

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YALNIZÇAM ORMANLARININ EKOSİSTEM TABANLI ÇOK AMAÇLI  
PLANLANMASI VE ORMAN DİNAMİĞİNİN EKONOMİK VE İDARE  
SÜRELERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. Müh. Derya MUMCU**

**AĞUSTOS 2007  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YALNIZÇAM ORMANLARININ EKOSİSTEM TABANLI ÇOK AMAÇLI  
PLANLANMASI VE ORMAN DİNAMIĞININ EKONOMİK VE İDARE  
SÜRELERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Orm. Müh. Derya MUMCU**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nce  
“Orman Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.08.2007  
Tezin Savunma Tarihi : 22.08.2007**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Selahattin KÖSE  
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT**

**Trabzon 2007**

## ÖNSÖZ

“Yalnızçam Ormanlarının Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlanması ve Orman Dinamiğinin Ekonomik ve İdare Süreleri Açısından Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanmasında 2006–211.130.003 kod numaralı proje ile desteklenmesini sağlayan Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu Kurumuna ve yüksek lisans öğrenimin boyunca sağladığı burs dolayısıyla da TÜBİTAK’ a teşekkür ederim.

Öncelikle, tez konumun seçiminde ve araştırmamın yürütülmesi sırasında bana öncülük eden, çalışmanın içerik ve şekli bakımından yönlendirilmesini sağlayan ayrıca her konuda ilgi, destek ve yardımlarını esirgemeyen saygı değer hocam Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT’e sonsuz teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Değerli görüş ve önerileriyle çalışmamı yönlendiren, büyük ilgi ve desteğini gördüğüm Sayın Hocam Prof. Dr. Selahattin KÖSE’ye teşekkürlerimi sunmayı bir görev sayarım.

Tez çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Hakkı YAVUZ ve Dr. Turan SÖNMEZ ile fikir ve görüşlerinden yararlandığım yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen mesai arkadaşlarım Arş. Gör. Uzay KARAHALİL, Arş. Gör. Alkan GÜNLÜ ve Arş. Gör. İlker ERCANLI ‘ya teşekkür ederim.

Çalışmada ihtiyaç duyulan ekonomik verilerin işletmeden kısa sürede elde edilmesini sağlayan Metin YAVUZ ve Orm. Müh. İlhan Türk ile çalışmamın her aşamasında benimle yorulan ve manevi desteğini eksik etmeyen Arş. Gör. Yüksel KÜÇÜKER’e sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında benden manevi desteğini esirgemeyen ve yeri geldiğinde çalışmama doğrudan destek veren zamanlarını benimle harcamaktan kaçınmayan dostlarım Orm. Müh. Nuray ÜLGEN, Orm. Müh. Özden YAVUZ ve Orm Müh. Nurdan KAKŞI’ ye teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Derya MUMCU  
Trabzon, 2007

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET .....	VI
SUMMARY .....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Temel Kavramlar.....	5
1.2.1. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama.....	5
1.2.2. İdare Süresi.....	6
1.2.3. İdare Sürelerini Etkileyen ve Kısıtlayan Faktörler.....	7
1.2.4. İdare Süresi Türleri.....	10
1.2.5. Ormanların Topluma Sunduğu Fonksiyonlar.....	11
1.2.5.1. Ormanların Odun Üretimi Fonksiyonu .....	11
1.2.5.2. Ormanların Su Koruma Fonksiyonu .....	11
1.2.5.3. Ormanların Karbon Depolama Fonksiyonu .....	13
1.2.6. Orman Amenajmanında Model ve Modelleme .....	15
1.2.6.1. Doğrusal Programlama.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	16
2.1. Araştırma Alanı Tanıtımı .....	16
2.2. Materyal .....	19
2.3. Ön Orman Fonksiyon Haritasının Hazırlanması (Zonlama).....	20
2.4. Silvikültürel İşlem Ünitelerinin ve Müdahale Reçetelerinin Oluşturulması..	24
2.5. Orman Amenajman Planlama Modelinin Hazırlanması .....	25
2.5.1. Net Bugünkü Değer Kavramı.....	25
2.5.2. Odun Üretim Matrislerinin Oluşturulması .....	26
2.5.3. Göğüs Yüzeyi Matrislerinin Oluşturulması .....	30
2.5.4. Su Üretimi Matrislerinin Oluşturulması.....	31
2.5.5. Karbon Birikim Matrislerinin Oluşturulması.....	33
2.5.6. Odun Üretimine İlişkin Ekonomik Matrislerinin Oluşturulması .....	36
2.5.7. Su Üretimine İlişkin Ekonomik Matrislerinin Oluşturulması .....	38

2.5.8.	Karbon Birikimine İlişkin Ekonomik Matrislerinin Oluşturulması .....	39
2.5.9.	Doğrusal Programlama Modeli ve Planlama Stratejilerinin Geliştirilmesi....	41
3.	BULGULAR VE TARTIŞMALAR .....	48
3.1.	Farklı İdare Sürelerinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi .....	48
3.1.1.	80 Yıllık İdare Süresinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	48
3.1.2.	90 Yıllık İdare Süresinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	52
3.1.3.	100 Yıllık İdare Sürelerinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	54
3.1.4.	110 Yıllık İdare Sürelerinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	57
3.1.5.	120 Yıllık İdare Sürelerinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	58
3.1.6.	Elde Edilen Toplam Odun Ürünü ve NBD' lerin Farklı İdare Süreleri Açısından Karşılaştırılması .....	60
3.2.	Farklı İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi .....	63
3.2.1.	80 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	63
3.2.2.	90 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	67
3.2.3.	100 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	70
3.2.4.	110 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	72
3.2.5.	120 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	75
3.2.6.	Elde Edilen Toplam Su Miktarı ve NBD' lerin Farklı İdare Süreleri Açısından Karşılaştırılması .....	76
3.3.	Farklı İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi .....	79
3.3.1.	80 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	80
3.3.2.	90 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	82
3.3.3.	100 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	83
3.3.4.	110 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	85
3.3.5.	120 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri .....	87
3.3.6.	Elde Edilen Toplam Net Karbon Birikimi ve NBD' nin Farklı İdare Süreleri Açısından Karşılaştırılması .....	89
3.4.	Farklı İdare Sürelerinin Alan Dağılımı Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi .....	91
3.4.1.	(80-180) Yıllık İdare Sürelerinde Üretim İşletme Sınıfında Planlama Yörüngesi Sonunda Yaş Sınıfları Dağılımı .....	92

3.4.2.	(80-180) Yıllık İdare Sürelerinde Koruma İşletme Sınıfında Planlama Yörüngesi Sonunda Yaş Sınıfı Dağılımı .....	93
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	96
5.	KAYNAKLAR.....	101
	ÖZGEÇMİŞ	

## ÖZET

Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama (ETÇAP) yaklaşımı çerçevesinde ülke ormanlarının amenajman planlama sistemi de bir değişim sürecine girmiştir. Bu süreçte, “en yüksek odun hasılatı” odaklı standart işletme amacı ile planlamanın başarısını ortaya koyan idare süresinin belirlenme kriterinin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Bu değişime ışık tutmak amacıyla hazırlanan bu tez çalışmasında farklı idare sürelerinin; elde edilen odun hasılatı, su ve net karbon birikimi gibi farklı işletme amaçlarının hem miktar hem de net bugünkü değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Hazırlanan bu tez çalışmasında, araştırma alanı olarak seçilen Erzurum OBM, Göle Orman İşletme Müdürlüğü, Yalnızçam Planlama Biriminin çalışmaya kaynak oluşturacak tüm verileri BTC projesi kapsamında elde edilmiştir. ETÇAP planlama yaklaşımı çerçevesinde doğrusal programlama tekniği kullanılarak idare sürelerinin farklı işletme amaçları ve plan kısıtlarına göre duyarlılığı araştırılmıştır. Bu bağlamda, üretim ağırlıklı alanlarda 80, 90, 100, 110 ve 120 yıllık idare süreleri denenirken, koruma ağırlıklı alanlarda 180 ve 200 yıllık idare süreleri denenmiştir. Her bir idare süresi için, eta seyir politikalarından periyotlara göre eşit alan kısıtı, periyotlara göre %10 değişen eta seyir kısıtı ve eşik düzeydeki net karbon birikimi gibi kısıtlayıcı koşullar ile amaç fonksiyonlarına göre değişen 16 farklı planlama stratejisi geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller LİNDÖ paket programı ile çözülmüştür. Her bir idare süresinin başarısı, 100 yıllık plan yörüngesi ve 10’ar yıllık periyotlar halinde incelenmiştir.

Sonuçta, aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken farklı idare sürelerinde farklı amaç değerlerinin oluştuğu ve idare sürelerinin uzaması halinde elde edilen eta ve NBD’lerin genelde azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde su üretimi ile açık alanlarının önemli derecede etkileşimi nedeniyle, farklı idare sürelerindeki su üretim değerlerinin belirli bir trend izlemediği ve planlarda ekonomik değerler amaçlandığında optimal idare sürelerinde farklılık olduğu ortaya çıkmıştır. Burada, en iyi “çıktı”yı arzulanan işletme amacı ile bağlayıcı kısıtlayıcıların belirlediği ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İdare Süresi, Orman Amenajmanı, ETÇAP, Doğrusal Programlama, Net Bugünkü Değer

## SUMMARY

### **Ecosystem Based Multi Objective Planning (EBMOP) of Yalnızçam Forest and Evaluation of Forest Dynamics Focusing on Rotation Age**

The Ecosystem Based Multiple Objective Planning (EBMOP) approach has motivated the classical forest management planning system to be revised. The solo forest management objective of “maximum timber production” and the criteria used to determine rotation ages are realized to be inadequate in our country. In this study the effects of various rotations ages on management outputs such as timber production, water production and net carbon balance were evaluated and the corresponding economical values of each output were determined in terms of Net Present Value (NPV).

Yalnızçam Planning Unit of Göle Forest Enterprise was used as the case study area. In this way, the best rotation age was evaluated using linear programming technique with EBMOP approach. In this context; 80, 90, 100, 110 and 120 ages were tried as rotation ages for timber production dominated management areas, and 180 and 200 ages were tried as rotation ages for conservation based management areas. 16 different forest management strategies were developed based on objective functions, area control, 10 % harvest flow and threshold net carbon sequestration constraints for all rotation ages. The LP based forest management model was solved with LINDO™ program. The achievement of each rotation age was investigated over ten 10-year period 100 year planning horizon.

In conclusion; it is found out that same objective function and constraints generated different forest output values when different rotation ages are used. Moreover, the amount of timber production and it's NPV generally decreased as the rotation ages increased. Besides, due to the strong interactions between water production and open forest lands, water production values didn't observe a specific trend for different rotation ages. However, when the NPV of forest outputs were considered as management objectives in plans, the optimal rotation did change.

**Keywords:** Rotation Age, Forest Management, Ecosystem Based Multi Objective Planning (EBMOP), Linear Programming, Net Present Value



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çalışma alanı tanıtım haritası.....	18
Şekil 2. Üretim ve Koruma ağırlıklı alanların aktüel yaş sınıfları dağılımı .....	19
Şekil 3. Yalnızçam planlama birimi orman fonksiyonları haritası.....	21
Şekil 4. 80-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda).....	50
Şekil 5. 80-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda).....	51
Şekil 6. 90-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda).....	53
Şekil 7. 90-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda).....	54
Şekil 8. 100-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda).....	55
Şekil 9. 100-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda).....	56
Şekil 10. 110-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda) .....	57
Şekil 11. 110-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda) .....	58
Şekil 12. 120-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda) .....	59
Şekil 13. 120-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda) .....	60
Şekil 14. 80-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	65
Şekil 15. 80-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	67
Şekil 16. 90-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	68
Şekil 17. 90-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	69
Şekil 18. 100-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	71
Şekil 19. 100-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	72

Şekil 20. 110-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	73
Şekil 21. 110-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	74
Şekil 22. 120-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Su üretimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	76
Şekil 23. 80-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	80
Şekil 24. 80-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	81
Şekil 25. 90-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	82
Şekil 26. 100-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	84
Şekil 27. 100-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	85
Şekil 28. 110-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	86
Şekil 29. 110-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	87
Şekil 30. 120-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	88
Şekil 31. 120-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre <i>Net Karbon Birikimi</i> (solda) ve <i>NBD</i> 'ler (sağda).....	89
Şekil 32. 80-180 yıllık idare süresinde üretim ağırlıklı işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları dağılımı.....	93
Şekil 33. 80-180 yıllık idare sürelerinde koruma ağırlıklı işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları dağılımları.....	94

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Ana amacı Koruma ve Sosyal fonksiyonlar iken tahmin edilen idare süreleri .....	10
Tablo 2. 1999–2008 yılı orman amenajman plan verilerine göre araştırma alanı orman ve ormansız alan dağılımı.....	16
Tablo 3. Araştırma alanı orman fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan gösterge ve ölçütler.....	22
Tablo 4. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi matrisleri silvikültürel müdahale reçetesi .....	27
Tablo 5. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi hâsılat matrisi değerleri (m <sup>3</sup> /ha) .	28
Tablo 6. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşcere tipi hasılat matrisi değerleri (m <sup>3</sup> /ha) .....	28
Tablo 7. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi göğüs yüzeyi matrisi değerleri (m <sup>2</sup> /ha) .....	30
Tablo 8. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşcere tipi göğüs yüzeyi matrisi değerleri (m <sup>2</sup> /ha) .....	31
Tablo 9. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi su üretim matrisi değerleri (m <sup>3</sup> /ha/yıl) .....	32
Tablo 10. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşcere tipi su üretim matrisi değerleri( m <sup>3</sup> /ha/yıl).....	33
Tablo 11. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi net karbon birikimi matrisi değerleri (ton/ha) .....	35
Tablo 12. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşcere tipi net karbon birikimi matrisi değerleri (ton/ha).....	36
Tablo 13. Araştırma alanı 2006 yılı ürün çeşitlerine göre gelir ve gider değerleri .....	37
Tablo 14. Araştırma alanı gider kalemleri (EOBM, 2006) .....	38
Tablo 15. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşcere tipi su üretimi ve NBD matrisi değerleri .....	39
Tablo 16. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşcere tipi karbon birikimi ve NBD matrisi değerleri .....	40
Tablo 17. Yalnızçam Planlama biriminde geliştirilen alternatif plan stratejileri .....	43
Tablo 18. Tüm stratejilerin farklı idare sürelerindeki toplam ağaçlandırma alanları (ha) .....	49
Tablo 19. Aynı amaç ve kısıtlara göre elde edilen toplam Eta ve NBD' ler.....	62
Tablo 20. Aynı amaç ve kısıtlara göre farklı idare sürelerindeki toplam Su Üretimi ve NBD.....	78

Tablo 21. Aynı amaç ve kısıtlara göre farklı idare sürelerinde toplam Karbon ve NBD'ler .....	90
Tablo 22. Üretim ağırlıkla alanlarda (80-180) yıllık idare sürelerinde her bir stratejide gençleştirilen alanlar (ha) .....	95
Tablo 23. Koruma ağırlıkla alanlarda (80-180) yıllık idare sürelerinde her bir stratejide gençleştirilen alanlar (ha) .....	95

## SEMBOLELER DİZİNİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CI	: Uluslararası Çevre Koruma Örgütü
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EBMOP	: Ecosystem Based Multiple Objective Planning
ETÇAP	: Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama
FAO	: Dünya Gıda ve Tarım Teşkilatı
GEF	: Küresel Çevre Fonu
IUCN	: Dünya Doğayı Koruma Birliği
NBD	: Net Bugünkü Değer
NPV	: Net Present Value
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
ÖBA	: Önemli Bitki Alanları
ÖKA	: Önemli Kuş Alanları
WWF	: Dünya Doğayı Koruma Vakfı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Giderek artan nüfus, dev adımlarla gelişen teknoloji ve buna paralel olarak insanların yaşam düzeyinin giderek yükselmesi sonucunda ormanlardan yararlanmanın şekli değişmiş ve yoğunluğu da artmıştır. Artan ihtiyaçların düzensiz ve plansız bir şekilde sağlanması; erozyonla toprakların kaybolması, çevre kirlenmesi, doğal hayatın kaybolması, biyolojik çeşitliliğin azalması, ormanların sağlık durumlarının bozulması ve uzun vadede ekosistem sürecinin sürekliliğinin sağlanamaması gibi pek çok sorunları da beraberinde getirmiştir (Başkent, 1999). Sınırsız ve bol sayılan ormanların “tükenen kaynaklardan” olduğu da anlaşılınca, düzenli yararlanma ve yararlanmayı belli sınırlarda tutma gereği duyulmuştur (Kapucu, 1996). Bunun sonucu olarak da, ormanların kendi bünyeleri ile sunduğu fonksiyonlardan toplumu sürekli olarak faydalandırmayı gerçekleştirme düşüncesinden diğer ormancılık bilimleri ile birlikte *orman amenajmanı* doğmuştur (Eraslan, 1982). Orman ekosisteminin devamlılığını ve stabilitesini sağlamak kaydıyla, toplumun ormanlardan olan her türlü ihtiyaçlarını optimal şekilde karşılamak için gerekli en modern yöntem ve metodu kullanarak, ormanlardan en uygun yararlanma şekline karar verilerek, ormanın kontrol altına alınması orman amenajmanının özünü oluşturmaktadır (Başkent, 1996).

İnsanların orman kaynaklarından faydalanma şekilleri başlangıçta tamamen odun eksenli olup orman kaynaklarının ekonomik anlamda kullanımına odaklanmıştır. Daha sonraları ise, toplumun ormanlardan beklediği fayda ve fonksiyonlar ortaya çıkan ekonomik koşullara ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak zaman içinde çeşitlenmiş ve değişmiştir. Özellikle ulusal sınırlar tanımayan çevre sorunlarının hayati önemi her kesim halk tarafından fark edildikçe, yaşanabilir çevrenin biricik kaynağı olan ormanların bu yöndeki katkısı daha iyi anlaşılmiş ve toplumların ormanlardan beklediği fayda ve fonksiyonların yönü ve kapsamı değişmiştir (Asan, 1995).

Dünyada orman amenajmanı planlama yaklaşımlarının gelişim seyri ve uluslar arası süreç ve sözleşmeler, ormanların sadece ekonomik anlamda değeri olan odun hammaddesini üreten alanlar olmadığını, aksine ormanı bir ekolojik bütünlük olduğunu göstermiştir. Yani ormanlar artık odun hammaddesiyle anılmamakta aksine insan yaşamı

için olmazsa olmaz olan oksijenin üretildiği, karbonun tutulduğu, suyun üretildiği alan, toprağın korunduğu yer, pek çok bitki ve hayvan türleri için yaşam alanı ve insanların eğlenip dinlenebilecekleri mekan olarak ele alınmaktadır.

Biyolojik çeşitlilik açısından stratejik önem taşıyan ülkemiz, sahip olduğu orman kaynaklarını sürdürülebilir şekilde işletmek ve planlamak durumundadır. Avrupa'da yer alan tüm bitki türlerinin yaklaşık %75'ini barındırmaktadır. Bunların üçte biri endemik özelliğe sahip, sadece Türkiye'ye has türlerdir ve bunlar komşu ülkelerin yaklaşık iki katı kadardır (Anonymous, 1996). Ülkemiz, 1992 yılında Rio de Janeiro'da birçok dünya ülkesi tarafından hazırlanarak imzalanan "Biyolojik Çeşitlilik" sözleşmesine 1996 yılında resmen imza atmıştır. Daha önce de ifade edildiği gibi; biyolojik çeşitlilik sözleşmesi paralelinde şekillenen Pan-Avrupa ve Yakın-Doğu süreçlerine de dâhil olan ülkemiz; verdiği taahhütler gereği, biyolojik çeşitliliği koruma hususunda gerekli yasal düzenlemeleri yapmalı, sosyal, kültürel ve ekonomik alt yapıyı hazırlayarak, doğal kaynaklarını bu çerçevede işletmek zorundadır (Resmi Gazete, 1996).

Klasik, münferit ve fonksiyonel planlarda faydalanmanın düzenlenmesi alan ya da hacim kontrolü metotlarına dayanmaktadır. Etanın kararlaştırılmasında formüller yaklaşımlarla beraber, genelde sezgisel yöntemlerin kullanılması ormanın sürekliliğini tehlikeye atmaktadır. Orman amenajmanı tarihi bir süreç içerisinde geçerken, çeşitlenen, çelişen ve giderek artan talebi en iyi şekilde karşılamak için orman ekosisteminin uzun vadede bütünlüğünü ve sağlığını koruyacak sürdürülebilir bir tasarıma ve bunu da gerçekleştirecek bir planlama yaklaşımına ihtiyaç vardır. Klasik formüllerle eta hesaplanması ve planın da bu doğrultuda yapılması orman ekosisteminin dinamiğini ortaya koyamadığı, çok amaçlı planlamaya cevap veremediği, alternatifler oluşturamadığı, optimal çözümü zorlamadığı gibi faydalanmanın sürdürülebilirliği hakkında da analiz imkanları sunmamaktadır. Bu darboğazları simülasyon ve matematiksel optimizasyon gibi yöneylem araştırması teknikleri ile aşmak mümkündür (Başkent vd., 2002).

Günümüze dek, orman amenajman problemlerinin çözümü ve planlarının yapımı için simülasyon ve matematik optimizasyon teknikleri kullanılmıştır. Simülasyon, ormanın dinamik yapısının modellenmesinde önemli bir yer teşkil eden sezgisel bir yaklaşımdır ve karmaşık matematiksel kuramlardan uzaktır. Simülasyonda mevcut orman kuruluşu, periyodik olarak ardışık çözümle belirlenen planlama yörüngesi sonuna kadar kestirilir. Ancak, bu yaklaşım tarzı karmaşık problemlerin çözümünde yetersiz kalmaktadır. Ayrıca

simülasyon modellerinde birden fazla amaca yer verilememesi ve optimal bir çözüm üretememesi etkinliği azaltmaktadır (Başkent vd, 2002).

Simülasyon tekniğinin sıralanan ciddi eksikliklerinden dolayı, planlamada alternatif olarak doğrusal programlama ve amaç programlama gibi matematik optimizasyon teknikleri kullanılmaktadır. Optimizasyon teknikleri, bir yahut bir çok amacı içeren optimal çözümler sunduğu için planlayıcılar tarafından doğal olarak daha cazip görünmektedir. Modellemede daha önceden sayısallaştırılan orman kuruluşu, hâsılat matrisleri ve potansiyel işletme tekniklerine göre uzun vadeli kestirim yapılır. Optimizasyon tekniğinin planlayıcıya sağladığı bir başka avantajı ise, elde edilen çözüme ilişkin ileri duyarlılık analizlerinin (ekonomik analiz) yapılmasına yardımcı olacak ek bilgilerin sunulmasıdır. Burada planlayıcı, çözümler üzerinde yapılabilecek değişikliklerin planlamaya olan etkilerini sayısal olarak belirleyebilmektedir (Başkent vd, 2002).

ETÇAP problemlerinin çözümünde kullanılan matematik optimizasyon tekniklerinin bazı kısıtlayıcı koşulları bulunmaktadır. Bunlardan ilki; karar değişkenleri arasında doğrusal ilişki olmalıdır ki orman ekosistem planlanmasında bazı karar değişkenleri arasında doğrusal ilişki olmayabilir. İkincisi; konumsal özellikleri içeren bir ekosistem planlamasında, karar değişkenleri ve planlama kısıtları sayısı artacak ve dolayısıyla matris boyutu aşırı derecede büyüyeceğinden optimal çözüm zorlaşacaktır. Bir diğeri; matematik optimizasyonda karar değişkenleri katsayıları daha önceden kestirilen belirgin değerlerdir, yani ortaya çıkan model deterministik yapıdadır. Belirtilen bu nedenlerden dolayı, matematik optimizasyon modellerinde uygun çözüme ulaşabilmek için homojen üniteler olan yaş sınıfları ve meşcere tipleri karar değişkenleri olarak belirlenmektedir. Bu yüzden de, meşcere yahut bölmecik düzeyinde detaylar ve konumsal çözünürlükte kayıplar söz konusu olmakta, arazide uygulanabilirliği zorlaşmaktadır.

Ülkemizde, bilimsel çalışmalar itibari ile klasik planlama anlayışını planlama teknikleri yönünden geliştiren Köse (1986), Gül (1995), Mısır (2000), Keleş (2003), Karahalil (2003) ve Yolaşmaz (2004) tarafından yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Ancak, bu çalışmaların pek çoğunda odun üretimi dışında ormanların topluma sunduğu su üretimi, toprak koruma ve karbon depolama gibi fonksiyonlar planlamaya dahil edildiği halde, Yolaşmaz'ın (2004) çalışması haricinde, biyolojik çeşitliliği koruyarak ekosistem tabanlı bir planlama yaklaşımını yakalayan çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca bu çalışmaların hiçbirisinde farklı idare süreleri denenerek bunların odun üretimi, su üretimi ve karbon depolama ile bunların NBD'leri gibi farklı amaçlar üzerindeki etkisi araştırılmamıştır.



Diğer bir ifadeyle, farklı amaç ve kısıtlardan oluşan planlama stratejileri tek bir idare süresi için incelenmiş, farklı *idare sürelerinin* orman dinamiği üzerindeki etkileri sayısal olarak ortaya konulmamıştır. Benzer şekilde, Soykan (1979) farklı bonitetlerdeki Karaçam, Kızılcım ve Sedir ağaç türleri için sadece odun üretimini en iyileyen idare sürelerini doğrusal programlama ile belirlemiş ve bu sürelerin Orman Genel Müdürlüğü'nün o dönemde kullandığı sürelerle yakın olduğunu göstermiştir.

Ülkemiz ormancılığında, ETÇAP yaklaşımı sayesinde odun üretimi eksenli planlamanın ötesine geçme noktasında önemli adımlar atılmıştır. Böylesi köklü değişim sürecini başlatmış olan ülkemizde, orman kaynaklarının ekosistem tabanlı planlanmasında halen ülke bazında, ağaç türleri ve bonitetler itibari ile en iyi odun üretimini sağlayacak idare sürelerinin kullanılması yeterli değildir. İdare sürelerinin saptanmasında en etkin faktör olarak tanımlanan idare ya da işletme amaçlarının bölgesel olarak ülke çapında saptanması gerekirken bu güne kadar konu üzerinde fazla durulmamış ve bu önemli görev yerine getirilmemiştir. Yakın zamana kadar uygulamada idare süreleri, asli ağaç türlerimiz için hasılat tabloları esas alınarak en yüksek odun hasılatı veren olgunluk süresi ile teknik olgunluk sürelerine göre yöresel koşulları dikkate alınmadan merkezden Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından belirlenmekteydi. Ancak 2006 tarihinden itibaren idare süreleri Orman Bölge Müdürlüklerinden tespit edilmekte ve OGM tarafından da onaylanmaktadır. Ayrıca idare sürelerinin tespit edilmesinde paranın zaman boyutu, ürün çeşitleri itibari ile piyasa fiyatları, üretim maliyetleri ve genel yönetim giderleri gibi pek çok faktörün dikkate alınmadığı da bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla, orman işletmelerinin amacının artık sadece “en yüksek oranda odun üretimi” olmadığı gerçeği göz önüne alındığında idare süresinin belirlenme şeklinin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır.

İdare süresi ormandan elde edilecek ürün çeşitlerinin düzeyine ve kalitesine büyük etki yapmaktadır. Kısa idare sürelerinde meşçereye daha erken yaşlarda ve sık sık girildiği için hammadde ve para akışları daha erken yaşlarda başlamakta ve daha kısa sürelerle alınmaktadır. Bu nedenle kısa idare sürelerini tercih etme eğilimi vardır. Ancak, hem ürünün hem de dikili ağaç servetinin değeri düşük olabilmekte ve meşçerelere daha sık girileceği için çevresel faktörler üzerinde de olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Diğer yandan uzun idare sürelerinde ise sermayenin düşük faizle çalışması bir takım değer kayıpları ve böylece hasılatın düşmesi söz konusudur (Ok, 1995). Bu nedenle belirlenen idare süreleri 1952 ve 1955 tarihli Amenajman Yönetmeliklerinde yer almasına rağmen zaman zaman çıkarılan tamimlerle değişikliğe uğramıştır (Soykan,1979). Dolayısıyla,

farklı amaçların söz konusu olması halinde amaçları en iyileyen idare sürelerinin tespit edilmesi kaçınılmazdır.

Silvikültürel rejim (budama, aralama, gençleştirme şekli, zamanı ve entansitesi, vb.) idare süresi tespit edildikten sonra değil, idare süresi saptanırken dikkate alınmalıdır. Çünkü kararlaştırılan silvikültürel rejim; ürünün miktarına, kalitesine ve elde edilme zamanına etkili olduğundan işletmenin ekonomik sonuçları üzerinde etkili bir faktördür. Silvikültürel rejim, üretilen senaryolar içinden işletmenin amacına en kısa sürede ve en az maliyetle ulaşılacak şekilde seçilmelidir. Seçilen silvikültürel rejim işletmenin yaptığı masraflara ve sağladığı faydalara etkili olduğundan amaçların maksimizasyonunda ve ya minimizasyonunda dolayısıyla idare süresi tespitinde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür.

Ülkemiz orman amenajman planlama sisteminde son zamanlarda yapılan yapısal değişikliği dikkate alınarak hazırlanan bu tez çalışmasında, uzun vadeli stratejik ve orta vadeli taktiksel bir amenajman planının düzenlenmesi hedeflenmiştir. Temelde ekolojik, ekonomik ve sosyo kültürel değerlerin dikkate alındığı ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama (ETÇAP) yaklaşımının Yanlızçam planlama birimindeki bir uygulaması amaçlanmıştır. Bu amaçla; farklı işletme amaçları, farklı idare süreleri ve yine farklı planlama politikalarından oluşan çok sayıda planlama stratejileri geliştirilmiş ve her bir stratejinin planlamaya olan etkileri doğrusal programlama tekniği yardımıyla ekonomik ölçütler de kullanılarak sayısal bazda ortaya konulmuştur. En uygun ve uygulanabilir bir planlama stratejisinin belirlenmesine yönelik özellikle farklı teknik idare sürelerinin orman dinamiği ve işletme amacı üzerindeki etkileri sayısal olarak ortaya konulmuştur.

## **1.2. Temel Kavramlar**

### **1.2.1. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama**

Doğal ekosistemin yapıları, değişim süreçleri ve öğeleri arasında ilişkiler (yani işlevleri) ne derece iyi bilinip kavranırsa bu sistemden planlı olarak yararlanma derecesi de o kadar artar. Doğal ekosistemin yapı ve sürecini inceleyen ve yeni bir bilim dalı olan 'doğa ekolojisi' ortaya çıkmış ve gelişen coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojisi ve optimal karar verme teknikleriyle beraber ekosistem tabanlı bir planlamayı da gündeme getirmiştir. Ancak, ekosistem sürecinin kavranmasının hayli güç, çok karmaşık ve zaman

alıcı olduğu görülünce bu süreç ile doğrudan ilişkisi kurulabilen ve sayısal olarak tanımlanabilen ‘ekosistemin konumsal yapısı’ planlamanın ana ögesi olarak düşünülmüştür. İşte, orman ekosisteminin konumsal yapısını sayısal olarak tanımlayıp, toplumun ormandan olan ihtiyaçlarını sürekli olarak karşılayabilecek bir ‘amaç ekosistem yapısına ulaştırmak için mevcut sistem yapısının karar verme teknikleriyle uzun zaman içerisinde kontrol edilmesi yani planlanması sonucunda ‘ekosistem amenajmanı’ adı altında bir uğraşı güncellik kazanmıştır (Başkent, 1997).

ETÇAP; ilgili ekolojik değişimin akışı ve biyolojik çeşitliliği sağlamak/kontrol etmek için, vejetasyonun konumsal yapısını sayısal olarak tanımlamak, yeterli miktar, nitelik ve uygun konumsal yapıyı kurmak, vejetasyonun veya habitatın uzun vadeli sürekliliğini sağlamak ve aynı zamanda toplumun ormandan beklentilerini de ekonomik bir şekilde karşılamaya yönelik entegre bir planlama şeklidir (Başkent, 1995).

Çeşitli disiplinler tarafından farklı açılardan ele alınan ETÇAP’ın tüm tanımlarda yer alan ortak bazı noktaları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; orman ekosistemlerinin sağlığının ve bütünlüğünün korunması, küresel olarak başlatılan çevre koruma çalışmalarında yer alan şekliyle sürdürülebilirliğinin sağlanması ve biyolojik ve fiziksel çeşitlilik yani konumsal yapının sayısal olarak tanımlanarak, planlamaya entegre edilmesidir. İkinci ortak nokta ise, konuma ve zamana bağlı olarak, orman kaynaklarının /ekosistemlerin planlanmasında, gelişen bilgisayar teknolojisine bağlı olarak Coğrafî Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama ve Yöneylem araştırması tekniklerinin ortaklaşa kullanılması gerekliliğidir (Başkent, 1999). Kısaca ETÇAP, ekosistemin yapı ve fonksiyonlarını ön plana çıkaran bir planlama yaklaşımıdır.

