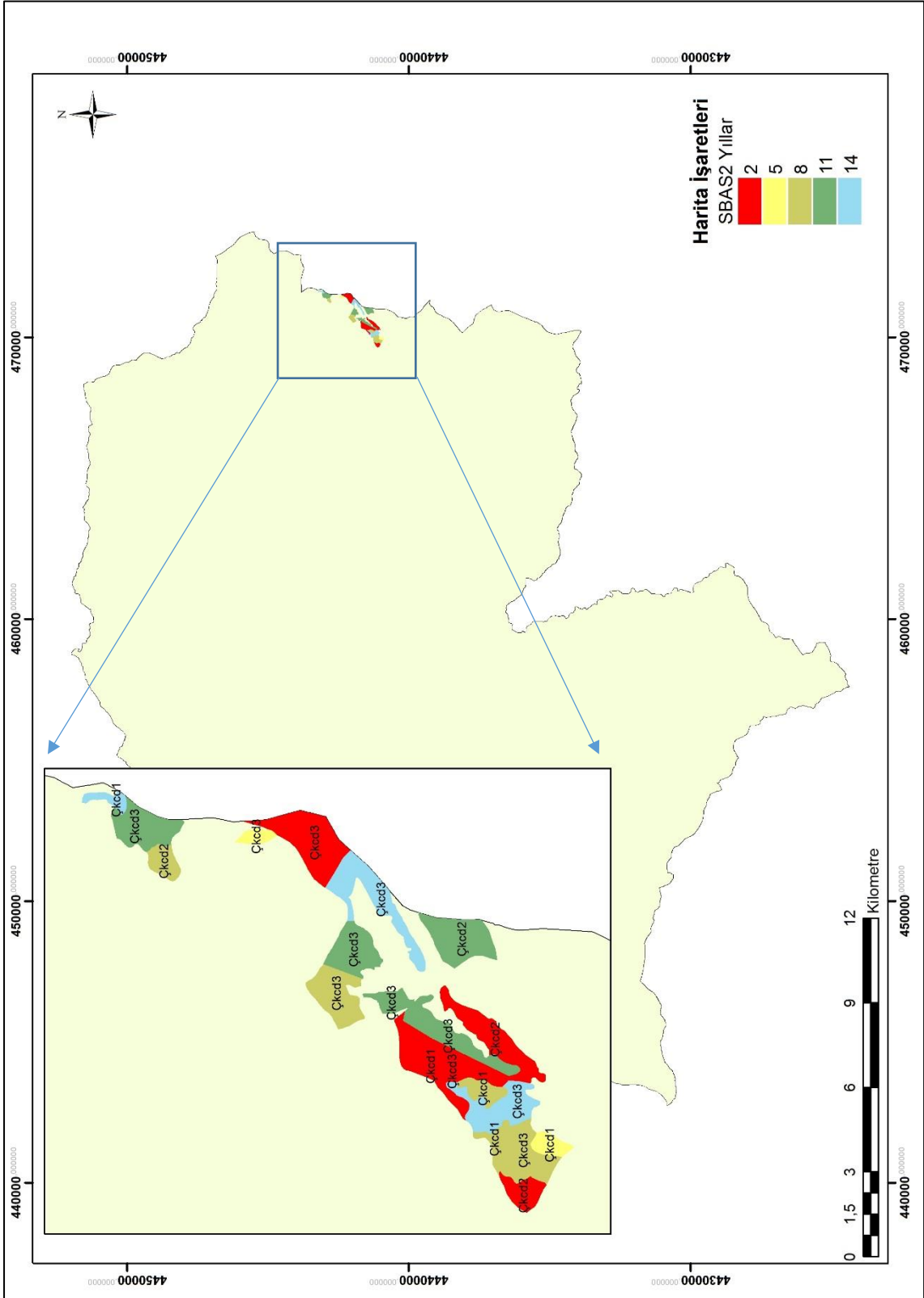
Şekil 49. BASİ senaryolarının net gelir dağılımı



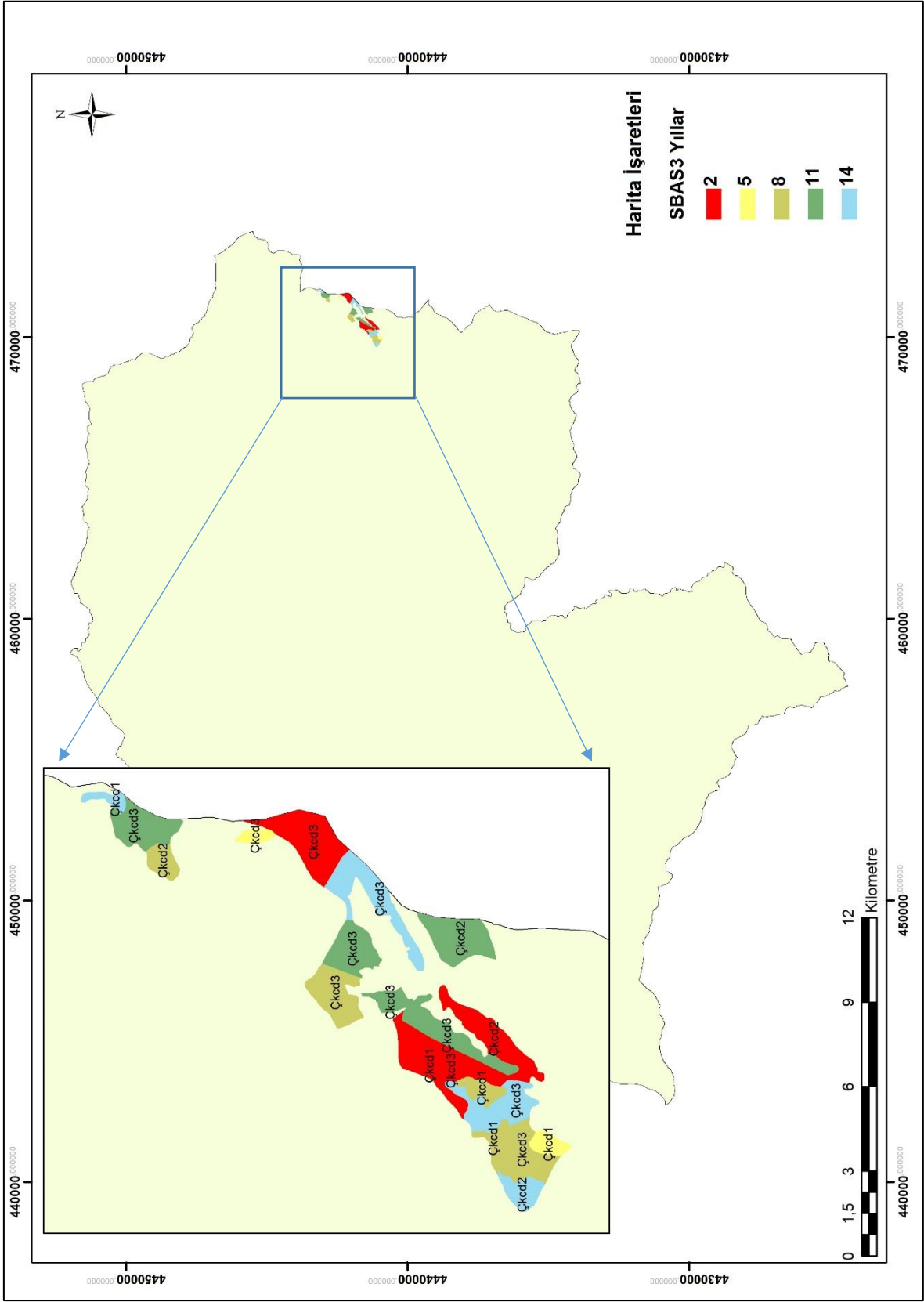
Şekil 50. BASİ senaryolarının alan dağılımı



Şekil 51. SBAS1 senaryosu yıllık kesim planı haritası



Şekil 52.SBAS2 senaryosu yıllık kesim planı haritası



Şekil 53. SBAS3 senaryosu yıllık kesim planı haritası

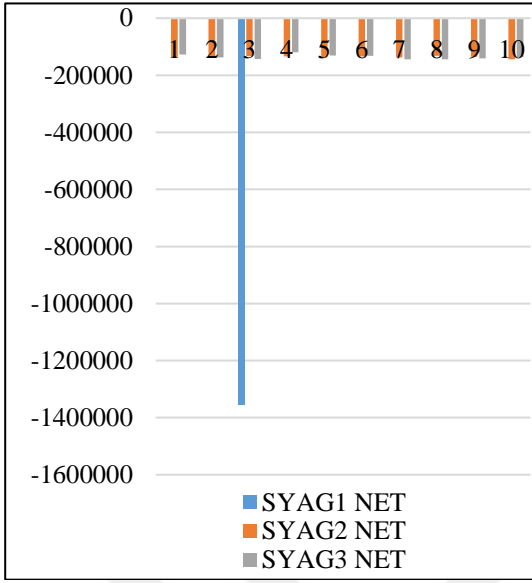
3.1.5.5. Ağaçlandırma Alanları Senaryoları Bulguları

anakkale OİŞ planlama biriminde oluşturulan operasyonel planlama problemlerinde yapay gençleştirme uygulanacak son hasılat alanlarında ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır. Bu alanlara ilişkin senaryolar (SYAG1, SYAG2 ve SYAG3) “2.4.8 Planlama Senaryoları” bölümünde ayrıntıları ile verilmiştir. “Ağaçlandırma Alanları” modülü için örnek olarak üç farklı planlama senaryosu oluşturulmuştur. Her bir senaryonun çıktıları grafik ve tablo karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Her yıl belirli bir oran da ağaçlandırmaya ayrılan alanlarda, arazi hazırlığı ve fidan dikimi yapılmak suretiyle genç meşcereler oluşturulmuştur.

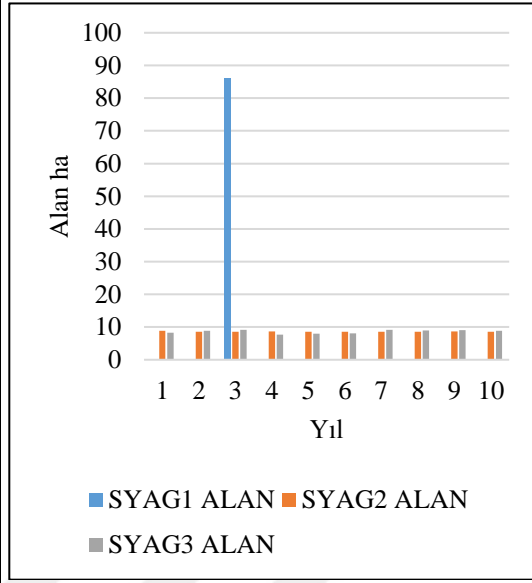
SYAG1, SYAG2 ve SYAG3 senaryolarında maliyet minimizasyonu hedeflenerek periyot süresi içerisinde toplam ağaçlandırma gideri 1.355.756 TL olmuştur (Şekil 54). SYAG1 senaryosunda alan değeri girilmediğinden model, tek bir yılda tüm alanı ağaçlandırmıştır. SYAG2’de yıllar itibariyle en fazla 8,86 ha ve en az 8,51 ha; SEP3’de ise en fazla 9,11 ha ve en az 7,71 ha alanlar da ağaçlandırma alanları oluşturulmuştur (Tablo 20) (Şekil 55). Her yıl eşit miktarda alanın işleme alınması prensibine en yakın sonuçları verdiği için SYAG2 en iyi uygulanabilir senaryo olmuştur. Senaryolara ait konumsal yapay ağaçlandırma planların haritaları Şekil 56, 57 ve 58’de gösterilmektedir.

Tablo 20. Ağaçlandırma alanları SYAG1, SYAG2 ve SYAG3 senaryolarının net gelir, eta ve alan değerleri