ETÇAP uygulamalarının temelini, verilen kararların etkilerinin zaman içindeki belirlenme yeteneği oluşturur. Kritik öneme sahip, hassas ve özellikli ekosistemlerin, estetik değeri yüksek alanların belirlenmesi, doğrudan ve dolaylı ölçüm parametreleri yardımıyla, ormanı oluşturan bileşenlerin sayısal olarak ifade edilmesi, sistemin bir model üzerinde kurulması ve alternatif müdahale seçeneklerinin sunulması ETÇAP’ın en büyük avantajlarından (Yolasığmaz, 2004).

### 1.2.2. İdare Süresi

*İdare süresi* klasik planlama anlayışı kapsamında bir işletme sınıfını oluşturan meşcerelerin doğal veya yapay yolla meydana gelmesinden, olgunlaşarak kesildiği ana

kadar geçen, işletmenin amaçlarına ve çok çeşitli diğer faktörlere göre kararlaştırılan, orman işletmesini planlama çalışmalarının çerçevesini meydana getiren ve genellikle meşcerelerin olgunluk sürelerinin ortalamalarına denk gelen bir üretim süresidir (Eraslan, 1982). İdare süresi işletme amacını temsil etmektedir. O halde her şeyden önce işletmenin amaçları ve öncelikleri tespit edilmiş olmalıdır (Eraslan, 1981). İdare süresi üretim planlanmasında önemli bir düzenleyici faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Ormanın tümünde planlar idare süresine göre şekillenmekte ve faydanın düzeyi bu süreye bağlı olmaktadır. Keza planların başarısı idare süresinin doğru tespitine bağlıdır (Dinçay, 1992).

Ormancılıkta, odun hammaddesi üretimi ana amaç olarak düşünüldükçe ormancı daima odun hammaddesinin optimal kesime olgunluk süresinin ne zaman oluşacağı sorusunu ortaya atmış ve çeşitli yönleriyle bu soruyu yanıtlamaya çalışmıştır. Buna karşın, her bir işletme sınıfına uygulanması gerekli en uygun idare süresinin ne olacağı konusu halen aktüel bir sorun olarak önemini sürdürmektedir (Soykan, 1979). Ancak ana amacı odun üretmek olan ormanlarda kolektif fayda ve hizmetler de aynı zamanda sağlanabilmektedir. Yine kolektif fayda ve hizmet sunmak amacıyla işletilen ormanlarda sadece bir işlev söz konusu olmayıp, birden fazla işlev aynı anda sunulabilmektedir. Birden çok işlev söz konusu ise, bu işlevleri ağırlıklı kombinasyonlarından sağlanan faydayı maksimum kılacak şekilde üretim süresi belirlenir (Daşdemir,2000).

İdare süresi aynı zamanda silvikültürel rejime bağlı olarak bakım alanlarının büyüklüğünü de etkilemektedir. İdare süresi kısaldıkça bakım alanlarının büyüklüğü artmakta ve sayıları azalmaktadır. O halde idare süresi belirlenirken silvikültürel rejimin de dikkate alınması gereği vardır.

### **1.2.3. İdare Sürelerini Etkileyen ve Kısıtlayan Faktörler**

*İdare süresini etkileyen faktörler:*

- Orman işletmesinin amacı
- Orman işletmesinin ağaç türü
- Orman işletmesinde üretilecek yuvarlak odun çapı boyu ve kalitesi
- Orman işletmesinin yetişme ortamı ve bonitet sınıfı
- Meşcere olgunluğu
- Orman işletmesinde uygulanan bakım müdahaleleri
- Elde edilecek ürünün piyasadaki arz ve talep durumu

- Genetik olarak üstün özelliği olan yetiştirme ortamları
- İşletme sınıfındaki aktüel ve optimal farklılıkları gidermektir.

İdare süresini etkileyen faktörlerden en önemlisi orman işletmesinin amaçlarıdır. Bunun için idare süresinden önce orman işletmesinin amaçlarının ve bunların önceliklerinin belirlenmiş olması gerekmektedir. Aksi takdirde idare süresinin kararlaştırılması olanak dışıdır.

Bu amaç belirleme işinden sonra her bir amaç veya amaç kombinasyonundan beklenen faydayı maksimum yapan idare süresi saptanır. Yani orman işletmesinin amaçları idare süresinin nasıl belirleneceğini dikte etmektedir. Örneğin, biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi amacıyla genellikle koruma faktörünün ön plana çıktığı bir ormanda yıllık cari artımın en yüksek olduğu zamana göre idare süresi tespit edip ona göre işletmek ya da en yüksek kar elde etmek amacıyla işletilecek bir ormanda hektardaki hasılatın en yüksek olduğu zamana göre idare süresi tespit etmek anlamsızdır. Yani amaçlara göre idare süresi “planlamadan önce” isabetli seçilse dahi bir takım faktörler (meşcerenin konumsal dağılımı, sosyo-ekonomik yapı, sürekliliği sağlamak, amaçlara ulaşmak, vb.) nedeniyle bazı meşcereler bu süreden önce, bazıları ise bu süreden sonra üretime konu olabilir. Dolayısıyla amaç belirlendikten sonra işletme kısıtlarıyla beraber planlama modeli kurulur ve uygun planlama tekniği kullanılarak, her bir meşcereye yapılacak müdahalelerin miktarı, zamanı ve mekanı bulunur. Böyle bir sistemli yaklaşımdan sonra ancak idare süreleri isabetli seçilir (Başkent, 1999) .

Her bir ağaç türü için mutlak idare süresi yoktur. Aynı ağaç türünün farklı amaçlarla işletilmesi halinde farklı idare süreleri ortaya çıkmaktadır. Hızlı büyüyen yapraklı ağaç türleri hariç olmak üzere, genellikle iğneliler yapraklılara göre daha hızlı büyüme enerjisine sahip olduklarından, aynı amaca ulaşmak için iğnelilerin yapraklılara göre daha kısa idare süresi ile işletileceğini söylemek mümkündür.

Yetiştirme ortamının verimliliği de idare süresini etkilemektedir. Odun üretiminin amaçlandığı alanlarda iyi bonitetlerde kötü bonitetlere göre daha erken yaşlarda amaca ulaşılmaktadır.

Ormanın düzenlenmesinde kullanılması gereken planlama modeli ve teknikleri de bu konuda dikkate alınması gereken bir faktördür. Geleneksel alan ve hacim kontrolü metotları yanında, ekonomik bakımdan optimal idare süresi seçimine olanak veren ve bu konuda senaryolar üretmeye yarayan amaç programlama, doğrusal programlama, şebeke planlama, simulasyon, vb. gibi çağdaş planlama modelleri ve teknikleri de vardır.

Talep projeksiyonları yardımıyla piyasa durumunun tahmin edilmesi ve idare süresi tespitinde dikkate alınması amacın maksimizasyonu veya minimizasyonu açısından önem taşımaktadır. Çünkü iç ve dış pazar koşullarında bir olumsuzluk olması halinde idare süresi gerekenden daha uzun veya kısa tutulabilir.

Yol, iş gücü araç ve gereç durumu, meşcerelerin yapısı, bütçe olanakları, işletmenin mali durumu ve kamusal sorumlulukları gibi işletme kısıtları da idare süresini kararlaştırmada etkili olmaktadır. Örneğin yol durumunun elverişli olmaması veya iş gücünün yeterli olmaması gibi hallerde idare süresi gerekenden daha uzun tutulabilir. O halde işletme kısıtlarına göre idare süresi esnek olabilmektedir.

*İdare sürelerini kısıtlayan faktörler ise:*

- Patolojik ve entomolojik faktörlerin oluştuğu yaş(üst sınır belirleme)
- Ağaçların bol tohum tutma yaşıdır (alt sınır belirleme) (Güzenge, 2005) .

İdare süresinin üst sınırını biyo-fizik çevrede ağaç türünün biyolojisi veya doğal olgunluğu (büyümenin durması, kırmızı göbek oluşumu, tepe kuruması, vb. ) belirler. Bu üst sınır ağaç türüne, bonitete ve silvikültürel rejime göre değişiklik gösterir. Doğal olgunluğa dayanan, yani üst sınırı esas alan, idare süresi üretim ormanları dışındaki koruma, rekreasyon, estetik ve toplum sağlığı gibi işlevlerle yönetilen ormanlar açısından önemlidir. İdare süresinin alt sınırını ise, ormanlardan elde edilen ürünlerin değerlendirilmesi olanakları ve buna bağlı olarak ortaya çıkan talep düzeyi belirlemektedir. Ülkemizde farklı ağaç türü ve bonitetlere göre saptanan doğal yaşlar ve üretim dışı fonksiyonlar için olası idare süreleri Tablo 1’de verilmiştir (Güzenge, 2005).

İşletme ana amacı yuvarlak odun üretimi olmayan işletme sınıfında idare süreleri fonksiyon amacına uygun meşcere kuruluşlarına göre belirlenmelidir. Bu ormanlarda idare süreleri, meşcerelerin yapay ve ya doğal yolla kuruluşundan başlayarak optimal kuruluşa ulaştıktan sonra artık bu fonksiyonu göremez hale gelene kadar geçen zaman aralığı olarak kabul edilmelidir. Çünkü fonksiyonel açıdan optimal kuruluşa ulaşan meşcere zaman içinde kendisini oluşturan ağaçların yaşlanmasıyla yıkım (göçme) dönemine girer. İşte hizmet üretimiyle işletilen ormanlarda idare süreleri, yıkım döneminden önceki bir yaşa uygun gelecek biçimde saptanması gerekir. Bu nedenle böyle ormanlardaki idare süreleri üretim ormanlarına kıyasla daha uzundur (Asan, 1991).

Tablo 1. Ana amacı Koruma ve Sosyal fonksiyonlar iken tahmin edilen idare süreleri

Ağaç Türü	Bonitet Sınıfı	Saptanan Doğal Yaşlar	İdare Süresi Aralığı (yıl)
Kızılçam	I		80-110
Kızılçam	III	310	90-120
Kızılçam	V		100-140
Karaçam	I		160-220
Karaçam	III	700	200-280
Karaçam	V		240-340
Sarıçam	I		120-160
Sarıçam	III	600	160-220
Sarıçam	V		200-280
Sedir	I		160-220
Sedir	III	1180	180-240
Sedir	V		240-340
Ladin	I		180-240
Ladin	III	850	200-280
Ladin	V		220-300
Kayın	I		180-240
Kayın	III	310	200-280
Kayın	V		220-300

#### 1.2.4. İdare Süresi Türleri

Meşcerelerin biyo-fiziksel olgunlukları esas alınarak, yani meşcerelerin doğal ömürlerini doldurarak ölmeye başladığı yaşa göre tespit edilen idare süresine *fiziki idare süresi* denmektedir. Bu idare süresinde orman işletmesinin amaçları ile bir ilişki söz konusu değildir. Herhangi bir ekonomik düşünceye yer yoktur. Koruma işlevi ağır basan ormanlarda önemlidir. Bölgesel pazarların ve özel alıcıların taleplerine cevap verecek özellikte odun çeşidinden maksimum düzeyde üretmek amacıyla tespit edilen yaşa *teknik idare süresi* denir. Burada söz konusu olan en yüksek hacimde üretim yapmak esastır. Hasılatın para değeri ve masraflar dikkate alınmaz. Odun çeşidine ve kalitesine bakılmaksızın genel ortalama odun artımının azami olduğu yaşa dayanan idare süresine *en yüksek odun hasılatı idare süresi* ya da *mutlak idare süresi* denmektedir. Gelir gider hesapları yapılmadığı için ekonomik düşünceye yer vermeyen bir idare süresidir. Bir işletme sınıfında en yüksek net para hasılatının sağlandığı yılı esas alan idare süresine *azami orman safi hasılatı idare süresi* denir. Ağaç serveti ve araziden oluşan sermayenin faizinin azami olduğu yaş aranan idare süresidir. Sadece arazinin (veya toprağın ) en yüksek faizle faizlendiği yaşı esas alan idare süresine *azami arazi safi hasılatı idare süresi*

(veya mali idare süresi ) denmektedir (Daşdemir, 2000). Ülke ekonomisi açısından işletme faaliyetleri sonunda masraflar dikkate alınmaksızın sadece mal ve hizmet üretiminden sağlanan brüt hasılatı azami kılan idare süresine sosyo- ekonomik idare süreleri denir (Miraboğlu, 1983) . Masraflar dikkate alınmadığı için işletme açısından fazla önem taşımayan idare süresidir.

### **1.2.5. Ormanların Topluma Sunduğu Fonksiyonlar**

Helsinki Konferansının “1. Avrupa ormanlarının sürdürülebilir yönetimi için genel esaslar” kararı çerçevesinde sürdürülebilir orman yönetimi yapılmış ve bu tanımda da ormanların *ekonomik, ekolojik* ve *sosyal* fonksiyonları olduğu kabul edilmiş ve belirtilmiştir.

#### **1.2.5.1. Ormanların Odun Üretimi Fonksiyonu**

Ekonomik fonksiyon görmek üzere ayrılan ormanlar; ekonomik değeri olan sanayi odunu, maden direği, yakacak odun gibi *odun hammaddesi* üretimini sağlayan, ulusal ve uluslararası ekonominin bu ürünlere olan talebini sürekli olarak karşılamak üzere işletilen alanlardır (Eraslan, 1982). Ormanların sahip olduğu, toplumun istekleri doğrultusunda faydalanılan tüm ürünler bu kategoride değerlendirilmektedir (Köse vd, 2001). Ormanlar bugüne gelinceye kadar çeşitli insan ihtiyaçları doğrultusunda, başta orman ürünleri endüstrisine olmak üzere, kerestelik, kağıtlık ve kaplamalık odun sağlamıştır.

#### **1.2.5.2. Ormanların Su Koruma Fonksiyonu**

Ormanların hidrolojik fonksiyonu, yağışlardan faydalanmayı artırma, su ekonomisini düzenleme ve devamlılığını sağlama, su taşkınlarına mani olma, dere, nehir, bent, baraj, su kanalı ve benzeri tesislerin tabanlarındaki bozulma ya da dolmasını önleme gibi; ormanların su üretimine, suyun miktarını ve kalitesini yükseltmeye hizmet etme, her çeşit su kaynak ve tesisini koruma fonksiyonudur (Eraslan, 1982). Aslında ormanlık alanlar, ormansız alanlara göre su verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Orman örtüsünün yoğunluğu arttıkça su verimi de buna bağlı olarak azalmaktadır. Ormanlarda yağışın bir bölümü ağaçların tepe çatısı tarafından tutulmakta ( intersepsiyon ), buradan da toprağa ulaşmadan buharlaşmaktadır. Ayrıca, ormanlar topraktaki suyun bir bölümünü de alarak



transpirasyon yolu ile kaybolmasına neden olmaktadır. Ancak, bu konuda ormanın en önemli fonksiyonu, su rejimini düzenlenmesi, suyun az olduğu dönemlerde su kaynaklarının beslenmesinin garanti altına alınması ve suyun temizlenerek kalitesinin artırılmasıdır (Eraslan, 1999).

Ormanların su üretimi üzerinde ve yine bu suyun da ormanın sunmuş olduğu diğer hizmetler üzerinde sahip olduğu etkiler dikkate alındığında, su üretimine tahsis edilecek ormanların özenle seçilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Genel itibariyle, su üretimine tahsis edilecek ormanların seçilmesinde göz önüne alınacak kriterler farklı yayınlara göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Anonim, 2002; Şad, 1972; Anonim, 2000)

- İçme suyu temin edilen ve gelecekte temin edilmesi planlanan alanlar.
- İlgili kurum, kuruluş ya da uzmanlarca belirlenmiş, önerilmiş içme suyu toplama havzaları, taban suyu rezerv alanları olarak belirlenen alanlar.
- Baraj, göl ve göletlerin etrafındaki ve su toplama havzaları içindeki ormanlık alanlar
- Sulak alanların etrafındaki ormanlar.
- Uzmanlarca sağlık açısından belirlenmiş ılıca, kaplıca ve içmece alanlarının etrafındaki alanlar.
- Doğrudan doğruya birikinti göllerine akan dere ve ırmakların yamaçları üzerinde tesis edilmiş ormanlar.
- Hidroenerji ve sulama ile ilgili bulunan birikinti göllerinin yamaçları üzerinde tesis edilmiş ormanlar.
- Akarsu yatakları boyunca uzanan veyahut da büyük dere yataklarında tesis edilmiş ormanlar.
- Su basan alanları.

Bununla birlikte, su üretimi fonksiyonu görece ormanlarda, suyun temiz tutulmasının ve sürekliliğinin sağlanması ile bu gibi yetişme ortamlarında yaşayan bitki ve hayvan türlerin sürekliliği ve hayatiyeti için gerekli olan bir dizi sivilkültürel tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu bağlamda uygulanabilecek silvikültürel ilkeler ve alınabilecek tedbirler ise aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır (Anonim, 2002; Eraslan, 1999; Anonim, 2000).

- Sadece su veriminin önemli ve ön planda olduğu yerlerde aynı yaşlı, maktalı ormanlar oluşturulmalı, gerek su verimini arttırmak gerekse ham humus oluşumunu

engellemek için meşcere kapalılığı kırılmalıdır. Bu nedenle gerekli olan yerlerde erozyon kontrol tedbirleri de alınmalıdır.

- Suyun kalite ve sürekliliğinin önemli olduğu yerlerde tabakalı ve değişik yaşlı bir yapı tercih edilmelidir.
- Hidrolojik ve toprak koruma fonksiyonlarının aynı zamanda görülebilmesi için karışık meşcereler yetiştirilmeli, bakım müdahaleleri ile karışım teşvik edilmelidir.
- Katlı ve tabakalı meşcereler kurmak; çünkü ağaçların tepelerinin oluşturduğu mekanda meydana gelen güçlü girdap hareketleri, yağın karların düzensiz bir biçimde birikmesine ve kar erimelerinin daha uzun bir zamanda olmasına etki yapar.
- Büyük alanlarda traşlama kesimlerinden kaçınmak.
- Olanaklar ölçüsünde intertisitleri ve herbisitleri kullanmamak.
- Islah amacı ile gübre kullanılacaksa gübre dozunun az olmasına dikkat etmek ve gerekli kontrolleri yapmak.
- Ani bir humus ayrışması sonucu taban suyunda artan oranda nitrat oluşumunu engellemek amacıyla, meşcere aşırı şekilde ışılandırılmamalıdır.
- Orman örtüsünün bulunmadığı ancak su koruma rejimi açısından mutlaka tesis edilmesi gereken yerlerde ormanın yapraklı ağaç türlerinden oluşturulması su koruma açısından daha uygundur.

### **1.2.5.3. Ormanların Karbon Depolama Fonksiyonu**

Sera etkisi günümüzün en şiddetli çevre problemlerinden biridir. Yükselen miktardan dolayı CO<sub>2</sub> en önemli sera gazıdır. Atmosferdeki sera gazı konsantrasyonu 1750 den itibaren %31 e kadar yükseldi ve gelecek 100 yılda önemli bir şekilde yükselmesi tahmin ediliyor. Sonuç olarak da sıcaklıkların yükselmesi bekleniyor (Anonim, 2000).

Yeryüzünün gittikçe ısındığına dair pek çok kanıt bulunmaktadır. Meydana gelen ısınma ise gelecekte insanlarla birlikte biyolojik çeşitliliği ciddi bir şekilde etkileyecektir. İklim değişikliği sözleşmesi bu kapsamda uluslar arası yapılan önemli bir anlaşmadır. Sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla atılan ilk adım, 36 ülkenin 1997 yılında imzasını attığı KYOTO protokolüdür (Cannell 1999, Bateman ve Lovett 2000). KYOTO protokolü çeşitli ülkeler arasında bir anlaşma olup sera gazları emisyonları için ulusal taahhütler içerir. Anlaşmayı imzalayan çoğu ülke, ulusal taahhütlerini karşılamak için bir dizi

politikalar uygulayacaktır. Bu protokol net sera gazlarını minimize etme, ormansızlaşmayı da en aza indirme için özel teşvikler sağlamaktadır (Huston ve Marland 2003).

Orman ekosistemleri, karbon havuzunun önemli bir parçasıdır. Havuzun büyüklüğü ve veriminde yapılacak değişikliklerle, orman ekosistemlerinin bir karbondioksit deposu veya kaynağı olarak davranabilir (Milne ve Brown 1997, Karjalainen ve ark. 1999, Nowak ve Crane 2002 ). Zamanla orman ağaçları büyüme, ölme ve çürüme olaylarını gerçekleştirdikleri için CO2 depolama kapasiteleri de ormanın dinamik yapısına bağlı olarak değişmektedir. Ağaçlar fotosentez esnasında CO2 tutarak ve biyokütlelerinde depolayarak bir CO2 havuzu gibi davranır. Bununla birlikte, bir takım üretime has bozuk alanların iyileştirilmesi veya yeniden ağaçlandırılması, tarım ve mera alanlarının terk edilerek doğal ormanlık alanlara dönüşmesi yine orman ekosistemlerinin karbon deposu olmasını sağlayan önemli müdahalelerdir.

Öte yanda, ormanlar tarafından atmosferde tutulan karbon, zamanla solunum, ölü örtü ve topraktaki organik maddenin çürümesi, odun ürünlerinin çürümesi ile atmosfere bırakılmaktadır. Ayrıca ormanlara yapılan üretim, ormanlarda aşırı kesim ve yaralanma sonucu bozulmalar; yangın, böcek, hastalık, orman dışı kullanım özellikle ormanların tarım ve mera gibi arazi kullanımlarına çevrilmesi gibi müdahaleler orman ekosistemlerinden atmosfere CO2 yayılmasına neden olan önemli faktörlerdir. Doğal ya da insan kaynaklı bu müdahaleler orman ekosistemlerinin dinamik yapısında değişikliklere neden olarak, neticede orman ekosistemlerinin karbon deposu olması yanında karbon kaynağı olmasına da neden olmaktadır (Karjalainen ve ark. 1999, Brown 2002).

Rio sözleşmesi ve Helsinki sürecine imza koyan ülkeler, ormanlardaki karbon depolama kapasitelerine bakarak hangi ülkenin sera etkisi üzerindeki olumlu ya da olumsuz katkıda bulunduğunu değerlendirebilmektedir. Ülkemizin de içinde yer aldığı Helsinki sürecinde belirlenen göstergelerin başında “Orman kaynakları ve bunların küresel karbon döngüsüne katkısı” yer almaktadır. Yakın doğu sürecinde ise birinci kriter olan orman kaynakları içerisinde yer almakta olup, ülkemiz için yapraklı ve ibreli türler için belirlenen katsayılar uygulama kılavuzu içerisinde verilmiştir (URL-1). Her iki sürece de imza koyan ülkemiz orman kaynaklarını planlarken karbon birikimi ve oksijen üretim kapasitelerini verdiği taahhütler gereği dikkate almak durumundadır (Yolasıǧmaz, 2004).

### **1.2.6. Orman Amenajmanında Model ve Modelleme**

Ormanlar, uzun bir zaman diliminde sürekli olarak gelişim ve değişim süreci gösteren, topluma önemli mal ve hizmetler sunan doğaya açık, sistemlerdir. Bu sistemin davranışını doğrudan deneme-yanılma yöntemi ile tahmin etmek çoğu defa anlamsız hatta imkansızdır. Dolayısıyla, bu sistemleri anlamak, sistem hakkında doğru tahminler yapmak ve bu sistemin sunmuş olduğu değerlerden sistemin sürekliliği çerçevesinde optimal faydalanmak için orman amenajmanında model kullanım gereksinimi doğmuştur.

#### **1.2.6.1. Doğrusal Programlama**

Doğrusal programlama genel anlamıyla, lineer eşitsizliklerle kısıtlanmış olan değişkenlerin, belirlenen bir amaç fonksiyonunu minimum yapma problemidir. Diğer bir deyimle, önceden saptanan amaçları gerçekleştirmek üzere, kısıtlı olan kaynakların en iyi şekilde nasıl kullanılabileceğini bulma problemidir (Soykan, 1979). Doğal eşitlikler veya eşitsizlikler kullanılarak ifade edilebilen problemlere, optimal çözümler bulmaya yarayan bir tekniktir. Değişkenlere ve kısıtlayıcılara bağlı kalarak amaç fonksiyonunu en uygun (maksimum veya minimum) kılmaya çalışır. Buna göre doğrusal programlama değişkenlere ve kısıtlayıcılara bağlı kalarak amaca en iyi ulaşma tekniğidir. Temel olarak, doğrusal programlama verilen optimallik ölçütüne bağlı kalarak kıt kaynakların optimal şekilde dağıtımını içeren deterministik matematiksel bir teknik de denilebilir (Öztürk, 2001). Birçok problemi doğrusal fonksiyonlar şeklinde tam olarak ifade etmek çoğu zaman mümkün olmayabilir. Fakat, söz konusu problemler doğrusal programlamanın yapısına uygun şekilde matematiksel denklemler ile ifade edilebildiği takdirde, bu teknik sayesinde probleme en uygun çözüm elde edilebilir (Keleş, 2003).

Bu tez kapsamında matematik optimizasyon tekniklerinden doğrusal programlamanın kullanılmasının temel nedeni amaç programlamada gerekli olan işletme amaçları ve önceliklerinin tespit edilmemiş olmasıdır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Araştırma Alanı Tanıtımı

Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü ve Göle Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı olan Yalnızçam Orman İşletme Şefliği Ardahan ili merkez ilçesi içerisindedir (Şekil 1). Yalnızçam planlama birimi 268294 – 299224 x, 4539568 – 4536167 y koordinatları arasında UTM koordinat sisteminde ED50 datumunda 38. zonundadır. Araştırma alanı aynı zamanda, Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattı şirketi tarafından Çevresel Yatırım Programı kapsamında yürütülen ve 2008 yılında tamamlanması planlanan “Ardahan/Yalnızçam ormanlarının paydaşların katılımıyla ekosistem tabanlı planlanması ve yönetimi projesi” alanını da oluşturmaktadır. Halen yürürlükte olan ve 1999 – 2008 yıllarını kapsayan orman amenajman planlarından alınan verilere göre Yalnızçam planlama birimi 5885 ha ormanlık ve 38395,5 ha ormansız alan olmak üzere toplam 44280,5 ha alana sahiptir (Tablo 2). Verimli koru alanlarında toplam servet 1034976 m<sup>3</sup> olup artım 18886 m<sup>3</sup> iken bozuk koru serveti 7534 m<sup>3</sup> ve artımı 246 m<sup>3</sup> dür. Yaklaşık %15’i ormanlık alan olan planlama biriminin yüksekliği 1800-2806 metre rakımları arasında değişmektedir. Ayrıca alan eğim açısından aşırı sapma göstermektedir. Ormanlık alanlarda eğim ortalama %33 civarındadır. Otuz farklı meşcere tipi ve 190 bölmeden oluşan çalışma alanında orman topluluklarının tamamı saf sarıçam korusu olup yer yer münferit ya da kümeler halinde bulunmaktadır. Ayrıca alanda çok nadir olarak görülen titrek kavak öncü ağaç türü olarak yer almaktadır (OGM, 1999).

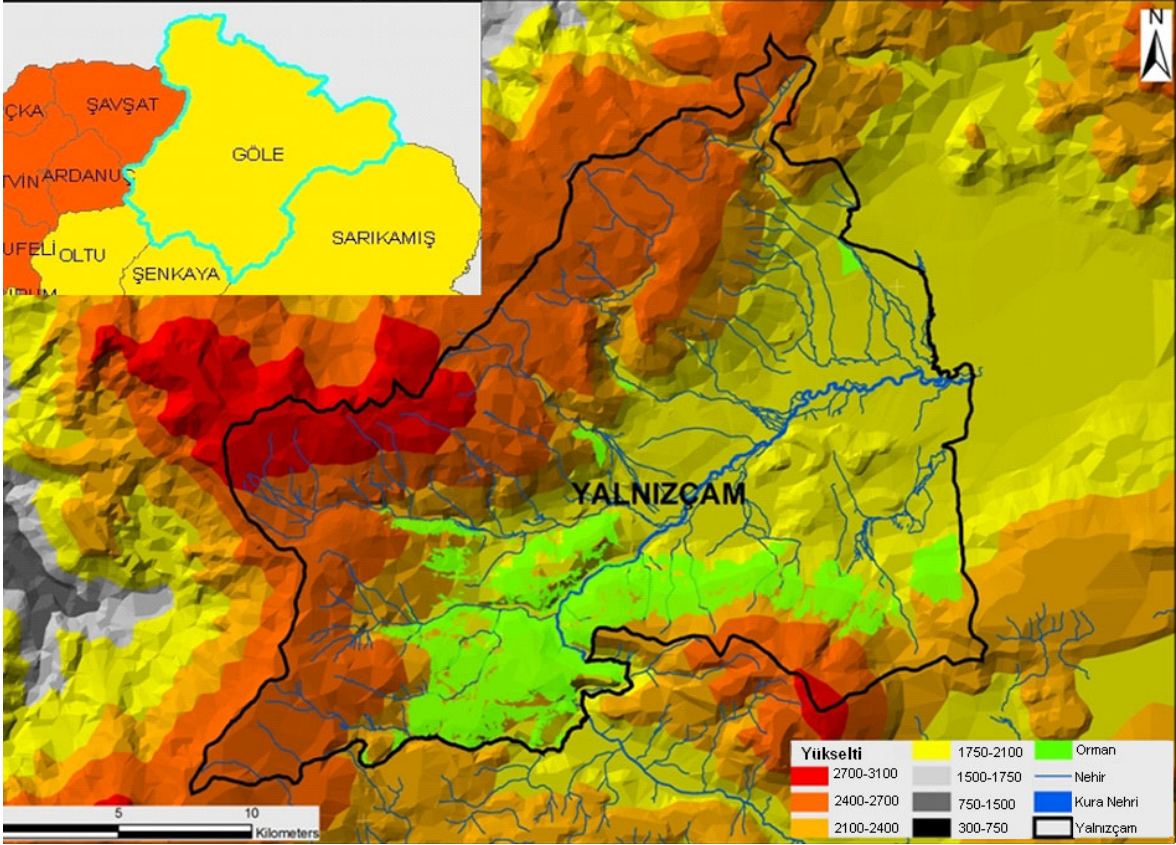
Tablo 2. 1999–2008 yılı orman amenajman plan verilerine göre araştırma alanı orman ve ormansız alan dağılımı

Orman Alanı	Alan (ha)	Ormansız Alan	Alan (ha)
Normal Koru	295,5	OT	1218,0
Normal Koru -Bozuk Baltalık	55,0	OT-T	230,0
Bozuk Koru	50,5	Me-OT	13109,5
Bozuk Baltalık	51,0	Me	6738,5
		Bk	194,0
		Z-OT	717,5
		Z	15260,0
		İs	809,0
		Hr	8,0
		Su	111,0
<b>Toplam</b>	<b>5885,0</b>		<b>38395,5</b>

Çalışma alanı, Kafkas Ekolojik Bölgesi içerisinde yer almakta ve dünyanın biyolojik çeşitlilik açısından en zengin ormanları arasında kabul edilmektedir. Ayrıca Yalnızçam ormanları Türkiye'deki sarıçam ormanlarının deniz seviyesinden en yüksek noktaya çıkabildiği alandır. Bununla beraber, çalışma alanı endemik bitki türleri açısından da Türkiye'nin en zengin bölgelerden biridir.