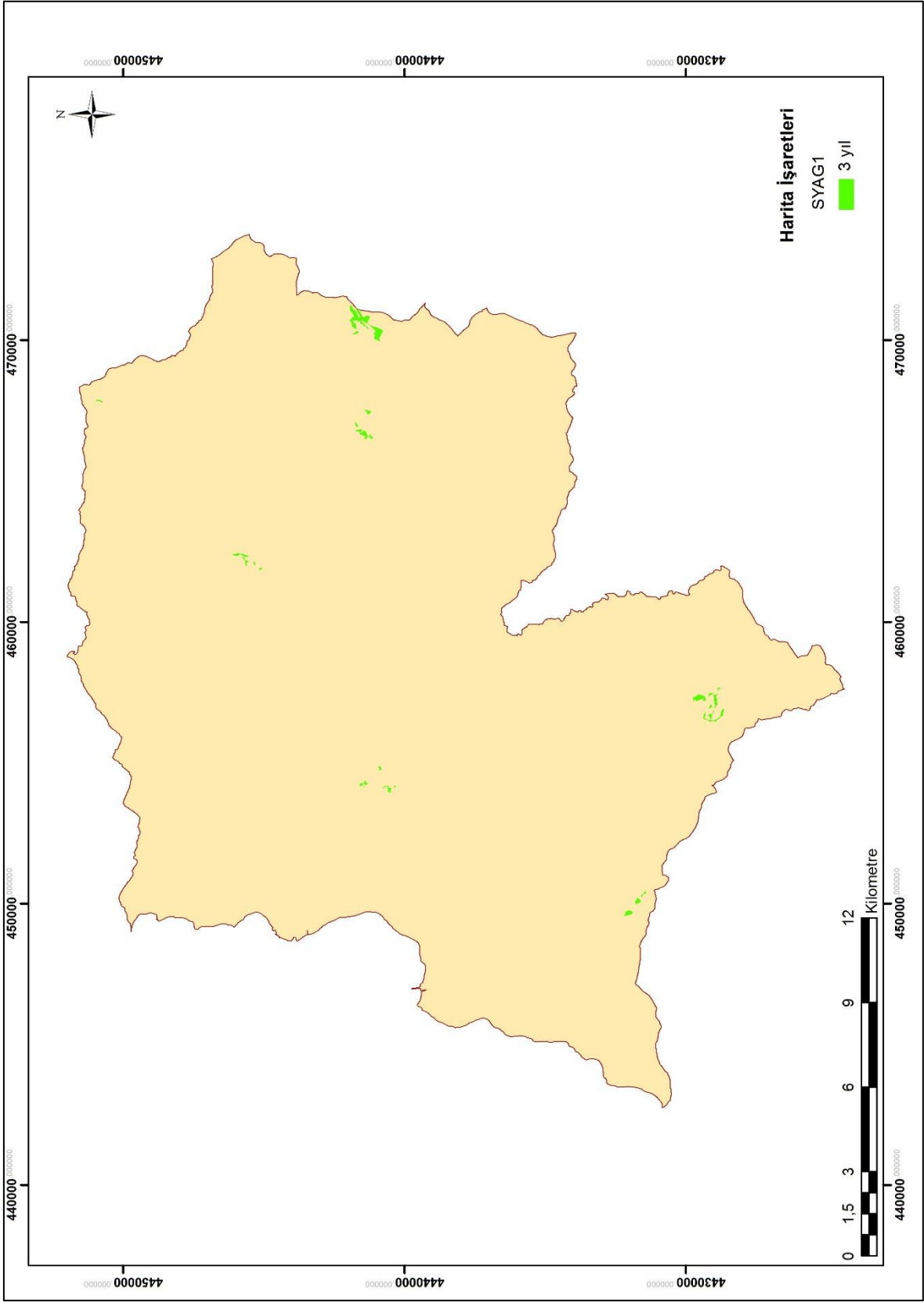
Yıl	SYAG1 NET (TL)	SYAG2 NET (TL)	SYAG3 NET (TL)	SYAG1 ALAN (ha)	SYAG2 ALAN (ha)	SYAG3 ALAN (ha)
1	0	-137.397,8	-127.635,8	0	8,86	8,24
2	0	-132.790,5	-137.328,6	0	8,57	8,86
3	-1.355.756	-132.740,3	-143.034,7	85,98	8,56	9,10
4	0	-133.568,8	-119.523,1	0	8,62	7,71
5	0	-136.969,9	-130.826,8	0	8,53	8,01
6	0	-134.025,2	-132.214,0	0	8,52	8,10
7	0	-137.344,2	-144.470,6	0	8,60	9,11
8	0	-131.805,4	-143.702,7	0	8,51	8,97
9	0	-134.833,9	-140.234,7	0	8,65	9,05
10	0	-144.280,2	-136.785,2	0	8,56	8,83
Toplam	-1.355.756	-1.355.756	-1.355.756	85,98	85,98	85,98



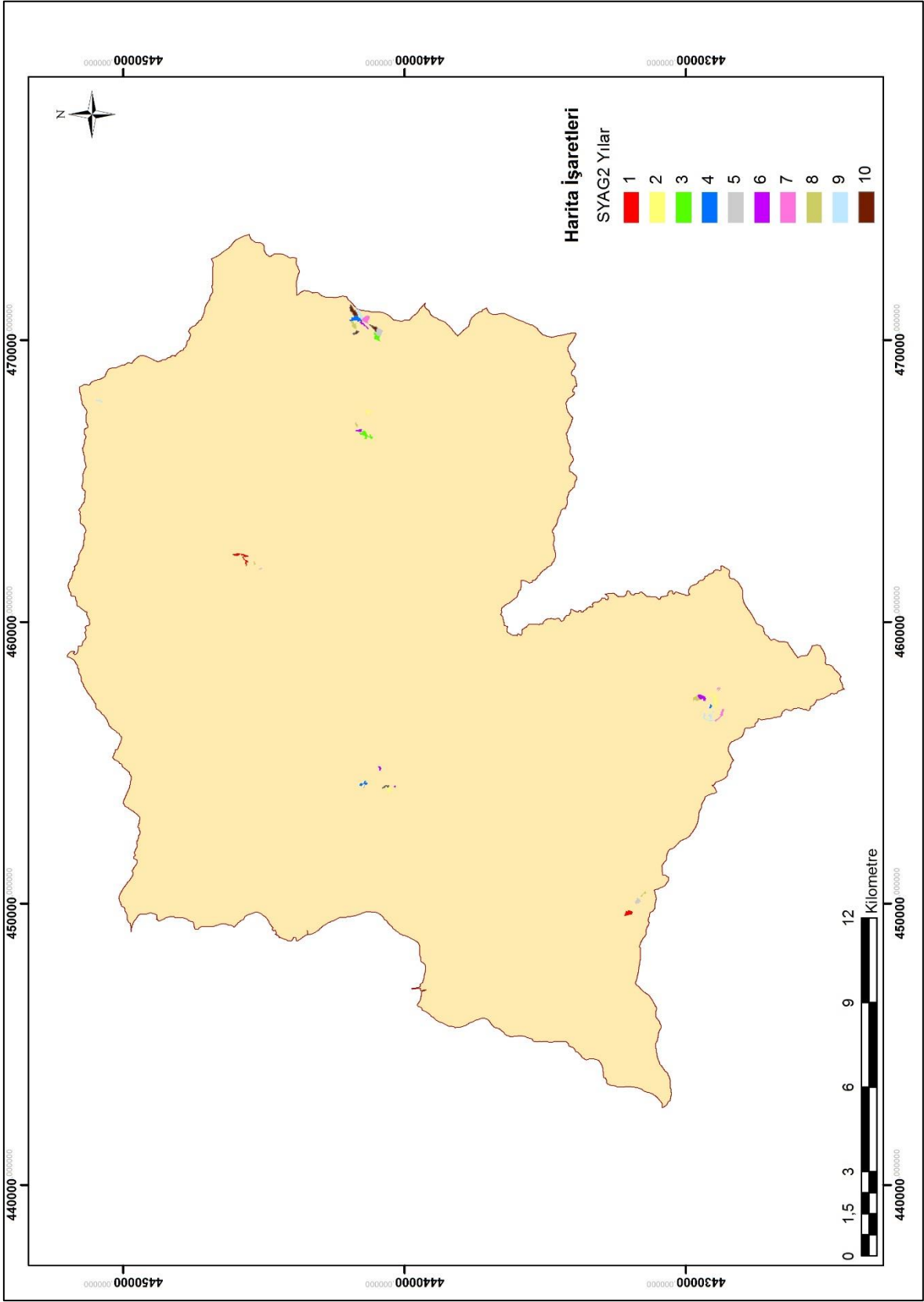
Şekil 54. YAGA SYAG1, SYAG2 ve SYAG3 senaryoları yıllık net gelir miktarları dağılımı



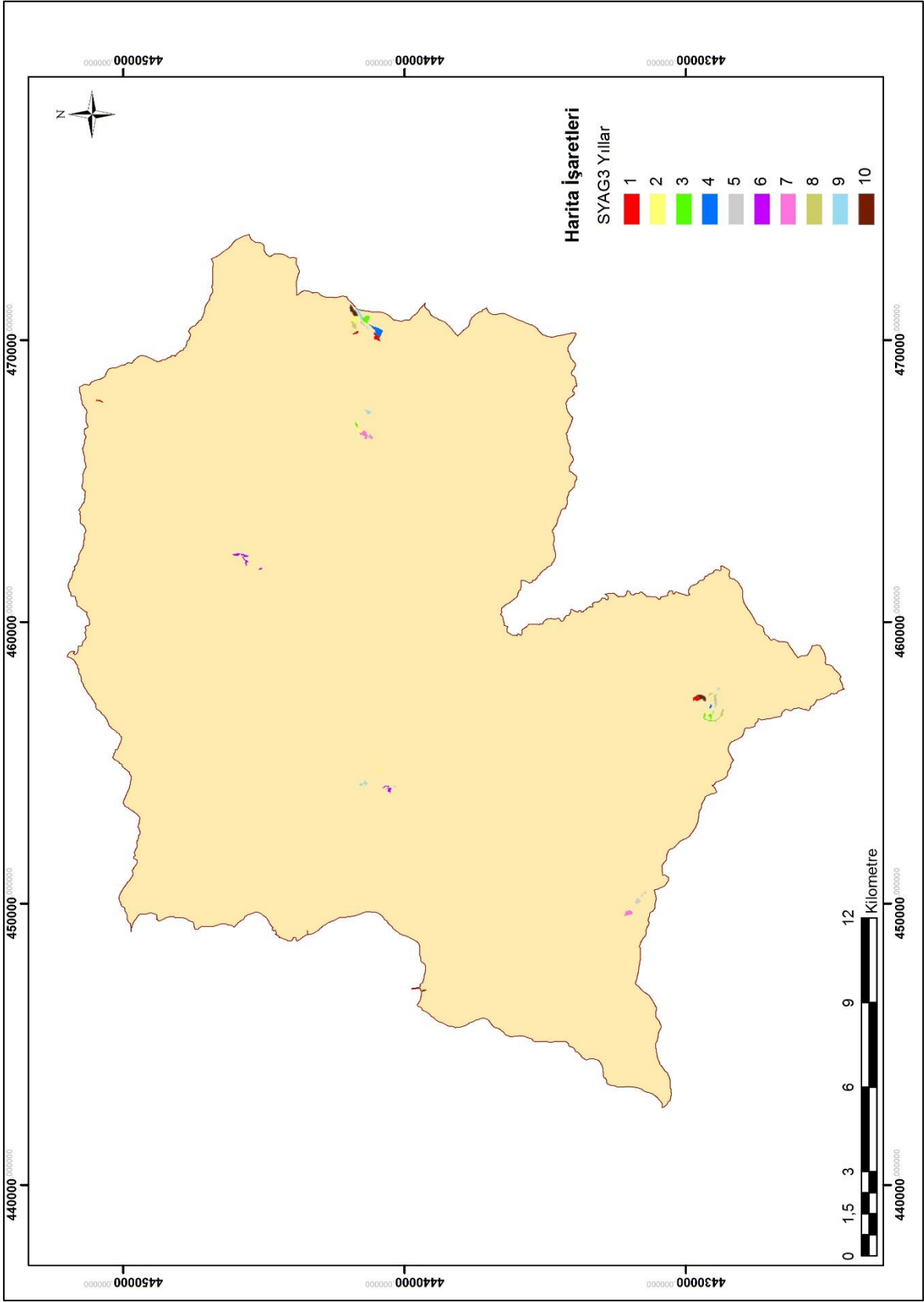
Şekil 55. YAGA SYAG1, SYAG2 ve SYAG3 senaryoları yıllık alanları dağılımı



Şekil 56. SAGS1 senaryosu yıllık ağaçlandırma alanları



Şekil 57. SAGS2 senaryosu yıllık ağaçlandırma alanları



Şekil 58. SAG3 senaryosu yıllık ağaçlandırma alanları

3.1.6. Planlama Senaryolarına Ait Genel Bulgular

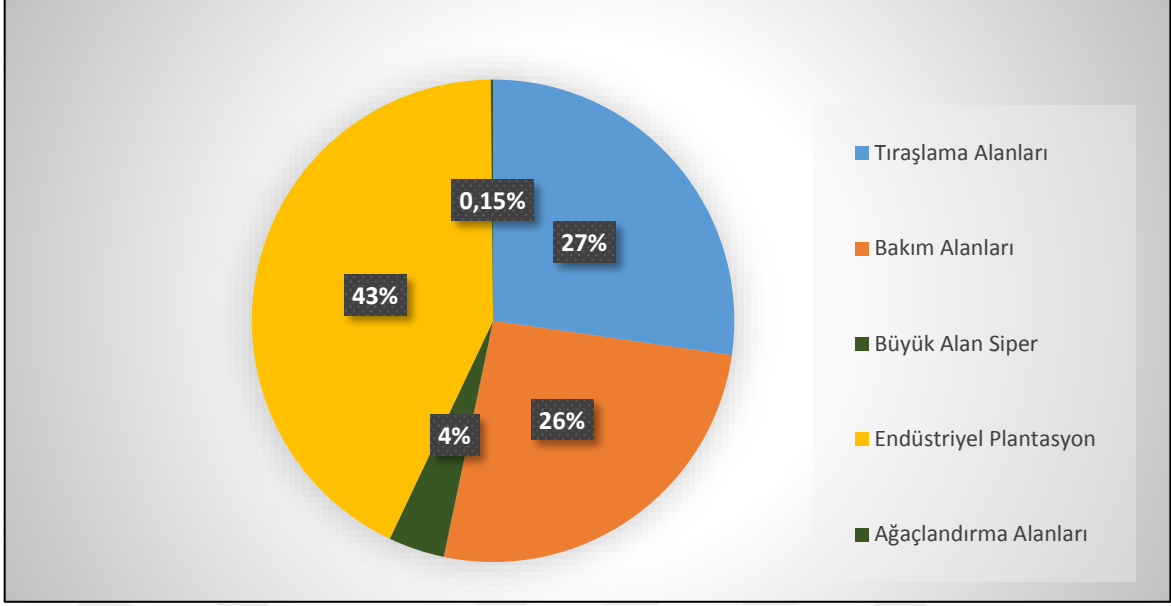
Çanakkale Orman İşletme Şefliği'nde oluşturulan beş silvikültürel faaliyet alanları (endüstriyel plantasyon, bakım, tıraşlama, büyük alan siper ve ağaçlandırma alanları) için 15 senaryo (SEP1, SEP2, SEP3, SBA1, SBA2, SBA3, STA1, STA2, STA3, SBAS1, SBAS2, SBAS3, SYAG1, SYAG2 ve SYAG3) uygulandı. Farklı kısıtlar kullanılarak oluşturulan senaryolara göre elde edilecek kâr (net gelirin) maksimize eden kesim düzenleri belirlendi. İşletme sınıflarının amaçlarına en uygun senaryo sonuçları ve odun üretiminin ürün çeşitlerine olan dağılımları incelendi.

On beş farklı senaryo içerisinde işletme sınıfları gereksinimlerine en uygun olanlar sırasıyla, endüstriyel plantasyon alanlarında SEP2, bakım alanlarında SBA1, tıraşlama alanlarında STA2, büyük alan siper işletmesinin uygulandığı alanlarda SBAS2 ve ağaçlandırma alanlarında ise SYAG2 senaryoları olmaktadır. Bütün bu senaryolar tek bir çatı altında toplandığında son hasılat etası 555.234 m³, ara hasılat etası 195.097 m³ ile toplamda 750.331 m³ olarak elde edilmektedir. Toplam 101.555.034,00 TL net gelir sağlanmıştır (Tablo 21).

Tablo 21. Senaryo gruplarının toplam eta değerleri

Senaryo Grupları	Son Hasılat Etası (m ³)	Ara Hasılat Etası (m ³)	Net Gelir (TL)
Tıraşlama Alanları	204.715	0	35.327.988,00
Bakım Alanları	0	195.097	29.546.481,00
Büyük Alan Siper	28.250	0	14.168.201,00
Endüstriyel Plantasyon	321.100	0	23.868.120,00
Ağaçlandırma Alanları	1.170	0	-1.355.756,00
Toplam	555.234	195.097	101.555.034,00

Toplam etanın % 43'lük bölümü endüstriyel plantasyon alanlarından, %27'si tıraşlama alanlarından, %26'sı bakım alanlarından, %4'ü büyük alan siper alanlarından ve % 0,15'i ağaçlandırma alanlarından üretildi (Şekil 59). En yüksek odun üretiminin endüstriyel plantasyon sahaları senaryolarından elde edilmesinin sebebi olarak, koşturulan idare suresi 30 yıl olduğundan sonuçlar diğer senaryo gruplarına göre fazla çıkmaktadır.



Şekil 59. Toplam etanın senaryo gruplarına yüzdelerle dağılımı

Beş senaryo (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) doğrulusunda ormandan üretilen odun üretimi miktarının odun ürün çeşitlerine göre dağılımında toplam; tomruk 309.876 m³, yakacak odun 187.829 m³, maden direği 135.226 m³ ve son olarak da sanayi odunu 117.400 m³ üretilmektedir.

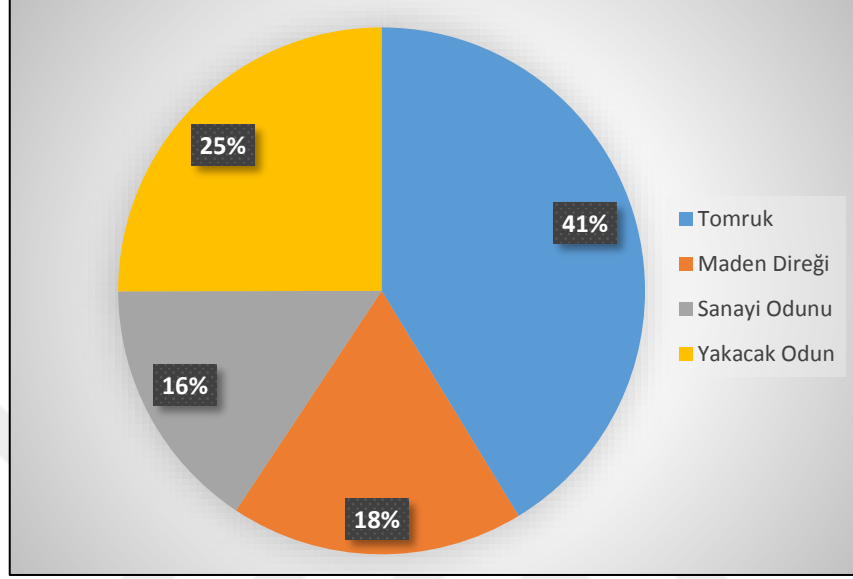
Toplam yuvarlak odun üretim miktarının odun ürün çeşitlerine dağılımına bakıldığında; % 41'lük bölümünü tomruk, %25'ni yakacak odun, %18'si maden direği ve %16'sı da sanayi odunu olduğu görülmektedir (Şekil 60).

Tüm planlama senaryoları odun üretimine bağlı olması sebebiyle, geliri en çok olan ürün çeşidi tomruk olduğundan model tüm senaryolarda tomruk miktarı ve gelirlerini en yüksek seviyeye getirebilecek şekilde kesim planını belirlemiştir. Gençleştirmeye alınan alanların büküklüğü ve meşcerelerin orta çaplarının kalın olması elde edilen tomruk miktarını arttırmakta buda gelirin daha yüksek çıkmasına neden olmaktadır.

Yakacak odun üretim miktarlarının bu denli yüksek çıkması meşcerelerin orta çapına ve özellikle yörede üretilen kızılçam türünün yuvarlak ürün çeşitleri fomülasyonundaki yüzdeler oranlarının dağılımından kaynaklanmaktadır. Fakat yakacak odun niteliğinde olan bu ürünlerin uygun olan büyük bir kısmı lif yonga endüstrisinde değerlendirilmektedir.

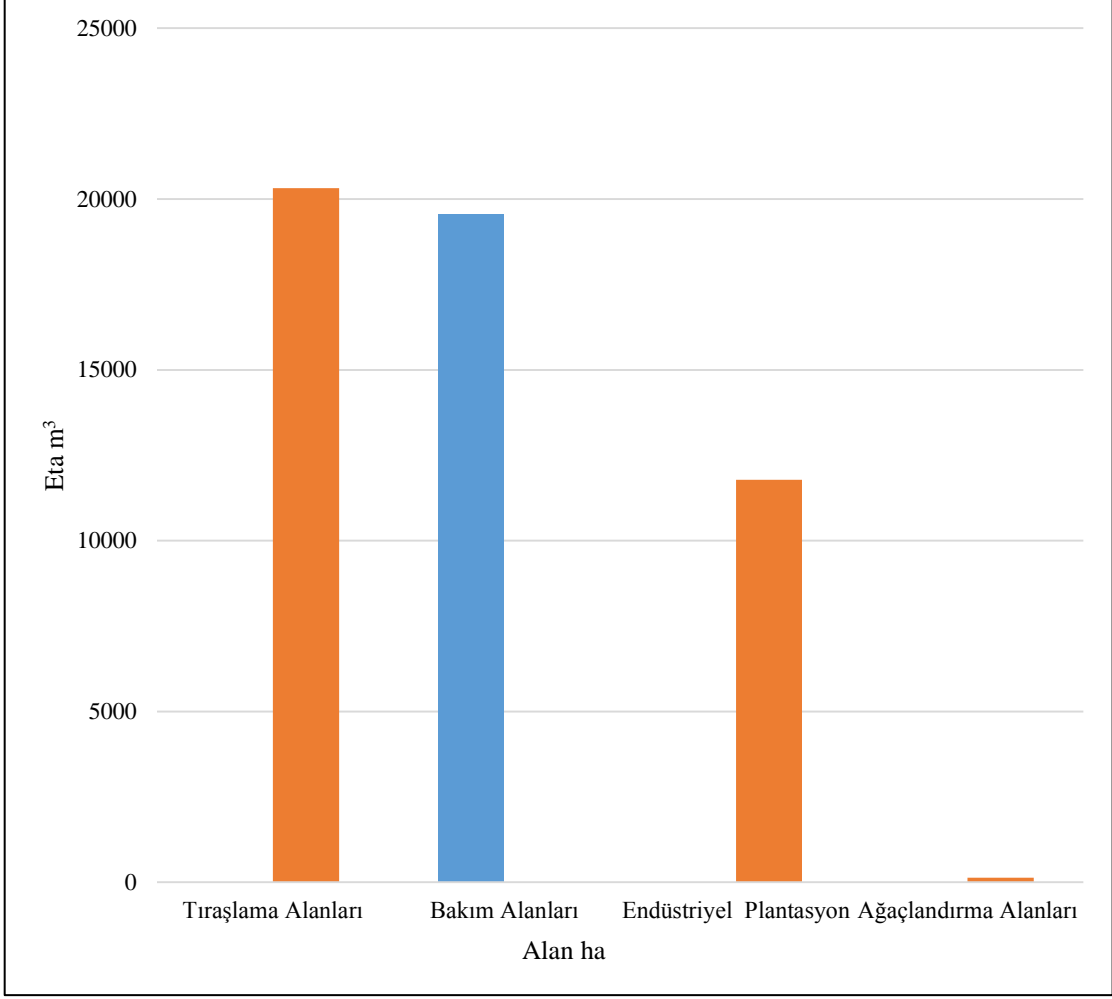
Maden direği %18'lik bir değere ulaşmaktadır. Bakım alanlarının ve eta alınan meşcerelerin orta çaplarının artması, özellikle maden direği ve sanayi odun miktarlarını önemli ölçüde değiştirmektedir. Bakımla alınan etalarda özellikle b (8,0 - 19,9 cm) ve c (20,0

– 35,6 cm) çağlarında yapılan bakım kesimlerinde üretilen yuvarlak odun ürün çeşidi olan maden direğinin tomruktan fazla olacağından genellikle bakım kesimleriyle maden direği üretim miktarı yükselmektedir (Şekil 60).



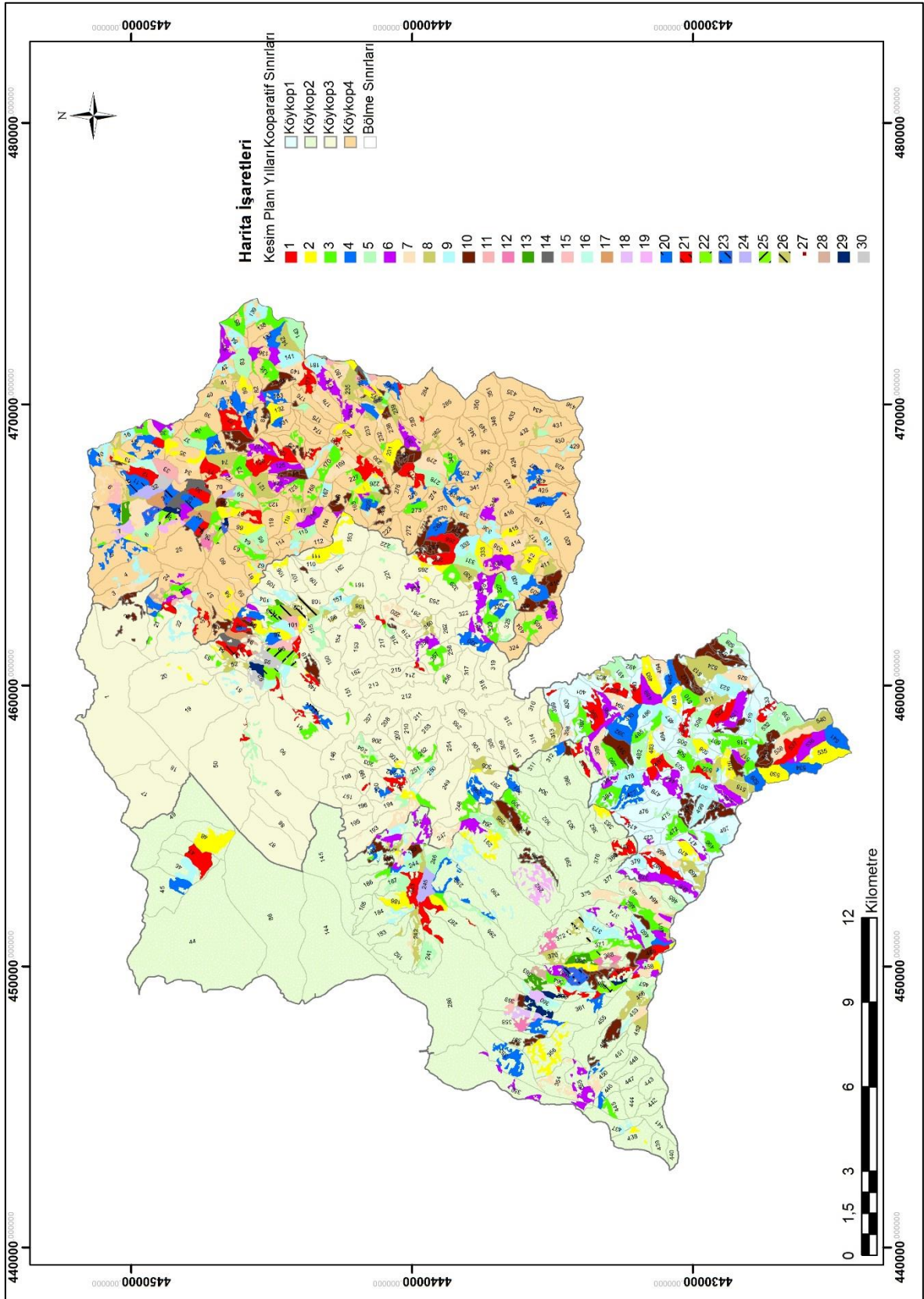
Şekil 60. Planlama yörüngesi sonucunda toplam ürün çeşitleri miktarının yüzdeleri dağılımı

2018 yılı uygulama sonuçlarındaki eta miktarlarını sağlıklı şekilde karşılaştırabilmek için birleştirilen senaryo gruplarının (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) ilk yıl bulgularına bakıldığında; son hasılat etası (endüstriyel plantasyon, tıraşlama alanları ve ağaçlandırma alanları) olarak 32.233 m³ ve ara hasılat etası (bakım alanları etası) olarak da 19.554 m³ üretilmiştir. Büyük alan siper işletmesinin uygulandığı alanlarda ise bol tohum yılının 2019 yılında başlaması sebebiyle herhangi bir eta öngörülmemektedir (Şekil 61).