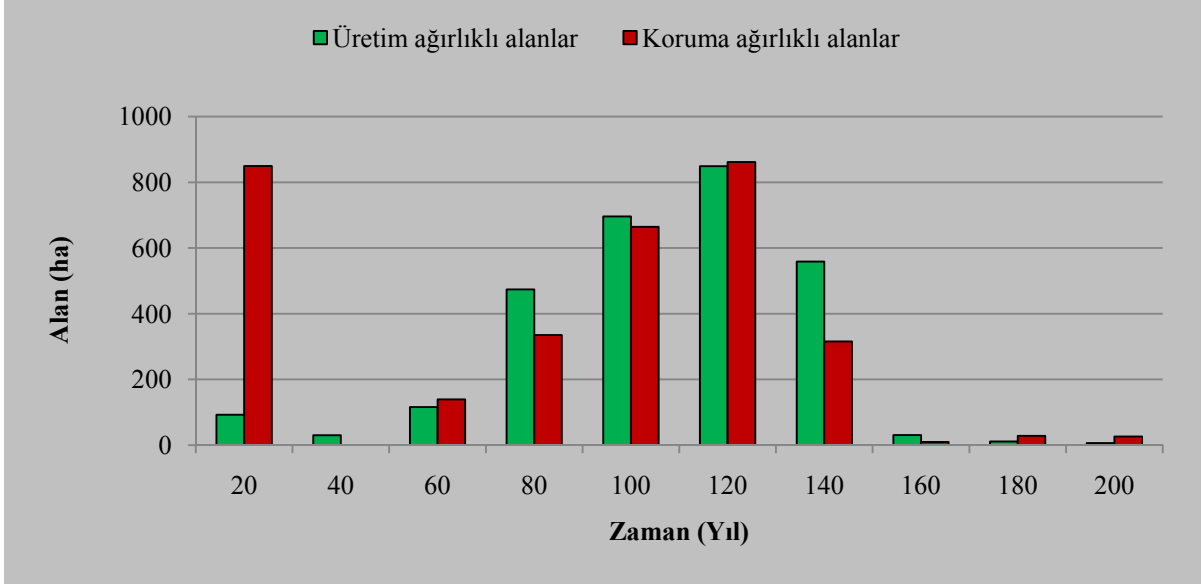
Yalnızçam ormanları tarihi ve kültürel açıdan son derece önemli olan Urum dere kalesi, Kalecik kalesi ve Dedeşen kalesi gibi tarihi yapıtları bünyesinde bulundurmaktadır. Alanda bu gibi kültürel nesnelere varlığı alanın turizm açısından önemini arttırmaktadır. Ayrıca sık sık değişen meşcere kuruluşları, renkli görünüşleri, zengin peyzaj özelliklerine sahip alanlar ile Kura nehri boyunca doğal olarak oluşmuş peri bacaları, mini kanyonlar ve yine kura nehri etrafındaki düzlüklerde halkın piknik ve kamp yapması için elverişli alanlar ve kayak tesisleri ile Yalnızçam ormanlarının rekreasyon açısından önemli bir potansiyel taşıdığı ortadadır.

Kafkasya; Uluslararası Çevre Koruma Örgütü (CI), Dünya Bankası ve Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından yeryüzünün en zengin biyolojik çeşitliliğe sahip ve tehdit altındaki 34 sıcak bölgesi arasında değerlendirilmiş ve WWF (Dünya Doğayı Koruma Vakfı) de, Kafkasya'nın ılıman kuşak ormanlarını tüm dünyada korumada öncelikli 200 ekolojik bölgeden biri olarak ilan etmiştir (URL-2). Ayrıca, Yalnızçam dağları *Kafkasya Ekolojik Bölgesi* içerisinde yer almakta ve sahip olduğu biyoçeşitlilik değeri ile sadece ülkemiz için değil aynı zamanda uluslararası ölçekte de önem taşımaktadır. Endemik bitki türleri açısından Türkiye'deki en zengin bölgelerden biri olan Yalnızçam'ın hem IUCN ve Bern listelerine göre sınıflandırılmış *Astragalus spp.*, *Verbascum spp.*, *Acantholimon spp.*, *Hypericum spp.*, *Phlomis spp.* Ve *Achillea spp.* gibi endemik ve nadir bulunan türleri barındırması hem de önemli kuş alanlarından birisi olması, alanın biyoçeşitlilik açısından değerini ortaya koymakta ve bu alanda yapılacak faaliyetlerde planlayıcıları çok daha geniş kapsamlı düşünmeye zorlamaktadır (OGM, 2007).



Şekil 1. Çalışma alanı tanıtım haritası

Yalnızçam ormanlarındaki en önemli sorun yapılan düzensiz otlatmadır. Hayvanlar orman içinde ve civar meralarda düzensiz olarak otlatılmaktadır. Özellikle yaylacılık yapılan alanlarda daha şiddetli otlatma yapılmaktadır. Bu nedenle tensil alanlarında gençlik ezilmekte veya otlatma esnasında kopartılmaktadır. Diğer yandan orman içi ve meşcere altında köylüler tarafından her sene ot biçilmektedir. Bu nedenle otların arasında yer alan gençlik kesilmektedir. Ayrıca orman içi ve civarı köylüleri çok sert geçen kış için yakacak ihtiyaçlarını ormandan sağlamaktadırlar. Bu tür kaçak kesimlerin yanında ormandan kozalak da toplanmakta bu da gençliğin gelmesini engellemektedir (OGM, 1999). Yalnızçam ormanlarını tehdit eden bütün bu unsurlar aktüel durumda düzensiz orman kuruluşunun oluşmasına neden olmuştur. Şekil 2’de çalışma alanı mevcut yaş sınıfı dağılımına bakıldığında, alanın 0-20 yaş ile 80-140 yaşları arasında yığıldığı dolayısıyla da yaşlı bir orman yapısı sergilediği görülmektedir.



Şekil 2. Üretim ve Koruma ağırlıklı alanların aktüel yaş sınıfları dağılımı

## 2.2. Materyal

Çalışma kapsamında gerekli verilerin elde edilmesinde farklı kaynaklardan yararlanılmıştır. Araştırma alanını kapsayan 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar, 2005 Yılı Ağustos ayında çekilmiş IKONOS uydu görüntüleri, 1999 da hazırlanan Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Göle Orman İşletme Müdürlüğü Yalnızçam planlama biriminin orman amenajman planı verileri ve haritaları (Erzurum OBM'den) ile "Yalnızçam Ormanlarının Katılımcı Yaklaşımla Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlanması ve Yönetimi" projesi kapsamında hazırlanan amenajman planına altlık oluşturan 2005 yılı arazi örnekleme alanı envanter karneleri çalışmaya kaynak oluşturmuştur. Ayrıca matrislerin kurulabilmesinde gerekli olan servet ve artımı belirleyebilmek için alandaki asli ağaç türü olan sarıçam için hazırlanan bonitet indeksi ve Alemdağ'ın (1967) sarıçam için hazırladığı normal hasılat tablosundan yararlanılmıştır. Bunlara ilaveten meteorolojik veriler en yakın meteoroloji istasyonundan sağlanırken, çeşitli alansal değerlerin elde edilmesinde CBS'den (Arc GIS 9.0) yararlanılmıştır. Aynı zamanda ekonomik matrislerin oluşturulmasında kullanılan tüm gelir ve giderler 2006 yılı Göle Orman İşletmesi yılsonu bilançolarından elde edilmiştir. Su üretim denkleminin oluşturulmasında SPSS 11,5 yazılımından yararlanılırken, geliştirilen matrislerin çözümünde de Lindo 6.1 yazılımından faydalanılmıştır.



### 2.3. Ön Orman Fonksiyon Haritasının Hazırlanması (Zonlama)

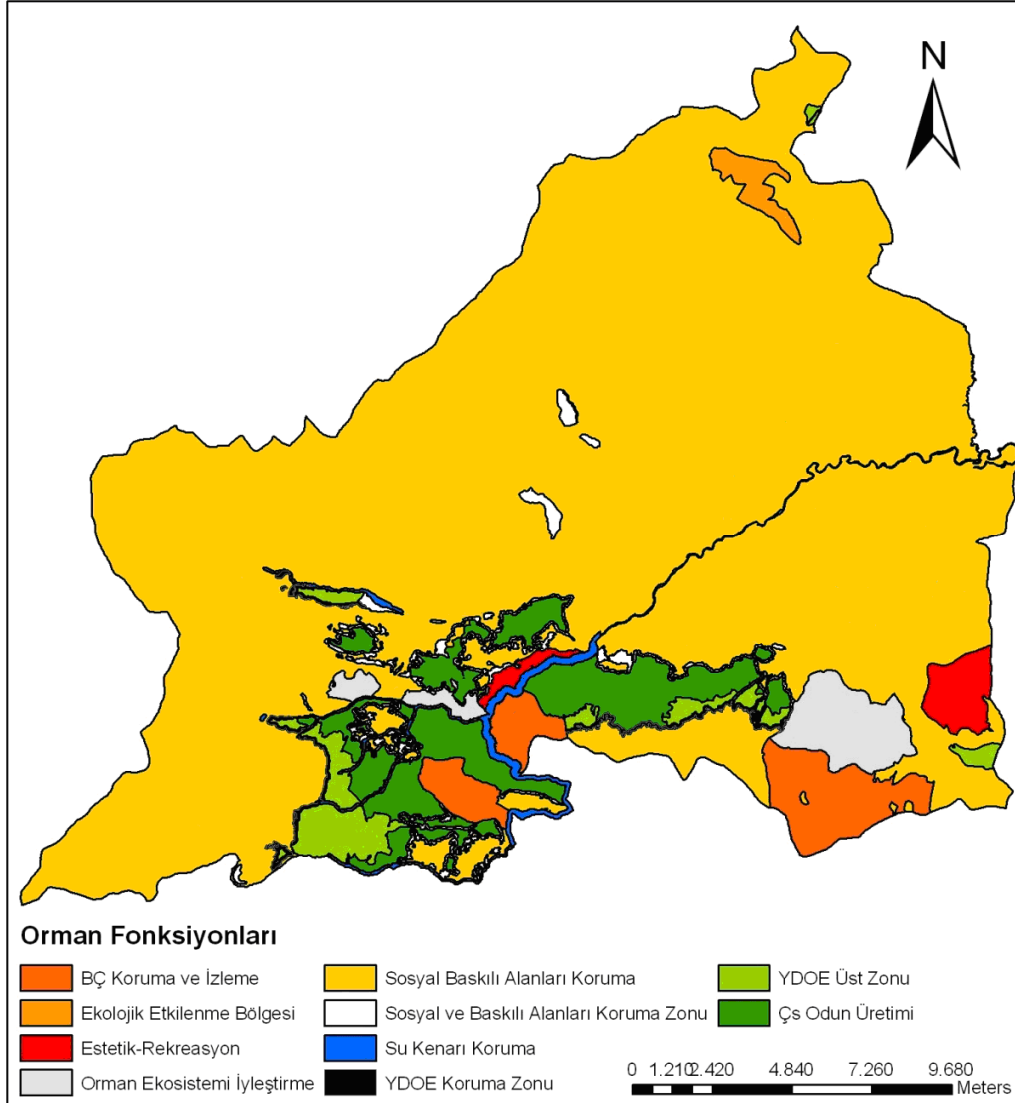
Orman fonksiyonlarının belirlenmesinde ve haritasının hazırlanmasında öne çıkan unsurlar şunlardır:

1. Uluslar arası süreç ve sözleşmeler (hassas ve önemli ekosistemler),
2. Alanın yasal statüsü (milli park, tabiat parkı, sit alanı vb.),
3. Bitki ve yaban hayvan tür listeleri ve uluslar arası antlaşmalara göre önem düzeyleri,
4. Hedef türler (gösterge, bayrak, şemsiye tür vb.) ve yaşam alanı istekleri,
5. Ekonomik ve ekolojik süreklilik,
6. Toplumun talep ve ihtiyaçları,
7. Topoğrafik özellikler,
8. Yetiştirme ortamı özellikleri,
9. Orman ekosisteminin geçmişteki durumu,
10. Doğal olay ve süreçler (yangın, çığ, kar kırması vb.),
11. Bilimsel araştırmalar, eğitim-öğretim faaliyetleri.

Orman fonksiyonlarının belirlenmesinde öncelikle ekolojik ve sosyal fonksiyonlu alanların belirlenmesi, kalan alanların ise ağırlıklı olarak orman ürünleri üretimine konu olduğu varsayımından yola çıkılmıştır. İşte bu amaçla OGM'nin B18 1 OGM 0 00 03 02.A.2 sayılı emir içeriğine göre orman fonksiyonları sınıflandırılmıştır (OGM, 2005). Ardından her bir orman parçasının eğim, yetiştirme ortamı koşulları (anakaya, toprak, su ekonomisi, reliyef, yükselti ve bakı), vejetasyon (tabakalılık, kapalılık, karışım ve çağ sınıfı) gibi özellikleri dikkate alınarak göreceği öncelikli orman değeri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma alanındaki potansiyel fonksiyonların belirlenmesinde kullanılan ölçüt ve göstergeler Tablo 3'te verilmiştir.

Çalışma alanı sınırları içerisinde yasalar ya da mevzuatlar gereği mutlak anlamda korunması zorunlu olan herhangi bir alan bulunmamaktadır. Su kenarı koruma alanları gerek çevresinde barındırdığı canlılar gerekse de suyun temiz tutulabilmesi için büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple, hem literatür çalışmaları hem de arazi gözlemleri yapılarak arazinin eğimi, derelerin akış havzasının genişliği ve mevsimlik durumları dikkate alınarak su kenarı koruma alanları belirlenmiştir. Araştırma alanında yer alan Kura nehrinin geniş tabanlı olması ve arazi eğiminin de yüksek olması nedeniyle ana derelerde

200 metre (100+100), su debisi ana derelerden daha az olan derelerde 140 metre (70+70) ve yan derelerde de 70 metre (35 + 35) koruma şeritleri oluşturulmuştur.



Şekil 3. Yalnızçam planlama birimi baskın (birincil) orman fonksiyonları haritası

Yalnızçam ormanlarında peribacası oluşumları ile kayak tesislerinin etrafındaki alanlar turistik önem taşımaları sebebiyle estetik değer taşıyan alan olarak belirlenmiştir. Yine halkın boş zamanlarını değerlendirebilmesi, eğlenebilmesi ve dinlenebilmesi amacıyla kent ormanı özelliği taşıyan alanda da ana fonksiyon rekreasyondur. Envanter çalışmaları sırasında yapılan gözlemler sayesinde ziraat ve yerleşim alanlarının arttığı ve bu artışın da orman kaynakları üzerinde sosyal bir baskı meydana getirdiğinin ortaya

çıkması nedeniyle iskan ve ziraat alanlarının etrafında 1000 metrelik zon ile yaylaların etrafında 500 metrelik zon sosyal baskılı alanları koruma zonu olarak ayrılırken, bu alanların etrafındaki ormanlara da 70 metrelik iç koruma zonu atılarak sosyal baskı fonksiyonu olarak alınmıştır. Rehabilitasyon fonksiyonu olarak ayrılan alanlar sosyal baskı nedeniyle aşırı derecede parçalanmış ve baskı görmüş alanların birleştirilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla ayrılmıştır. Çalışma alanı sınırları içerisindeki bozuk Sarıçam meşcereleri, doğal yapısı bozulmuş orman alanları, gençleştirme çalışmalarının başarısız olduğu alanlar, geniş orman içi açıklıklar, aşırı sosyal baskılı alanlar ile orman üst zonundaki küme ve grup halinde kalmış alanlar rehabilitasyon fonksiyonuna alınmıştır.

Toplumun orman ürünlerine olan ihtiyacı karşılamak amacıyla ekolojik ve sosyal fonksiyonların ağırlıkta olduğu alanların dışındaki Sarıçam koru meşcereleri Sarıçam üretim fonksiyonu olarak tespit edilmiştir. Doğal orman değeri taşıyan alanların sürekliliğinin sağlanması, yaban hayatı ve bitki türleri açısından önemli olan alanlarda ana fonksiyon biyoçeşitliliği koruma ve izleme olmuştur. Üst orman zonunda insan müdahaleleri sonucunda oluşan çalı ve çayır kuşağının bulunduğu alanlarda ana fonksiyon yüksek dağ orman ekosistemi üst zonu olarak kabul edilirken, bu alanlarda içe doğru oluşturulan 70 metrelik tampon bölgede ise ana fonksiyon yüksek dağ orman ekosistemi koruma zonu olarak alınmıştır.

Tablo 3. Araştırma alanı orman fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan gösterge ve ölçütler

	FONKSİYONLAR	ÖLÇÜT	GÖSTERGE
A. EKONOMİK	<b>Odun Ürünleri Üretimi</b>	Yetiştirme ortamı özellikleri, erozyona duyarlılık, kapalılık, odun endüstrisi arzı, transport imkânları, teknik işgücü kapasitesi, işletmenin teknik ve idari alt yapısı	Hasılat parametrelerine göre odun üretiminin yapılacağı ve özellikle ekolojik ve sosyal fonksiyonların ağırlıkta olduğu alanlar dışında kalan sarıçam asli ağaç türünün oluşturduğu koru meşcereleri. ormanlık alanlar
	<b>Orman Ekosistemi İyileştirme</b>	Bozuk meşcereler, gençleştirme çalışmalarının başarısız olduğu alanlar, OT alanları, aşırı sosyal baskıyla bozulmuş alanlar, parçalanmış, öbek/grup/küme şeklinde kalmış alanlar	<b>Üst Zon;</b> Üst orman zonundaki (2300 m üzeri) bozuk koru, Üst orman zonunda insan tahribiyle oluşmuş çalı ve çayır kuşağı <b>Koruma Zonu;</b> Üst zondaki ormanlık alanlardan içerisine doğru 70m.
B. EKOLOJİK	<b>Yüksek Dağ Orman Ekosistemi</b>	Ağaç formu, Ağaç boyu, Ağaç çapı, Kapalılık	

Tablo 3'ün devamı

<b>C. SOSYO-KÜLTÜREL</b>	<b>BÇ Koruma ve İzleme</b>	Yaş, Çap ve Boy gibi meşcere elemanları itibarıyla eşsiz , Yaban hayatı ve bitki türü çeşitliliği açısından önemli alanlar, ÖBA, ÖKA	
	<b>Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi</b>	Yakın çevresindeki önemli habitatlardaki ekolojik değişime (hayvan göçü, barınma, saklanma, tohum akışı vs) katkı sağlayacak özellikli ya da geçiş alanları	
	<b>Su Kenarı Koruma Alanları</b>		Ana derelerde 200 (100+100) m. Debisi düşük olan derelerde 140 (70+70)m ve Yan derelerde 70 (35+35) m şerit
	<b>Sosyal Baskılı Alanları Koruma</b>		Yerleşim yeri etrafındaki ormanlarda 1000 metre, yaylaların etrafında 500 metre, ormanlara bitişik ağaçsız orman toprakları da sosyal baskılı alanlara dahil edilmiştir
	<b>Sosyal Baskı Koruma zonu</b>		Sosyal baskılı alanlarda 70 m iç koruma zonu
	<b>Estetik ve Rekreasyon</b>	Zengin peyzaj özellikleri, farklı renk görünümleri, potansiyel değerler, toplum talebi, sosyo-kültürel yapı, tesis imkânları, aktivite takvimi, yerleşim yerine uzaklık	<b>Estetik;</b> Değişik renk görünümleri Kura nehri boyunca doğal olarak oluşmuş peri bacaları ve mini kanyonlar <b>Rekreasyon;</b> Peyzaj değeri, İklim değeri, Ulaşılabilirlik, >5 ha Piknik-kamp alanı (>2ha, eğim <%20) Heyelan, sel, kaya, taş, çığ yuvarlanma tehlikesinin olmaması. Bülbülhan hayvan pazarı için festival alanı, Yalnızçam ormanında kayak tesisi ve etrafındaki alanda kent ormanı özelliği taşıyan Sarıçam ormanı  <b>Kültürel Değerler ;</b> Tarihi yapıtlar: Urum dere kalesi, Kalecik kalesi ve Dedeşen kalesi, Geleneksel yaşam değerlerinin yansıtıldığı alanlar

Plan ünitesi içinde yapılan gözlemler ve envanterler neticesinde belirlenen işletme amaçları şu şekilde belirlenmiştir;

- En yüksek düzeyde odun üretimini sağlamak,
- Orman işletmesinin odun üretiminden elde ettiği karı eniyilemek,

- Ormandan elde edilecek su üretimini maksimum seviyeye getirmek ve su üretiminden sağlanılacak karı eniyilemek,
- Net karbon birikim miktarını ve elde edilecek karı en yüksek düzeyde tutmak.
- Rekreasyon ve estetik değerlerin topluma sunabilmek,
- Biyolojik çeşitliliğin korunmasıdır.

#### **2.4. Silvikültürel İşlem Ünitelerinin ve Müdahale Reçetelerinin Oluşturulması**

Silvikültürel işlem ünitelerinin tespiti ve silvikültürel müdahale reçetelerinin hazırlanmasında, orman fonksiyon haritasından yararlanılmıştır. Silvikültürel işlem ünitelerinin ve silvikültürel müdahale reçetelerinin oluşturulmasında dikkate alınan temel unsurlar şunlardır;

- Uluslar arası antlaşma ve süreçler,
- Ulusal ormancılık politikaları, yasal yapı,
- Önemli/Kritik/Hassas tür ve ekosistemler,
- Orman fonksiyonu,
- Yetiştirme ortamı koşulları,
- Alanın eğimi,
- Erozyona hassasiyet derecesi,
- Asli ağaç türü ve onun biyolojik istekleri,
- Ormanın geçmişteki durumu,
- İklim verileri,
- Sosyo-ekonomik yapı ve değişim süreci,
- Toplum ve piyasa talepleri,
- Uzmanların ve uygulayıcıların görüşleri dikkate alınmıştır.

Ormandan yararlanma stratejileri; mutlak koruma, korurken yararlanma ve yararlanırken koruma ve orman ürünlerinden yararlanma olmak üzere dört tanedir (Yolasığmaz, 2004). Yararlanma stratejilerine bağlı olarak araştırma alanı için 7 farklı silvikültürel işlem ünitesi belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla;

1. Orman ekosistemini iyileştirme alanları,
2. Odun üretimine konu alanlar,
3. Su kenarı ormanları ve sosyal baskı altındaki alanlar,
4. Kent Ormanı alanı, kayak tesisleri ve peribacaları etrafındaki alanlar,

5. Yüksek dağ orman ekosistemi alanları,
6. Ekolojik etkilenme bölgesi alanları,
7. Biyoçeşitlilik koruma ve izleme alanları,

Odun üretimi amaçlı yararlanmanın söz konusu olduğu silvikültürel işlem ünitelerinde yaş sınıfları yöntemi kullanılarak en yüksek eta alınması kararlaştırılmıştır. Estetik ve rekreasyon açıdan önemli alanlar ile biyolojik çeşitliliği koruma ve izleme alanlarında (silvikültürel işlem üniteleri 4 ve 7 olan alanlar) üretim amaçlı müdahale öngörülmezken, sadece koruma amaçlı (böcek, mantar zararı vs.) müdahalelere müsaade edilmiştir. Bunun yanında, hassas tür ve ekosistemleri barındıran alanlar, ve gençleştirme işlemlerinin zor olduğu alanlarda ( silvikültürel işlem üniteleri 3, 5, 6 ve olan alanlar) yani hem koruma hem de yararlanmanın söz konusu olduğu alanlarda ılımlı ya da doğaya uygun müdahalelerle belli eşik düzeylerde devamlı orman örtüsünün bulundurulması kararlaştırılmıştır. Orman ekosistemini iyileştirme alanlarında mevcut ağaç türüne bağlı kalarak ağaçlandırma çalışmalarına karar verilmiştir.

## **2.5. Orman Amenajman Planlama Modelinin Hazırlanması**

Bu çalışma kapsamında hazırlanan orman amenajman planında, plan ünitesini bir bütün olarak algılaması, bütçe ve zaman gibi kısıtlayıcı koşulları plana dahil edebilmesi ve optimal çözümleri ortaya koyulması sebebiyle doğrusal programlama tekniği tercih edilmiştir. Bir alanda birden fazla amacın aynı anda sağlanılmaya çalışıldığı çok amaçlı planlamalarda, kullanılacak en uygun yöntem amaç programlama olmasına rağmen, gerçek anlamda işletme amaçlarının öncelik ve ağırlıklarının tespit edilmemiş olması bu çalışmada doğrusal planlama tekniğinin kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

Daha önceden belirlenen müdahale reçetelerine bağlı olarak, odun, su ve karbon birikimi gibi ormanın sunduğu değerler; miktar ve net bugünkü değer (NBD) olarak yüz yıllık planlama yörüngesinde onar yıllık periyotlarda izlenerek farklı idare süreleri arasından amacı en iyileyen idare süresine karar vermek amaçlanmıştır.

### **2.5.1. Net Bugünkü Değer Kavramı**

Orman işletmelerinde idare süresi oldukça uzundur. Bu süre içinde, değişik dönemlerde ürün elde edilmekte, buna karşılık harcamalar yapılmaktadır. Çeşitli

dönemlerde elde edilen ürün ve harcamaların karşılaştırılabilmesi için, bunların, temel olarak kabul edilen bir zamandaki değerlerinin bulunması gerekir (Türker, 2000). Ormanın aktüel durumu yapılan envanter çalışmalarıyla ya da eski veriler yardımıyla doğrudan ya da dolaylı olarak yapılabilmektedir. Ormanın zaman içindeki değişimini ekonomik olarak ortaya koymak ya da bugüne indirgemek için Net Bugünkü Değer (NBD) yöntemi (1) ya da İç Karlılık Oranı yöntemi (İKO) kullanılmaktadır. Ancak İç Karlılık Oranı yönteminde “r” iskonto oranı deneme-yanılma metodu ile bulunmaktadır. Bu metot ise daha zor olduğundan bu çalışmada NBD yöntemi tercih edilmiştir. Iskonto oranı olarak ise ormancılıkta genelde kullanılan %3 değeri esas alınmıştır.

$$NBD = \sum_{n=1}^m \left( B / (1 + r)^n \right) - \sum_{n=1}^m \left( C / (1 + r)^n \right) \quad (1)$$

Burada,

NBD: Net bugünkü değer

B: Gelirler

C: Giderler

r: Faiz veya iskonto oranı

n: Planlama dönemi

m: Plan dönemi sayısı

### 2.5.2. Odun Üretim Matrislerinin Oluşturulması

Ormana yapılan müdahaleler sonrası elde edilen her tür ürün, ormancılıkta üretim (mal ve hizmet) olarak tanımlanmaktadır. Odun üretimi esas alındığında, bu ürün ormancılıkta son hâsılat ve ara hâsılat etası olmak üzere iki farklı şekilde ele alınmaktadır. Bu çalışmada da aynı yaklaşım tarzından hareketle, odun üretimi miktarları ara ve son hâsılat etası olarak hesaplanmıştır.

Araştırma alanı hâsılat matrislerinin oluşturulmasında; artım yüzdeleri simülasyon yöntemi (Eraslan, 1981) kullanılmış olup, müdahalelere bağlı meşcere gelişimi, asli ağaç türü olan Sarıçama göre düzenlenmiş hâsılat tabloları yardımıyla kestirilmiştir. Hesaplamalarda, “orman amenajman planlarının düzenlenmesi, uygulanması denetlenmesi ve yenilenmesi hakkındaki yönetmelikte” (1991) uygulandığı gibi, meşcere periyot ortası

servetleri esas alınmıştır. Orman rejimindeki tüm alanlar için plana konu en küçük ünite olan bölmecik ve orman içi açıklıklar için ayrı ayrı hâsılat matrisleri hesaplanmıştır. Üretim ağırlıklı alanlarda 100 yıllık yörünge boyunca her periyotta müdahale öngörülürken, *müdahale olmaması* da bir seçenek olarak verilmiştir. Dolayısıyla odun üretimine konu alanlarda meşcerenin yaşına bağlı olarak en fazla 11 farklı seçenek oluşurken, Koruma ağırlıklı alanlarda da en fazla 11 farklı seçenek ortaya çıkmıştır. Bu alanlardan alınacak ara hâsılatlar/matrisler Alemdağ'ın (1967) Türkiye genelindeki Sarıçam ağaç türüne göre düzenlediği hâsılat tablosundan yararlanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca gerek ağaçlandırılan alanlarda gerekse de gençleştirilen alanlarda meşcerelerin optimal gelişim gösterdiği farzedilerek, büyüme ve artım değerleri hasılat tablosu değerlerinden yararlanılarak düzenlenmiştir. Örnekte; hem üretim hem de koruma amaçlı olarak işletilen 120 yaşında ve 1. bonitetteki Çscd3 meşcere tipine ait hâsılat değerleri ve silvikültürel müdahale şekilleri görülmektedir (Tablo 4, 5, 6). Erzurum yöresinde Sarıçamın 150-200 yaşlarında iç çürüklük nedeniyle kalite kaybına uğraması üretim alanlarında maksimum kesim yaşının 200 yıl olarak alınmasına neden olmuştur. Dolayısıyla Çscd3 meşceresi a<sub>9</sub>. ve a<sub>10</sub>. seçeneklerde 200 yaşını aştığı için bu seçenekler modele dahil edilmemiştir.

Tablo 4. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi matrisleri silvikültürel müdahale reçetesi

Periyot	Karar Değişkenleri										
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1	SHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE
2	GB	SHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE
3	GB	GB	SHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE
4	AHE	GB	GB	SHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE
5	AHE	AHE	GB	GB	SHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE
6	AHE	AHE	AHE	GB	GB	SHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE
7	AHE	AHE	AHE	AHE	GB	GB	SHE	AHE	AHE	AHE	AHE
8	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	GB	GB	SHE	AHE	AHE	AHE
9	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	GB	GB	SHE	AHE	AHE
10	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	AHE	GB	GB	SHE	AHE

SHE: Son Hâsılat Etası; AHE: Ara Hâsılat Etası; GB: Gençlik Bakımı; a<sub>1</sub>: birinci periyotta Çscd3 meşceresinden SHE konu alan miktarları (ha)



Tablo 5. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi hâsılat matrisi değerleri (m<sup>3</sup>/ha)

Periyot	Karar Değişkenleri										
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1	267,65	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00			12,00
2	0,00	308,34	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76			9,76
3	0,00	0,00	334,98	8,69	8,69	8,69	8,69	8,69			8,69
4	39,89	0,00	0,00	356,10	8,26	8,26	8,26	8,26			8,26
5	48,89	39,89	0,00	0,00	371,12	7,88	7,88	7,88			7,88
6	47,36	48,89	39,89	0,00	0,00	381,42	7,51	7,51			7,51
7	40,40	47,36	48,89	39,89	0,00	0,00	388,11	7,16			7,16
8	35,40	40,40	47,36	48,89	39,89	0,00	0,00	392,04			6,83
9	27,86	35,40	40,40	47,36	48,89	39,89	0,00	0,00			6,51
10	612,10	27,86	35,40	40,40	47,36	48,89	39,89	0,00			6,21

Tablo 6. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşcere tipi hasılat matrisi değerleri (m<sup>3</sup>/ha)

Periyot	Karar Değişkenleri										
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1									0,00	0,00	0,00
2									4,88	4,88	4,88
3									4,35	4,35	4,35
4									4,13	4,13	4,13
5									3,94	3,94	3,94
6									3,76	3,76	3,76
7									3,59	3,59	3,59
8									3,42	3,42	3,42
9									433,89	3,26	3,26
10									0,00	437,39	3,11

Tablo 6’da korunan alan olması nedeniyle idare süresi 200 yıl olarak alınmıştır. Ancak aktüel meşcere 120 yaşında olduğundan meşcere ancak 9. planlama periyodunda minimum kesim yaşına ulaşmıştır. Bu nedenle ilk sekiz karar değişkeni modele dahil edilmemiştir. Bu meşcere sadece 9. ve 10. periyotlarda gençleştirme yapılacağını ifade eden a<sub>9</sub> ve a<sub>10</sub> değişkenleri ile hiçbir periyotta gençleştirme etası alınmamasını öngören a<sub>11</sub> değişkenleri ile modelde yerini almıştır. Tablo 5’te görüldüğü gibi; a<sub>1</sub>-a<sub>11</sub> değişkenleri, odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipinin karar değişkenlerine ilişkin hâsılat değerlerini ifade etmektedir. a<sub>1</sub> değişkeni; Çscd3 meşceresinin birinci plan dönemi hâsılatını göstermektedir. a<sub>11</sub> değişkeni ise 100 yıllık planlama yörüngesi boyunca alanda gençleştirme etasının alınmadığı ancak ara hasıla etasının alındığı seçeneği göstermektedir. Meşcere servetinin hesaplanmasında (2) nolu denklem kullanılmıştır.

$$V_1 = V_0 + Z_1/2 \quad (2)$$

$V_1$ : plan dönemi ortasındaki meşcere serveti ( $m^3$ ),

$V_0$ : aktüel meşcere serveti ( $m^3$ ),

$z_1$ : aktüel artım ( $m^3$ )

Meşcerelerin gençleştirilmemesi durumundaki hacim gelişimi ve ara hâsılat miktarları, aktüel meşcere verileri ile hâsılat tablosu değerleri arasında yapılan karşılaştırmalar sonucu elde edilmiştir. Meşcere ikinci plan döneminde gençleştirildiğinde son hâsılat etası (3) nolu eşitlikten yararlanılarak bulunmuştur.

$$V_2=V_1+10z_1-D_1 \quad (3)$$

$D_1$ : birinci plan dönemi ara hasılatı (BTC projesi kapsamında hazırlanmakta olan Yalnızçam Planlama Birimi amenajman planından alınmıştır),

$V_2$ : ikinci plan dönemi ortasındaki meşcere serveti ( $m^3$ )

Meşcerenin gençleştirilmemesi durumunda ise ikinci plan dönemi ara hasılatı,

$$D_2=D_1*(D_{135}/D_{125}) \quad (4)$$

eşitliğinden yararlanılarak bulunmaktadır. Burada;  $D_{135}$  ve  $D_{125}$ , hâsılat tablosunun 135 ve 125 yaşındaki ayrılan meşcere miktarlarıdır. Aynı şekilde  $a_3$  değişkenine ilişkin gençleştirme hâsılatı,

$$V_3=V_2+10z_2-D_2 \quad (5)$$

eşitliğinden, yıllık cari artım ise,

$$z_2=z_1*z_{135}/z_{125} \quad (6)$$

eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Burada;  $z_{135}$  ve  $z_{125}$ , hâsılat tablosunun 135 ve 125 yaşlarındaki yıllık cari artım miktarlarıdır. Benzer özellikteki diğer tüm meşcereler için hâsılat matrisleri oluşturulmuştur.