Şekil 61. Birleştirilen senaryo gruplarının 2018 yılı sonundaki eta dağılımı

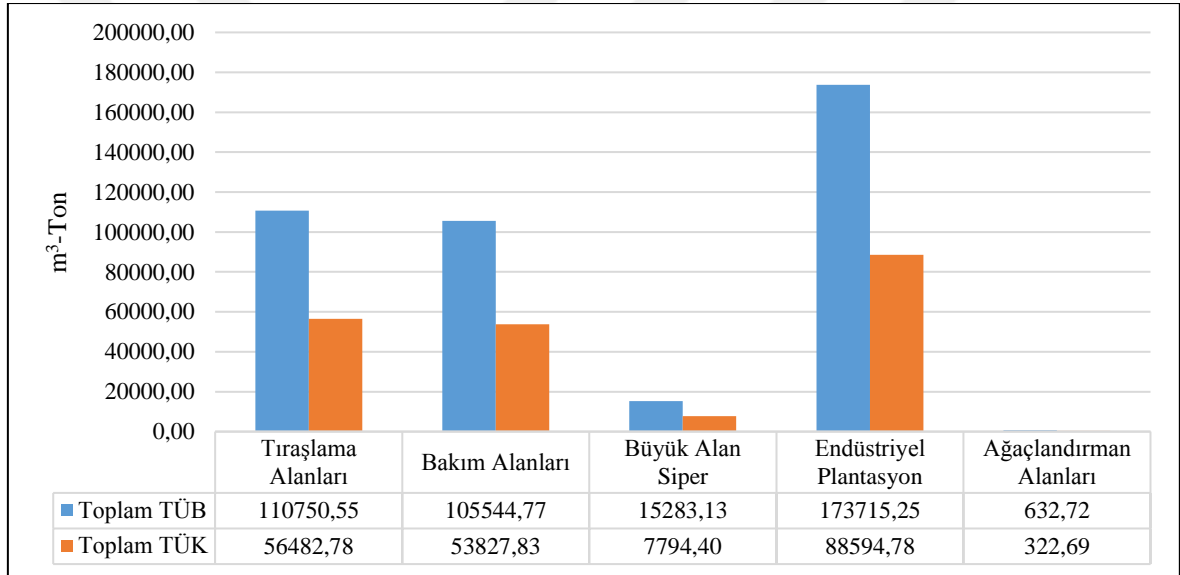
Çanakkale OİŞ orman amenajman planı verilerine göre; 2018-2027 yılları arasındaki yıllık 52.149,9 m³ eta alınması öngörülmüştür. Geliştirilen prototip KKDS senaryo gruplarının (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) birinci yıl sonundaki eta miktarı 32.233 m³’tür. Amenajman planı verilerine yaklaşamamasının temel sebebi ise büyük alan siper işletmesi uygulanan sahalarda her yıl kesim parsellerinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Birleştirilen senaryolara ait kesim planı Şekil 62’de görülmektedir.



Şekil 62. Birleştirilen (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) senaryoların yıllık kesim planı haritası

3.1.6.1. Karbon Miktarları

Geliştirilen prototip KKDS işletme sınıflarının amaçlarına en uygun olarak belirlenen senaryolar (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) göre verilen eta (son hasılat ve ara hasılat) miktarlarına bağlı olarak ibrelili ve yapraklı ormanlar için hesaplanan karbon miktarlarında tıraşlama alanlarından 10 yıl içerisinde 56.482,78 ton, bakım alanlarından 10 yıl için 53.827,83, büyük alan siper işletmesi alanlarından 20 yıl için 7.794,4 ton, endüstriyel plantasyon alanlarından 30 yıl için 88.594,78 ton ve ağaçlandırma alanlarından 10 yıl içinde 322,69 ton ile toplamda planlama biriminden 207.012,48 ton toprak üstü (TÜK) karbon miktarı hesaplanmıştır (Şekil 63).



Şekil 63. Eta miktarlarına bağlı olarak hesaplanan karbon miktarları

3.1.7. Çanakkale Orman İşletme Şefliği 2018 Yılı Uygulama Bulguları

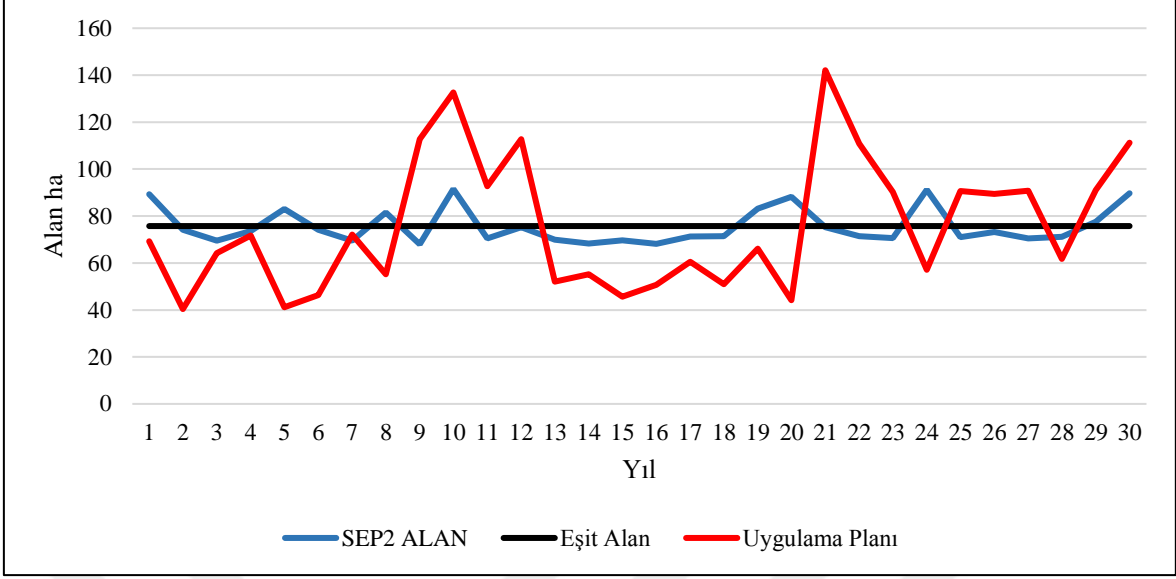
Çanakkale OİŞ için 2018 yılına ait ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımına göre hazırlanan ve uygulanan orman amenajman planı ilk yıl sonuçları ile tez kapsamında SEPA, SBA, STA, SBAS ve SYAG senaryolarından elde edilen etaların, gençleştirme alanları ve ağaçlandırma alanları karşılaştırılmıştır. Orman amenajman planı verilerine göre; 2018-2027 yılları arasındaki yıllık endüstriyel plantasyon alanlarından 10.664,9 m³, son hasılat alanlarından 21.978 m³ ve bakım alanlarından da 19.507 m³ eta alınması öngörülmektedir. Toplamda yıllık 52.149,9 m³ eta alınması hesaplanmıştır.

Operasyonel planlama senaryoları ile mevcut plan sonuçlarını karşılaştırabilmek için her bir senaryonun birinci yıl sonuçları dikkate alınmıştır. Endüstriyel plantasyon alanlarından elde edilen 2018 yılı verilerine göre orman amenajman planında 8 nolu bölme kesime tabi tutularak 69,3 ha alandan toplam 15.135 m³ eta alınması öngörülmesine rağmen uygulayıcı 8 ve 96 nolu bölmelerde 109,9 ha alanda kesim yaparak 18.487 m³ eta almıştır. Oluşturulan endüstriyel plantasyon senaryolarından eşit alan sürekliliğine en uygun olan SEP2 senaryosu sonucunda 11.209 m³ eta ve 89,3 ha alan hesaplanmıştır. Endüstriyel plantasyon işletme sınıfı olarak ayrılan alanda ulaşılmak istenen optimal kuruluş için eşit veya gerçek hasılatlı yıllık alan metodu yaklaşımına uygun olan her yıl yaklaşık 75 ha alanda traşlama kesimi yapılması gerekmektedir (Tablo 22).

Tablo 22. SEP2 senaryosu, uygulama planı ve optimal kuruluşun alansal değerleri

Yıl	SEP2 Alan (ha)	Eşit Alan (ha)	Uygulama Planı (ha)	Yıl	SEP2 Alan (ha)	Eşit Alan (ha)	Uygulama Planı (ha)
1	89,30	75,74	69,3	16	68,23	75,74	50,7
2	74,19	75,74	40,4	17	71,32	75,74	60,
3	69,47	75,74	64,2	18	71,50	75,74	51,00
4	73,65	75,74	71,7	19	83,20	75,74	66,1
5	83,06	75,74	41,2	20	88,21	75,74	44,1
6	74,17	75,74	46,3	21	75,23	75,74	142,1
7	69,56	75,74	72,1	22	71,39	75,74	110,9
8	81,53	75,74	55,2	23	70,63	75,74	90,3
9	68,00	75,74	112,8	24	91,24	75,74	57,1
10	91,52	75,74	132,7	25	71,01	75,74	90,7
11	70,50	75,74	92,7	26	73,20	75,74	89,5
12	75,31	75,74	112,8	27	70,43	75,74	90,8
13	69,93	75,74	52,1	28	71,11	75,74	61,7
14	68,34	75,74	55,2	29	77,58	75,74	91,1
15	69,71	75,74	45,7	30	89,67	75,74	111,2

Mevcut uygulama planı hazırlanırken yaş sınıfları metoduna göre planlanmasına karşın grafikte de görüldüğü üzere 30 yıl sonunda oluşacak yapının optimalden çok uzak olduğu anlaşılmaktadır. Oysaki SEP2 senaryosu incelendiğinde optimale yakın değerlerin elde edildiği görülmektedir (Şekil 64).



Şekil 64. Uygulama planı ve SEP2 senaryolarının alansal dağılımı

Ara hasılat (bakım) etası miktarları incelendiğinde; mevcut planda yıllık olarak alınması karar verilen 19.507 m^3 bakım etasından sadece 1.040 m^3 ürün çıkarılmıştır. Bunun sebebi olarak 2018 yılı içerisinde iş gücü yetersizliği nedeniyle alınması gereken diğer etaların 2019'a aktarılmış olmasıdır. Oluşturulan bakım senaryoları içerisinde ara hasılat etası sürekliliği en iyi olan SBA1 senaryosu ilk yıl sonuçlarına bakıldığında 19.526 m^3 lük değerle mevcut orman amenajman planında alınması öngörülen bakım etasına çok yakın bir sonuç elde edilmiştir. SBA1 senaryosunda bakım etalarını kooperatif sınırlarına olabildiğince eşit dağıtarak bir sonraki yıl gerekli olabilecek iş gücünün planlanması açısından uygulayıcıya yol gösterilmektedir.

Son hasılat etası bakımından planlamalarda kullanılan silvikültürel metot şekli Tıraşlama ve Büyük Alan Siper işletmeleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Çanakale planlama biriminin "Detay Silvikültür Planı" incelendiğinde tıraşlama işletmesinin uygulandığı "B - En Yüksek Miktarda Yapacak Odun Üretimi - (Çz) İşletme Sınıfı"nda orman amenajman planında verimli ormanlar için düzenlenen 28 nolu tabloda (son hasılat kesim planı tablosu) gösterilen alanlardan 8,5 hektarlık kısmı yaşlandırma adacığına (gençleştirme alanlarında biyolojik çeşitliliği desteklemek için silvikültürel müdahalelerin yapılmadığı alanlar), 41,7 hektarı ise planlama dışı saha olarak belirlenerek toplamda 50,2 hektarda herhangi bir işlem önerilmemektedir (Tablo 23).

Silvikültür planında 2018 yılı için 102,3 hektarlık sahada gençleştirme çalışması yapılmasını öngörülüyor olmasına rağmen, 458 nolu bölme içerisindeki Çzcd2-1 meşceresinde 8,4 ha'lık alanda iş yoğunluğu sebebiyle işlem yapılamamıştır. 2018 yılında toplam tıraşlama alanı olarak 93,9 ha alanda ve toplam eta olarak 18.553,05 m³ odun üretimi yapılmıştır. Oluşturulan “Tıraşlama Alanları” senaryoları içerisinde son hasılat etası sürekliliği en iyi olan STA1 senaryosu ile ilk yıl (2018) sonuçlarına göre 17.875,89 m³ lük değerle mevcut silvikültür planında alınması öngörülen bakım etasına çok yakın bir sonuç elde edilmiştir (Tablo 23).

Tablo 23. Detay silvikültür planına göre 2018 yılı için tıraşlamaya tabi olan alanlar ve uygulama bulguları

Yıl	Ağaç Türü	Bölme No	Meşcere Tipi	Plan Verisi Alan (ha)	Uygulanan Alan (ha)	Toplam Eta (m ³)
2018	Çz	191	Çzcd3-1	22,1	22,1	5.275,00
	Çz	225	BÇz-2	5,3	5,3	86,00
	Çz	225	Çzcd2	25,5	25,5	4.441,00
	Çz	458	Çzcd1-1	4,6	4,6	533,00
	Çz	458	Çzcd2-1*	13,7	5,3	923,05
	Çz	458	Çzd2	8,8	8,8	1.972,00
	Çz	461	Çzcd3	22,3	22,3	5.323,00
	Toplam			102,3	93,9	18.553,05

Orman amenajman planında büyük alan siper işletmesi uygulanacak alanlar değerlendirildiğinde “C - En Yüksek Miktarda Yapacak Odun Üretimi - (Çk) İşletme Sınıfı” nda 2018-2037 yılları için verimli 76,3 ha alan doğal gençleştirmeye ayrılmıştır. Fakat detay silvikültür planında, “C” işletme sınıfının gençleştirme alanlarını 2018-2037 yılları için 48,5 ha olarak planlanmış, orman amenajman planının vermiş olduğu bazı alanları planlama dışı bırakılan sahalar olarak değerlendirmiştir. Bunun sebebi olarak da sosyal baskı ve işçi eksikliği gösterilmiştir. 20 yıl içerisinde toplamda C işletme sınıfından 18.794 m³ eta elde edilmesi öngörülmüştür. Geliştirilen “büyük alan siper işletmesi alanları” senaryoları içerisinde son hasılat etası sürekliliği en iyi olan SBAS2 senaryosu 20 yıl sonuçlarına bakıldığında toplamda 23.737,23 m³ lük değerle mevcut silvikültür planında alınması öngörülen son hasılat etasından yaklaşık 5.000 m³ daha fazla eta elde edilmiştir (Tablo 24).

Tablo 24. Çanakkale OİŞ orman amenajman planı ve detay silvikültür planlarında “büyük alan siper” işletmesinin uygulandığı sahalar

Orman Amenajman Planında C İşletme Sınıfının Gençleştirme Sahaları				Detay Silvikültür Planı C İşletme Sınıfının Gençleştirme Sahaları			
Bölme No	Meşcere	Meşcere Tipi	Alan (Ha)	Bölme No	Meşcere	Meşcere Tipi	Alan (Ha)
181	Çked3	Çked3-2	1,0	181	Çked3-1	Çked3	4,9
	Çked3	Çked3-1	4,9	236	Çked3-1	Çked3	23,3
	Çked2	Çked2	1,9	237	Çked3	Çked3	20,3
	Çked1	Çked1-2	1,1	Toplam			48,5
236	Çked2	Çked2	5,8	Detay Silvikültür Planı C İşletme Sınıfının Planlama Dışı Bırakılan Sahaları			
	Çked3	Çked3-2	1,6				
	Çked3	Çked3-1	23,3	181	Çked1-2	Çked1	1,1
237	Çked1	Çked1-3	1,8		236	Çked2	Çked2
	Çked2	Çked2-1	5,7	Çked3-2		Çked3	1,0
	Çked3	Çked3	20,3	Çked2		Çked2	5,8
	Çked1	Çked1-1	4,3	237	Çked3-2	Çked3	1,6
	Çked1	Çked1-2	1,2		Çked1-1	Çked1	4,3
	Çked2	Çked2-2	2,3		Çked1-2	Çked1	1,2
	Çked1	Çked1-4	1,6		Çked1-3	Çked1	1,8
Toplam			76,95	237	Çked1-4	Çked1	1,6
					Çked2-1	Çked2	5,7
					Çked2-2	Çked2	2,3
Toplam				Toplam			28,3

Çanakkale OİŞ orman amenajman planında yapay gençleştirme uygulanacak alanlarda (OT ve boşluklu kapalı sahalar) ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır. Bu alanlara ilişkin oluşturulan senaryolar (SYAG1, SYAG2 ve SYAG3) değerlendirildiğinde; SYAG2’de yıllar itibariyle en fazla 8,86 ha ve en az 8,51 hektarlık sonuçlar bulunduğu görülmektedir. Detay silvikültür planında “B, C ve G” işletme sınıflarındaki OT ve boşluklu kapalı meşcereler 44.2 ha planlama dışı bırakılmış, ayrıca 0,2 hektarlık saha da yaşlandırma adacığında değerlendirilmiştir. 2018 yılı uygulama sonuçları değerlendirildiğinde 19.587 m³ eta alınmıştır ve bu yıl için planlanan bakım ve gençleştirme alanlarının bazıları sosyal ve iş gücü problemlerinden dolayı 2019 yılına devredilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; birçok farklı ormancılık disiplini (orman amenajmanı, silvikültür, yol-transport, ekonomi vb.) coğrafi bilgi sistemleri ve yöneylem araştırma teknikleriyle bir araya getirilmiştir. Bununla birlikte, uygulamada kullanılan orman amenajman planı aktivitelerinin yıllık düzeyde niçin, nerede, ne zaman, nasıl, ne kadar ve kim tarafından yapılacağı belirlenmesi hedeflenmiştir. Farklı kısıtlar doğrultusunda “odun üretimine” yönelik operasyonel (yıllık) planlama modelinin kavramsal tasarımı ve uygulaması ortaya konulmuştur.

Prototip olarak geliştirilen konumsal karar destek sistemi (KKDS) menüleri nesne tabanlı yaklaşım tarzıyla tasarlanmış ve C++ yazılım diliyle arayüz kodlanmıştır.

Ara ve son hasılat kesim düzeni problemlerine yönelik zaman-mekân düzenlenmesi için tamsayı doğrusal programlama (TDP) tekniği (0-1) kullanılarak net gelir optimizasyonu sağlanmıştır. TDP tekniği ile oluşturulan modeller bölme ya da bölmeciği bir bütün olarak ele almış ve sadece bir kez çözüme girmiştir. Bu durum planın uygulanabilirliğini önemli ölçüde arttırmıştır. Operasyonel planlama modeli işletme sınıfı bazında ara hasılat etası ve endüstriyel plantasyon sahalarında bölme düzeyinde ve son hasılat alanlarında bölmecik düzeyinde odun hammaddesi üretim planları gerçekleştirilmiştir.

Ara hasılat (bakım) kesim düzeninin oluşturulmasında, köy kooperatifleri sınırlarının içerisindeki toplam etanın yıllara eşit bir şekilde dağıtımı sağlanmıştır. Bunun yanında, her bir silvikültürel müdahale alanı için (endüstriyel plantasyon, bakım, büyük alan tıraşlama, büyük alan siper işletmesi ve yapay gençleştirme) karbon, yuvarlak odun ürün çeşitleri, odun üretim miktarları ve net gelirlerinin kısa vadede kestirimi ve farklı senaryolar oluşturularak, farklı planlama alternatiflerin sunulması sağlanmıştır. Aynı zamanda, prototip olarak geliştirilen KKDS ile elde edilen plan sonuçları kullanıcı isteğine bağlı olarak tablo, grafik ve harita formatında düzenlenmiştir.

Çalışma alanı olarak; farklı işletme sınıflarını içerisinde barındıran, kızılçam ve karaçam türünün hakim olduğu “Çanakkale OİŞ” seçilmiştir. İlk olarak operasyonel planlama veri tabanı kurulu ve silvikültürel uygulamaların kullanıldığı faaliyet alanlarının (endüstriyel plantasyon, bakım, büyük alan tıraşlama, büyük alan siper işletmesi ve yapay

gençleştirme) kodlaması yapılmıştır. Prototip olarak geliştirilen KKDS ile her bir silvikültürel faaliyet alanları için 3 ve toplamda 15 farklı odun üretim (kesim) senaryosu oluşturulmuştur. On beş farklı senaryo içerisinde işletme sınıfları gereksinimlerine en uygun çözüm veren senaryolar ise endüstriyel plantasyon alanlarında SEP2, bakım alanlarında SBA1, tıraşlama alanlarında STA2, büyük alan siper işletmesi alanlarında SBAS2 ve ağaçlandırma alanlarında SYAG2 senaryoları olmaktadır. Bütün bu senaryolar tek bir çatı altında toplandığında son hasılat etası 555.234 m³, ara hasılat etası 195.097 m³ ile toplamda 750.331 m³'lük odun üretimi ve toplam 101.555.034 TL net gelir elde edilmektedir.

Orman amenajman planı verilerine göre; 2018-2027 yılları arasındaki yıllık endüstriyel plantasyon alanlarından 10.664,9 m³, son hasılat alanlarından 21.978 m³ ve bakım alanlarından da 19.507 m³ eta ile toplamda yıllık 52.149,9 m³ eta alınması hesaplanmıştır. Geliştirilen prototip KKDS senaryo gruplarının (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) 2018 yılı sonundaki eta miktarı 32.233 m³'tür. Amenajman planı verilerine yaklaşamamasının temel sebebi ise büyük alan siper işletmesi uygulanan sahalarda her yıl kesim parsellerinin olmamasıdır. 2018 yılı amenajman planı uygulama sonuçları değerlendirildiğinde 19.587 m³ eta alınabildiği görülmektedir. Bunun temel sebebi olarak orman amenajman planlarında verilen gençleştirme alanlarının detay silvikültür planlarında dikkate alınmaması ve bakım alanlarının iş gücü yetersizliği sebebiyle bir sonraki yıla bırakılmasıdır.

Beş senaryo (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) doğrultusunda ormandan üretilen odun üretimi miktarının odun ürün çeşitlerine göre dağılımında toplam; tomruk 309.876 m³, yakacak odun 187.829 m³, maden direği 135.226 m³ ve son olarak da sanayi odunu 117.400 m³ üretimi öngörülmüştür. Toplam yuvarlak odun üretim miktarının odun ürün çeşitlerine dağılımına bakıldığında; % 41'lük bölümü tomruk, %25'i yakacak odun, %18'i maden direği ve %16'sı da sanayi odunu olduğu görülmektedir.

Geliştirilen prototip KKDS işletme sınıflarının amaçlarına en uygun olarak belirlenen senaryolara (SEP2, SBA1, STA2, SBAS2 ve SYAG2) göre verilen eta (son hasılat ve ara hasılat) miktarlarına bağlı olarak planlama biriminde toplam 207.012,48 ton toprak üstü karbon miktarı hesaplanmıştır

Sonuç olarak; Çanakkale OİŞ yıllık karbon, yuvarlak odun ürün çeşitleri, odun üretim miktarları ve net gelirleri tahmin edilmiştir. Orman işletme şefliğinin odun üretim miktarını ve ekonomik sürekliliğini ortaya koymaya yardımcı olunmuştur. Geliştirilen prototip Konumsal

karar destek sistemi (KKDS) modelinin senaryolarının belirlenerek ve modellerin koşturulabilmesi için veri tabanının aşırı büyük olması ve kısıtların birbiriyle çelişmesi durumunda, sistemin optimal çözüme ulaşması uzun zaman almakta ya da çözülebilir bir sonuç elde edilememektedir. Modeller uygun bir çözüml ürettiğinde de oluşturulan planın uygulanabilirliğinin sorgulanması gerekebilmektedir. Ormancılıkta kullanılan model planlarının ülkemizde kullanılabilmesi için uzun emek ve bilgi gerektiren veri tabanlarının hazırlanıp, bölme, bölmecik ya da meşcere bazında matrislerin oluşturulmasında mutlaka bilgisayar tabanlı karar destek sistemlerini içeren yazılımlar geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla oluşturulan modeller vasıtasıyla hem ekolojik unsurlara hem de ekonomik gereksinimlere dayalı, gerçeğe olabildiğince uygun ve uygulanabilir planlar yapılabilecektir.

2008 yılından bu yana uygulanan ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımı doğrutusunda tanımlanan, orman fonksiyonlarına ait sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergelerinin ulusal bazda revizyon çalışmaları henüz bitmiş değildir. Orman fonksiyonlarına ait altlıkların bilimsel verilerle hazırlanarak, özellikle meşcere parametreleriyle ilişkilerinin modellenmesi de gerekmektedir.

Ülkemizde kullanılan modelleme çalışmalarında genellikle doğrusal programlama modelleri kullanılmakta olup az sayıda sezgisel tekniklerden (genetik algoritma, tabu arama, simülasyon benzetimi vb.) yararlanılmaktadır. Modern sezgisel tekniklerle beraber konumsal ilişkiler gözetilen modeller ormancılıkta kullanıma sunulmalıdır. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulguların yanında, aşağıda verilen önerileri dikkate alan çalışmaların yapılması ülkemiz ormancılığına büyük katkılar sağlayacaktır.

- Orman İşletme Şefliği sınırları ile köy/mahalle mülki sınırlar çakıştırılmalıdır.
- Orman amenajmanı meşcere haritası ve kadastro veri tabanları birleştirilmelidir.
- Modellerin etkin sonuçlar verebilmesi için bölme ya da bölmeciğin alanlarının çok büyük olmaması gerekmektedir. İşletme amacına göre alanların düzenlenmesi yapılmalı ve gerekiyorsa modeller koşturulmadan önce bölme-bölmecikler daha küçük parçalara ayrılmalıdır.
- Oluşturulan planlama modellerine ek olarak, ekolojik ve sosyokültürel fonksiyonları içeren denklemler ile amaç fonksiyon denklemlerinin değiştirilerek farklı işletme amaçları hedeflerine yönelik modellerin geliştirilmelidir.

- Ormanın yapısal formu, ağaç türleri ve karışım oranları, göğüs yüzeyi, kapalılık derecesi ve toprak özellikleri gibi parametrelerin modellere yansıtılmalıdır.
- Yaban hayatı, odun dışı orman ürünleri, toprak koruma, karbon tutulumu, biyolojik çeşitlilik, rekreasyon-estetik, iklim ve hidrolojik fonksiyonların amenajman planlarına aktarılmasında en önemli bileşen olan meşcerelerin yapısal ve konumsal parametreleri arasındaki bağlantılar bilimsel tabanlı çalışmalar kullanılarak orman dinamikleriyle ilişkilendirilmelidir.
- Orman fonksiyonlarının sürdürülebilirliğini garanti altına almak için çeşitli meşcere büyüme modelleri geliştirilmelidir.
- Ormancılıkta simülasyon tabanlı programlarda kullanılan hasılat tabloları müdahale görmemiş saf meşcere yapıları için geliştirilmiş olup, farklı orman yapılarındaki müdahale görmüş yapıların büyüme ilişkilerini tam olarak yansıtmamaktadır. Bununla beraber, özellikle karışık meşcereler için büyüme matrisleri geliştirilmelidir.
- Ormancılık uygulama problemlerinde, ulaşılması istenen hedefler belirlenmeli ve problemin tam olarak belirlenmesinden sonra kullanılacak olan optimizasyon tekniğine karar verilmelidir. Yani problem modele uydurulmamalı, problemin çözümüne yönelik model seçilmeli ya da geliştirilmelidir.