### 2.5.3. Göğüs Yüzeyi Matrislerinin Oluşturulması

Araştırma alanındaki meşcerelerin hâsılat matrislerinden hareketle göğüs yüzeyleri hesaplanmıştır. Çalışmada dikkate aldığımız Sarıçam hasılat tablosundan yararlanarak optimal kuruluştaki meşcere göğüs yüzeyleri ile servetleri bulunmuştur. Tablo 7’de odun üretimi, Tablo 8’de ise koruma amaçlı Çscd3 meşcere tipine ait her bir periyottaki göğüs yüzeyi değerleri görülmektedir.  $a_1$  değişkeni; Çscd3 meşceresinin birinci plan dönemi göğüs yüzeyi değerini göstermektedir. meşcerelerin göğüs yüzeylerinin hesaplanmasında (7) nolu denklem kullanılmıştır.

$$G_{akt}=G_{opt} * V_{akt}/V_{opt} \quad (7)$$

$G_{akt}$ : aktüel kuruluştaki meşcere göğüs yüzeyi ( $m^2/ha$ ),

$G_{opt}$ : optimal kuruluştaki meşcere göğüs yüzeyi ( $m^2/ha$ ),

$V_{akt}$ : optimal kuruluştaki meşcere serveti ( $m^3$ ),

$V_{opt}$ : aktüel kuruluştaki meşcere serveti ( $m^3$ ).

Tablo 7. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi göğüs yüzeyi matrisi değerleri ( $m^2/ha$ )

Periyot	Karar Değişkenleri										
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$
1	0,00	22,52	22,52	22,52	22,52	22,52	22,52	22,52			22,52
2	5,55	0,00	25,54	25,54	25,54	25,54	25,54	25,54			25,54
3	19,70	5,55	0,00	27,36	27,36	27,36	27,36	27,36			27,36
4	33,85	19,70	5,55	0,00	28,67	28,67	28,67	28,67			28,67
5	44,00	33,85	19,70	5,55	0,00	29,45	29,45	29,45			29,45
6	49,50	44,00	33,85	19,70	5,55	0,00	29,84	30,36			29,84
7	52,55	49,50	44,00	33,85	19,70	5,55	0,00	29,93			29,93
8	54,68	52,55	49,50	44,00	33,85	19,70	5,55	0,00			29,80
9	56,15	54,68	52,55	49,50	44,00	33,85	19,70	5,55			29,51
10	0,00	56,15	54,68	52,55	49,50	44,00	33,85	19,70			29,11

Tablo 8. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşcere tipi göğüs yüzeyi matrisi değerleri (m<sup>2</sup>/ha)

Periyot	Karar Değişkenleri										
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1									16,75	16,75	16,75
2									20,85	20,85	20,85
3									23,13	23,13	23,13
4									24,85	24,85	24,85
5									26,02	26,02	26,02
6									26,76	26,76	26,76
7									27,18	27,18	27,18
8									27,36	27,36	27,36
9									0,00	27,37	27,37
10									5,55	0,00	27,24

#### 2.5.4. Su Üretimi Matrislerinin Oluşturulması

Ormanların bir havzadaki su verimi üzerindeki etkisi ağaç türüne, ağaç sayısına, meşcere sıklığına, tepe boyutuna ve yaprak miktarına göre değişmektedir. Ölçümündeki kolaylık nedeniyle hidroloji araştırmalarında genellikle, yaprak miktarı ve tepe boyutu yerine hektardaki göğüs yüzeyi esas alınmaktadır (Asan, 1999).

Su üretim matrislerinin oluşturulması amacıyla alandan 63 adet örnek alan alınmıştır. Bu alanlardan alınan toprak örnekleri laboratuvarda analiz edilerek toprağın faydalanılabilir su kapasitesi (toprakta depolanan su miktarı) belirlenmiştir. Araştırma alanında Alkan GÜNLÜ'nün hazırlamakta olduğu doktora tezi kapsamında 6 farklı ekolojik toprak serisi belirlenmiştir. Her bir toprak serisi için Thornthwaite yöntemine göre düzenlenmiş, su bilânçosu tablolarından yararlanılarak, su üretim değerleri türetilmiştir. Yöntemde; öncelikle her bir örnek alanın ekolojik toprak serisi belirlenmekte, laboratuvar analiz sonuçlarından yararlanılarak, toprakta depolanan su miktarları hesaplanmakta ve ardından önceden düzenlenmiş, su bilânçosu tablolarından, yıllık yağış ve toplam buharlaşma miktarı değerleri alınmaktadır. Sonuçta, elde edilen değerler (8) nolu denklemde yerine konularak, her bir örnek alanın su üretim değeri (akışa geçen su miktarı) bulunmuştur.

$$A = Y - (B + TS) \quad (8)$$

Burada,

Y: Yağış (mm),

B: Buharlaşma (mm),  
 TS: Toprak suyu (mm),  
 A: Akışı (mm) ifade etmektedir.

Örnek alanların su üretim değerleri hesaplandıktan sonra, her bir örnek alanın daha önce arazi çalışmaları sonucu elde edilen verileri yardımıyla göğüs yüzeyleri hesaplanmıştır. Daha sonra, her bir örnek alan için su üretimi değeri ve göğüs yüzeyi ilişkisi regresyon analizi ile test edilmiştir. Analiz sonucu, su üretimi-göğüs yüzeyi ilişkisi (9) nolu denklemle ifade edilmiştir. Lcd2 ve Kncd3 meşcereleri için su üretim matrisi değişkenleri Tablo 9 ve 10'da verilmiştir.

$$SU = 2123,38 * e^{-0,1866 * GY} \quad (9)$$

Burada;

SU: su üretimi (m<sup>3</sup>/ha/yıl)

GY: göğüs yüzeyi (m<sup>2</sup>/ha)

e: doğal logaritma tabanı (2,71828)

R<sup>2</sup> = 0,599, SH = 0,604

Tablo 9. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi su üretim matrisi değerleri ( m<sup>3</sup>/ha/yıl)

Periyot	Karar Değişkenleri										
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1	2123,4	31,77	31,77	31,77	31,77	31,77	31,77	31,77			31,77
2	753,8	2123,4	18,10	18,10	18,10	18,10	18,10	18,10			18,10
3	53,77	753,8	2123,4	12,88	12,88	12,88	12,88	12,88			12,88
4	3,84	53,77	753,8	2123,4	10,09	10,09	10,09	10,09			10,09
5	0,58	3,84	53,77	753,8	2123,4	8,72	8,72	8,72			8,72
6	0,21	0,58	3,84	53,77	753,8	2123,4	8,11	7,36			8,11
7	0,12	0,21	0,58	3,84	53,77	753,8	2123,4	7,98			7,98
8	0,08	0,12	0,21	0,58	3,84	53,77	753,8	2123,4			8,17
9	0,06	0,08	0,12	0,21	0,58	3,84	53,77	753,8			8,62
10	2123,4	0,06	0,08	0,12	0,21	0,58	3,84	53,77			9,29

Tablo 10. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşçere tipi su üretim matrisi değerleri ( m<sup>3</sup>/ha/yıl)

Periyot	Karar Değişkenleri										
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1									93,32	93,32	93,32
2									43,41	43,41	43,41
3									28,35	28,35	28,35
4									20,57	20,57	20,57
5									16,55	16,55	16,55
6									14,40	14,40	14,40
7									13,31	13,31	13,31
8									12,86	12,86	12,86
9									2123,4	12,86	12,86
10									753,81	2123,4	13,18

### 2.5.5. Karbon Birikim Matrislerinin Oluşturulması

Bu tez kapsamında karbon bütçesinin hesaplanmasında, orman ekosistemlerinin karbon bütçesi bileşenleri olarak orman biyokütlesinde ve odun ürünü çeşitlerinde depolanan karbon ile farklı odun ürünlerinin tüketilmesi veya kullanılması sonucu ortaya çıkan ayrışma nedeniyle meydana gelen emisyonlar dikkate alınmak suretiyle net karbon birikimi hesaplanmıştır.

Ormanlardaki karbon birikimi ve bilânçosu orman alanları üzerindeki bitkisel kütlelerin ibrelili ve yapraklı ağaç türü itibariyle dağılımına ve bunların fırın kurusu maddeye dönüştürülmüş miktarlarına dayanılarak hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda 1 ton fırın kurusu bitkisel madde içinde 0,45 ton karbon bulunduğu kabul edilmektedir. Bu çalışmalarda önce toprak üstündeki biyokütle belirlenmekte, sonra da toprak altı biyokütle tahmin edilmektedir (Asan vd, 2002).

Planlama birimi karbon depolama kapasitesinin hesaplanmasında belirtilen yaklaşım tarzı kullanılmıştır. Her bir meşçerede elde edilecek ürün çeşidine göre karbon birikim miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır. İzlenen yol aşağıda özet olarak sunulmuştur:

1. Ağaç türü bazında yapılan hesaplamalardan yola çıkılarak, yapraklı ve iğne yapraklı olmak üzere iki farklı gruplama yapılmış, dikili gövde hacim toplamları daha önce Asan (2002) tarafından Türkiye ormanları için hesaplanan ve Yakın Doğu Süreci Uygulama Kılavuzlarında da yer alan özel katsayılar ile çarpılmak

suretiyle, önce fırın kurusu ağırlığa, sonra da toprak üstü toplam biyokütle ağırlığına dönüştürülmüştür (10).

$$\mathbf{TÜBK=DGH \times FKA \times CF} \quad (10)$$

Denklemden;

TÜBK : toprak üstü biyokütle (ton),

DGH : iğne yapraklı ve iğne yapraklı ağaç tür grubu için toplam dikili gövde hacmi (m<sup>3</sup>),

FKA : her tür grubu için daha önceden saptanan (Yapraklılar için 0,64; iğne yapraklılar için 0,473) fırın kurusu ağırlıkları dönüşüm faktörü,

CF : 1 m<sup>3</sup> dikili gövde hacmine karşı gelen biyokütleyi toprak üstü toplam biyokütle dönüşüm faktörü (iğne yapraklılarda 1,2; yapraklılarda 1,25).

2. Toprak altındaki biyokütle (kök) miktarları için yine ağaç türü grupları için genel oranlardan yararlanılmıştır (yapraklılar için 0,15; ibreliler için 0,20).
3. Araştırma alanı toplam biyokütle miktarları ise; önce tür gruplarının toprak altı ve üstündeki biyokütlelerini toplamak, sonra da bu toplamların genel toplamını almak suretiyle hesaplanmıştır.
4. Belirlenen canlı biyokütle; alandaki göğüs çapı 8 cm. üzerindeki ağaçların biyokütlesini göstermektedir. Bu ölçü basamağının dışındaki ağaç, ağaççık, çalı ve şüceyrat ile bunlara ait gövde, dal, kozalak, ibre ve yaprak artıklarından oluşan ölü örtünün toplam biyokütlesinin de hesaplanması gerekmektedir. Bunların yanında Karbon bilançosuna ilişkin uluslar arası hesaplamalarda, orman ekosistemlerinin tuttuğu toplam karbon miktarı belirlenirken, canlı ve cansız biyokütle dışında, orman toprağında bulunan toplam karbondaki bu miktara eklenmektedir. Ancak diri ve ölü örtü ile orman toprağında depolanan karbondaki bu miktara ait yeterli ve doğru bilginin olmaması, toprakta depolanan karbonun dinamik yapısının çok uzun zaman sürecinde değişikliğe uğraması ve orman işletme faaliyetlerinin özellikle ormanın toprak üstü ve altı biyokütlesini etkilemesi nedeniyle, bu bütçe elemanlarında depolanan karbon dikkate alınmamıştır (Keleş ve Başkent, 2006).

5. Sonuç olarak; meşcereler için toplam karbon birikimi (11) nolu denkleme göre hesaplanmıştır (Diaz- Balteiro ve Romero 2003).

$$CB_t = [\gamma(V^t - V^{t-1} + H_t) - CE_t] \quad (11)$$

$\gamma$  : odun biyokütlesinde içerilen karbon oranı

$CB_t$ :  $t$ . kesim periyodundaki karbon dengesi

$CE_t$ :  $t$ . kesim periyodundaki karbon emisyonu

$H_t$ :  $t$ . kesim periyodunda hasat edilen servet

$V^t$ :  $t$ . kesim periyodunun sonundaki dikili serveti göstermektedir.

Tablo 11 ve 12’de Çscd3 meşceresinin net karbon birikim matrisleri gösterilmektedir.

Tablo 11. Odun üretimine konu Çscd3 meşcere tipi net karbon birikimi matrisi değerleri (ton/ha)

Periyot	Karar Değişkenleri										
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1	82,04	19,83	19,83	19,83	19,83	19,83	19,83	19,83			19,83
2	55,67	94,17	13,81	13,81	13,81	13,81	13,81	13,81			13,81
3	49,29	62,94	102,21	11,33	11,33	11,33	11,33	11,33			11,33
4	56,24	48,63	63,07	108,75	9,27	9,27	9,27	9,27			9,27
5	31,08	50,49	47,45	52,32	112,77	6,87	6,87	6,87			6,87
6	0,00	26,81	53,88	45,49	50,30	114,19	3,94	3,94			3,94
7	37,89	-5,95	25,49	54,28	45,64	50,41	116,65	3,29			3,29
8	33,45	37,89	-9,85	24,33	54,46	45,66	50,41	118,06			16,03
9	21,89	33,45	32,84	-12,94	23,47	54,54	45,64	50,39			11,49
10	179,82	21,89	33,45	37,89	-15,13	22,88	54,62	45,65			-0,01



Tablo 12. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşçere tipi net karbon birikimi matrisi değerleri (ton/ha)

Periyot	Karar Değişkenleri										
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1									16,15	16,15	16,15
2									12,65	12,65	12,65
3									10,33	10,33	10,33
4									8,20	8,20	8,20
5									6,59	6,59	6,59
6									5,03	5,03	5,03
7									3,35	3,35	3,35
8									8,03	8,03	8,03
9									110,96	5,76	5,76
10									52,09	112,07	0,00

### 2.5.6. Odun Üretimine İlişkin Ekonomik Matrislerinin Oluşturulması

Odun üretimine yönelik ekonomik matrislerin oluşturulması amacı ile Göle Orman İşletme Müdürlüğü'nün 2006 yılı yılsonu bilançolarından faydalanılmıştır. Plan başlangıcı 2006 yılı kabul edilmiş dolayısıyla bu yıldaki gelir ve giderler dikkate alınmıştır.

Göle Orman İşletme Müdürlüğü'nün yılsonu bilançolarına bakıldığında, işletme gelirlerinin tomruk, direk, sanayi odunu ve yakacak odun satışlarından sağlandığı görülmektedir. Bu amaçla, herhangi bir yaşta yapılan gençleştirme ve bakım çalışmaları sonrasında elde edilen hâsılatın hangi ürün çeşidinden ve ne oranda elde edileceği Osman Sun ve arkadaşlarının (1977) hazırlamış olduğu "Ağaç türlerinin yaş ve orta çapa göre ürün çeşidi" tablosundan yararlanarak belirlenmiştir. Bu hesaplamalar her bir bölmecik ve orman parçası için 100 yıllık yörünge boyunca hesaplanmıştır. Odun ürününün gerçek değeri piyasa satışları ile olduğundan, gelire ilişkin değerlerin ortaya konmasında piyasa satışlarından yararlanılmıştır. Ürün çeşitlerine göre net gelirlerin hesaplanması için ürünlerin piyasa satışlarından elde edilen gelirlerden, üretim giderleri çıkarılmıştır (Tablo 13).

Her bir ürün çeşidine ait net gelirler, piyasa satışlarından elde edilen gelirlerden üretim giderlerinin çıkarılması ile sağlanmıştır. İşletmenin 2006 yılı satışlarına bakıldığında sanayi odunu türünde ürünün satışa sunulmadığı görülmüştür. Bu nedenle sanayi odununa ait net gelir miktarı bir önceki yılın gelir ve giderlerinden yola çıkılarak belirlenmiştir. Aynı zamanda işletmeden alınan ürünlerin üretim gideri fiyatlarında taşıma ve yükleme masraflarının yer almaması giderlerin düşük görülmesine neden olmuştur. Bu

durumu ortadan kaldırmak için her bir ürün çeşidine taşıma ve yükleme masrafları ilave edilmiştir.

Tablo 13. Araştırma alanı 2006 yılı ürün çeşitlerine göre gelir ve gider değerleri

Ürün Çeşidi	Gelir (YTL/m <sup>3</sup> )	Üretim Gideri (YTL/m <sup>3</sup> )	Net Gelir (YTL/m <sup>3</sup> )
1.Tomruk	138,2	58,58	79,62
2.Direk	118,8	64,06	54,74
3.Sanayi Odunu	70,27	22,70	47,57
4.Yakacak Odun	41,8	29,48	12,32

Herhangi bir Orman İşletme Müdürlüğü'nün giderleri, farklı kalemlerde değerlendirilmektedir. Bu kalemlerden **Genel İdare Gideri**; tesisat tamiri gideri, hizmet vasıtası tamir ve bakım gideri, aylıklar, sağlık ve sosyal yardımlar, ek çalışmalar, tazminat ve ödüller, yolluklar, daimi işçi ücretleri, idari ve yardımcı hizmette çalışan geçici işçi giderleri, sigorta giderleri, büro giderleri, kıdem ve ihbar tazminatı, demirbaş tamirâtı giderleri, vergi giderleri, ulaştırma ve haberleşme giderleri, ağaçlandırma fonu, senelik amortismanlar, elektrik, su ve yakıt giderlerinden, **Orman Bakım Gideri**; gençlik bakımı, gençliklerde koruma, kültür bakımı, orman koruma giderlerinden, **Suni Gençleştirme Gideri**; toprak işleme ve ağaçlandırma giderlerinden, **Üretim Gideri** de ölçme ve diğer giderler, kesme tomruklama gideri, sürütme ve toplama gideri, taşıma giderleri, istif giderleri, tasnif ve depolama giderleri, istihkak fazlaları ve yükleme giderlerinden oluşmaktadır. Bu giderlerin yanında **Satış Gideri**, **Ağaçlandırma Gideri**, **Orman Yolları Yapım Gideri**, **Orman Yolları Bakım Gideri** de söz konusudur.

Araştırma alanına ait ekonomik matrislerin hesaplanmasında, yol yapımı gideri ile satış gideri dikkate alınmamıştır. Yol yapım giderinin hesaplara dahil edilmemesinin sebebi yol yapımının plan aşamasında önerilmemesi ve dolayısıyla bir maliyet oluşturmamasından kaynaklanmıştır. Satış giderleri için ise aynı durum söz konusu değildir. Aslında alanda elde edilen ürünlerin satışlarında bir takım maliyetler söz konusudur. Ancak bu maliyet miktarının tamamı ya da büyük bir çoğunluğu son yıllarda alıcılardan tahsil edildiğinden işletmelere mali bir yük getirmemektedir.

Göle Orman İşletmesinden elde edilen verilere göre; Yalnızçam planlama birimi içerisinde toplam 77,850 km yol bulunduğu belirlenmiştir. Her plan döneminde mevcut

yola bakım uygulanmasına karar verildiği için hektara düşen yol bakım uzunluğu 13,2 m (77,85km/5885ha) olarak tespit edilmiştir. İşletmenin 424,28 YTL olarak belirlediği bir hektar yolun bakım masrafı hektara düşen yol bakım uzunluğu ile ilişkiye getirilerek (424,28\*13,2) hektara düşen yol bakım gideri 56,13 YTL olarak tespit edilmiştir.

Göle Orman İşletmesi 2006 yılında genel idare gideri olarak yaklaşık 987.751,88 YTL harcamıştır. Fakat Göle işletmesi Yalnızçam ve Uğurlu İşletme şefliğinden oluşmaktadır. Ancak bilançolar işletme şefliği bazında değil işletme müdürlüğü bazında düzenlenmektedir. Her şefliğin büyüklüğü ve iş hacmi aynı olmadığından bu gider kaleminin hesaplanmasında ormanlık alan büyüklüğü belirleyici olmuştur. Göle Orman İşletme Müdürlüğü 13226,5 ha alana sahiptir. Yalnızçam planlama biriminde ise 5885 ha ormanlık alan mevcuttur. Ormanlık alan ile genel idare gideri arasında oran kurularak Yalnızçam planlama biriminde hektarda 74,68 YTL bu kaleme harcama yapıldığı ortaya çıkmıştır (Tablo 14).

Tablo 14. Araştırma alanı gider kalemleri (EOBM, 2006)

Gider Çeşidi	Gider (TL/ha)
1. Genel İdare	74,68
2. Orman Bakım	109,08
3. Yapay Gençleştirme	456,17
4. Gençlik Bakımı	98,69
5. Orman Yolları Bakım	56,13
6. Ağaçlandırma	113,55
7. Doğal Gençleştirme	408,0
8. Satış Giderleri	-

### 2.5.7. Su Üretimine İlişkin Ekonomik Matrislerinin Oluşturulması

Su üretimine ilişkin ekonomik matrislerin oluşturulması için bir m<sup>3</sup> suyun parasal olarak değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Günümüzde, ormanlardan veya farklı kaynaklardan elde edilen su; içme-kullanma, endüstri ve sulama (tarım) olmak üzere üç farklı sektörde kullanılmaktadır. Dolayısıyla, bir m<sup>3</sup> suyun parasal olarak değerinin belirlenebilmesi için araştırma alanında bu üç farklı sektördeki su kullanım miktarının ve net gelirin hesaplanması gerekmektedir. İlgili değerlerin hesaplanması için Ardahan Belediyesi su işlerinden 2006 yılı gelir ve gider değerleri temin edilmiştir. Ancak belediyeden sadece içme-kullanma ve endüstri suyuna ait değerler elde edilebilmiştir.

Sulama suyuna ait verileri elde edebilmek için yapılan araştırmalar neticesinde aslında alanda böyle bir gider olmadığı sulama suyunun halka bedelsiz verildiği tespit edilmiştir. Ayrıca, bir m<sup>3</sup> suyun %75'i sulama, %15'i içme-kullanma ve %10'u endüstriyel amaçla (DPT, 2001) kullanılmaktadır. Bu durumdan hareketle, sulama suyunun ağırlığı içme-kullanma ve endüstri suyu arasında kendi oranlarınca paylaştırılmıştır. Bir m<sup>3</sup> içme-kullanma ve endüstri suyuna ait net gelirinin hesaplanması için, DPT tarafından belirlenen Türkiye genelindeki oran (satış fiyatının yarısı maliyettir) ve değerlerden yararlanılmıştır. Buna göre birim satış fiyatının yarısı maliyetlere gitmektedir. İlgili katsayılar yardımıyla her bir kalemdeki bir m<sup>3</sup> sudan elde edilen net gelirler; içme-kullanma, 50 YKrş/m<sup>3</sup> ve endüstriyel kullanım, 1,95 YTL/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Türkiye'deki su tüketim sektörlerindeki oranlarla çarpıldığında; bir m<sup>3</sup> su üretiminden elde edilen net gelir 0.542 YTL/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır Tablo 15'te; sosyal baskı koruma zonu içerisindeki Çscd3 meşçeresi için, oluşturulan iki farklı alternatif müdahale seçeneğinde periyotlar itibariyle; su NBD hesap yöntemi ve hesap değerleri görülmektedir.

Tablo 15. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşçere tipi su üretimi ve NBD matrisi değerleri

Periyot	Su Üretim Değerleri (m <sup>3</sup> /ha/yıl)			Net Gelir Su (YTL/m <sup>3</sup> )	NBD Faktörü	Su Üretim NBD (YTL/m <sup>3</sup> )		
	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>			a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1	16,15	16,15	16,15	0,542	0,86	43,630	43,630	43,630
2	12,65	12,65	12,65	0,542	0,64	15,100	15,100	15,100
3	10,33	10,33	10,33	0,542	0,48	7,340	7,340	7,340
4	8,20	8,20	8,20	0,542	0,36	3,960	3,960	3,960
5	6,59	6,59	6,59	0,542	0,26	2,370	2,370	2,370
6	5,03	5,03	5,03	0,542	0,20	1,540	1,540	1,540
7	3,35	3,35	3,35	0,542	0,15	1,060	1,060	1,060
8	8,03	8,03	8,03	0,542	0,11	0,760	0,760	0,760
9	110,96	5,76	5,76	0,542	0,08	93,300	0,570	0,570
10	52,09	112,07	0,00	0,542	0,06	24,640	69,420	0,430

### 2.5.8. Karbon Birikimine İlişkin Ekonomik Matrislerinin Oluşturulması

Araştırma alanında karbon depolama kapasitelerini ekonomik olarak ortaya koyabilmek için karbon birim fiyatı, Türker ve arkadaşları (2002) tarafından UN-ECE/FAO (2000) esas alınarak belirlenen \$20 değerı Türk lirasına çevrilerek kullanılmıştır. İlgili değerler NBD faktörü ile çarpılarak karbon depolama kapasitesi ve

oksijen üretimi NBD matrisleri oluşturulmuştur. Her bir bölmecik veya orman parçası için karbon net bugünkü değerleri 10 ar yıllık periyotlar dâhilinde 100 yıllık yörünge boyunca müdahale seçeneklerine bağlı olarak hesaplanmıştır. Tablo 16'da; sosyal baskılı alanları koruma zonu içerisindeki Çscd3 meşçeresi için, oluşturulan üç farklı alternatif müdahale seçeneğinde periyotlar itibariyle; net karbon birikimi ve NBD'leri hesap yöntemi ve hesap değerleri görülmektedir.

Tablo 16. Korunan alandaki (sosyal baskılı alanları koruma zonu ) Çscd3 meşçere tipi karbon birikimi ve NBD matrisi değerleri

Periyot	Karbon Birikim Değerleri (ton/ha)			Net Gelir Karbon ( YTL/ton)	NBD Faktörü	Karbon Birikim NBD (YTL/ton)		
	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>			a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>
1	16,15	16,15	16,15	266	0,86	3705,68	3705,68	3705,68
2	12,65	12,65	12,65	266	0,64	2159,80	2159,80	2159,80
3	10,33	10,33	10,33	266	0,48	1312,36	1312,36	1312,36
4	8,20	8,20	8,20	266	0,36	775,16	775,16	775,16
5	6,59	6,59	6,59	266	0,26	463,55	463,55	463,55
6	5,03	5,03	5,03	266	0,20	263,27	263,27	263,27
7	3,35	3,35	3,35	266	0,15	130,47	130,47	130,47
8	8,03	8,03	8,03	266	0,11	232,70	232,70	232,70
9	110,96	5,76	5,76	266	0,08	2392,68	124,21	124,21
10	52,09	112,07	0,00	266	0,06	835,79	1798,19	0,00

### 2.5.9. Doğrusal Programlama Modeli ve Planlama Stratejilerinin Geliştirilmesi

Araştırma çalışması kapsamında ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama yaklaşımı (ETÇAP) kapsamında model kurulmuştur. Ancak ormandan elde edilmek istenen odun, su ve karbon birikimi gibi ürünler üzerindeki idare sürelerinin etkileri değerlendirebilmek için farklı idare süreleri (üretim ağırlıklı alanlarda; 80, 90, 100, 110 ve 120 yıllık idare süreleri, koruma ağırlıklı alanlarda; 180 ve 200 yıllık idare sürelerinin) ile modeller kurulmuştur. Biyolojik çeşitliliği koruma ve izleme alanları, rekreasyon alanları, su kenarı koruma alanları, sosyal baskılı alanlar ile yüksek dağ orman ekosistemi koruma zonu içerisindeki açık alanlar ile bozuk meşcereler (OT- B) müdahaleye konu olmazken, geri kalan tüm alanın maksimum odun üretimine konu olduğu varsayımından yola çıkılmıştır. İdare süresini dolduran meşcereler ancak son hâsılat etasına konu olurken, doldurmayanlardan gevşek kapalı meşcereler haricindeki, tam ve orta kapalı meşcerelerden göreceği fonksiyonlara göre ara hâsılat alınması öngörülmüştür. OT rumuzuyla gösterilen açıklık alanların 100 yıllık yörünge boyunca ağaçlandırılması hedeflenmiştir.

Plan stratejileri:

- Odun üretiminin (etanın) eniyilenmesi ve üretim işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları alan kontrol politikası,
- Odun üretiminin (etanın) eniyilenmesi ve periyotlar itibariyle %10 eta seyir politikası,
- Odun üretiminin (etanın) eniyilenmesi ve eşik düzeyde karbon depolama,
- Odun üretimi itibari ile elde edilen NBD'nin eniyilenmesi ve üretim işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları alan kontrol politikası,
- Odun üretimi itibari ile elde edilen NBD'nin eniyilenmesi ve periyotlar itibariyle %10 eta seyir politikası,
- Odun üretimi itibari ile elde edilen NBD'nin eniyilenmesi ve eşik düzeyde karbon depolama,
- Su üretiminin eniyilenmesi ve üretim işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları alan kontrol politikası,
- Su üretiminin eniyilenmesi ve periyotlar itibariyle %10 eta seyir politikası
- Su üretiminin eniyilenmesi ve eşik düzeyde karbon depolama,
- Su üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilenmesi ve üretim işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları alan kontrol politikası,

- Su üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilenmesi ve periyotlar itibariyle %10 eta seyir politikası,
- Su üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilenmesi ve eşik düzeyde karbon depolama,
- Depolanan karbon miktarının eniyilenmesi ve üretim işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları alan kontrol politikası,
- Depolanan karbon miktarının eniyilenmesi ve periyotlar itibariyle %10 eta seyir politikası,
- Depolanan karbondan elde edilen NBD'nin eniyilenmesi ve üretim işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları alan kontrol politikası,
- Depolanan karbondan elde edilen NBD'nin eniyilenmesi ve periyotlar itibariyle %10 eta seyir politikası.

Tablo 17. Yalnızçam Planlama biriminde geliştirilen alternatif plan stratejileri

İdare	A İşlt.Snf	80	80	90	90	100	100	110	110	120	120
Süresi	B İşlt. Snf	180	200	180	200	180	200	180	200	180	200
Amaç	Kısıt	Stratejiler									
Eta Max	OPA	KE1	LE1	ME1	NE1	PE1	RE1	SE1	TE1	YE1	ZE1
	%10 Eta akışı	KE2	LE2	ME2	NE2	PE2	RE2	SE2	TE2	YE2	ZE2
	Karbon >=4000000 ton	KE3	LE3	ME3	NE3	PE3	RE3	SE3	TE3	YE3	ZE3
Eta NBD	OPA	KEN1	LEN1	MEN1	NEN1	PEN1	REN1	SEN1	TEN1	YEN1	ZEN1
	%10 Eta akışı	KEN2	LEN2	MEN2	NEN2	PEN2	REN2	SEN2	TEN2	YEN2	ZEN2
	Karbon >=4000000 ton	KEN3	LEN3	MEN3	NEN3	PEN3	REN3	SEN3	TEN3	YEN3	ZEN3
Su Max	OPA	KS1	LS1	MS1	NS1	PS1	RS1	SS1	TS1	YS1	ZS1
	%10 Eta akışı	KS2	LS2	MS2	NS2	PS2	RS2	SS2	TS2	YS2	ZS2
	Karbon >=4000000 ton	KS3	LS3	MS3	NS3	PS3	RS3	SS3	TS3	YS3	ZS3
Su NBD	OPA	KSN1	LSN1	MSN1	NSN1	PSN1	RSN1	SSN1	TSN1	YSN1	ZSN1
	%10 Eta akışı	KSN2	LSN2	MSN2	NSN2	PSN2	RSN2	SSN2	TSN2	YSN2	ZSN2
	Karbon >=4000000 ton	KSN3	LSN3	MSN3	NSN3	PSN3	RSN3	SSN3	TSN3	YSN3	ZSN3
Karbon Max	OPA	KK1	LK1	MK1	NK1	PK1	RK1	SK1	TK1	YK1	ZK1
	%10 Eta akışı	KK2	LK2	MK2	NK2	PK2	RK2	SK2	TK2	YK2	ZK2
Karbon NBD	OPA	KKN1	LKN1	MKN1	NKN1	PKN1	RKN1	SKN1	TKN1	YKN1	ZKN1
	%10 Eta akışı	KKN2	LKN2	MKN2	NKN2	PKN2	RKN2	SKN2	TKN2	YKN2	ZKN2

1; OPA, 2; Eta ve 3; Karbon kısıtını, E; Eta, EN; Eta NBD, S; Su, SN; Su NBD, K; Karbon ve KN; Karbon NBD anlamında kullanılmıştır.

Modellerin kurulmasında öne çıkan bu on altı farklı plan stratejisinin her biri on farklı idare süreleri için elde edilen çıktılar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca tüm plan stratejileri, ticari LINDO Paket Programı ile çözülmüş, doğrusal programlama modelinin geliştirilmesinde MODEL I yaklaşımı kullanılmıştır (Davis vd., 2001; Leuschner, 1990).

Geliştirilen tüm planlama stratejilerinin başarısı aşağıda verilen çıktılara göre karşılıklı olarak değerlendirilmiştir.



- Odun üretimi miktarı (eta) ve NBD'si,
- Su üretim miktar ve NBD'si,
- Karbon birikimi miktarı ve NBD'si,
- Yaş sınıfları itibariyle alan dağılımı değerleri,
- Orman içi açıklıklarda (OT meşcereleri) yapılan yapay gençleştirme alan dağılımı değerleri.
- Gençleştirme alanları

Farklı amaç, idare süreleri ve üretim kontrol politikaları (kısıtlayıcılar)'na göre planlama modelin kurulmasında, teknik ormancılık uygulamaları ve bilimsel gerçeklere bağlı olarak aşağıdaki varsayımlar kabul edilmiştir:

- Planlama yörüngesi 100 yıl ve planlama periyodu uzunluğu 10 yıl olarak alınmıştır.
- ETÇAP modelinde biyolojik çeşitlilik ve izleme alanlarındaki, estetik değer taşıyan alanlardaki ve su kenarı koruma şeritlerinde bulunan orman içi açıklıkların ve de bozuk verimsiz orman alanları planlama yörüngesi boyunca müdahale dışında tutulmuşlardır.
- Tüm orman alanı içerisindeki tamamlama gerektiren gençliğin var olduğu Çsa0 meşcerelerinin ya ilk periyotta tamamlama yapılarak ağaçlandırılmasına ya da planlama yörüngesi boyunca müdahale edilmeden kendi haline bırakılmaları öngörülmüştür.
- İdare süresini dolduran, gençleştirmeye konu meşcerelerin doğal yada suni yolla gençleştirildiği (OT meşcereleri ağaçlandırma yoluyla) ve gençleştirmeden sonra optimal olarak geliştikleri varsayılmıştır.
- Her meşcereye, yüz yıllık yörünge boyunca ikinci defa minimum kesim yaşına ulaştığı takdirde ikinci kez müdahale yani gençleştirme öngörülmüştür.
- Gençleştirmenin başladığı katlı meşcerelerde (d/a) ilk periyotta son hasılat etası alınarak gençleştirmenin tamamlanması yolu benimsenmiştir.
- Üretim, rehabilitasyon ve yüksek dağ orman ekosistemi üst zonunda bulunan OT alanlarının planlama yörüngesi boyunca model tarafından belirlenen periyot ya da periyotlarda ağaçlandırılması öngörülmüştür.

- Sosyal baskılı alanlar ve koruma zonu içerisinde kalan 2 ve 3 kapalı alanlarda ilk 10 yıllık periyotta müdahale dışında tutulurken, sonraki periyotlarda baskının ortadan kalktığı varsayılarak müdahale verilmiştir.
- Tüm hesaplamalar periyot ortasına göre yapılmıştır.
- İlk periyota alınacak ara hasılat miktarları amenajman planlarından alınmıştır.
- Net karbon birikim miktarının hesaplanmasında önemli olan üretim sonucu elde edilen her bir ürün tipine ilişkin yaşam süreleri, tomruk ve tomruktan elde edilecek ürünler için 50 yıl, maden direği için 40 yıl, sanayi odunu için 15 yıl, yakacak odun kök ve üretim artıkları için ise 10 yıl olduğu ve her bir ürünün ihtiva ettiği karbon miktarı yaşam süresi sonunda tamamıyla atmosfere bıraktığı varsayılmıştır.

Bu varsayımlardan hareketle, problemin çözümü için geliştirilen doğrusal programlama modelinin matematiksel denklemler şeklindeki ifadesi ve bu denklemlerde yer alan parametrelerin tanımları aşağıda verilmiştir.

*Amaç fonksiyonu:*

Amaç fonksiyonları üretilen orman değerinin miktarı ve NBD olmak üzere iki farklı şekilde ele alınmıştır. Her bir işletme sınıfında farklı idare süreleri denenerek elde edilen modellerde; eta miktarı, eta NBD, su miktarı, su NBD ve karbon birikim miktarı ile NBD'leri eniyilemiştir. Hazırlanan modellerin ürün miktarı ve NBD açısından denklem yapısı, kısıtlayıcı koşul ve hesap değişkenleri aşağıdaki gibidir:

$$Z_{\max} = TETA = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n b_i x_{ij} \right), Z_{\max} = TSU = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n d_i x_{ij} \right), Z_{\max} = TK = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n h_i x_{ij} \right) \quad (12)$$

$$Z_{\max} = TNBDETA = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n s_i x_{ij} \right), Z_{\max} = TNBDSU = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n u_i x_{ij} \right), \quad (13)$$

$$Z_{\max} = TNBDK = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n z_i x_{ij} \right)$$

*Kısıtlayıcı denklemler ve hesap değişkenleri:*

$$\sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \right) - ETA_j = 0 \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \right) - SU_j = 0 \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n g_{ij} x_{ij} \right) - K_j = 0 \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n r_{ij} x_{ij} \right) - NBDETA_j = 0 \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} \right) - NBDSU_j = 0 \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n y_{ij} x_{ij} \right) - NBDK_j = 0 \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = T_i \quad (20)$$

$$\left( -(1-y)ETA_j + ETA_{j+1} \right) \geq 0 \quad (21)$$

$$\left( -(1+y)ETA_j + ETA_{j+1} \right) \leq 0 \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - A_j = 0 \quad (22)$$

Burada,

$x_{ij}$  :  $j$ . periyotta üretime tabi tutulan  $i$ . meşçerenin alanı (ha).

$a_{ij}$  :  $j$ . periyotta  $i$ . meşçereden elde edilen son ve ara haslat etası miktarı ( $m^3$ /ha).

$b_i$  :  $i$ . meşçereden planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarı ( $m^3$ /ha).

$c_{ij}$  :  $j$ . periyotta  $i$ . meşçereden üretilen su üretimi miktarı ( $m^3$ /ha/yıl).

$d_i$  :  $i$ . meşçereden planlama yörüngesi sonunda üretilen su üretimi miktarı ( $m^3$ /ha/yıl).

$g_{ij}$  :  $j$ . periyotta  $i$ . meşçereden elde edilen net karbon birikimi miktarı (ton/ha).

$h_i$  :  $i$ . meşçereden planlama yörüngesi sonunda sağlanılan net karbon birikimi miktarı ( $m^3$ /ha).

$r_{ij}$  :  $j$ . periyotta  $i$ . meşçereden elde edilen odun üretimi NBD (YTL).

$s_i$  :  $i$ . meşçereden planlama yörüngesi sonunda elde edilen odun üretimi NBD (YTL).

$t_{ij}$  :  $j$ . periyotta  $i$ . meşçereden elde edilen su üretimi NBD (YTL).

$u_i$  :  $i$ . meşçereden planlama yörüngesi sonunda elde edilen su üretimi NBD (YTL).

$y_{ij}$  :  $j$ . periyotta  $i$ . meşçereden elde edilen karbon birikimi NBD (YTL).

$z_i$ :  $i$ . meşcereden planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi NBD (YTL).

$ETA_j$ :  $j$ . periyotta hasat edilen toplam odun üretimi miktarı ( $m^3$ ).

$TETA$ : planlama yörüngesi sonunda hasat edilen toplam odun üretimi miktarı ( $m^3$ ).

$SU_j$ :  $j$ . periyotta üretilen toplam su miktarı ( $m^3/yıl$ ).

$TSU$ : planlama yörüngesi sonunda üretilen toplam su üretimi miktarı ( $m^3/yıl$ ).

$K_j$ :  $j$ . periyotta üretilen toplam karbon birikim miktarı (ton).

$TK$ : planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam net karbon birikim miktarı (ton).

$NBDETA_j$ :  $j$ . periyotta elde edilen odun üretimi toplam NBD (YTL).

$NBDSU_j$ :  $j$ . periyotta elde edilen su üretimi toplam NBD (YTL).

$NBDK_j$ :  $j$ . periyotta elde edilen net karbon birikimi toplam NBD (YTL).

$TNBDETA$ : planlama yörüngesi sonunda elde edilen odun üretimi toplam NBD (YTL).

$TNBDSU$ : planlama yörüngesi sonunda elde edilen su üretimi toplam NBD (YTL/yıl).

$TNBDK$ : planlama yörüngesi sonunda elde edilen karbon birikimi toplam NBD (YTL/yıl).

$m$ : meşcere sayısı ( $i=1, \dots, 1478$ ).

$n$ : periyot sayısı ( $j= 1, \dots, 10$ ).

$y$ : periyotlar arasında alan ve etada müsaade edilen değişim oranı (% 10).

$T_i$ :  $i$ . meşcerenin alanı (ha).

$A_j$ : optimal periyodik alan (planlama yörüngesi sonundaki yaş sınıfı dağılımı).

Yukarıda sıralanan bu denklemlerden, 12 nolu denklemlerde doğrusal programlama modeli içerisinde yer alan en yüksek eta, su üretimi ve net karbon birikim miktarı gibi farklı amaç fonksiyonu stratejileri ifade edilmektedir. 13 nolu denklemlerde ise modelde eta, su ve net karbon birikim miktarından elde edilecek NBD'leri en iyilemeye çalışan amaç fonksiyonlarını göstermektedir. 14, 15 ve 16 nolu denklemlerde toplam eta, su veya net karbon birikim miktarının periyotlar itibariyle değerleri hesaplanırken, 17, 18 ve 19 nolu denklemlerde ise periyotlar itibariyle NBD'ler ifade edilmektedir. 20 nolu denklem sayesinde, her bir meşcerenin mevcut alanını tanımlamakta olup, modelde aktüel alan kısıtları olarak yer almaktadır. 21 nolu denklemler ise, periyotlar arasındaki eta akışı kontrolünü sağlayan kısıtlardır. Son olarak, 22 nolu denklem optimal periyodik alan kısıtı olup, alanın planlama yörüngesi sonundaki yaş sınıfı dağılımını güvence altına almaktadır.

### **3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR**

Bu bölümde, araştırma sonucunda elde edilen bulgular ve bunlara ilişkin değerlendirmelere yer verilmiştir. ETÇAP yaklaşımı çerçevesinde hazırlanan ve farklı idare süreleri, amaç ve üretim politikalarına göre geliştirilen planlama stratejileri sonuçları, grafik ve tablolar halinde karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

#### **3.1. Farklı İdare Sürelerinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi**

Burada her bir strateji üretim işletme sınıfına göre belirlenen idare süreleri için ayrı ayrı ele alınmış ve değerlendirmede koruma işletme sınıfında kullanılan 180-200 yıllık idare sürelerinin sonuçları bu değerlendirme içerisinde verilmiştir.

##### **3.1.1. 80 Yıllık İdare Süresinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri**

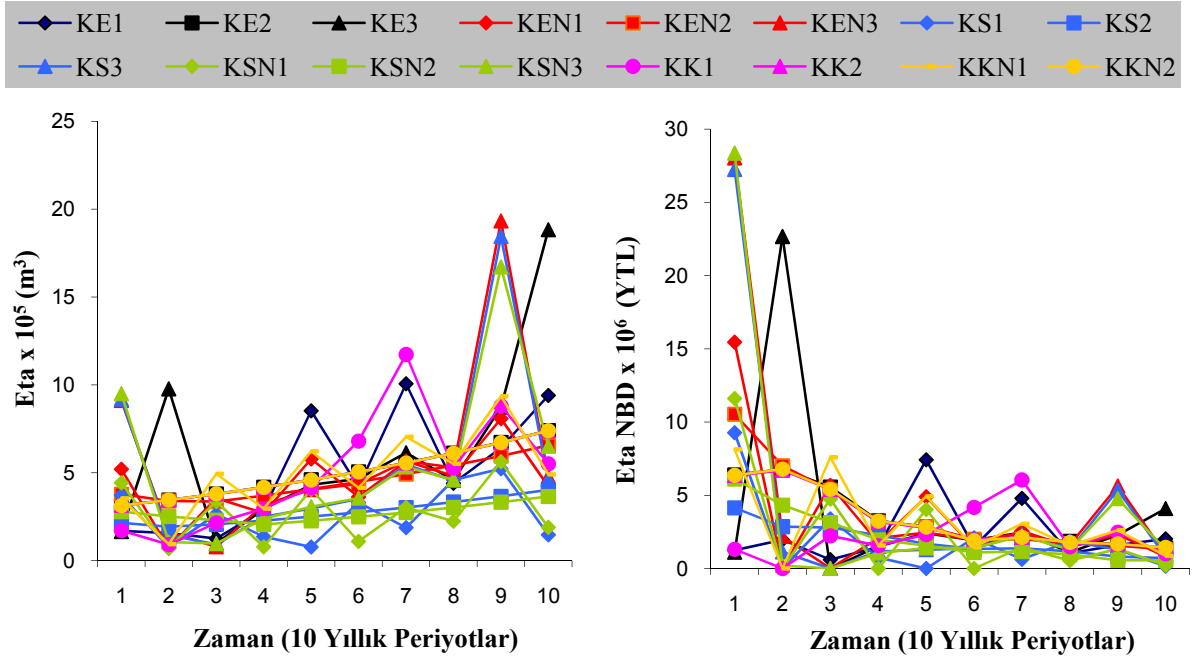
İdare süresinin üretim ağırlıklı alanlarda (A işletme sınıfı) 80 ve koruma ağırlıklı alanlarda (B işletme sınıfı) 180 alınmasıyla kurulan model (80-180) çözüldüğünde elde edilen sonuçlara göre toplam etanın en iyi olduğu strateji 6.256.871 m<sup>3</sup> ile KE3'dür (Şekil 4). Ayrıca aynı kısıta sahip olan KEN3 stratejisi 440.576 m<sup>3</sup> lük az bir fark ile KE3 stratejisini takip etmektedir. Her iki stratejide etanın yüksek çıkmasının temel sebebi modelde amacın eta veya etadan elde edilen NBD'nin eniyilenmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak bu stratejilerdeki eta miktarının yine amacın aynı olduğu KE1, KE2, KEN1 ve KEN2 stratejilerinden daha yüksek çıkmasının sebebi kısıtlardır. KE3 ve KEN3 stratejilerinde kısıt olarak karbonun belli eşik düzeyde tutulması söz konusudur. Ancak etanın yüksek çıkmasının sebebi olarak karbonun gösterilmesi doğru değildir. Çünkü Tablo 21 incelendiğinde KE1 ve KE2 stratejilerinde kısıt olarak üretim ağırlıklı alanlarda planlama yörüngesi sonunda her yaş sınıfında eşit alan olması veya periyotlar arasında %10 luk eta akışı olması gibi zorlayıcı sebepler yatmasına rağmen, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam karbon miktarı da 4.000.000 ton'dan daha yüksek çıkmaktadır. Dolayısıyla KE3 ve KEN3 nolu stratejilere bakıldığında aslında \*1 ve \*2 nolu stratejilere göre herhangi bir bağlayıcı kısıtın olmadığı görülmektedir. Ayrıca önemli miktarda (9046ha/8093 ha) OT alanının ilk iki periyotta ağaçlandırılması eta üzerinde

olumlu sonuçlara neden olmuştur. Çünkü, üretim ağırlıklı alanlarda idare süresi 80 olarak alındığından 100 yıllık yörüngede bu ağaçlandırılan alanlar tekrar geliştirilmektedirler. Yine aynı model sonuçları incelendiğinde, en düşük toplam etanın KS1 stratejisinde elde edildiği görülmektedir. Burada toplam etanın düşük çıkmasının temel sebebi amacın su üretimini eniyileyen strateji olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü su üretimi ile göğüs yüzeyi arasında negatif bir ilişki vardır. Bu nedenle model amaca ulaşabilmek için sadece 63 ha lık çok az bir OT alanını ağaçlandırmış bunu da son periyotta gerçekleştirmiştir (Tablo 18).

180 yıllık idare süresine göre NBD'nin en yüksek olduğu strateji amacın toplam eta NBD'yi eniyileyen ve kısıt olarak da karbonun belli bir eşik düzeyini modele dahil eden KEN3 (47.235.988 YTL) stratejisi olmuştur. Bu stratejinin KEN1 (362.835,67 YTL) ve KEN2 (37.471.308 YTL ) stratejilerine göre daha fazla eta NBD çıkarmasının sebebi karbon kısıtından kaynaklanmadığı aksine gerek OPA gerekse de periyotlar arasında %10 eta akışı gibi bağlayıcı kısıtın modele dahil edilmemesinden kaynaklandığı ortadadır. 80-180 yıllık idare sürelerinde eta NBD'nin en düşük olduğu strateji 19.139.425 YTL ile KS2'dir. KS2 stratejisinde amaç su üretimini eniyilemek olduğu için etadan elde edilen eta NBD'nin düşük olması doğaldır.

Tablo 18. Tüm stratejilerin farklı idare sürelerindeki toplam ağaçlandırma alanları (ha)

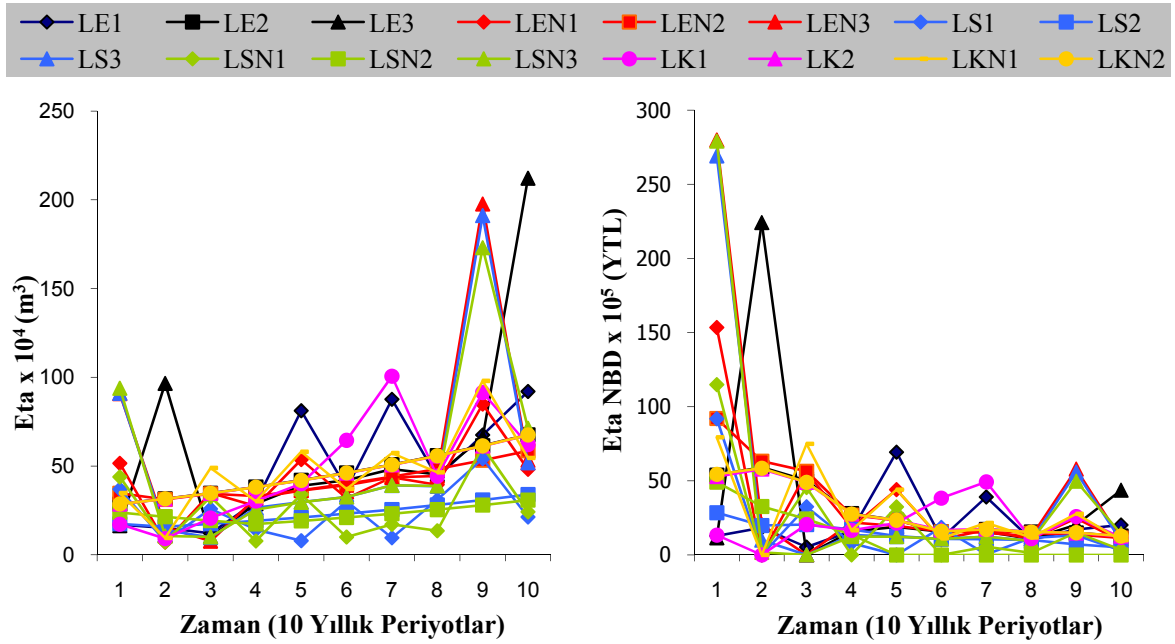
Stratejiler	İdare Süreleri									
	80 180	80 200	90 180	90 200	100 180	100 200	110 180	110 200	120 180	120 200
E1	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046
E2	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	8455	7993
E3	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046
EN1	8093	8093	8093	8093	8072	9046	9046	8093	8092	8093
EN2	7514	7615	7610	7922	7922	9046	8039	7922	5219	5193
EN3	8093	8093	8093	8417	7922	9046	9046	7976	7922	8062
S1	63	64	72	150	652	631	53	58	68	64
S2	366	435	544	314	222	587	431	499	415	505
S3	5349	5740	5357	7449	7047	7385	7299	7426	7381	7449
SN1	669	648	624	477	618	657	645	656	648	643
SN2	539	447	381	265	463	622	348	476	346	488
SN3	5372	5762	5787	7449	6913	7364	7059	7356	7222	7210
K1	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046
K2	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	8280	8280
KN1	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046
KN2	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	9046	8280	8280



Şekil 4. 80-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

Koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin 200 olarak alınması durumunda, elde edilen model sonuçları incelendiğinde toplam etanın en yüksek olduğu strateji LE3 ( $6.045.130 \text{ m}^3$ ) ve en düşük olduğu strateji de LSN2 ( $2.291.744 \text{ m}^3$ ) olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 5). LE3 stratejisinde aynı amacı paylaşan LE1 ve LE2 stratejilerine göre daha fazla toplam etanın ortaya çıkmasının temel sebebi kısıt farklılığından kaynaklanmaktadır. Ancak LE3 stratejisinde minimum karbon birikiminin varlığı fazla miktarda eta elde edilmesine neden olmamıştır. Çünkü aynı model kısıt ortadan kaldırılarak çözüldüğünde aynı sonuca ulaşılmıştır. LSN2 de toplam etanın çok düşük olmasının sebebi de bu stratejide amacın aslında su üretiminden elde edilen NBD üzerinde yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu amaçla model OT alanlarını ağaçlandırmayarak göğüs yüzeyini düşük tutmak istemiştir. Özellikle de üretim ağırlıklı alanlarda idare süresi planlama yörüngesi uzunluğundan kısa olduğundan ilk periyotlarda ağaçlandırılan alanların son periyotlarda gençleştirilebilmesidir. Toplam 447 ha OT alanını son periyotta ağaçlandırarak su üretimini minimum düzeyde tutan model 100 yıllık projeksiyonda eta miktarının da düşük çıkmasına neden olmuştur.

200 yıllık idare sürelerinin uygulandığı model sonuçları irdelendiğinde etadan elde edilen toplam NBD'nin en fazla olduğu strateji 45.365.779 YTL ile LEN3 stratejisi iken en düşük olduğu strateji ise 11.967.825 YTL ile LSN2 stratejisidir.



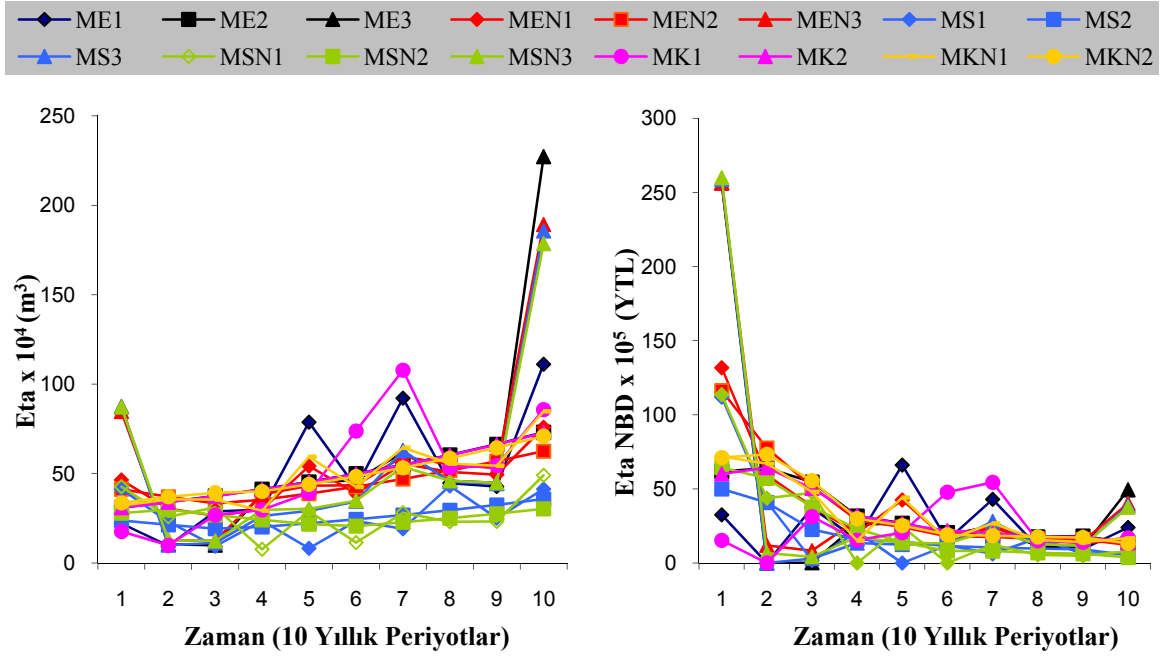
Şekil 5. 80-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

80-180 ile 80-200 yıllık idare sürelerinin denendiği modelleri kendi aralarında değerlendirildiğinde; en fazla toplam etanın elde edildiği model 180 yıllık idare süresinin denendiği KE3 stratejisidir. İlk modelde elde edilen en yüksek toplam eta 6.256.871 m<sup>3</sup> iken ikinci modelde bu değer 6.045.130 m<sup>3</sup>'lere kadar düşmektedir. Burada B işletme sınıfında idare sürelerinin uzatılması planlama yörüngesi sonunda elde edilebilecek toplam etayı önemli ölçüde etkilemiştir. Yani idare süresinin düşük olması durumunda periyotlar itibari ile müdahale edilebilecek alan büyümekte ve bu da daha fazla eta elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca 80-180 yıllık idare sürelerinin denendiği tüm stratejiler ( KE1, KE2, KE3, KEN1, KEN2, KEN3, KS1, KS2, KS3, KSN1, KSN2, KSN3, KK1, KK2, KKN1, KKN2 ), 80-200 yıllık idare sürelerinin denendiği stratejilerle ( LE1, LE2, LE3, LEN1, LEN2, LEN3, LS1, LS2, LS3, LSN1, LSN2, LSN3, LK1, LK2, LKN1, LKN2 ) karşılaştırıldığında, kısa idare süreli stratejilerin tümünde daha fazla eta ve eta NBD'nin elde edildiği görülmektedir. Örneğin \*S1 stratejisinde idare süresi koruma ağırlıklı alanlarda 180 iken 2.572.356 m<sup>3</sup> eta elde edilirken, 200 yıla çıkarıldığında bu değer 2.384.388 m<sup>3</sup> e düşmüştür. Yani aynı orman alanında aynı amaç ve kısıtlar altında idare sürelerinin uzatılmasının elde edilecek eta ve NBD'nin azalacağını göstermektedir.



### 3.1.2. 90 Yıllık İdare Süresinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

A ve B işletme sınıflarında sırasıyla 90, 180 yıllık idare sürelerinin uygulandığı model sonuçları irdelendiğinde en yüksek etayı ME3 ( 6.182.634 m<sup>3</sup>) stratejisi, en düşük etayı da MS2 (2.564.220 m<sup>3</sup>) stratejisi sağlamıştır (Şekil 6). ME3 stratejisinde etanın bu kadar fazla çıkmasının sebebi amacın etayı eniyilemek olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak aynı amaca sahip olan ME1 (5.023.809 m<sup>3</sup>) ve ME2 (4.940.881 m<sup>3</sup>) stratejilerinin ME3 den daha az eta vermesinin sebebi ise kısıtlarından kaynaklanmaktadır. ME1 stratejisinde A işletme sınıfında planlama periyodu sonunda her yaş sınıfında eşit alan olması kısıt olarak verilirken, ME2 de her bir periyotta %10 eta akışı kısıt olarak verilmiştir. ME2 stratejisi ME1 stratejisine göre aynı amaca sahip olmasına rağmen daha fazla eta vermektedir. Çünkü eta kısıtı OPA kısıtına göre modeli daha fazla zorlamaktadır. MS2 nin düşük etaya sahip olmasının sebebi de amaç olarak alanda su üretimi eniyilemesinden kaynaklanmaktadır. Su üretiminin eniyilenmesinin amaç olduğu MS1 ve MS3 stratejileri MS2 ye göre daha fazla eta üretebilmektedir. MS2 nin daha düşük eta elde etmesinin sebebi alanda her periyotta %10 eta akışının sağlanılmak zorunda olmasından kaynaklanmaktadır. MS3 ün MS1 ve MS2 ile aynı amaca sahip olmasına rağmen daha fazla eta elde edebilmesinin sebebi belli eşik düzeyde karbon kısıtından kaynaklanmaktadır. Eşik düzeydeki karbonun üretilebilmesi için alanda 5274 ha OT alanı ilk periyotta olmak üzere toplam 5357 ha alan ağaçlandırılmıştır. İlk periyotta ağaçlandırılan bu alanların projeksiyon sonuna kadar idare süresine ulaşmaları elde edilecek eta miktarının artmasına neden olmuştur.



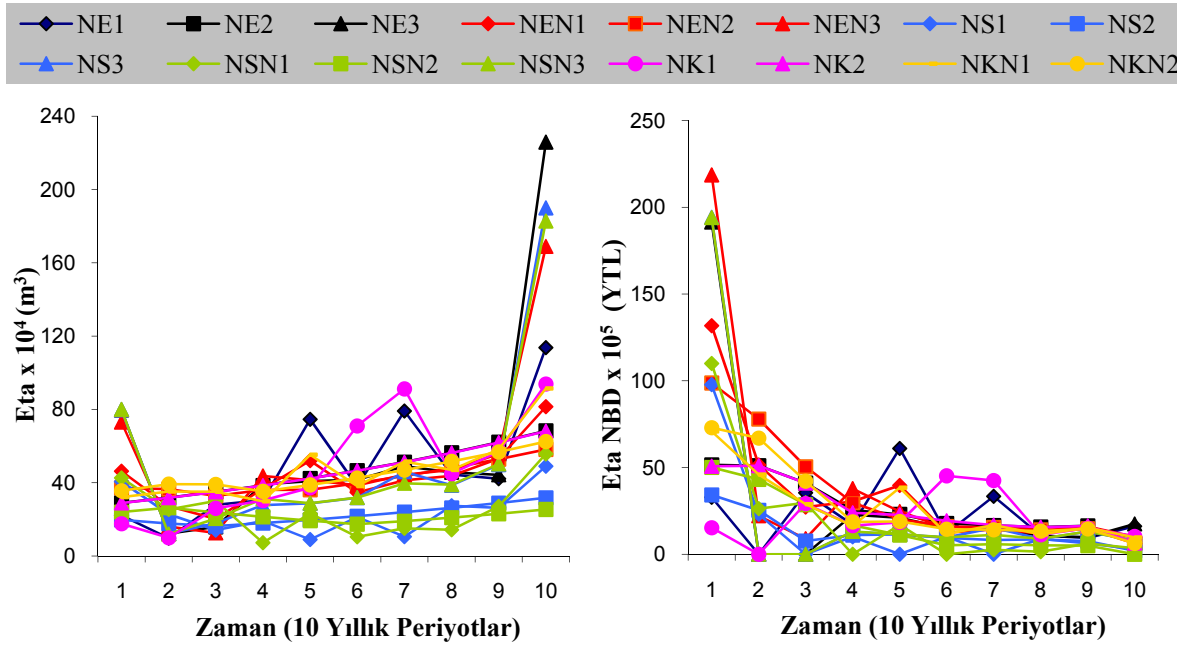
Şekil 6. 90-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

180 yıllık idare süresinde etanın toplam NBD'nin en yüksek olduğu strateji 44.774.949 YTL ile MEN3 ve en düşük olduğu strateji de 19.033.267 YTL ile MS2'dir. MEN3 stratejisinde eta NBD'nin bu kadar yüksek olmasının sebebi hem amacın en yüksek NBD elde etme olmasından hem de kısıt olarak karbonun belli eşik düzeyde tutulmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla model karbonu bu düzeyde tutabilmek için OT alanlarının 8093 ha kadarını ağaçlandırmıştır. Bu şekilde ilk periyotta ağaçlandırılan alanlar ilerleyen periyotlarda hem karbon birikimini arttırmakta hem de son periyotta idare süresini doldurarak eta üretimini sağlamaktadır. MS2 stratejisinde düşük NBD'nin nedeni amacın su üretimi olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kısıtın da eta akışı olması bu idare süresi içinde en düşük düzeyde eta NBD'i elde edilmesine neden olmuştur.