5. 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.
- Alston, R.M. ve Iverson, S.C., 1987. The road from TimberRAM to FORPLAN: How far have we traveled, Journal of Forestry, 85, 6, 43-49.
- Andalaft, N., Andalaft, P., Guignard, M., Magendzo, A., Wainer, A. ve Weintraub, A. 2003. A Problem of Forest Harvesting and Road Building Solved Through Model Strengthening and Lagrangean Relaxation. Operations Research, 51, 4, 613-628.
- Asan, Ü., 1980. Yöneyem Araştırması Metotlarının Ormancılıkta Kullanılabileceği Alanlar ve Bazı Uygulama Örnekleri. İÜ Orman. Fak. Der. İstanbul, B, 30, 185-195.
- Asan, Ü., 1999. Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Planlama Sistemleri, Ormanların Çok Amaçlı Planlanması Toplantısı, Mayıs, Bolu, Bildiriler Kitabı, 33-40.
- Asan, Ü., 2013. Orman Amenajmanı Esasları (temel kavramlar, amaçlar ve ilkeler), İ.Ü Yayın no, 5146, O.F. Yayın no, 502, İstanbul, 274.
- Atay, İ., 1989. Orman Bakımı Gençlik Bakımı - Ayıklama - Aralama - Işıklandırma - Alttesis - Budama. İÜ Orman Fakültesi Yayını, No, 3541/400, İstanbul.
- Atay, İ., 1990. Silvikültür II Silvikültürün Tekniği. İÜ Orman Fakültesi Yayını, No. 3599/405, İstanbul.
- Bagdon, B.A., Huang, C.-H. ve Dewhurst, S., 2016. Managing for Ecosystem Services in Northern Arizona Ponderosa Pine Forests Using a Novel Simulation-to-Optimization Methodology, Ecological Modelling, 324, 11-27.
- Bakır, M.A. ve Altunkaynak B., 2003. Tamsayılı Programlama: Teori, Modeller ve Uygulamalar, Nobel Yayın Dağıtım, ISBN 975-591-572-9, 592, Ankara.
- Başkent, E.Z., 1995. Doğaya Uygun Orman Amenajmanı, I.Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Ekim, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 4, 276-283.
- Başkent, E.Z., 1996. Yüzyıl Ormancılığına Yeni Bir Yaklaşım: Sayısal Ormancılık, KTÜ Orman Fakültesi Güz Yarıyılı Seminerleri, Seminer Serisi No,1, 77-84.

- Başkent, E. Z., 1999. Controlling Spatial Structure of Forested Landscapes: A Case Study Towards Landscape Management, *Landscape Ecology*, 14, 83-97.
- Başkent, E. Z., 2004. Yöneylem Araştırması, Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Trabzon, 481.
- Başkent E.Z., 2005. Orman Amenajman Planlarının Ekosistem Tabanlı ve Çok Amaçlı Planlanması (ETÇAP) ve Uygulanmasına Yönelik Eylemler, Türk Ormancılığında, Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu, Orman Mühendisleri Odası, Antalya Bildiriler Kitabı,150.
- Başkent, E.Z. ve Keleş, S., 2004. Ormancılıkta Model ve Modelleme Kavramlarının Kullanımı ve Genel Değerlendirmesi (1. Bölüm), *Orman Mühendisliği Dergisi*, 1, 2, 3, 19-24.
- Başkent, E.Z. ve Keleş, S., 2005. Spatial Forest Planning: A Review, *Ecological Modelling*, 188, 145-173.
- Başkent, E.Z. ve Keleş, S., 2006. Developing Alternative Wood Harvesting Strategies with Linear Programming in Preparing Forest Management Plans, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30, 67-79.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., Sivrikaya, F. ve Karahalil, U., 2005a. Sürdürülebilir Orman İşletmeciliği ve Planlaması İçin Karar Destek Sistemlerinin Geliştirilmesi, I. Çevre ve Ormancılık Şurası, Mart, Antalya, Bildiriler Kitabı, 122.
- Başkent, E. Z., Köse, S., Sönmez, T. ve Sivrikaya, F., 2002a. Orman Amenajman Planlarının Yapımında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 164-7.
- Başkent, E. Z., Köse S., Yolaşmaz, H.A., Çakır G. ve Keleş, S., 2002b. Orman Amenajmanında Yeni Açılımlar Çerçevesinde Planlama Sürecinin Tasarımı ve Yeniden Yapılanma. Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, Nisan, Bahçeköy, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 23-38.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Kaya, Z., Altun, L., Terzioğlu, S., Başkaya, Ş. ve Esser, T., 2004. GEF II, Biyoçeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi Projesi, Türkiye’de Biyoçeşitliliğin Orman Amenajman Planlarına Entegrasyonu Strateji ve Tasarımının Geliştirilmesi, Son Rapor, 59.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Kaya, Z., Terzioğlu, S., Başkaya, Ş., Altun, L., 2005b. Biyolojik Çeşitliliğin Orman Amenajman Planlarıyla Bütünleştirilmesi: GEF Projesi Yansımaları -I (Tasarım), *Orman Mühendisliği Dergisi*, 4, 5, 6, 31-37.

- 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.
- Bettinger, P., Lennette, M., Johnson, K. N. ve Spies, T. A., 2005. A Hierarchical Spatial Framework For Forest Landscape Planning. Ecological Modelling, 182, 1, 25-48.
- 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.
- Bolstad, P., 2005. GIS Fundamentals: A First Text On Geographic Information Systems. Eider Press, 539.
- Borges, P., Martins, I., Bergseng, E., Eid, T. ve Gobakken, T., 2016. Effects of Site Productivity on Forest Harvest Scheduling Subject to Green-up And Maximum Area Restrictions, Scandinavian journal of Forest Research, 31, 5, 507-516.
- 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.
- Boston, K. ve Bettinger, P., 2001. The Economic Impact of Green-up Constraints in the Southeastern United States, Forest Ecology and Management, 145, 3, 191-202.
- Brumelle, S., Granot, D., Hamle, M. ve Vertinsky, I., 1998. A Tabu Search Algorithm for Finding Good Forest Harvest Schedules Satisfying Green-up Constraints, European Journal of Operational Research, 106,2-3: 408- 424.
- Buğday, E., 2015. Sertifikalı Orman İşletmelerinde Odun Hammaddesi Üretim Planlarının Oluşturulması (Daday Orman İşletme Müdürlüğü Örneği), Doktora Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, 184.
- Buongiorno, J. ve Gilless, J.K., 2003. Decision Methods for Forest Resource Management, Academic Press, San Diegao, CA, 9-27.
- Burrough, P.A., McDonnell, R., McDonnell, R.A. ve Lloyd, C.D., 2015. Principles of Geographical Information Systems, Oxford University Press, 327.
- Chappelle, D.E., Mang, M. ve Miley, S.C., 1976. Evaluation of TimberRAM as a Forest Management Planning Model, Journal of Forestry, 74 , 5, 288-293.
- Chen, B. ve Gadow, K., 2001. User Manual of SAGALP, Institute of Forest Resource Management, Georg-August-University, Göttingen, Germany, 6.
- Church, R. L., Murray, A. T. ve Weintraub, A., 1998. Locational Issues in Forest Management, Location Science, 6, 137-153.

- Church, R.L., Murray, A.T., Figueroa, M.A. ve Barber, K.H., 2000. Support System Development for Forest Ecosystem Management, *European Journal of Operational Research*, 121, 2, 247-258.
- Covington, W.W., Wood, D.B., Young, D.L., Dykestra, D.P. ve Garrett, L.D., 1988. TEAMS: A Decision Support System For Multiresource Management, *Journal of Forestry*, 86, 8, 25-33.
- Courbaud, B., Goreaud, F., Dreyfus, P. ve Bonnet F.R., 2001. Evaluating thinning Strategies Using a Tree Distance Dependent Growth Model:some Examples Based on the CAPSIS Software “Uneven-Aged spruce Forests” Module. *For Ecol Manag*, 145, 15-28
- Çağlayan, İ., 2014. Koruya Tahvil Edilen Meşe Baltalıklarında Odun Üretiminin Optimizasyonu; Sergen İşletme Şefliği Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 112.
- Çakır, G., 2006. Orman Amenajman Planlanmasında Gerekli Bilişimin Sağlanması İçin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniklerinden Yararlanılması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 139.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 399, İstanbul.
- Çolak, A.H., Odabaşı, T., 2004. Silvikültürel Planlama. İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yayını, No. 4514/14, İstanbul.
- Davis, R., 1999. Strategic Forest Management Model Version 1.6 User Guide. Ministry of Natural Resources, Queen’s Printer for Ontario, Canada.
- Davis, R. G. ve Martell, D. L. 1993. A Decision Support System That Links Short-Term Silvicultural Operating Plans With Long-Term Forest-Level Strategic Plans, *Canadian Journal of Forest Research*, 23,6, 1078-1095.
- Davis, L.S., Johnson, K.N., Bettinger, P. ve Howard, T.E., 2001. Forest Management: to Sustain Ecological, Economic, and Social Values. McGraw-Hill Companies Inc, U.S.A, 804.
- Demirci, M. ve Bettinger, P., 2015. Using Mixed İnteger Multi-Objective Goal Programming For Stand Tending Block Designation: A Case Study From Turkey, *Forest Policy and Economics*, 55, 28-36.
- Demirci, M., 2018. Orman Amenajman Planlamasında Karışık Tamsayılı Amaç Programlamanın Kullanılması: Akören Plan Ünitesi Örneği, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 200.
- Diaz-Balteiro, L., ve Romero, C., 2008. Making Forestry Decisions With Multiple Criteria : A Review and an Assessment. *For. Ecol. Manag.* 255, 3222-3241. A Silvicultural Decision Support System to Compare Forest Management Scenarios for Larch Stands on a Multicriteria Basis, 341.

- 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.
- Dufour-Kowalski, S., Courbaud, B., Dreyfus, P., Meredieu, C. ve De Coligny, F., 2012. Capsis: An Open Software Framework and Community for Forest Growth Modelling. Annals of Forest Science, 69, 2, 221-233.
- 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., Bjrnal, R., Epstein, Eds., 365-377.
- Eraslan, İ., 1971. Orman Amenajmanı, İ.Ü. Orman Fakültesi yayını İ.Ü. Yayın No, 1645, Orman Fakültesi Yayın No, 169.
- 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.
- FAO., 1999. Asia-Pacific Forestry Commission. 1999. Code of Practice for Forest Harvesting in Asia-Pacific. FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAP),
- FAO., 2015. Global Forest Resources Assessment 2015, FAO, Rome, Italy, 253.
- FAO., 2016. Global Forest Resources Assessment 2015: How Are The World's Forests Changing? Second Edition, FAO, Rome, Italy, ISBN: 978-92-5-109283-5.

- FAO., 2018. The State of the World's Forests 2018, Forest Pathways to Sustainable Development. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Field, R.C., Dress, P.E. ve Fortson, J.C., 1980. Complementary Linear and Goal Programming Procedures for Timber Harvest Scheduling, Forest Science, 26, 121-133.
- Genç, M., 2004a. Orman Bakımı (Asli Orman Ağacı Türlerimizin Saf ve Karışık Meşcerelerin Bakımı). SDÜ Orman Fakültesi Yayını No. 14/3, Isparta, 205.
- Genç, M., 2004b. Silvikültür Tekniği. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, No. 46, Isparta, 356.
- Genç, M., 2006. Silvikültürel Uygulamalar, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, No. 68, Isparta, 357.
- Genç, M., 2011. Orman Bakımı, Asli Orman Ağacı Türlerimizin Saf ve Karışık Meşcerelerin Bakımı, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, No. 14, 3, Isparta, 216.
- Genç, M., 2012. Silvikültürün Temel Esasları. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, No. 44, Genişletilmiş 3. Baskı, Isparta, 351.
- 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. ve Crow, T.R., 1999. HARVEST: Linking Timber Harvest Strategies to Landscape Patterns, In: Mladenoff, D.J., Baker, W.L. (Eds.), *Spatial Modeling of Forest Landscapes: Approaches and Applications*, Cambridge University Press, UK, 309-332.
- 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. ve Rasmussen, L.V., 2002. Assessing The Spatial Implications of Interactions Among Strategic Forest Management Options Using a Windows – Based Harvest Simulator, *Computers and Electronics in Agriculture*, 33, 179 – 196.
- 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 In 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 In Natural Resources, Springer, Boston, MA, 317-341.
- 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.
- Gordon, S.N., Johnson, K.N., Reynolds, K.M., Crist, P.ve Brown, N., 2004. Decision Support Systems for Forest Biodiversity: Evaluation of Current Systems and Future Needs. Final Report – Project A10, National Commission on Science and Sustainable Forestry, 37.
- Görücü, Ö., 1995. Orman İşletmelerinde Üretim Planlamasının Geliştirilmesi Konusunda Araştırmalar, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 97.
- Gül, A.U., 1995. Orman Amenajmanında Uzun Süreli Eta Kestiriminin Doğrusal Programlama ile Gerçekleştirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 203.
- Helsinki Process, 1993. The Pan-European Criteria And Indicators For Sustainable Forest Management. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.
- Hobbelstad, K. ve Hofstad, O., 1988. AVVIRK 3, A Model for Long-term Forest Planning, Reports of Norwegian Forest Research Institute, 41, ISBN 82-7169-401-4, 503- 516
- Hynynen, J., Ahtikoski, A., Siitonen, J., Sievanen, R. ve Liski, J., 2005. Applying the MOTTI Simulator to Analyse the Effects of Alternative Management Schedules on Timber and non – Timber Production, Forest Ecology and Management, 207, 5-18.
- IPCC., 2006. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories , IGES, Japan.
- Johnson, K., ve Jones, D.B., 1980. A User's Guide To Multiple Use-Sustained Yield Resource Scheduling (MUSYC), USDA Forest Service, Fort Collins, Colorado, USA.
- Johnson, K., Stuart, T. ve Crimm, S., 1986. FORPLAN Version 2: An overview, USDA Forest Service, Land Management Planning Systems Section, Washington, USA.
- Jordan, G.A., ve Başkent, E.Z., 1992. A Case Study in Spatial Wood Supply Analysis, Forestry Chronicle, 68, 4, 503-516.