İdare süresini 200 yıl olarak alınması durumunda; en yüksek etayı veren strateji en fazla eta elde edilmesinin amaçlandığı NE3 (5.941.708 m<sup>3</sup>) dür (Şekil 7). En düşük etayı veren strateji ise 2.204.627 m<sup>3</sup> ile amacın en yüksek oranda su NBD si elde edilmesi olan ve kısıt olarak da periyotlar arası %10 luk eta akışının öngörüldüğü NSN2 stratejisidir.

90-180 ile 90-200 yıllık idare sürelerinin denendiği model çıktıları kendi aralarında karşılaştırıldığında; en yüksek etayı idare süresinin 180 olarak alındığı ME3 stratejisinin verdiği ve en düşük etayı da 200 yıllık idare süresinin uygulandığı NSN2 stratejisinin verdiği görülmektedir. Eta NBD nin en yüksek değerine ulaştığı strateji B işletme sınıfında

idare süresinin 180 olarak alındığı MEN3 stratejisi olurken, en düşük değerini bulduğu stratejide 200 yıllık idare süresinin uygulandığı NS2 stratejisidir. Burada görüldüğü gibi modelde etanın ya da etadan elde edilen NBD nin en yüksek değerine ulaşması ancak idare sürelerinin kısa tutulmasıyla gerçekleşmektedir. Çünkü idare süresinin kısılmasıyla ilk periyotta müdahale edilecek alan büyümekte bu da elde edilecek toplam etanın artmasına neden olmaktadır.



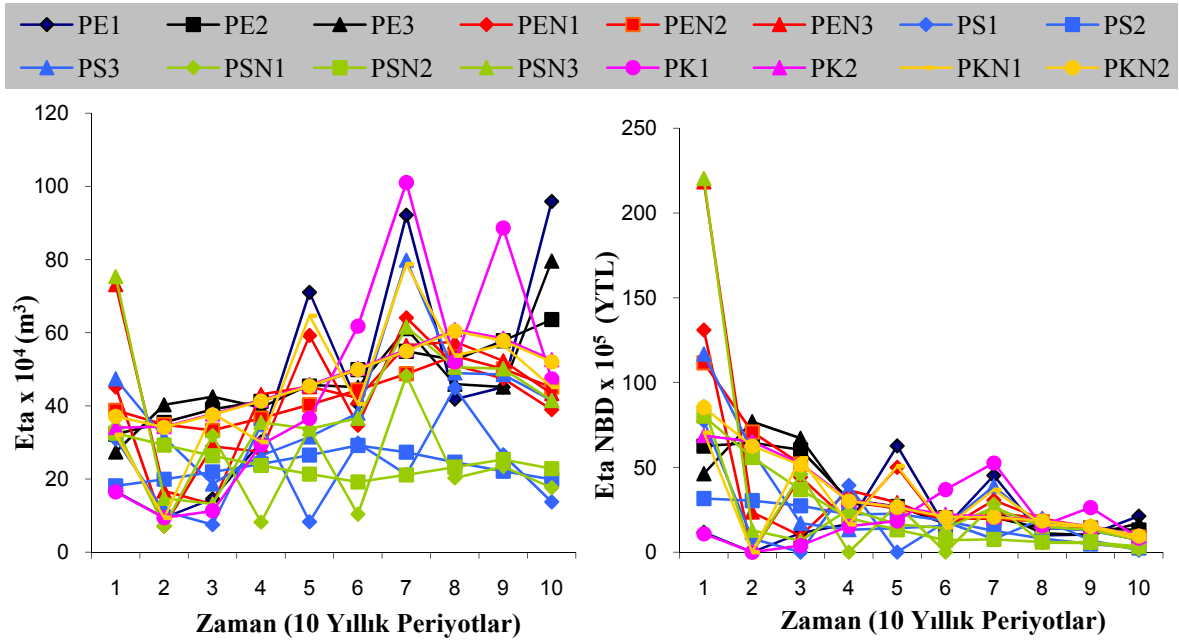
Şekil 7. 90-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

### 3.1.3. 100 Yıllık İdare Sürelerinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

B işletme sınıfında idare süresinin 180 yıl olarak alındığı model çıktıları arasında en yüksek etayı veren strateji  $4.721.414 \text{ m}^3$  ile PE3 stratejisidir (Şekil 8). Çünkü bu stratejide amaç hem en yüksek oranda eta elde etmeyi sağlamak hem de kısıt olarak sadece karbonu zorlamasıdır. Bu idare süresinin uygulandığı tüm stratejilere bakıldığında toplam etanın büyükten küçüğe doğru sıralaması; PE3, PE2, PK2, PKN2, PE1, PK1, PKN1, PEN3, PEN2, PSN3, PS3, PEN1, PSN2, PSN1, PS2, PS1 şeklinde gerçekleşmiştir. Bu sıralamadan da anlaşılacağı gibi modelde en yüksek oranda karbonun hedeflenmesi durumunda da elde edilen toplam eta miktarı azımsanmayacak kadar fazla olmaktadır. Çünkü karbon birikiminin eniyilenmeye çalışıldığı (PK1, PK2, PKN1, PKN2) stratejilerde

model OT alanlarının hemen hemen tamamını ağaçlandırmıştır. Böylece karbon birikimi eniyilenirken planlama yörüngesi sonunda ağaçlandırılan alanlardan elde edilen etalar sayesinde de toplam eta miktarı artmaktadır. Benzer şekilde toplam etanın en düşük olduğu strateji ise PS1 stratejisidir. Bu stratejide etanın bu kadar düşük olmasının sebebi amacın su üretimini eniyilemek olması ve göğüs yüzeyini düşük tutmaya çalışmasıdır.

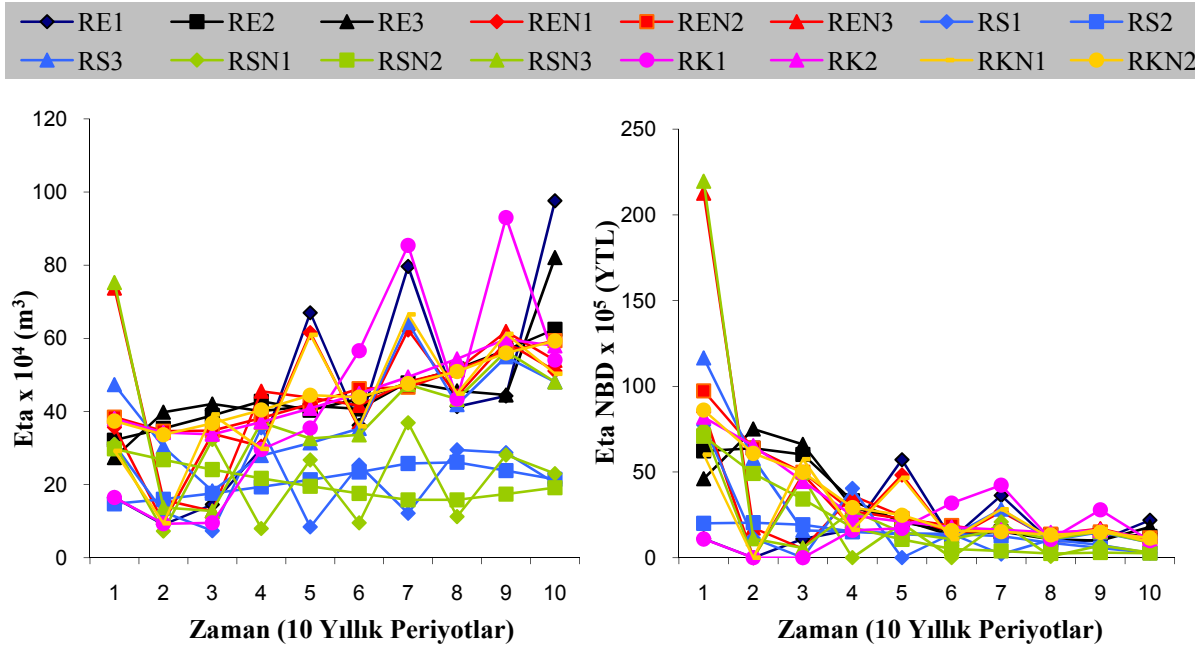
Aynı idare süresi içerisindeki tüm stratejiler arasında etadan elde edilen toplam NBD i en yüksek çıkan strateji 40.142.096 YTL ile PEN3 iken, en düşük olan strateji de 17.805.665 YTL ile PS1dir. PS1 de eta NBD nin bu kadar düşük çıkmasının sebebi bu stratejide etayla doğru orantılı olmayan suyun amaç olarak alınmasından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde model suyu en iyilemek istediği stratejide OPA kısıtını sağlayabilmek için 652 ha kadar çok az OT alanını son periyotta ağaçlandırmıştır. Ayrıca, tüm stratejilerden elde edilen eta NBD'lerin büyükten küçüğe doğru sıralaması; PEN3, PEN2, PSN3, PKN2, PK2, PE2, PEN1, PE3, PS3, PKN1, PSN2, PE1, PSN1, PK1, PS2 ve PS1 şeklindedir.



Şekil 8. 100-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

Aynı modelde koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin 200 yıl olarak alınması durumunda tüm stratejiler arasında toplam etanın en fazla ve en düşük olduğu stratejiler sırasıyla RE3 (4.517.565 m<sup>3</sup>) ve RS2 (2.095.974 m<sup>3</sup>) olarak bulunmuştur. Aynı şekilde

etadan elde edilen toplam NBD'lerin en yüksek değeri REN3 (366.655,12 YTL) stratejisiyle en düşük değeri ise RS2 (13.281.261 YTL) stratejisiyle elde edilmiştir (Şekil 9).

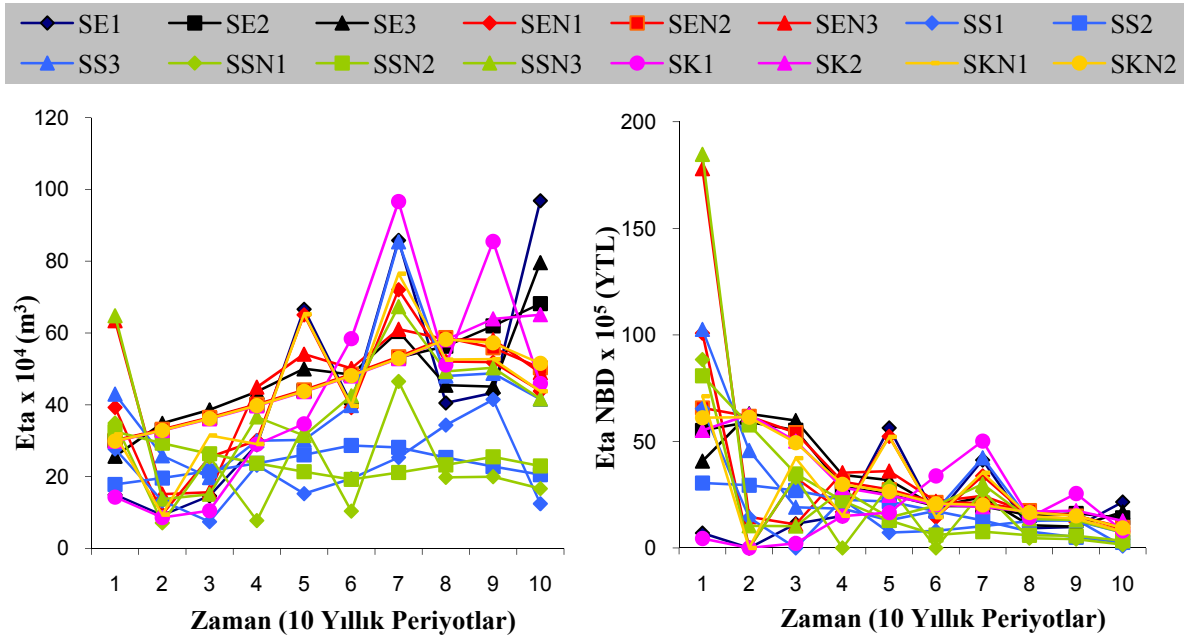


Şekil 9. 100-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

100-180 yıllık idare sürelerinin denendiği strateji sonuçları ile 100-200 yıllık strateji sonuçları karşılaştırıldığında, gerek odun üretiminin eniyilendiği strateji gerekse de odun üretiminden elde edilen NBD eniyilendiği strateji 100-180 yıllık idare süresinden elde edilmiştir. Her iki idare sürelerinin denendiği tüm stratejiler elde edilen toplam etalar açısından karşılaştırıldığında \*EN1, \*EN2 ve \*EN3 stratejilerinde kısa idare süreli modellerde daha fazla değerler ortaya çıktığı gözlenmiştir. Çünkü idare süresi kısa tutulduğunda müdahale edilecek alan büyümekte bu da toplam eta miktarının artmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde tüm stratejilerde idare süresinin uzun tutulması durumunda elde edilen eta NBD'leri azalmaktadır. Örneğin PEN1 stratejisinde elde edilen toplam eta NBD 32.747.838 YTL iken koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin 200 yıla çıkarıldığı REN1 de bu değer 27.375.387 YTL' ye düşmüştür.

### 3.1.4. 110 Yıllık İdare Sürelerinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

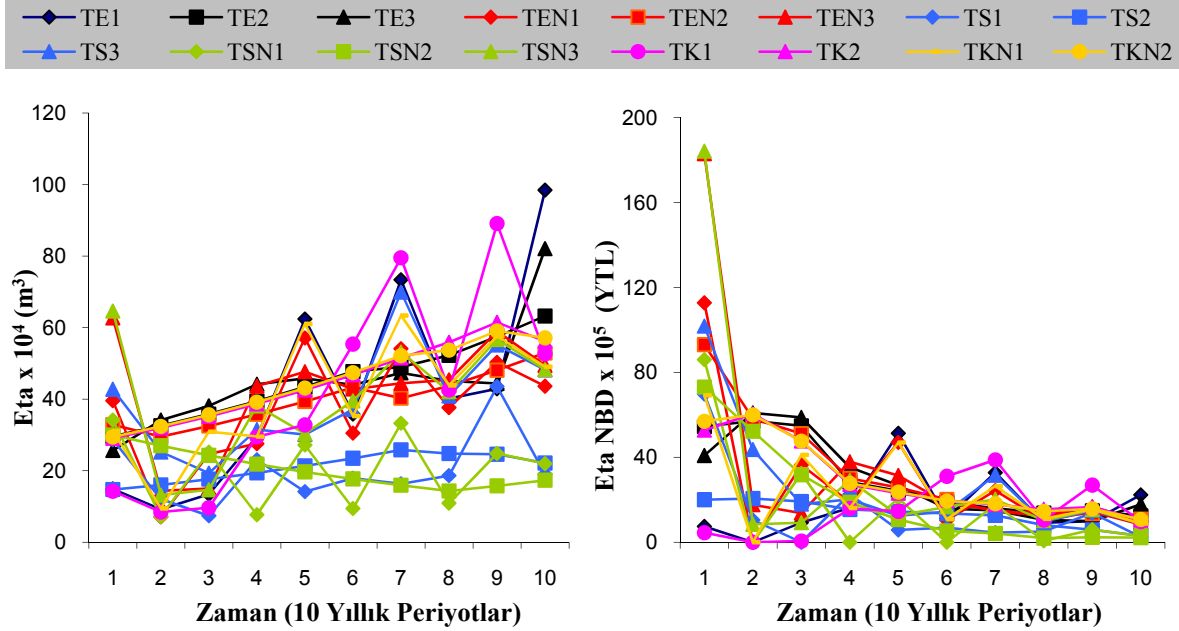
110-180 yıllık idare sürelerinin denenmesiyle toplam etaya dair elde edilen model çıktıları değerlendirildiğinde daha önce irdelenen idare sürelerindeki sonuçlara benzer olarak en yüksek etayı amacın eta maksimizasyonu olduğu ve karbonun da en az 4.000.000 ton olması gereken SE3 (4716570 m<sup>3</sup>) stratejisi ve en düşük etayı da yine amacın su üretimini eniyilemek olan ve aynı zamanda da üretim ağırlıklı işletme sınıfında optimal periyodik alan kısıtının uygulandığı SS1 (15470519 m<sup>3</sup>) stratejisi vermiştir. Benzer şekilde etadan elde edilen NBD'lerin büyükten küçüğe sıralaması; SEN3, SSN3, SEN2, SKN2, SE3, SE2, SK2, SS3, SEN1, SKN1, SSN2, SSN1, SE1, SS2, SK1, SS1 şeklinde gözlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. 110-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

110-200 yıllık idare sürelerinin uygulandığı model sonuçlarını irdelendiğinde en fazla etayı 4.508.621 m<sup>3</sup> ile TE3 stratejisi verirken en düşük etayı da 2.008.078 m<sup>3</sup> ile TS1 stratejisi vermiştir. Aynı şekilde etadan elde edilen toplam NBD'nin en fazla olduğu strateji 35.628.731 YTL ile TEN3 stratejisi iken en düşük olduğu strateji ise 13.296.332 YTL ile TS2 stratejisidir (Şekil 11).

Daha önce irdelenen idare sürelerinde gözlemlendiği gibi koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin uzatılmasıyla tüm stratejilerde elde edilen toplam eta ve NBD düşüşü 110-180 ile 110-200 yıllık idare sürelerinin karşılaştırılması durumunda da gözlemlenmiştir.

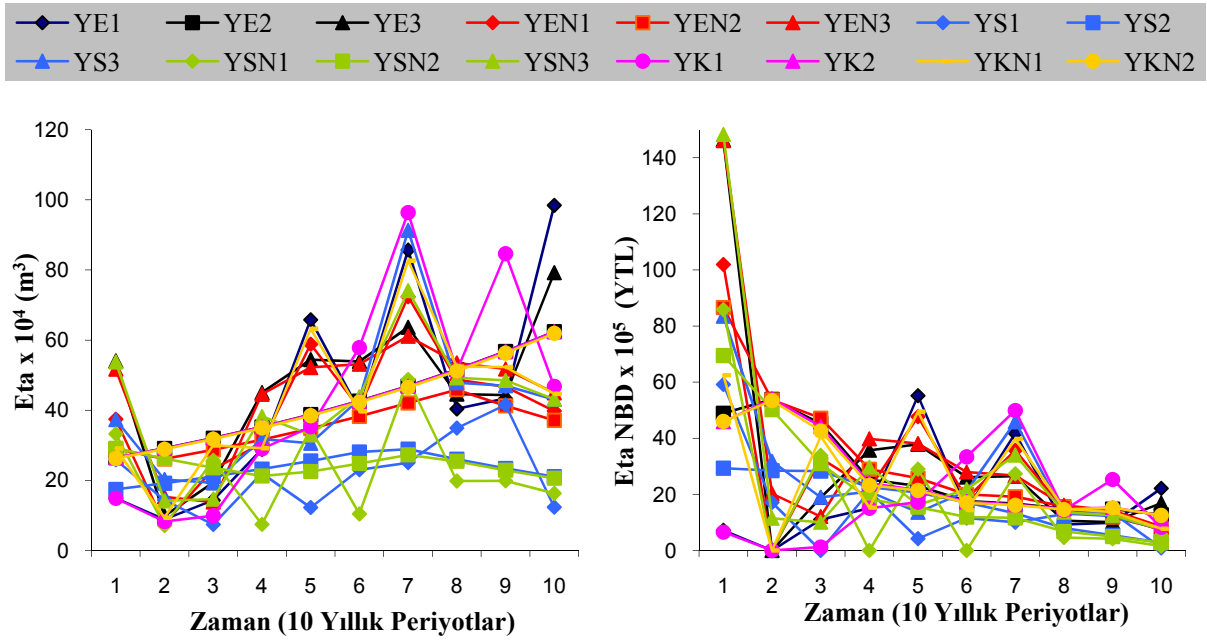


Şekil 11. 110-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

### 3.1.5. 120 Yıllık İdare Sürelerinin Odun Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

B işletme sınıfında 180 yıllık idare süresinin denendiği modelde toplam etanın en yüksek değere ulaştığı strateji YE3 (4.696.569 m<sup>3</sup>) ve en düşük değere ulaştığı strateji de YS1'dir (2.187.580 m<sup>3</sup>) (Şekil 12). Amacın etayı en iyilemek olduğu stratejilerde toplam etanın yüksek çıkması doğaldır. Yalnız etayı en iyileyen üç strateji arasından (YE1, YE2, YE3) YE3 ün daha fazla eta vermesinin sebebi kısıtından kaynaklanmaktadır. YE3 stratejisinde kısıt olarak karbonun minimum 4.000.000 ton olması söz konusudur. Bu stratejide alanda OPA ya da eta akış kısıtı olmamasından dolayı model etayı eniyilemek hususunda fazla zorlanmamaktadır. Bu model alanda hiçbir kısıt öngörmeden çözüldüğünde YE3 stratejisinin verdiği kadar eta vermiştir. Dolayısıyla bu stratejide karbon kısıtının eta üzerinde zorlayıcı bir rolü yoktur. En düşük etanın YS1 den elde edilmesinin sebebi amacının suyu eniyilemek olmasından kaynaklanmıştır. Benzer şekilde burada suyu en iyileyebilmek maksadıyla göğüs yüzeyi düşük tutulmaya çalışılmış ve

toplam 9428 ha olan OT alanlarının sadece 68 hektarı son periyotta ağaçlandırılmıştır. Bu durum alanda göğüs yüzeyinin düşük tutulmasına neden olurken buraların ağaçlandırılarak elde edilebilecek etadan vazgeçmesine neden olmuştur. Böylece toplam eta miktarı düşük çıkmıştır.

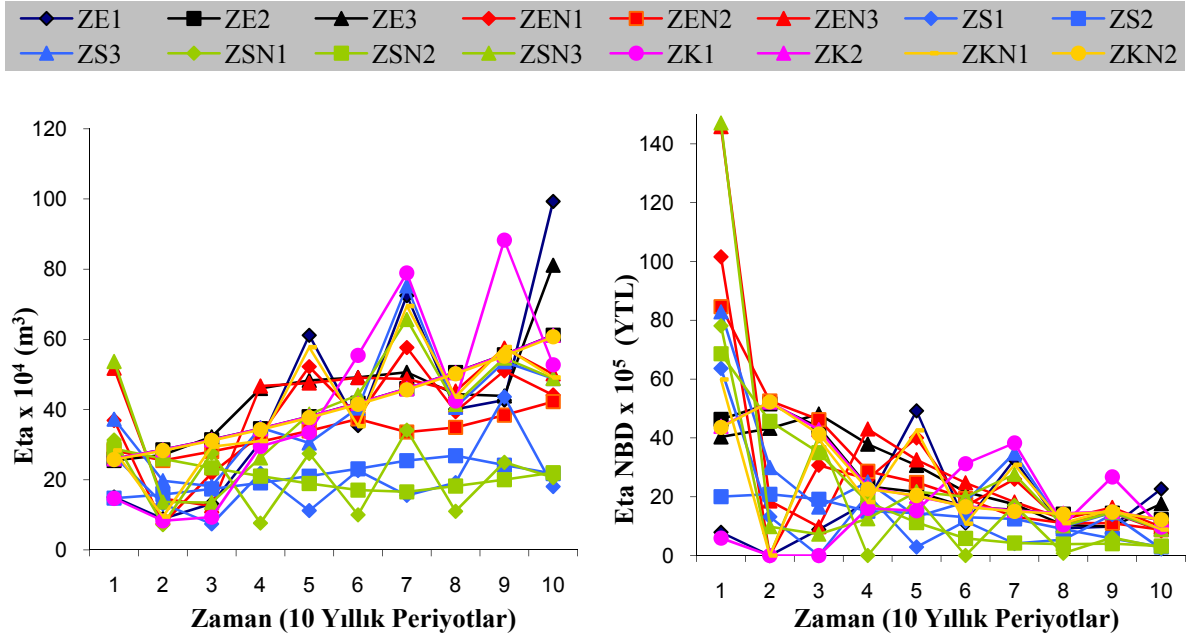


Şekil 12. 120-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

Aynı alanda etadan elde edilen NBD'ler açısından değerlendirme yapılırsa, en yüksek değeri veren strateji YEN3 ve en düşük değeri veren strateji de YS1'dir. YEN3 de NBD felsefesi gereği gelir maksimizasyonu elde edebilmek maksadıyla model OT alanlarının 7917 ha gibi önemli sayılabilecek miktarı ve de tamamını ilk periyotta ağaçlandırmıştır.

Koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin 200 yıla çıkarılması durumunda en yüksek ve en düşük etayı veren strateji değişmemiştir. Yani en yüksek etayı 4.481.965 m<sup>3</sup> ile ZE3 stratejisi en düşük etayı da 1.994.098 m<sup>3</sup> ile ZS1 stratejisi vermiştir. En yüksek eta NBD 33.082.271 YTL ile ZEN3 elde edilirken en düşük değer ise 132.511 YTL ile ZS2'den elde edilmiştir. Ayrıca tüm stratejilerde idare süresinin kısaltılması ile elde edilen toplam eta ya da eta NBD'leri yüksek çıkmıştır (Şekil 13). Bu durum idare süresinin kısaltılması ile müdahale edilecek alanın artmasından kaynaklanmaktadır.





Şekil 13. 120-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre Eta (solda) ve NBD'ler (sağda)

### 3.1.6. Elde Edilen Toplam Odun Ürünü ve NBD'lerin Farklı İdare Süreleri Açısından Karşılaştırılması

Elde edilen toplam eta miktarları her bir strateji için farklı idare süreleri açısından değerlendirildiğinde; koruma işletme sınıfında idare süreleri sabit (180) iken üretim işletme sınıfında idare sürelerinin arttırılması halinde; \*E1, \*E2, \*E3, \*S1, \*S2, \*S3, \*K1, \*K2 ve \*KN2 stratejilerinde elde edilen toplam eta miktarının azaldığı gözlenmiştir. Ancak \*EN1, stratejisinde ise toplam eta miktarı büyükten küçüğe doğru 90>80>110>120>100 şeklinde sıralanmıştır. \*EN2 stratejisinde ise bu sıralama 80>110>90>100>120 şeklinde olmuştur. Benzer şekilde aynı sıralama \*EN3, \*SN2, \*SN3 stratejilerinde 90>80>110>100>120 şeklinde gerçekleşmiştir. \*SN1, \*KN1 stratejisinde en fazla toplam eta en küçük idare süresi olan 80 yıllık KSN1 stratejisinde sağlanırken, en düşük eta 110 yıllık idare süresinin denendiği SSN1 stratejisinden sağlanmıştır (80>90>100>120>110).

Her bir stratejide elde edilen toplam eta NBD'leri koruma işletme sınıfında idare süresi sabit iken (180), üretim işletme sınıfında farklı idare süreleri arasında kıyaslandığında; \*E2, \*EN3, \*S2, \*S3, \*SN3, \*K2 plan seçeneklerinde idare süresi uzadıkça etadan elde edilen NBD'lerin azaldığı ortaya çıkmıştır. \*E1, \*EN2, \*S1, \*SN1, \*KN1 stratejilerinde eta NBD'lerin büyükten küçüğe doğru sıralaması farklı idare sürelerinde 90>80>100>110>120 şeklinde gözlenirken, \*E3 stratejisinde

90>80>120>100>110 şeklinde olmuştur. \*EN1, \*K1 stratejilerinde ise aynı sıralama 90>80>100>120>110 şeklinde gerçekleşmiştir. Benzer şekilde eta NBD'ler 5 farklı idare süresi açısından değerlendirildiğinde \*SN2 stratejisinde toplam eta NBD'lerin büyükten küçüğe doğru sıralandığı idare süreleri 110>100>90>120>80 şeklindedir. \*KN2 stratejisinde ise eta NBD'lerin büyükten küçüğe doğru sıralandığı idare süreleri 90>100>80>110>120 şeklinde gerçekleşmiştir.

Aynı orman alanında aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken sadece farklı idare sürelerinin uygulanması halinde beklenildiği üzere farklı miktarda odun ürünü ve parasal getirinin sağlandığı ortaya çıkmıştır. Buna göre, aynı amaç ve kısıtların yer aldığı tüm stratejiler kendi aralarında karşılaştırıldığında, genelde A işletme sınıfında 80, B işletme sınıfında ise 180 yıllık idare süresi denenmesi halinde en fazla miktarda eta ve eta NBD elde edildiği ortaya çıkarken en düşük miktarda eta ve NBD'leri genelde 120-200 yıllık idare süresi sonuçlarından elde edilmiştir. Yani genelleme yapılacak olursa, aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken, idare sürelerinin uzaması halinde elde edilecek eta ve NBD'lerin azaldığı söylenilebilir. Çünkü idare sürelerinin kısa olması halinde müdahale edilecek alan büyümekte bu da elde edilen odun ürünü ve NBD'nin yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Örneğin tüm \*E2 stratejileri arasında en fazla eta 80-180 yıllık idare süresinde sağlanırken, en düşük eta 120-200 yıllık idare süresinde sağlanmıştır (Tablo 19).