- Jones, J.G., Meneghin B.J. ve Kirby, M.W., 1991. Formulating Adjacency Constraints in Linear Optimization Models for Scheduling Projects in Tactical Planning, Forest Science, 37, 5, 1283-1297.
- Jumppanen, j., Kurttila, M., Pukkala, T. ve Uuttera, J., 2003. Spatial Harvest Scheduling Approach for Areas Involving Multiple Ownership, Forest Policy and Economics, 5, 27-38.
- Kadioğulları A.İ. 2009. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasında Konumsal Yapının Kombine Optimizasyon Teknikleri İle Kontrolü: Konumsal Planlama. Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 189.
- Kadioğulları 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.
- Kadioğulları 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., Leskinen, P. ve Pukkala, T., 2000. Integrating Timber Price Scenaris Modeling with Tactical Management Planning of Private Forestry at Forest Holding Level, Silva Fennica, 34, 4, 399-409.
- 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., Kangas, J. ve Kurttila, M. 2008. Decision support for forest management ,Vol. 16. Berlin, Springer, 306.
- 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.
- Kangas, A., Kurttila, M., Hujala, T., Eyvindson, K. ve Kangas, J., 2015, Decision Support for Forest Management, Second Edition, Springer International Publishing Switzerland, ISBN: 978-3-319-23522-6.
- Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, KTÜ Yayın no 215, 515.
- Kara, İ., 1986. Yöneylem Araştırması (Doğrusal Olmayan Modeller), Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir, 550.

- Karahalil, U., 2003. Toprak Koruma ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 92.
- Karahalil, U., 2009. Korunan Orman Alanlarında Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Köprülü Kanyon Milli Parkı Örneği, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 186.
- Karlsson, J., Rönnqvist, M. ve Bergström, J., 2003. Short- Term Harvest Planning Including Scheduling Of Harvest Crews, *International Transactions in Operational Research*, 10, 5, 413-431.
- Karlsson, J., Rönnqvist, M., Bergström, J., 2004. An Optimization Model For Annual Harvest Planning. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 8, 1747-1754.
- Keleş, S., 2003. Ormanların Su ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama Tekniği ile Optimizasyonu (Karanlık Dere Planlama Birimi Örneği), Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 105.
- Keleş, S., Kadioğulları, A. İ. ve Başkent, E. Z., 2005. Tamsayılı Programlama Tekniği ile Ormanların Çok Amaçlı Planlanması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 21,1, 223-234.
- 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.
- Kelly, J.W., Kent, B.M., Johnson, K.N. ve Jones, D.B., 1986. FORPLAN Version 1: User's Guide. USDA Forest Service, Land Management Planning System Section.
- Kimmins, J. P., 1987. *Forest Ecology*. New York.
- 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.
- Korkmaz, M., 2006. Orman İşletmelerinde Üretim Planlarının Optimizasyon Olanakları Ve Bir Uygulama. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 215.
- 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.
- Köse, S., 2017. 19. yy'dan 21. yy'a Türkiye'de Orman Amenajmanın Gelişimi, Türkiye'de Orman Amenajmasının Gelişimi ve Teknik Uygulamalar Paneli, Kasım, Trabzon.
- Köse, S. ve Başkent E.Z., 1993. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormancılığımızdaki Önemi, 1. Ormancılık Şurası, Kasım, Ankara, 3, Bildiriler Kitabı, 195-204.
- Köse, S., Yavuz, H. ve Gül, A.U., 2000. Yöneylem Araştırması ve Ormancılık Uygulamaları, KTÜ Orman Fakültesi Ders Tezsizleri, Trabzon, 61, 159.
- Köse, S. ve Başkent, E.Z., 2003. Orman Amenajmanı Planlama Sürecinin Teknik, Mevzuat ve Organizasyon Açısından Değerlendirilmesi ve Yeniden Yapılandırılması, Orman Mühendisliği Dergisi, 40, 9, 10, 9-20.
- Lappi, J., 1992. A Linear Programming Package for Management Planning, Finnish Forest Research Institute, Research Paper 414, ISBN 951-40-1218-6, 134.
- Liu, C. M., 2001. Primal-Dual Methods for Sustainable Harvest Scheduling Problems, Computer Operations Research, 28, 733-749.
- MacDonald, A. J., 1996. Forest Resources Planning - Silviculture Module Software Program. Special Report - Forest Engineering Research Institute of Canada, SR-110, 25.
- MacDicken, K.G., Sola, P., Hall, J.E., Sabogal, C., Tadoum, M. ve Wasseige, C., 2015. Global Progress Toward Sustainable Forest Management, Forest Ecology and Management, 352, 47-56.
- Maness, T., ve Farrell, R., 2004. A Multi-Objective Scenario Evaluation Model For Sustainable Forest Management Using Criteria And İndicators. Can. J. For. Res., 34.
- Martell, D. L., Gunn, E. A., Weintraub, A., 1998. Forest Management Challenges for Operational Researchers, European Journal of Operational Research, 104, 1, 1-17.
- Mcdill, ME., Rebam S.A. ve Braze, J., 2002. Harvest Scheduling with Area-Based Adjacency Constraints, Forest Science, 48, 631-642.
- Mısıır, M., 1995. Orman Amenajman Planı Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Yapımı, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 144.
- Mısıır, M., 2001. Çok Amaçlı Orman Amenajmanı Planlarının CBS ve Amaç Programlama Yöntemiyle Düzenlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 92.

- MMFA., 2001. ECHO Planning System, planner's User Guide, McGregor Model Forest Association, British Columbia, Canada.
- Mullen, D.S., 1996. A Comparison of Genetic Algorithms And Monte Carlo Integer Programming For Optimization of Adjacency Constrained Timber Harvest Scheduling Problems, Master of Science in Computer and Information Sciences, University of North Florida, USA.
- Murray, A. T. ve Church, R. L., 1995. Heuristic Solution Approaches to Operational Forest Planning Problems, OR Spektrum, 17, 193-203.
- Nalle, D.J., Arthur, J.L. ve Montgomery, C.A., 2005. Economic Impacts of Adjacency and Green-Up Constraints on Timber Production at a Landscape Scale, Journal of Forest Economics, 10, 4, 189-205.
- Nasset, E., 1995. Derivation of a Predictive Model for Production of Tree Species Composition Maps at Small Scales Using Discriminate Function Analysis, Scandinavian Journal of Forest Research, 10, 90-96.
- Nasset, E., 1997. GIS in Long-Term Forest Management and Planning with Special Reference to Preservation of Biological Diversity: A Review, Forest Ecology and Management, 93, 121-136.
- Navon, D., 1971. TimberRAM, Research Paper, USDA Forest Service, USA, PSW-70.
- Nelson, J.D., 2003. FPS-ATLAS Database Manual: Version 6, Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Nieumenhuis, M. ve Tiernan, D., 2004. The Impact of the Introduction of Sustainable Forest Management Objectives on the Optimisation of PC-Based Forest-Level Harvest Schedules, Forest Policy and Economics, 7, 689-701.
- Nobre, S., Eriksson, L.O. ve Trubins, R., 2016. The Use of Decision Support Systems in Forest Management: Analysis of FORSYS Country Reports. Forests 7, 3, 72.
- NCASI., 2006. HABPLAN user manual, NCASI Statistics and Model Development Group, Canada, 180.
- Odabaşı, T., 1983. Silvikültürel Planlama. İÜ Orman Fakültesi Yayını, No 3154-351, İstanbul.
- Odabaşı, T., Çalışkan, A. ve Bozkuş, H.F., 2004: Orman Bakımı. İÜ Orman Fakültesi Yayını, No. 4458/474, İstanbul.
- OGM., 1996. 288 Sayılı Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliği, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 160.
- OGM., 2004. Damga Yönetmeliği, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 4.

- OGM., 2008. Orman Amenajman Yönetmeliği, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 28.
- OGM., 2014. 298 Sayılı Tebliğ: Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 144.
- OGM., 2016a. OGM 2015 Yılı Faaliyet Raporu, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 100.
- OGM., 2016b. Türkiye Orman Varlığı-2016-2017, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 36.
- OGM., 2017a. 299 nolu Tebliğ: Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul Ve Esaslar, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 227.
- OGM., 2017b. Çanakkale Orman İşletme Şefliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Plânı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 388.
- OGM., 2019. OGM 2018 Yılı Faaliyet Raporu, Orman Genel Müdürlüğü, Şubat, Ankara, 98.
- Ok, K., 1997. Aynı Yaşlı Ormanlarda Kesim Düzeninin Ekonomik Analizi, Doktora Tezi İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- 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, 9, 599.
- Öztürk, A., 2002. Yöneylem Araştırması, Genişletilmiş 9. Basım, Bursa, Ekin Kitabevi.
- Öztürk, A., 2013. Yöneylem Araştırmasının Tarihi Gelişimi ve Özellikleri. Alphanumeric Journal, 1, 1, 1-11.
- Öhman, K., ve Lamas, T., 2003. Clustering of Harvest Activities in Multi-Objective Long-term Forest Planning, Forest Ecology and Management, 176, 161-171.
- Packalen, T., Marques, A., Rasinmäki, J., Rosset, C., Mounir, F., Rodriguez, L. C. E. ve Nobre, S. R., 2013. A Brief Overview of Forest Management Decision Support Systems (FMDSS) Listed in The FORSYS Wiki, Forest Systems, 22, 2, 263-269.
- Pukkala, T., 2004, Dealing With Ecological Objectives in the MONSU Planning System, Silva Lusitana, no especial, 1-15.
- Redsven, V., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kettunen, L., Kiiskinen, A., Kärkkäinen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O. ve Siitonen, M. 2005. MELA2005 Reference Manual, The Finnish Forest Research Institute, Finland, ISBN: 951-40-1974-1, 621 s.

- 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.
- Reynolds, K.M., Twery, M., Lexer, M.J., Vacik, H., Ray, D., Shao, G., Borges, J.G., 2008. Decision Support Systems in Forest Management, Handbook on decision support systems ,2, In: Burstein, F. and Holsapple, C.W. (Eds.), Chapter 60, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-662-50101-6.
- Robak, E.W., 1984. Toward a Microcomputer-Based DSS for Planning Forest Operations, *Interfaces*, 14 , 5, 105-111
- Robak, E.W., 2004. Solving the Multi-Year Forest Operation Planning Problem Using Optimization: A Pilot Study. II. Latin American Symposium on Forest Management and Economics, September, Barcelona.
- Robak, E.W.T. ve Murty, B.R., 2006. Forest Management Information System (FMIS)-An Integrated Approach to Forest Management, Canada.
- Rönnqvist M. 2003. Optimization in Forestry. *Mathematical Programming* 97, 267-284.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür I (Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri), İÜ Orman Fakültesi Yayını, No, 2187-222, İstanbul.
- Saatçioğlu, F., 1979. Silvikültür II (Silvikültür Tekniği), II. Baskı, İÜ Orman Fakültesi Yayını, No. 2490/268, İstanbul.
- Sağır, M., Atlas, M., Aras, N. ve Öztürk, K.Z., 2013. Yöneylem Araştırması-I ders notları, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2528, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1499.
- Scott, J., 1991. SARA User's Manual, Version 1991.1, Berkeley, CA: Department of Forestry and Resource Management, University of California at Berkeley, USA.
- Sessions, J., Bettinger, P. ve Murphy, G., 2007. Heuristics in Forest Planning. In *Handbook of Operations Research in Natural Resources*, Springer, Boston, MA, 431-448.
- Shepherd, G., ve Kruglinski, D., 2003. Programming with Microsoft Visual C++. NET: Core Reference. Microsoft Press., NY.
- Silva, M., Weintraub, A., Romero, C. ve De la Maza, C., 2010, Forest Harvesting and Environmental Protection Based on the Goal Programming Approach, *Forest Science*, 56, 5, 460-472.
- Sivrikaya, F., 2008. Türkiye'de Orman Amenajman Planlama Model Yazılımının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- 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.

- Soykan, B., 1979. Aynıyaşlı Ormanların Aktüel Kuruluşlarının Optimal Kuruluşa Yaklaştırılmasında Yöneylem Araştırması Metotlarından Yararlanma Olanaklarının Araştırılması, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 106, Yayın No: 5, Trabzon, 252.
- Sun, O., Eren, E. ve Orpak, M., 1977. Temel Ağaç türlerimizde Tek ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması, TÜBİTAK/TOAG-288 Araştırma Projesi, Ankara.
- Şahin, A., Sönmez, T. ve Kahrıman, A., 2017. Mersin Yöresi Saf Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Tek Girişli Odun Ürün Çeşitleri Tablosunun Düzenlenmesi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17, 1, 23-35.
- Taha, H. A., 2007. Operations Research: An Introduction, Eighth Edition ISBN 0-13-188923-0, New Jersey.
- Tiernan, D. ve Nieuwenhuis, M., 2005. Financial Optimisation Of Forest-Level Harvest Scheduling in Ireland, Journal of Forest Economics, 11, 1, 21-43.
- 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.
- Türker, M.F., 2008. Ormanlık İşletme Ekonomisi. Derya Kitabevi, Trabzon, 74.
- Tolunay, D., 2012. Türkiye'de Artım ve Ağaç Servetinden Bitkisel Kütle ve Karbon Miktarlarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Katsayılar, Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, Antalya, Bildiriler Kitabı, 240-251.
- Twery, M. J., Knopp, P. D., Thomas, S. A., Rauscher, H. M., Nute, D. E., Potter, W. D., Glende, A., vd., 2005. NED-2: A Decision Support System For Integrated Forest Ecosystem Management, Computers and Electronics in Agriculture, 49,1, 24-43.
- URL-1, <https://www.lindo.com/downloads/PDF/LINGO.pdf>, LINGO Software for Integer Programming, Linear Programming, Nonlinear Programming, Stochastic Programming, Global Optimization, Manual, 13/07/2018.
- URL-2, https://www.seas.upenn.edu/~ese502/extra_materials/ArcView_10_Manual.pdf, ArcGIS Software Manuals, 13/07/2018.
- Vandevoorde, D., ve Josuttis, N. M., 2002. C++ Templates. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, ISBN:0201734842.
- 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.