Tüm stratejiler arasında en fazla odun üretimi KE3 stratejisinden sağlanırken, en fazla eta NBD de KEN3 stratejisinden elde edilmiştir. En kısa (80-180) idare süresinde elde edilen bu sonucun en önemli nedeni, amacın gerek en iyi eta ve eta NBD sağlamak olması yanında karbon kısıtının modeli zorlamamasıdır. Benzer şekilde, tüm stratejiler arasında en düşük eta ve eta NBD'leri sırasıyla ZS1 ve LSN2 stratejilerinden elde edilmiştir. ZS1 stratejisinin bu kadar az eta vermesinin nedeni hem idare süresinin uzun (120-200) olması hem de amacın su üretimi olması nedeniyle alanda göğüs yüzeyini düşük tutabilmek için OT alanlarının (64 ha hariç) ağaçlandırılmamasıdır. LSN2 stratejisinde ise yine amacın su NBD olması nedeniyle son periyot dışında OT alanlarının ağaçlandırılmaması elde edilecek eta miktarını düşürürken NBD felsefesi gereği elde edilecek parasal karşılığın %3 iskonto oranı ile bugüne indirgenmesi NBD'lerin düşük çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 19. Aynı amaç ve kısıtlara göre elde edilen toplam Eta ve NBD'ler

Stratejiler	Toplam Eta (m <sup>3</sup> )	Toplam Eta NBD (YTL)	Stratejiler	Toplam Eta (m <sup>3</sup> )	Toplam Eta NBD (YTL)
KE1	<b>5.038.658</b>	23.568.784	KEN1	4.434.818	36.283.567
LE1	4.831.163	21.987.894	LEN1	4.223.832	34.409.610
ME1	5.023.809	<b>25.475.139</b>	MEN1	<b>4.582.790</b>	<b>37.562.697</b>
NE1	4.820.697	22.806.657	NEN1	4.367.685	34.403.548
PE1	4.572.287	20.364.822	PEN1	4.042.089	32.747.838
RE1	4.358.739	18.432.086	REN1	4.231.670	<b>27.375.387</b>
SE1	4.410.260	18.645.514	SEN1	4.282.896	28.713.465
TE1	4.201.288	16.991.965	TEN1	<b>3.722.482</b>	28.288.600
YE1	4.404.074	18.603.760	YEN1	4.057.549	29.339.550
ZE1	<b>4.190.176</b>	<b>16.935.788</b>	ZEN1	3.812.378	27.451.402
KE2	<b>5.004.294</b>	<b>33.703.607</b>	KEN2	<b>4.565.369</b>	37.471.308
LE2	4.569.467	29.059.929	LEN2	4.135.137	33.442.386
ME2	4.940.881	32.879.819	MEN2	4.470.523	<b>37.914.635</b>
NE2	4.613.156	26.494.916	NEN2	4.210.068	34.389.803
PE2	4.719.705	32.759.329	PEN2	4.258.164	37.097.307
RE2	4.516.812	31.110.427	REN2	4.478.540	33.470.581
SE2	4.709.669	30.856.106	SEN2	4.507.667	32.498.594
TE2	4.506.197	29.518.669	TEN2	3.983.079	33.012.675
YE2	4.217.376	27.309.949	YEN2	3.547.295	31.667.129
ZE2	<b>4.135.292</b>	<b>25.924.602</b>	ZEN2	<b>3.329.447</b>	<b>30.003.582</b>
KE3	<b>6.256.871</b>	39.520.779	KEN3	5.816.295	<b>47.235.988</b>
LE3	6.045.130	37.655.248	LEN3	5.602.803	45.365.779
ME3	6.182.635	<b>42.400.647</b>	MEN3	<b>5.921.203</b>	44.774.949
NE3	5.941.708	30.335.840	NEN3	5.412.125	38.157.385
PE3	4.721.414	32.527.112	PEN3	4.430.776	40.142.097
RE3	4.517.566	30.575.028	REN3	4.484.359	36.665.513
SE3	4.716.571	31.051.482	SEN3	4.695.282	36.219.486
TE3	4.508.621	29.203.455	TEN3	4.244.555	35.628.731
YE3	4.682.401	32.911.485	YEN3	4.419.118	34.995.123
ZE3	<b>4.481.965</b>	<b>27.676.757</b>	ZEN3	<b>4.237.029</b>	<b>33.082.271</b>
KS1	2.572.356	19.395.444	KSN1	<b>2.721.541</b>	23.889.514
LS1	2.384.388	17.917.492	LSN1	2.514.110	21.826.146
MS1	<b>2.583.859</b>	<b>22.493.296</b>	MSN1	2.715.409	<b>26.034.559</b>
NS1	2.399.971	15.916.859	NSN1	2.509.907	19.669.669
PS1	2.289.320	17.805.665	PSN1	2.347.041	20.083.750
RS1	2.107.891	16.600.835	RSN1	2.140.495	17.348.273
SS1	2.196.181	15.470.519	SSN1	2.228.957	18.759.525
TS1	2.008.078	14.157.054	TSN1	<b>2.018.531</b>	16.662.609
YS1	2.187.580	15.056.586	YSN1	2.232.244	18.654.531
ZS1	<b>1.994.098</b>	<b>13.736.087</b>	ZSN1	2.019.192	<b>16.485.185</b>
KS2	<b>2.772.753</b>	<b>19.139.425</b>	KSN2	<b>2.715.694</b>	21.424.892
LS2	2.323.273	14.253.713	LSN2	2.291.744	<b>11.967.825</b>
MS2	2.564.220	19.033.267	MSN2	2.574.350	23.002.178
NS2	2.240.566	<b>12.581.290</b>	NSN2	2.204.627	17.088.111
PS2	2.337.779	18.064.568	PSN2	2.448.510	23.635.347
RS2	2.095.974	13.281.261	RSN2	2.075.449	19.949.876
SS2	2.341.511	17.703.750	SSN2	2.453.657	<b>23.736.791</b>
TS2	2.099.879	13.296.332	TSN2	<b>2.038.537</b>	20.282.502
YS2	2.340.307	17.597.788	YSN2	2.437.138	22.250.609
ZS2	<b>2.092.968</b>	13.251.159	ZSN2	2.118.923	19.957.885

Tablo 19'un devamı

Stratejiler	Toplam Eta (m <sup>3</sup> )	Toplam Eta NBD (YTL)	Stratejiler	Toplam Eta (m <sup>3</sup> )	Toplam Eta NBD (YTL)
KS3	5.364.731	<b>41.937.106</b>	KSN3	<b>5.368.962</b>	<b>41.955.193</b>
LS3	5.240.512	40.273.098	LSN3	5.243.523	40.199.022
MS3	<b>5.367.290</b>	39.229.823	MSN3	5.304.969	39.999.754
NS3	5.223.306	27.335.068	NSN3	5.157.888	<b>26.960.219</b>
PS3	4.120.117	31.007.521	PSN3	4.126.719	35.770.101
RS3	3.996.637	29.383.738	RSN3	<b>4.001.498</b>	34.093.643
SS3	4.120.663	29.164.210	SSN3	4.127.058	33.077.569
TS3	4.002.078	27.571.973	TSN3	4.006.732	31.491.817
YS3	4.114.493	26.875.985	YSN3	4.125.193	30.526.356
ZS3	<b>3.991.251</b>	<b>25.341.203</b>	ZSN3	4.005.552	27.948.760
KK1	<b>5.002.114</b>	22.598.064	KKN1	<b>4.955.390</b>	31.765.012
LK1	4.798.785	20.832.204	LKN1	4.748.723	29.710.432
MK1	4.989.806	<b>23.139.222</b>	MKN1	4.940.401	<b>33.541.963</b>
NK1	4.790.334	20.398.805	NKN1	4.737.850	26.557.434
PK1	4.538.213	18.820.744	PKN1	4.488.641	28.345.236
RK1	4.326.812	16.661.638	RKN1	4.275.185	25.652.105
SK1	4.344.615	17.007.936	SKN1	4.322.329	26.660.102
TK1	4.138.960	15.276.722	TKN1	<b>4.114.061</b>	24.631.739
YK1	4.340.064	17.137.179	YKN1	4.325.672	25.843.963
ZK1	<b>4.129.829</b>	<b>15.340.425</b>	ZKN1	4.114.488	<b>23.733.584</b>
KK2	<b>4.992.512</b>	<b>33.348.732</b>	KKN2	<b>4.998.862</b>	33.505.643
LK2	4.556.363	28.774.197	LKN2	4.562.293	28.934.249
MK2	4.925.504	32.457.011	MKN2	4.900.314	<b>34.137.889</b>
NK2	4.602.035	26.391.871	NKN2	4.480.535	28.282.157
PK2	4.707.208	33.048.796	PKN2	4.704.869	34.064.115
RK2	4.503.068	31.341.597	RKN2	4.501.683	32.130.829
SK2	4.700.062	30.778.510	SKN2	4.505.024	31.055.034
TK2	4.494.307	29.150.776	TKN2	4.492.885	29.504.251
YK2	4.214.779	26.612.173	YKN2	4.184.193	26.231.082
ZK2	<b>4.132.590</b>	<b>25.555.867</b>	ZKN2	<b>4.102.758</b>	<b>25.253.918</b>

*Mavi* renkli rakamlar en yüksek değeri, *Kırmızı* renkliler ise en düşük değeri göstermektedir.

### 3.2. Farklı İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

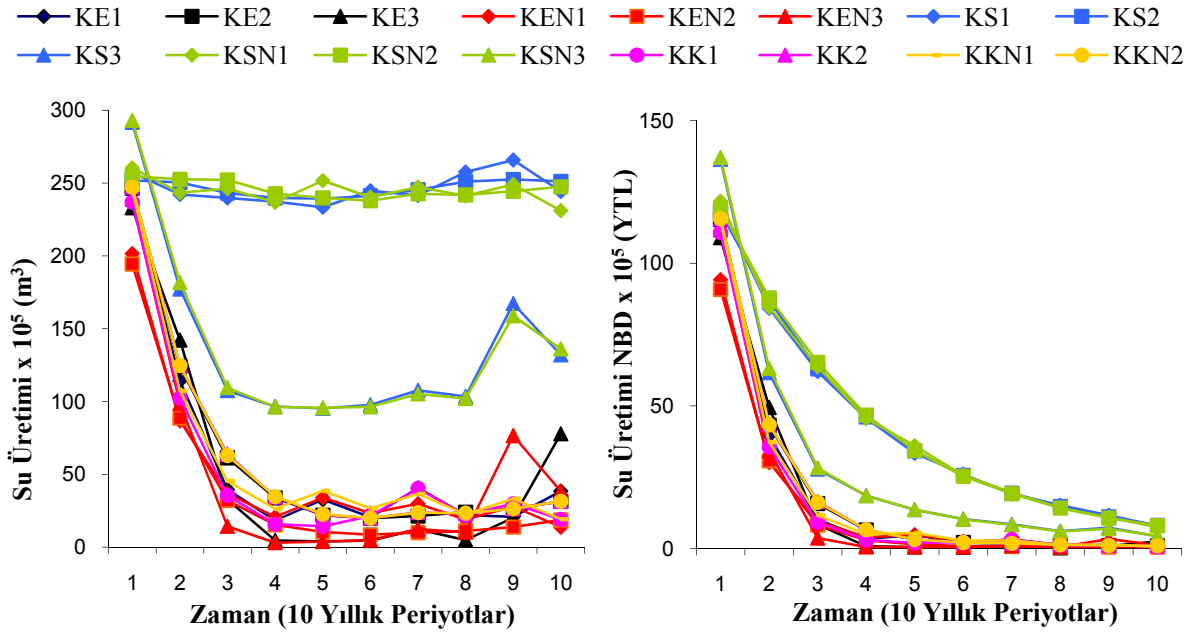
Burada her bir stratejiden elde edilen su üretim miktarı ile NBD'leri üretim işletme sınıfına göre belirlenen idare süreleri için ayrı ayrı ele alınmış ve değerlendirmede koruma işletme sınıfında kullanılan 180-200 yıllık idare sürelerinin sonuçları da bu değerlendirme içerisinde verilmiştir.

#### 3.2.1. 80 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

80-180 yıllık idare sürelerinin uygulandığı tüm alternatif plan seçeneklerinin çözümleri su üretimi açısından değerlendirildiğinde en fazla su üretimini sağlayan seçenek

KS2'dir (246.575.294 m<sup>3</sup>) (Şekil 14). Tüm stratejiler arasında en fazla su üretimini sağlayan stratejiler amacın su üretimi maksimizasyonu olduğu ve birbirinden farklı üretimi düzenleyici kısıtların yer aldığı KS1 ve KS2'dir. Her iki stratejide de model çok az miktardaki OT alanını son periyotta ağaçlandırarak alandaki göğüs yüzeyini düşük tutmayı hedeflemiştir. Benzer şekilde en az su üretimini veren plan seçeneği de 40.260.151 m<sup>3</sup> ile KEN2'dir. Bu stratejide amaç eta NBD'sini eniyilemek olduğu ve periyotlar arasında da eta akışını sağlamak gibi bağlayıcı bir kısıtın olması su üretimi olumsuz etkilemiştir. Ayrıca 7514 ha gibi önemli miktardaki OT alanının ilk periyotta ağaçlandırılması artan göğüs yüzeyine paralel olarak su üretiminin azalmasına neden olmuştur.

Su üretiminden elde edilen NBD'nin en iyi sonucunu veren plan seçeneği 43.117.057 YTL ile KSN2 iken en kötü sonucu veren strateji KEN2 (13.803.116 YTL) olmuştur. KSN2 stratejisinde amacın en iyi su NBD üretimi olması ve 536 ha kadar az miktarda OT alanının ağaçlandırılarak göğüs yüzeyinin düşük tutulması yüksek değerde su NBD'si elde edilmesine neden olmuştur. Aynı amaca sahip olan KSN3 stratejisinde KSN1'e göre daha düşük su NBD'nin oluşmasının nedeni minimum karbon kısıtının sağlanabilmesi için fazlaca OT alanının ağaçlandırılması oldu. KEN2 de su NBD'nin çok düşük olmasının nedeni bu plan seçeneğinde amacın eta NBD'nin en iyilenmesi olması ve eta akışının kısıt olarak verilmesi nedeniyle OT alanlarının 7514 hektarını ilk periyotta ağaçlandırmasıdır. OT alanlarındaki ağaçlandırma sonucu göğüs yüzeyinin giderek artması su üretimi ve dolayısıyla NBD'yi düşürmektedir.



Şekil 14. 80-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD'ler* (sağda)

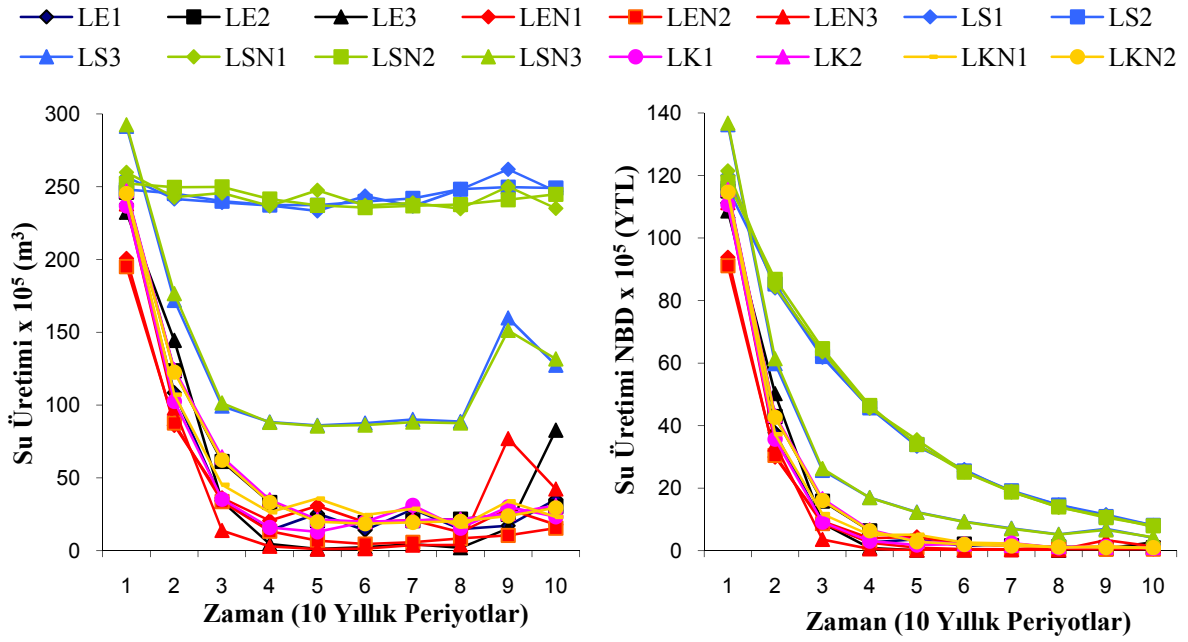
Şekil 14'te plan stratejilerinin periyotlar itibari ile su üretim miktarlarına bakıldığında kabaca iki farklı trendin ortaya çıktığı görülmektedir. Buna göre, amacın su üretimi ya da su NBD'si olduğu \*1 ve \*2 nolu stratejilerde su üretim değerlerinin çok yüksek olduğu ve planlama yörüngesi boyunca da neredeyse sabit bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Ancak diğer stratejilerde su üretimi amaç fonksiyonlarına bağlı olarak azalan bir trend izlediği görülmektedir. Çünkü bu stratejilerde amacın eniyilenebilmesi için planlama yörüngesi boyunca önemli miktarda OT alanı ağaçlandırılmıştır. Dolayısıyla ağaçlandırılan alanlardaki artan göğüs yüzeyi su üretiminin azalmasına neden olmuştur.

Koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin 200 yıla çıkarılması su üretimi üzerinde olumsuz etkiye neden olmuştur. Bu durumda en yüksek su miktarını 244.504.012 m<sup>3</sup> ile LS1 strateji sağlamıştır. Aynı amaca sahip LS1 ve LS2 stratejilerinde OPA ya da eta akış kısıtının modelde yer alması su üretiminde olumlu sonuca neden olurken karbon kısıtının yer aldığı LS3 stratejisi su üretimini olumsuz yönde etkilemiştir. Çünkü karbon kısıtının sağlanabilmesi için model 5740 ha OT alanını ağaçlandırmıştır. Dolayısıyla artan göğüs yüzeyi su üretiminin düşmesine neden olmuştur. Bu model sonuçları içerisinde en düşük su miktarını veren plan seçeneği 38.187.513 m<sup>3</sup> ile LEN2 olmuştur. Bu durum Şekil 15'te stratejiler arasında genel olarak üç farklı trendin yakalandığı şeklinde açıkça görülmektedir. Buna göre amaç olarak su ve NBD söz konusu olduğu \*1 ve \*2 nolu kısıtın

yer aldığı stratejiler periyotlar itibari ile neredeyse sabit su üretimi sağlarken, karbon kısıtının yer aldığı \*3 nolu stratejiler amaçları aynı olmasına rağmen periyodik olarak su üretimi ve NBD açısından daha düşük seviyede tred yakalamıştır. Son olarak da, su ve NBD amacı dışındaki stratejilerde amaç fonksiyonuna bağlı olarak hem su üretim hem de NBD düşük çıkmıştır.

Korunan alanlar işletme sınıfında 200 yıllık idare süresinin denenmesi durumunda en fazla su NBD'yi veren plan seçeneği LSN1 (42.741.746 YTL) olmuştur. Burada OPA şartının sağlanabilmesi için hem 648 ha kadar az miktarda OT alanının ağaçlandırılması hem de bu alanların büyük bir kısmının 8. ve 10. periyotlarda gerçekleştirilmesi su üretimi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Periyodik açıdan incelendiğinde ilk periyotta sudan elde edilen NBD fazla ancak sonraki periyotlarda ise %3 lük iskonto oranı ile değer günümüze indirgenmesi sebebiyle azalan bir eğilim gerçekleştirmiştir. Ayrıca ilerleyen periyotlarda aktüel duruma göre daha fazla göğüs yüzeyi oluşması beklenirken A işletme sınıfında idare süresini dolduran meşcerelere ikinci bir müdahale (9. ve 10. periyotlarda) yapılmış ve göğüs yüzeyi tekrar düşürülmüştür. Bu durumda su üretimi artmasına rağmen su NBD'si bugüne indirgenmesi nedeniyle düşük çıkmaktadır. En düşük NBD ise 80-180 yıllık idare süresinde olduğu gibi amacın eta NBD'sine dayandığı ve eta akışını zorlayan LEN2 (38.187.413 m<sup>3</sup>) stratejisi olmuştur.

Ancak her iki idare süresi sonuçlarını elde edilen toplam su ve NBD açısından karşılaştırmak gerekirse tüm stratejilerde 80-180 yıllık idare süresinde elde edilen toplam su ve su NBD değerleri 80-200 yıllık idare süresi sonuçlarına göre daha yüksek değerler vermiştir. Yani aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin uzatılması elde edilen toplam su ve su NBD'yi olumsuz yönde etkileyerek azalmasına neden olmuştur.



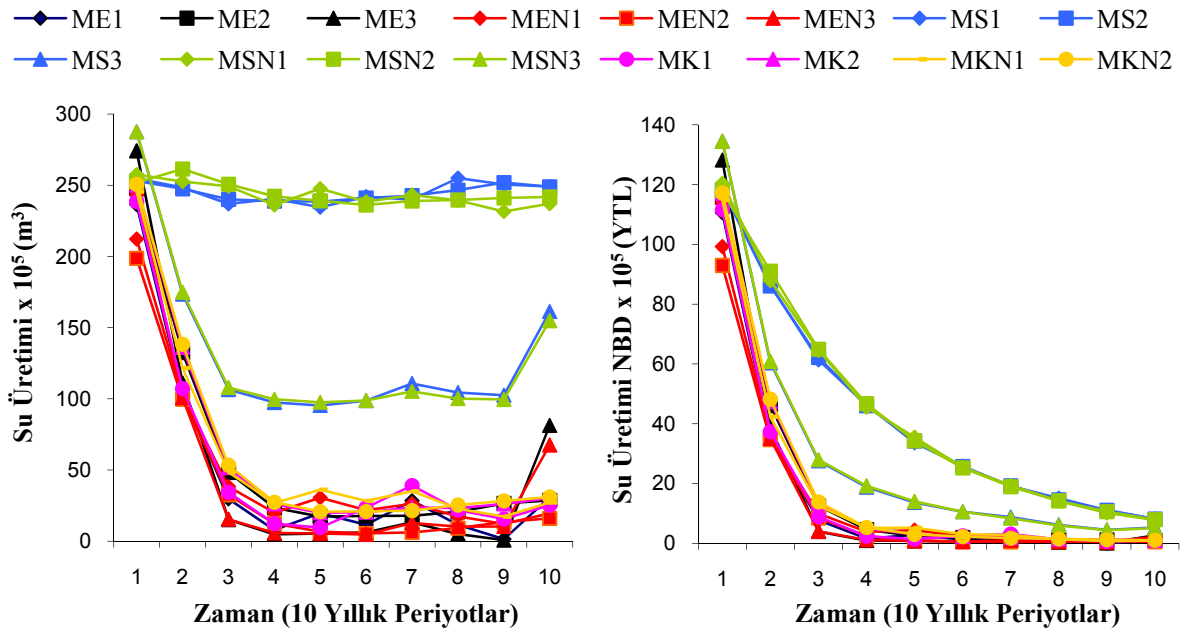
Şekil 15. 80-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

### 3.2.2. 90 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

B işletme sınıfında 180 yıllık idare sürelerinin uygulandığı model sonuçları arasında en fazla su üretimi MS1 (245.173.332 m<sup>3</sup>) stratejisinde elde edilmiştir. Burada gerek OPA'nın sağlanması gerekse de su üretiminin eniyilenmesi amacıyla model ilk sekiz periyotta elde ettiği etanın büyük bir kısmını gençleştirme etasından sağlamaktadır. Gençleştirilen alanlarda ilerleyen periyotlarda aktüel duruma nazaran daha yüksek göğüs yüzeyinin elde edilmesi ile su üretiminin büyük oranda düşmesi beklenirken hemen ilerleyen periyotlarda gençleştirme yapılarak göğüs yüzeylerinin düşürülmesi su üretimi üzerinde olumlu olmuştur. Bu nedenle periyotlar arasında su üretimi düşme eğilimi göstermemiş artan ve arkasından azalan bir trend izlemiştir (Şekil 16). Aynı zamanda toplamda 9428 ha alana sahip olan OT alanlarının sadece 71 hektarının alınarak son periyotta ağaçlandırılması su üretimini olumsuz yönde etkileyememiştir. MS1 stratejisini su üretiminde 230.396 m<sup>3</sup> farkla MS2 (244.942.936 m<sup>3</sup>) takip etmektedir. Bu seçenekte eta akış kısıtının varlığı MS1 den daha düşük su üretimi sağlamasına neden olmuştur. Bunun yanında su üretiminin en düşük değere ulaştığı strateji MEN2 (40.044.904 m<sup>3</sup>) dir. Burada amacın eta NBD'sini eniyilemek olması ve periyotlar arasında eta akışı sağlanabilmesi amacıyla özellikle ilk üç periyotta gençleştirme etası fazlaca alınmıştır. Buna benzer olarak model 7610 hektar kadar OT alanı ilk iki periyotta ağaçlandırarak hem eta akışı hem de en



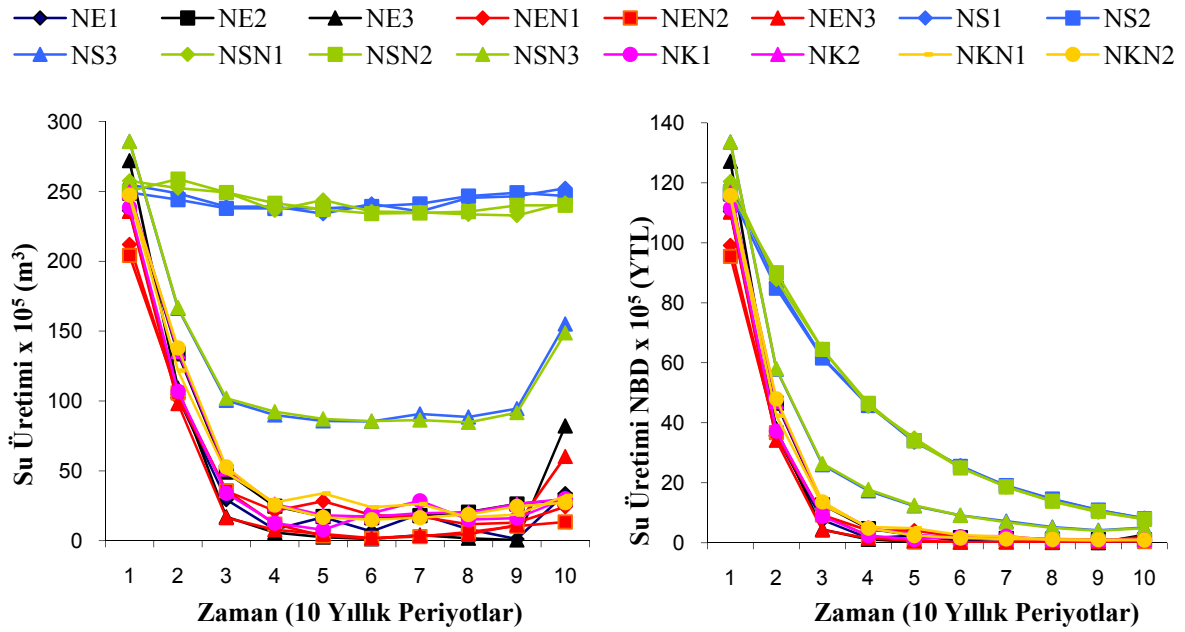
iyi eta NBD sağlamaya çalışmıştır. Ancak bu amaç toplam su üretim miktarının düşmesine neden olmuştur. İlk üç periyotta gençleştirme etasının fazlaca alınması ilk üç periyottaki su üretiminin yüksek olmasına neden olurken ilerleyen periyotlarda (5. ve 6. ) gençleştirilen alanlardaki göğüs yüzeyinin artması su üretimini düşürmüştür. Ancak 7. periyottan itibaren ara hasıla etalarının artması gene su üretiminin düşük oranlarda da olsa artmasına neden olmuştur.



Şekil 16. 90-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD'ler* (sağda)

Elde edilen toplam su NBD'sinin en yüksek olduğu ilk iki strateji amacın su NBD'si olduğu MSN2 (43.138.603 YTL) ve MSN1 (43.060.684 YTL) dir. MSN3 (29.068.518 YTL) stratejisinde ise amacın aynı olmasına rağmen diğer iki stratejiye nazaran çok düşük su NBD'si elde etmesinin temel nedeni en az 4.000.000 ton karbon birikiminin gerçekleştirilmesinin modeli zorlamasıdır. Model bu kısıtı sağlayabilmek için 5787 ha OT alanını ağaçlandırmış ve dolayısıyla artan göğüs yüzeyi su üretimini olumsuz yönde etkileyince NBD sininde düşmesine neden olmuştur. Çözüm sonuçları arasında en düşük su NBD'si 14.208.620 YTL ile MEN2 plan seçeneğinden elde edilmiştir. Burada eta akışı sağlanabilmesi için özellikle ilk periyotlarda gençleştirme etalarının fazlaca alınması ve de 7610 hektar OT alanının ilk iki periyotta ağaçlandırılması elde edilecek su miktarının düşük seviyede izlenmesine neden olmuştur. Bu da doğrudan su NBD'sini etkilemiştir.

B işletme sınıfı için 200 yıllık idare süresinin denenmesi halinde 180 yıllık idare süresinde olduğu gibi gerek su üretim miktarları gerekse de NBD'leri periyodik olarak irdelendiğinde; su ve NBD'in amaçlandığı ve eta ile OPA kısıtının yer aldığı stratejilerde su üretiminin hemen hemen tüm periyotlarda sabit bir trend izlediği görülmektedir. Yine aynı amaca sahip LS3 ve LSN3 stratejilerinde minimum düzeyde karbon kısıtının yer alması artan göğüs yüzeyine bağlı olarak su üretiminin azalmasına neden olmuştur. Su ve NBD amacı dışındaki stratejilerde hem daha düşük değerlerde su üretimi sağlanmış hem de azalan bir trend yakalanmıştır. Benzer şekilde periyotlar itibari ile su NBD'leri NBD felsefesi gereği %3 iskonko oranı ile çalıştığından planlama yörüngesi boyunca azalan bir eğri yakalamıştır. Ancak tüm stratejiler arasında su ve NBD'in amaçlandığı stratejilerde daha yüksek değerlerin elde edildiği görülmektedir (Şekil 17).



Şekil 17. 90-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD'ler* (sağda)

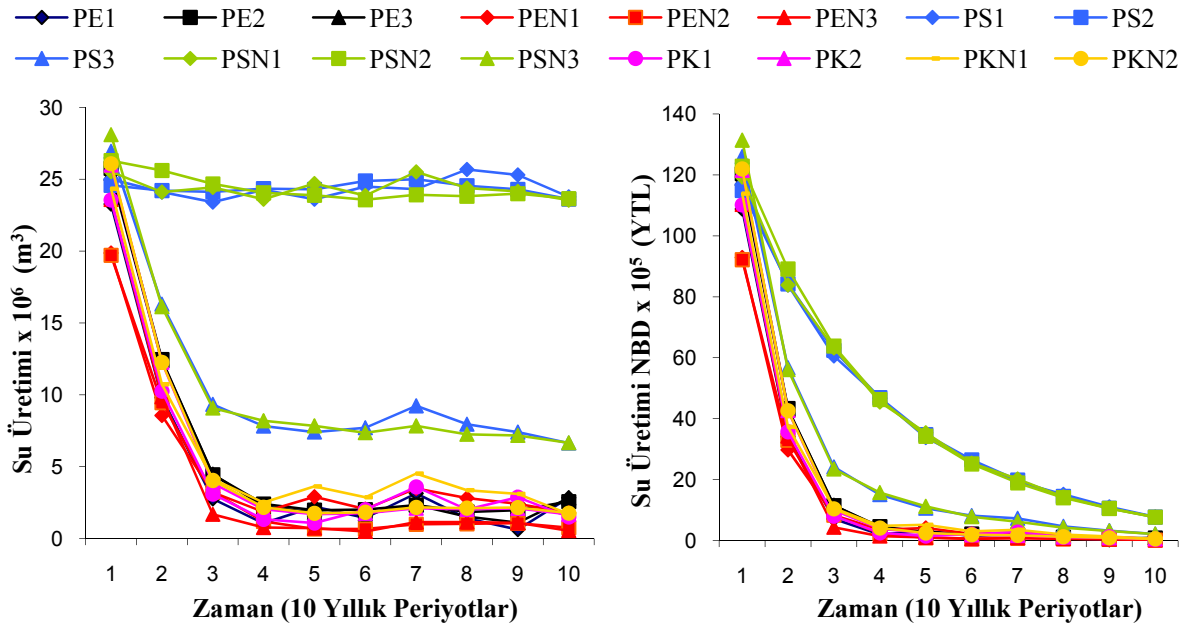
180 ve 200 yıllık idare sürelerinin denendiği model sonuçları karşılaştırıldığında toplam su üretiminin aynı amaç ve kısıtlar doğrultusunda \*EN2 ve \*SN3 stratejilerinde B işletme sınıfındaki idare süresinin uzaması durumunda arttığı ancak diğer stratejilerde toplam su miktarının azaldığı görülmektedir. Ayrıca her iki idare süresi açısından model sonuçları karşılaştırıldığında aynı amaç ve kısıtların uygulandığı \*E2 ve \*EN2

stratejilerinde idare süresinin 200 yıla çıkarılması durumunda elde edilen toplam su NBD nin arttığı ancak diğer stratejilerde ise azaldığı ortaya çıkmıştır.

### 3.2.3. 100 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

B işletme sınıfında 180 yıllık idare süreleri kullanılarak elde edilen model sonuçları değerlendirildiğinde, en fazla su üretimi PS1 plan seçeneğinden (243.969.114 m<sup>3</sup>) sağlanmıştır. Burada 652 ha kadar OT toprağı modelde zorlanan eşit yaş sınıfları dağılımın sağlanabilmesi için ağaçlandırılmıştır. Bu OT alanlarının son periyotta ağaçlandırılması 100 yıllık projeksiyonda su üretimi üzerinde olumsuz etki oluşturmamıştır. Aynı amaca sahip PS3 stratejisinde ise kısıtın sağlanması için 7047 ha kadar OT alanının ağaçlandırılması ve özellikle de ilk periyotlarda olması su üretiminin düşük seviyelerde (106.779.520 m<sup>3</sup>) kalmasına neden olmuştur. Bu nedenle Şekil 18'e bakıldığında bu stratejinin diğer stratejilere nazaran ayrı bir trend izlediği görülmektedir.

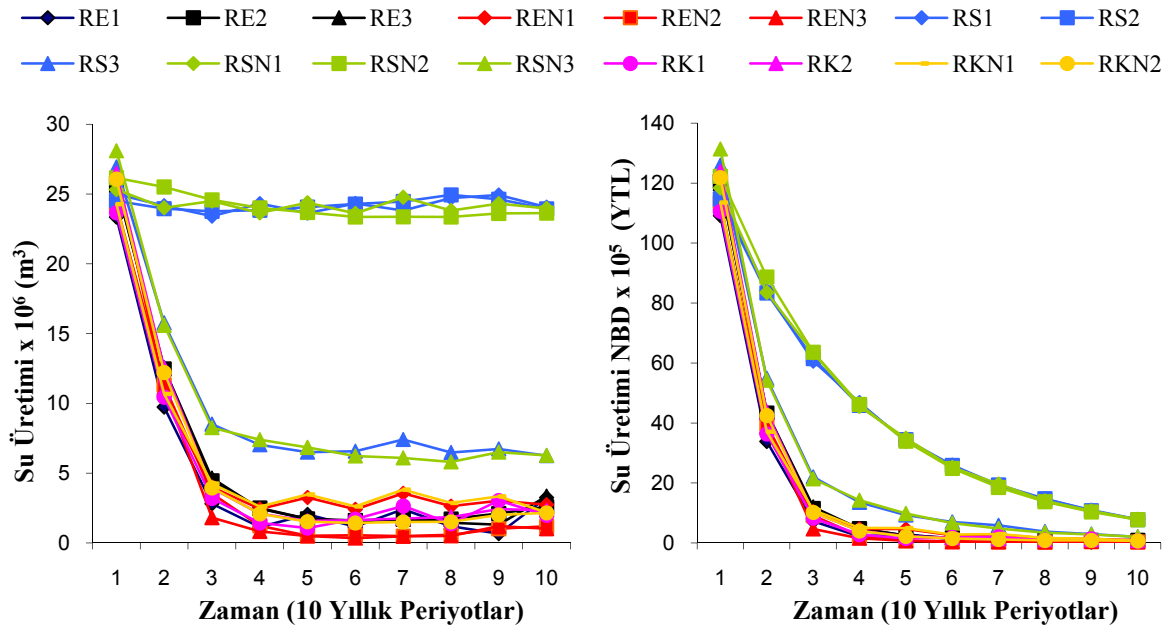
Su üretiminden elde edilen NBD'ler su üretiminde olduğu gibi üç grup halinde toplanmıştır. Periyodik olarak su ve NBD'in amaçlandığı stratejilerde daha fazla NBD'ler elde edilirken diğer stratejilerde düşük değerler elde edilmiştir. Ayrıca PS3 ve PSN3 stratejilerinde 4.000.000 tonluk karbon kısıtını sağlayabilmek için önemli miktarda OT alanı ağaçlandırıldığından aynı amaca sahip diğer stratejilere nazaran daha düşük değerler elde edilmiştir.