- Wang, P., 1987. Wood Supply Forecasting Techniques, Research Paper, Canada.
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. ve Dokken, D.J., 2000. Land Use, Land-Use Change And Forestry: A Special Report Of The Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- Weintraub, A. ve Cholaky, A., 1991. A Hierarchical Approach to Forest Planning, Forest Science, 37, 2, 439-460.
- Weintraub, A., Barahona, F. ve Epstein, R., 1994. A Column Generation Algorithm for Solving General Forest Planning Problems with Adjacency Constraints, Forest Science, 40, 1, 142-161,
- Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L.O., Lamas, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C. ve Klinteback, F., 2011. The Heureka Forestry Decision Support System: An Overview, Mathematical and Computational Forestry Natural-Resource Sciences, 3, 2, 87-94.
- Wing, M. G. ve Bettinger, P., 2008. Geographic Information Systems: Applications in Natural Resource Management, New York, Oxford University Press.
- Winston, W.L. ve Goldberg, J.B., 2004. Operations Research: Applications And Algorithms ,Vol.,3, Belmont., Thomson Brooks/Cole.
- Wood, D.B., Fox, B.E. ve Covington, W.W., 1989. Computer-Based Approach for Teaching Multiresource Management, Journal of Forestry, 87, 11, 11-15.
- Yahyaoğlu, Z., 1994. Ağaçlandırma Tekniği Ders Notu, KTÜ Orman Fakültesi Yayını, Ders Teksirleri Serisi No. 44, Trabzon.
- Yıldırım M., 1989. İş Etüdü ve Planlaması, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın no:3556,O.F. Yayın No: 402, İstanbul.
- Yıldız, B., 2013. Office 2013 Türkçe. İstanbul: Kodlab Yayın Dağıtım, 13206, 420.
- Yolasıǧmaz, H.A., 1998. Coğrafi Bilgi Sistemi İle Orman Fonksiyon Haritalarının Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 98, Trabzon.
- Yolasıǧmaz, H.A., 2004. Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye’de Uygulaması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yolasıǧmaz, H. A., Sivrikaya, F., Keleş, S. ve Günlü, A., 2005. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama, 1. Çevre ve Ormancılık Şurası, Mart, Antalya, Bildiriler Kitabı, 2, 340-350.

Yolasışmaz, H. A. ve Güner, S., 2016. The Process of Silvikültüre Planning in Turkey: Hisar Case Study, şumariski List, 140, 9-10, 503-514.

Zengin, H., 2009. Orman Kaynaklarının Fonksiyonel Yaklaşım ile Çok Amaçlı Faydalanmanın Optimizasyonu, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



6. EKLER

Ek 1. Kabuğu soyulanlar için kesme-tomruklamada çap kademelerine ve meyil gruplarına göre standart zamanlar (dk/m³) Tablosu

Çap Sınıfları	Çap (1,30 m) (cm)	(288 sayılı asli orman ürünlerinin üretim işlerine ait tebliğ Ek40) MEYİL GRUPLARI							
		0-30		31-60		61-100		(+100	
		MÇZ	İÇZ	MÇZ	İÇZ	MÇZ	İÇZ	MÇZ	İÇZ
H ₀	8	89,66	451,00	96,54	462,20	113,37	663,37	169,09	784,52
H ₁	9	78,50	375,00	90,00	373,00	105,00	520,00	163,10	670,00
	10	72,00	343,00	85,00	336,00	100,00	440,00	157,15	610,00
	11	66,50	318,00	80,00	308,00	96,25	400,00	151,20	570,00
	12	62,00	292,00	76,00	287,00	92,50	373,00	145,26	535,00
	13	58,50	267,00	72,00	266,00	90,00	348,00	139,32	500,00
	14	54,44	244,70	68,95	250,10	87,95	323,00	133,42	468,03
	15	51,50	232,00	65,37	235,00	84,83	296,00	127,78	437,00
	16	48,50	220,00	61,80	220,00	81,72	277,00	122,15	407,00
	17	46,00	208,00	58,23	207,00	78,61	260,00	116,51	382,00
	18	43,50	196,00	54,65	195,00	75,50	243,00	110,87	360,00
19	41,50	185,00	51,07	183,00	72,39	228,00	105,24	340,00	
H ₂	20	39,50	173,00	47,50	172,00	69,28	213,00	99,60	320,00
	21	37,50	161,00	44,93	162,00	66,17	200,00	93,96	300,00
	22	35,50	150,00	42,35	153,00	63,06	187,00	88,33	281,00
	23	33,75	140,00	39,78	144,00	59,94	175,00	82,69	262,00
	24	32,00	130,00	37,21	137,00	56,83	163,00	77,05	244,00
	25	30,50	120,00	34,64	129,00	53,72	151,00	71,42	226,00
	26	29,00	110,00	32,06	121,00	50,61	141,00	65,78	209,00
	27	27,50	101,30	29,49	114,40	47,50	133,05	60,14	193,09
	28	26,66	96,30	28,92	109,00	45,75	125,00	58,24	181,00
	29	25,83	92,40	28,35	104,00	44,00	118,00	56,34	170,00
	30	25,00	88,50	27,79	99,50	42,25	112,00	54,44	161,00
	31	24,30	84,50	27,22	95,00	40,50	107,00	52,54	153,00
	32	23,70	80,50	26,65	90,50	38,75	103,00	50,64	146,00
	33	23,25	76,50	26,08	87,00	37,19	99,00	48,74	140,50
	34	22,75	72,50	25,51	83,33	35,62	95,00	46,84	135,50
	35	22,25	68,30	24,95	79,67	34,06	92,77	44,94	130,50
H ₃	36	21,75	66,22	24,38	76,00	32,50	90,54	43,04	125,50
	37	21,25	64,14	23,81	73,00	31,25	88,31	41,15	120,50
	38	20,75	62,06	23,24	70,00	30,20	86,07	39,25	115,75
	39	20,30	59,98	22,67	67,95	29,05	83,84	37,35	111,00
	40	19,84	58,00	22,11	66,58	27,90	81,61	35,45	106,25
	41	19,43	56,95	21,54	65,22	26,75	79,38	33,55	101,75
	42	19,04	55,85	20,97	63,86	25,60	77,15	31,65	97,51
	43	18,77	54,73	20,73	62,80	25,30	75,75	31,22	94,56
	44	18,49	53,63	20,50	61,74	25,02	74,34	30,80	92,42
	45	18,22	52,67	20,26	60,68	24,73	72,94	30,37	90,56
	46	17,94	51,70	20,02	59,63	24,44	71,53	29,94	88,71
	47	17,66	50,73	19,78	58,57	24,15	70,13	29,51	86,85
	48	17,39	49,73	19,54	57,51	23,86	68,72	29,09	84,99
	49	17,12	48,76	19,31	56,45	23,57	67,32	28,66	83,13
	50	16,84	47,79	19,07	55,39	23,28	65,91	28,23	81,27
	51	16,57	46,81	18,83	54,34	22,99	64,51	27,80	79,41
H ₄	52	16,29	45,84	18,59	53,28	22,70	63,10	27,38	77,55
	53	16,02	44,87	18,35	52,22	22,41	61,70	26,95	75,69
	54	15,75	43,89	18,11	51,16	21,83	60,29	26,52	73,83
	55	15,47	42,92	17,87	50,10	21,54	58,89	26,09	71,97
	56	15,20	41,95	17,64	49,05	21,25	57,48	25,67	70,11

Ek 2. Kabuğu soyulmayanlar için kesme-tomruklamada çap kademelerine ve meyil gruplarına göre standart zamanlar (dk/m³) tablosu

Çap Sınıfları	Çap (1,30 m) (cm)	(288 sayılı asli orman ürünlerinin üretim işlerine ait tebliğ Ek41) MEYİL GRUPLARI							
		0-30		31-60		61-100		(+100)	
		MÇZ	İÇZ	MÇZ	İÇZ	MÇZ	İÇZ	MÇZ	İÇZ
H ₀	8	89,66	109,53	96,54	118,23	113,37	134,19	169,09	224,09
H ₁	9	78,50	103,17	90,00	111,00	105,00	126,50	163,10	205,00
	10	72,00	96,83	85,00	103,82	100,00	119,00	157,15	190,00
	11	66,50	90,48	80,00	96,64	96,25	113,00	151,20	178,00
	12	62,00	84,14	76,00	89,46	92,50	107,50	145,26	168,00
	13	58,50	77,78	72,00	82,28	90,00	102,00	139,32	158,00
	14	54,44	71,45	68,95	75,10	87,95	96,59	133,42	150,51
	15	51,50	68,20	65,37	72,07	84,83	92,00	127,78	142,75
	16	48,50	64,96	61,80	69,06	81,72	87,66	122,15	135,00
	17	46,00	61,72	58,23	66,05	78,61	83,33	116,51	128,75
	18	43,50	58,48	54,65	63,03	75,50	79,00	110,87	122,50
H ₂	19	41,50	55,24	51,07	60,02	72,39	75,50	105,24	116,25
	20	39,50	52,00	47,50	57,00	69,28	72,00	99,60	110,00
	21	37,50	49,27	44,93	53,99	66,17	68,50	93,96	104,58
	22	35,50	46,55	42,35	50,97	63,06	65,00	88,33	99,16
	23	33,75	43,83	39,78	47,96	59,94	62,11	82,69	93,73
	24	32,00	41,11	37,21	44,94	56,83	59,21	77,05	88,31
	25	30,50	38,38	34,64	41,93	53,72	56,32	71,42	82,89
	26	29,00	35,66	32,06	38,91	50,61	53,42	65,78	77,47
	27	27,50	32,94	29,49	35,90	47,50	50,53	60,14	72,05
	28	26,66	32,12	28,92	34,96	45,75	48,77	58,24	69,92
	29	25,83	31,32	28,35	34,03	44,00	47,02	56,34	67,81
	30	25,00	30,51	27,79	33,10	42,25	45,26	54,44	65,70
	31	24,30	29,71	27,22	32,17	40,50	43,51	52,54	63,58
	32	23,70	28,90	26,65	31,24	38,75	41,75	50,64	61,47
	33	23,25	28,09	26,08	30,31	37,19	40,00	48,74	59,35
	34	22,75	27,29	25,51	29,38	35,62	39,05	46,84	57,24
	35	22,25	26,48	24,95	28,45	34,06	38,10	44,94	55,12
H ₃	36	21,75	25,67	24,38	27,52	32,50	37,16	43,04	53,01
	37	21,25	24,87	23,81	26,59	31,25	36,21	41,15	50,89
	38	20,75	24,06	23,24	25,66	30,20	35,27	39,25	48,78
	39	20,30	23,25	22,67	24,73	29,05	34,32	37,35	46,66
	40	19,84	22,44	22,11	23,80	27,90	33,38	35,45	44,55
	41	19,43	21,64	21,54	22,87	26,75	32,44	33,55	42,43
	42	19,04	20,83	20,97	21,94	25,60	31,49	31,65	40,32
	43	18,77	20,42	20,73	21,70	25,30	30,94	31,22	39,60
	44	18,49	20,04	20,50	21,47	25,02	30,40	30,80	38,90
	45	18,22	19,66	20,26	21,24	24,73	29,85	30,37	38,19
	46	17,94	19,28	20,02	21,01	24,44	29,31	29,94	37,49
	47	17,66	18,90	19,78	20,78	24,15	28,76	29,51	36,78
	48	17,39	18,51	19,54	20,55	23,86	28,22	29,09	36,08
	49	17,12	18,12	19,31	20,32	23,57	27,68	28,66	35,37
	50	16,84	17,73	19,07	20,09	23,28	27,13	28,23	34,67
	51	16,57	17,35	18,83	19,85	22,99	26,59	27,80	33,96
	H ₄	52	16,29	16,96	18,59	19,62	22,70	26,04	27,38
53		16,02	16,57	18,35	19,39	22,41	25,50	26,95	32,55
54		15,75	16,19	18,11	19,16	21,83	24,96	26,52	31,85
55		15,47	15,80	17,87	18,93	21,54	24,41	26,09	31,15
56		15,20	15,41	17,64	18,69	21,25	23,87	25,67	30,44

Ek 3.Yukarıdan aşağı muhtelif meyil gruplarına göre 1 m³ ibrelı-yapraklı yapacak odunun sürütülmesi için işçi çalışma standart zamanları (İÇZ) veren formüller

288 SAYILI ASLİ ORMAN ÜRÜNLERİNİN ÜRETİM İŞLERİNE AİT TEBLİĞ Ek-42				
YUKARIDAN AŞAĞI MUHTELİF MEYİL GRUPLARINA GÖRE 1 M ³ İBRELİ YAPACAK ODUNUN SÜRÜTÜLMESİ İÇİN İÇZ TABLOSU				
Sürütme Mesafesi (M)	MEYİL GRUPLARI			
	0-30	31-60	61-100	(+)100
$0 < L < \infty$	LX51/100	LX66/100	LX75/100	LX108/100
288 SAYILI ASLİ ORMAN ÜRÜNLERİNİN ÜRETİM İŞLERİNE AİT TEBLİĞ Ek-43				
YUKARIDAN AŞAĞI MUHTELİF MEYİL GRUPLARINA GÖRE 1 M ³ YAPRAKLI YAPACAK ODUNUN SÜRÜTÜLMESİ İÇİN İÇZ TABLOSU				
Sürütme Mesafesi (M)	MEYİL GRUPLARI			
	0-30	31-60	61-100	(+)100
$0 < L < \infty$	LX58/100	LX87/100	LX104/100	LX123/100

ÖZGEÇMİŞ

Orman yüksek mühendisi Durmuş Ali ÇELİK, 1983 yılında Uşak'ta doğdu. İlk ve orta öğretimini Uşak'ta tamamladı. 2005 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Eylül 2005' de Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesinde araştırma görevlisi olarak atandı. 2008 yılında 'Taşköprü-Tekçam sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) klonal tohum bahçesindeki çiçeklenme fenolojisi' adlı yüksek lisans tezini tamamlayarak Yüksek Orman Mühendisi unvanını almaya hak kazandı. 2009 yılında 35. Madde kapsamında doktora öğretimini görmek için Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında görevlendirildi. Yüksek lisans ve Doktora eğitimi boyunca 3 adet uluslararası, 3 adet ulusal düzeyde makale ve 15 bildirisi bulunan ÇELİK; halen Kastamonu Üniversitesi Orman Mühendisliği Orman Amenajmanı Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmekte ve İngilizce bilmektedir. Evli ve bir kız çocuğu babasıdır.