Şekil 18. 100-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Benzer şekilde koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin 200 yıl olması halinde en yüksek su üretimi suyun ve su NBD'nin amaçlandığı \*RS1, \*RS2, \*RSN1, \*RSN2 stratejilerinde gerçekleşirken su üretim değeri planlama yörüngesi boyunca da azalan bir trend izlememiştir. Ancak minimum karbon kısıtını sağlayabilmek için aynı amaçlara sahip olan RS3 ve RSN3 stratejilerinde yaklaşık 7400 ha OT alanı ağaçlandırıldığından bu değer daha düşük seviyede ve de azalan bir trendde gerçekleşmiştir (Şekil 19).

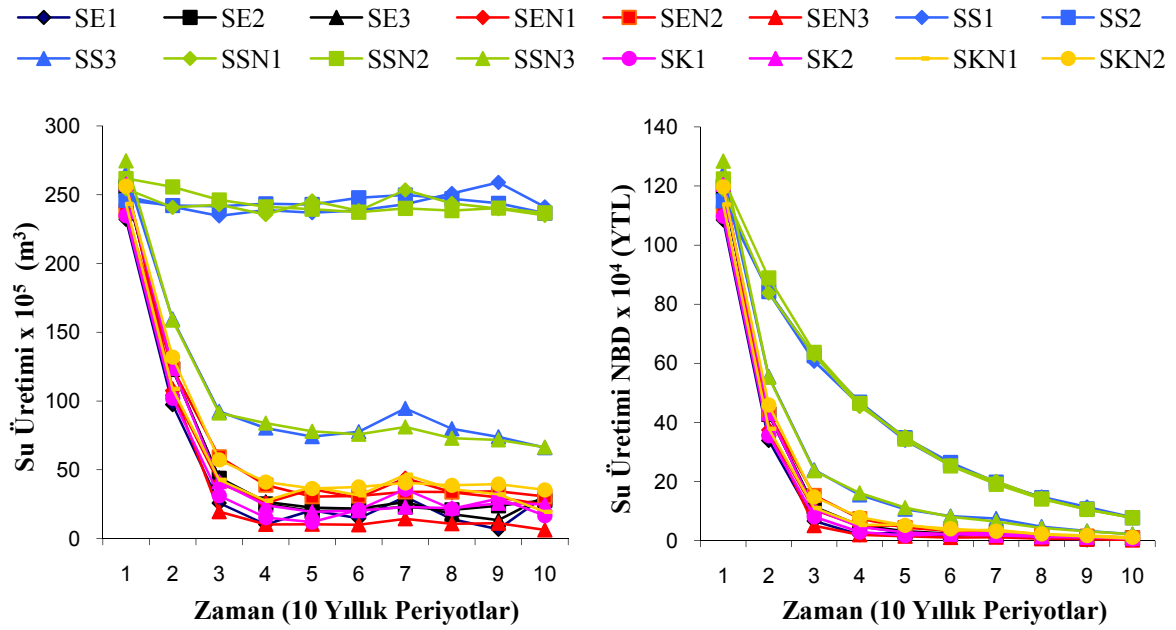
B işletme sınıfındaki idare süresinin 180 ve 200 yıl olarak alınması durumunda, yapılan karşılaştırmada, aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken elde edilen toplam su miktarı \*E3, \*EN1, \*EN2, \*EN3, \*K2 ve \*KN2 stratejilerinde idare süresi uzadıkça artmış diğer stratejilerde ise azalmıştır. Aynı değerlendirme su NBD'si için yapıldığında, \*EN1, \*EN2, \*EN3 ve \*K2 stratejilerinde B işletme sınıfında idare süreleri uzadıkça arttığı gözlenmiştir.



Şekil 19. 100-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

### 3.2.4. 110 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

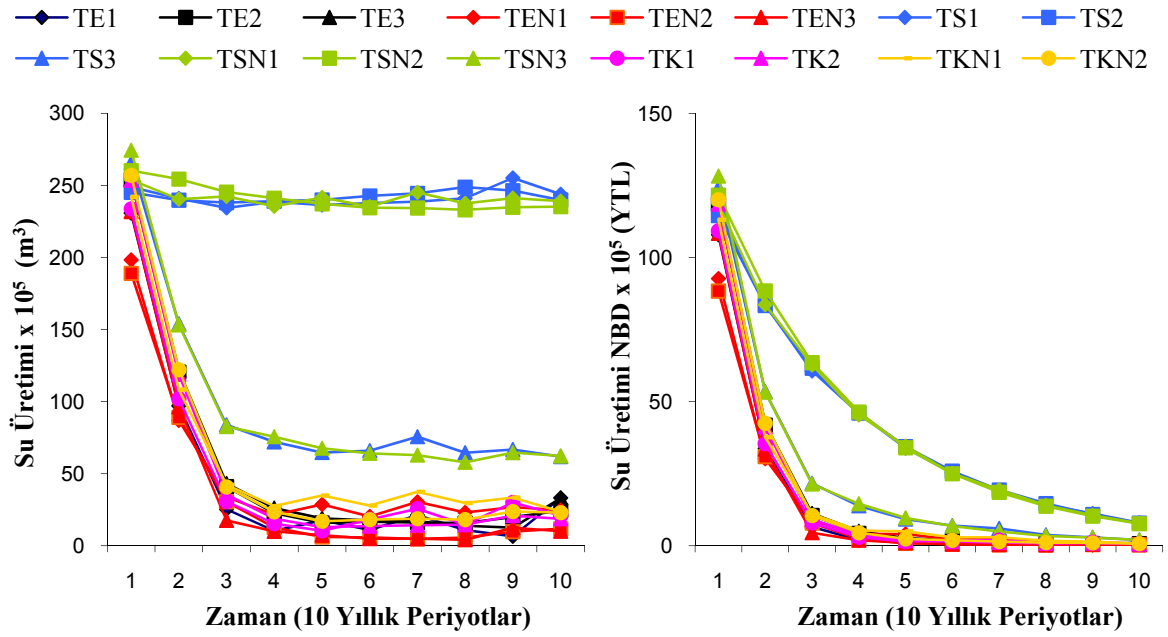
Üretim ve koruma ağırlıklı alanlarda sırasıyla denenen 110 ve 180 yıllık idare süreleri çözüm sonuçları arasında SS2 stratejisi en fazla su üretimini (244.119.076 m<sup>3</sup>) gerçekleştirmiştir. Eta akışının sağlanabilmesi için 431 ha OT alanının ağaçlandırıldığı stratejide ağaçlandırmanın son periyotta yapılması su üretimini etkilememiştir. Su üretimini eniyilemeye çalışan model eta akışını sağlayabilmek için 7. periyoda kadar giderek artan eta seyri göstermiştir. Elde edilen bu etaların büyük bir kısmının gençleştirme etasından oluşması su üretimini olumlu yönde etkilemiştir. SS2 stratejisi su üretimi açısından en yüksek değere ulaşmasına rağmen su NBD sıralamasında 2. sırada kalmıştır. Oysa ki su üretimi sıralamasında SS2'yi çok yakın bir değerle (243.736.560 m<sup>3</sup>) takip eden SSN2 su NBD sıralamasında ilk sırada yer almıştır. Toplamda üretilen eta bakımından pek fark gözlenmeyen bu iki stratejide SS2 stratejisinin ilk periyotlarda üretimi yüksek tutması bu periyotlardaki su üretimi de yükseltmiş ve dolayısıyla doğrudan su NBD'si de etkilenmiştir.



Şekil 20. 110-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Aynı şekilde toplam su üretiminin en düşük değeri verdiği strateji 46.264.867 m<sup>3</sup> ile SEN3 olurken su NBD sinin en düşük değeri verdiği strateji de 16.021.223 YTL ile SE1 olmuştur. SEN3 stratejisinde ortaya çıkan su miktarının düşük olmasının nedeni karbon kısıtının sağlanabilmesi için ilk periyotta 9042 ha kadar OT alanının ağaçlandırılmasıdır. En düşük su NBD yi veren SE1 stratejisinde bu sonucun temel nedeni hem en iyi eta eldesinin sağlanması hem de periyotlar arası eta akışının öngörülmesidir. Bu nedenle model 9046 ha OT alanını ağaçlandırmıştır. Bu da su üretimini olumsuz yönde etkilemiştir (Şekil 20).

B işletme sınıfında 200 yıllık idare süreleri denenmesi durumunda farklı olarak en düşük su üretimi TEN2 stratejisinden sağlanmıştır (Şekil 21). Burada temel olarak etadan elde edilecek NBD'nin eniyilenmesinin amaç olarak benimsenmiş olması ve periyotlar arası %10 eta akışının modelde kısıt olarak yer alması elde edilecek su verimini düşürmüştür. Çünkü model bağlayıcı kısıt olarak verilen eta akışını sağlayabilmek için ilk periyotta 7917 ha OT alanını ağaçlandırmıştır. Ağaçlandırma alanının bu kadar büyük olması ve ağaçlandırma işleminin ilk periyotta yapılması su üretimini olumsuz etkilemiştir.



Şekil 21. 110-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Aynı değerlendirme su NBD si için yapıldığında en fazla NBD'yi TSN2 (42.954.160 YTL) stratejisi verirken en düşük NBD'yi ise TEN2 ( 13.265.285 YTL) vermiştir. Amacın su NBD'yi eniyilemek olan TSN2 stratejisi bağlayıcı kısıt olarak verilen periyotlar arası %10 eta akışını sağlayabilmek için gerçekleştirdiği üretim miktarı ormanın sağlayacağı su üretim miktarını belirlemiştir. İlk periyotlarda fazla eta alınması ve ilerleyen periyotlarda azalan bir eğri çizmesi su üretimini de etkilemiş ve ilerleyen periyotlarda su üretim miktarı azalan grafik çizmiştir. Su miktarının %3 iskonto oranı kullanılarak günümüze indirgenmesi ile elde edilen su NBD si su üretiminde olduğu gibi azalan trend gerçekleştirmiştir. En düşük NBD'nin elde edildiği strateji (13.265.285 YTL- TEN2) de ise 7917 ha OT alanında ve özellikle de ilk periyotta yapılan ağaçlandırmalar su üretiminde olumsuz tablonun gerçekleşmesine neden olduğundan doğrudan su NBD'si de bundan nasibini almıştır.

B işletme sınıfında 180 ve 200 yıllık idare süreleri denenerek elde edilen model sonuçları su üretimi ve su NBD'si açısından kendi aralarında karşılaştırıldığında idare sürelerinin uzatılması halinde toplam su üretimi ve su NBD'si daha düşük değerlerde seyretmiştir. Örneğin, planlama yörüngesi sonunda A işletme sınıfında her yaş sınıfında eşit alan oluşturması içim modeli zorlayan ve en yüksek oranda eta eldesini de amaç olarak gören \*E1 stratejisi ilk seçenekte (SE1) 48.334.921 m<sup>3</sup> su üretilip, 160.212.223 YTL sudan

gelir sağlarken idare süresinin 200 yıla çıkarıldığı ikinci seçenekte (TE1) 46.364.038 m<sup>3</sup> su üretilip 15.759.378 YTL gelir elde etmiştir.

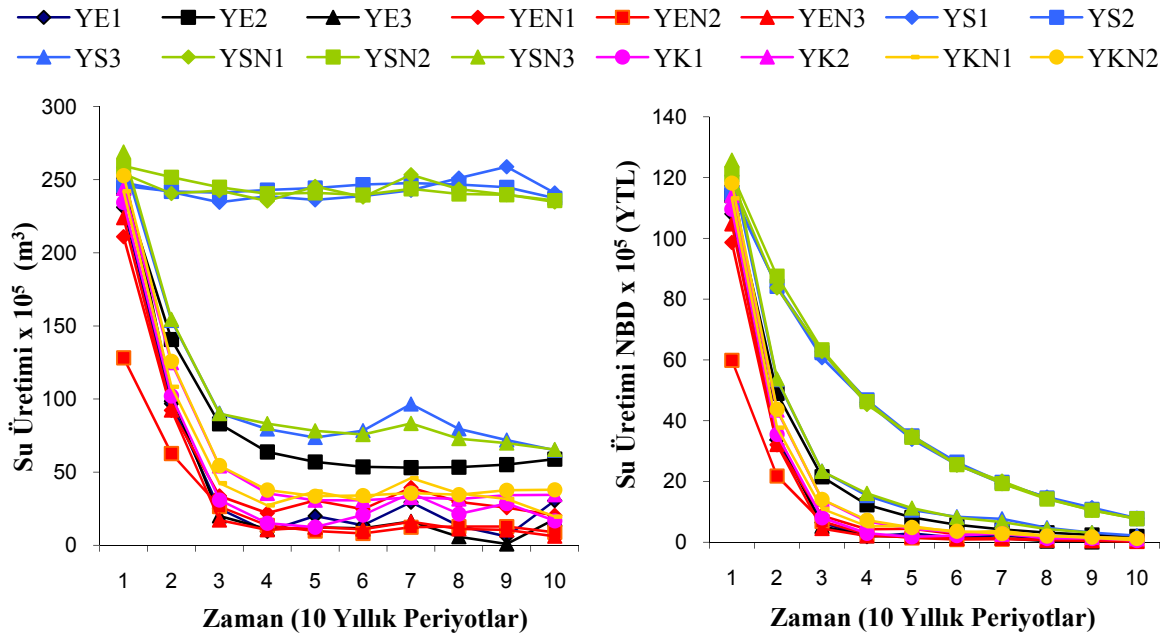
### 3.2.5. 120 Yıllık İdare Sürelerinin Su Üretimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

B işletme sınıfında 180 yıllık idare süresinin denenmesi halinde YS2 stratejisi son periyot dışında OT alanlarının ağaçlandırılmaması nedeniyle en fazla su (243.970.966 m<sup>3</sup>) üreten strateji olmuştur. Bu idare süreleri içinde en fazla su üretimini YS2 stratejisi vermesine rağmen en fazla su NBD sini amacın su NBD'si olarak alındığı YSN2 stratejisi (43.043.314 YTL) sağlamıştır. Bu stratejinin YS2 den farkı amacı su NBD olmasından dolayı ilk periyotlarda daha fazla eta sağlamasıdır. Bu şekilde alanda ilk dönemlerde daha fazla su üretimi sağlanarak su NBD'sinde yüksek değerlere ulaşması sağlanmıştır.

Benzer şekilde en az su üretimi, amacın eta NBD maksimizasyonu olduğu YEN2 (29.573.181 m<sup>3</sup>) stratejisinden elde edilmiştir. Çünkü burada model hem eta NBD sini maksimize etmek için yüksek oranda eta elde etmenin yollarını aramakta hem de eta akış kısıtını sağlamaya çalışmaktadır. Dolayısıyla model etadan elde edilecek NBD'leri eniyileyebilmek için ilk periyotta önemli miktar olan 5215 ha OT alanını ağaçlandırarak su üretiminin düşmesine neden olmuştur.

Tüm stratejilerdeki su üretim değerleri periyotlar itibari ile incelendiğinde temelde iki farklı trendin izlendiği görülmektedir. Buna göre \*YS1, \*YS2, \*YSN1 ve \*YSN2 stratejilerinde amacın su üretimi ve su NBD sini eniyilemek olması sebebiyle planlama yörüngesi boyunca su üretim değerleri yüksek değerlerde ve neredeyse sabitken, diğer stratejilerde düşük seviyelerde ve azalan trend içerisinde yer almıştır (Şekil 22).





Şekil 22. 120-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Su üretimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin 180 yıldan 200 yıla çıkarılması halinde \*E3, \*K2, \*KN2 stratejilerinin daha fazla su üretimi gerçekleştirildiği, \*E1, \*E2, \*S3 ve \*SN3 stratejilerinde daha yüksek su NBD'sinin elde edildiği görülmüştür.

### 3.2.6. Elde Edilen Toplam Su Miktarı ve NBD'lerin Farklı İdare Süreleri Açısından Karşılaştırılması

Aynı amaç ve aynı kısıtların plana dahil edildiği, ancak farklı idare sürelerinin denenmesiyle elde edilen toplam su üretim miktarı sonuçları kıyaslandığında tüm \*E1, \*S1, \*S2, \*S3, \*EN3, \*SN1, \*SN2, \*SN3 ve \*K1 stratejilerinde 80-180 yıllık idare sürelerinde en yüksek miktarda su üretimi sağlanırken, \*EN2, \*S1, \*S2, \*S3, \*SN1 ve \*SN3 stratejilerinde en düşük su üretimi 120-200 yıllık idare süresinin denendiği model sonuçlarında ortaya çıkmıştır. Koruma ağırlıklı işletme sınıfında idare süresinin sabit olması (180) durumunda, üretim ağırlıklı işletme sınıfında farklı idare süreleri denenerek elde edilen model sonuçları kendi aralarında karşılaştırıldığında \*E2 stratejisinde toplam su miktarlarını veren idare sürelerinin büyükten küçüğe doğru sıralaması 120>80>110>90>100 şeklinde olmuştur. \*E3 stratejisinde ise en fazla su miktarı 110 yıllık idare süresinin denendiği SE3 stratejisinden sağlanırken, en düşük miktarda su ise 120 yıllık idare süresinin denendiği YE3 stratejisinden (110>100>80>90>120) elde edilmiştir.

\*EN1, \*KN2 stratejileri arasında toplam su miktarının en fazla değere ulaştığı idare süresi 110 yıl iken en düşük değeri bulduğu strateji 80 yıllık idare süresinin denendiği KS1 stratejisidir (110>120>90>80>100). Benzer karşılaştırma \*EN2 stratejileri arasında yapıldığında toplam su miktarlarının sıralaması tüm idare süreleri arasında 110>80>90>100>120 şeklinde gerçekleşmiştir. Aynı şekilde \*S1, \*S3, \*SN3 stratejisinde toplam su üretim miktarları idare süresi arttıkça azaldığı gözlenmiştir. \*EN3 \*S2, \*SN2 stratejileri arasında su üretim miktarlarının farklı idare sürelerindeki sıralaması 80>90>110>120>100 şeklinde olurken, \*SN1 stratejisindeki sıralama 80>100>90>110>120 şeklinde gerçekleşmiştir. Benzer şekilde \*K1 stratejileri arasında toplam su üretim miktarlarının idare sürelerine göre sıralaması 80>90>120>110>100 şeklinde olurken, \*K2 stratejilerinde 120>80>90>110>100 şeklinde olmuştur. Karbon birikiminden sağlanacak NBD'nin eniyilenmesinin amaçlandığı ve OPA kısıtının söz konusu olduğu \*KN1 stratejileri farklı idare süreleri arasında kıyaslandığında toplam su miktarının değişimi 110>100>90>120>80 şeklinde gerçekleşmiştir.

Tüm stratejiler arasında en fazla su üretimini KS2 stratejisi vermiştir. Burada en fazla su üretimi sağlamaya çalışan strateji eta kısıtı sayesinde en iyi sonucu elde etmiştir. Ayrıca üretim ağırlıklı alanlarda idare süresi 80 olduğundan alan ikinci kez son hasılaya konu olmuş dolayısıyla alanda iki kez göğüs yüzeyi sıfırlanmıştır. Bu da su üretimini olumlu yönde etkilemiştir. Yine tüm stratejiler arasında en düşük su üretimi ZEN2 stratejisi vermiştir. 120-200 yıllık idare sürelerinin denendiği bu stratejide 5193 ha OT alanının ağaçlandırılması bu sonuca neden olmuştur.

Görüldüğü gibi aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken farklı idare sürelerinde su üretimi belirli bir trend izlememektedir. Bunun en önemli nedeni ağaçlandırılan OT alanlarıdır. Bu alanlarının ağaçlandırılması ile artan göğüs yüzeyine bağlı olarak su üretimi düşmüştür. Dolayısıyla ne kadar ve hangi periyotta OT alanının ağaçlandırıldığı su üretimi üzerinde etkili olmuştur (Tablo 20).

Tablo 20. Aynı amaç ve kısıtlara göre farklı idare sürelerindeki toplam Su Üretimi ve NBD

Stratejiler	Toplam Su (m <sup>3</sup> )	Toplam Su NBD (YTL)	Stratejiler	Toplam Su (m <sup>3</sup> )	Toplam Su NBD (YTL)
KE1	<i>59.007.411</i>	<i>18.071.657</i>	KEN1	49.360.111	15.045.287
LE1	53.002.537	17.075.158	LEN1	<i>47.425.173</i>	14.791.511
ME1	48.053.612	16.363.208	MEN1	50.100.959	15.976.008
NE1	46.224.133	16.157.845	NEN1	48.464.453	15.759.107
PE1	48.591.749	16.137.465	PEN1	48.992.515	<i>14.704.700</i>
RE1	47.776.635	16.061.557	REN1	58.571.839	17.753.324
SE1	48.334.921	16.021.223	SEN1	<i>61.209.527</i>	<i>18.123.436</i>
TE1	46.364.038	<i>15.759.378</i>	TEN1	49.420.508	14.783.078
YE1	47.574.514	15.882.112	YEN1	52.965.974	15.742.601
ZE1	<i>46.187.719</i>	16.179.690	ZEN1	50.807.561	15.754.858
KE2	61.085.660	19.143.546	KEN2	40.260.151	13.803.116
LE2	60.225.072	19.040.068	LEN2	38.187.513	13.646.837
ME2	58.062.621	18.799.196	MEN2	40.044.904	14.208.620
NE2	58.479.297	18.937.460	NEN2	39.648.900	14.609.901
PE2	57.799.745	18.956.277	PEN2	38.815.616	13.956.455
RE2	56.733.529	18.861.520	REN2	44.761.311	16.729.255
SE2	58.459.371	18.888.276	SEN2	<i>65.470.380</i>	<i>19.217.090</i>
TE2	<i>54.630.214</i>	<i>18.348.538</i>	TEN2	36.486.931	13.265.285
YE2	<i>86.294.283</i>	<i>22.250.695</i>	YEN2	29.573.181	<i>9.604.093</i>
ZE2	79.760.445	22.200.011	ZEN2	<i>27.721.545</i>	9.779.920
KE3	53.586.092	17.346.483	KEN3	<i>50.068.249</i>	15.753.000
LE3	52.349.875	17.283.077	LEN3	48.237.914	15.514.867
ME3	51.685.787	17.708.840	MEN3	48.065.849	16.152.071
NE3	49.646.502	17.433.477	NEN3	44.477.501	15.404.945
PE3	55.815.158	18.632.215	PEN3	41.079.981	15.427.939
RE3	56.387.390	18.821.053	REN3	44.527.313	<i>17.241.073</i>
SE3	<i>58.206.845</i>	<i>18.907.732</i>	SEN3	46.264.867	17.188.644
TE3	55.799.994	18.591.304	TEN3	<i>39.910.742</i>	15.138.252
YE3	<i>45.424.467</i>	<i>16.781.282</i>	YEN3	41.162.031	<i>14.894.441</i>
ZE3	55.023.672	18.724.425	ZEN3	40.129.600	15.170.148
KS1	<i>246.354.150</i>	42.579.213	KSN1	<i>244.702.250</i>	42.971.872
LS1	244.504.012	42.406.847	LSN1	242.885.334	42.741.746
MS1	245.173.332	42.586.652	MSN1	243.308.168	43.060.684
NS1	243.649.716	42.506.231	NSN1	241.819.040	42.891.892
PS1	243.969.114	42.143.575	PSN1	243.865.274	42.576.626
RS1	242.421.406	42.059.466	RSN1	242.362.654	42.328.763
SS1	243.301.296	41.974.470	SSN1	242.913.464	42.418.514
TS1	241.544.996	<i>41.835.881</i>	TSN1	241.192.340	<i>42.203.309</i>
YS1	243.166.030	41.935.661	YSN1	242.785.144	42.389.935
ZS1	<i>241.510.810</i>	<i>43.204.956</i>	ZSN1	<i>241.146.330</i>	<i>43.861.844</i>
KS2	<i>246.575.294</i>	42.759.842	KSN2	<i>245.640.206</i>	43.117.057
LS2	243.715.866	42.178.623	LSN2	242.661.698	<i>42.654.319</i>
MS2	244.942.936	42.551.880	MSN2	244.315.406	43.138.604
NS2	242.980.768	42.116.847	NSN2	242.138.704	42.798.078
PS2	243.913.170	42.257.949	PSN2	243.509.424	43.296.291
RS2	242.415.276	<i>41.859.278</i>	RSN2	241.288.816	43.020.279
SS2	244.119.076	42.277.704	SSN2	243.736.560	43.263.479
TS2	242.405.552	41.868.747	TSN2	<i>241.047.158</i>	42.954.160
YS2	243.970.966	42.238.156	YSN2	243.652.618	43.043.314
ZS2	<i>242.349.940</i>	<i>43.323.748</i>	ZSN2	241.605.600	<i>44.452.626</i>

Tablo 20'nin devamı

Stratejiler	Toplam Su (m <sup>3</sup> )	Toplam Su NBD (YTL)	Stratejiler	Toplam Su (m <sup>3</sup> )	Toplam Su NBD (YTL)
<b>KS3</b>	<b>137.611.917</b>	<b>29.480.178</b>	<b>KSN3</b>	<b>137.447.911</b>	<b>29.686.656</b>
<b>LS3</b>	129.062.848	28.399.914	<b>LSN3</b>	128.918.070	28.598.343
<b>MS3</b>	133.797.309	29.007.666	<b>MSN3</b>	132.640.848	29.068.518
<b>NS3</b>	124.245.535	27.780.208	<b>NSN3</b>	123.119.848	27.821.769
<b>PS3</b>	106.779.520	25.824.654	<b>PSN3</b>	105.659.597	26.173.258
<b>RS3</b>	98.226.793	24.740.040	<b>RSN3</b>	97.119.717	25.083.853
<b>SS3</b>	106.458.871	25.578.766	<b>SSN3</b>	105.484.312	25.876.572
<b>TS3</b>	97.447.524	<b>24.436.932</b>	<b>TSN3</b>	96.485.808	<b>24.729.946</b>
<b>YS3</b>	105.134.979	25.152.643	<b>YSN3</b>	104.215.079	25.208.501
<b>ZS3</b>	<b>96.174.824</b>	24.658.695	<b>ZSN3</b>	<b>94.461.013</b>	24.944.133
<b>KK1</b>	<b>53.727.535</b>	16.935.943	<b>KKN1</b>	60.089.236	18.355.000
<b>LK1</b>	52.358.609	16.804.605	<b>LKN1</b>	<b>58.682.864</b>	18.189.665
<b>MK1</b>	52.778.556	<b>16.993.948</b>	<b>MKN1</b>	60.936.717	18.881.484
<b>NK1</b>	51.009.954	16.814.388	<b>NKN1</b>	59.588.971	18.768.011
<b>PK1</b>	51.369.509	16.601.581	<b>PKN1</b>	60.994.343	18.258.266
<b>RK1</b>	50.601.697	16.623.301	<b>RKN1</b>	60.130.112	<b>18.133.445</b>
<b>SK1</b>	51.983.034	16.623.740	<b>SKN1</b>	62.584.374	18.464.282
<b>TK1</b>	<b>50.116.022</b>	<b>16.392.871</b>	<b>TKN1</b>	<b>71.492.525</b>	18.200.148
<b>YK1</b>	51.821.962	16.593.329	<b>YKN1</b>	60.675.453	18.347.803
<b>ZK1</b>	50.229.054	16.901.708	<b>ZKN1</b>	62.031.574	<b>18.674.389</b>
<b>KK2</b>	61.661.374	19.282.523	<b>KKN2</b>	61.706.444	19.282.824
<b>LK2</b>	61.125.407	19.244.659	<b>LKN2</b>	59.503.261	18.950.489
<b>MK2</b>	60.770.792	19.309.834	<b>MKN2</b>	61.781.943	19.516.648
<b>NK2</b>	59.447.253	19.156.337	<b>NKN2</b>	58.299.818	19.072.642
<b>PK2</b>	55.536.068	18.673.764	<b>PKN2</b>	56.399.760	18.825.839
<b>RK2</b>	56.643.792	18.993.470	<b>RKN2</b>	<b>54.495.198</b>	<b>18.597.790</b>
<b>SK2</b>	58.271.167	18.898.454	<b>SKN2</b>	<b>71.492.525</b>	20.605.966
<b>TK2</b>	<b>52.123.896</b>	<b>17.947.671</b>	<b>TKN2</b>	56.174.139	18.635.728
<b>YK2</b>	65.308.948	19.316.219	<b>YKN2</b>	68.458.030	19.959.810
<b>ZK2</b>	<b>68.771.427</b>	<b>20.601.211</b>	<b>ZKN2</b>	68.918.801	<b>20.670.779</b>

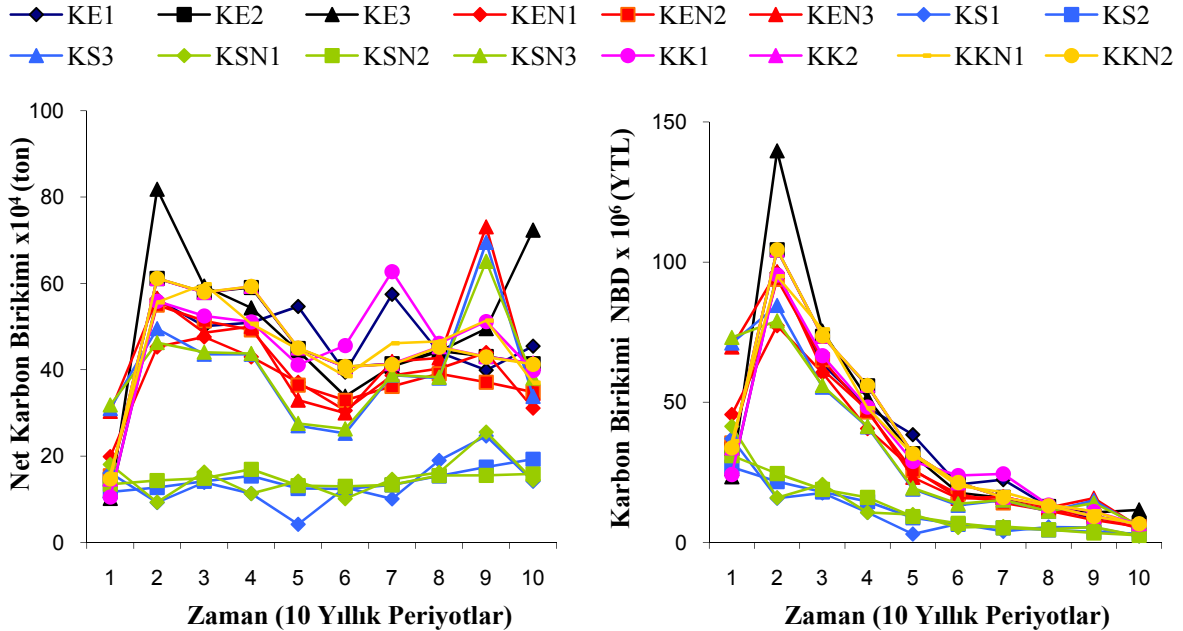
*Mavi* renkli rakamlar en yüksek değeri, *Kırmızı* renkliler ise en düşük değeri göstermektedir

### 3.3. Farklı İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Burada her bir stratejiden elde edilen net karbon birikim miktarı ile NBD'leri üretim işletme sınıfına göre belirlenen idare süreleri için ayrı ayrı ele alınmış ve değerlendirmede koruma işletme sınıfında kullanılan 180-200 yıllık idare sürelerinin sonuçları da bu değerlendirme içerisinde verilmiştir.

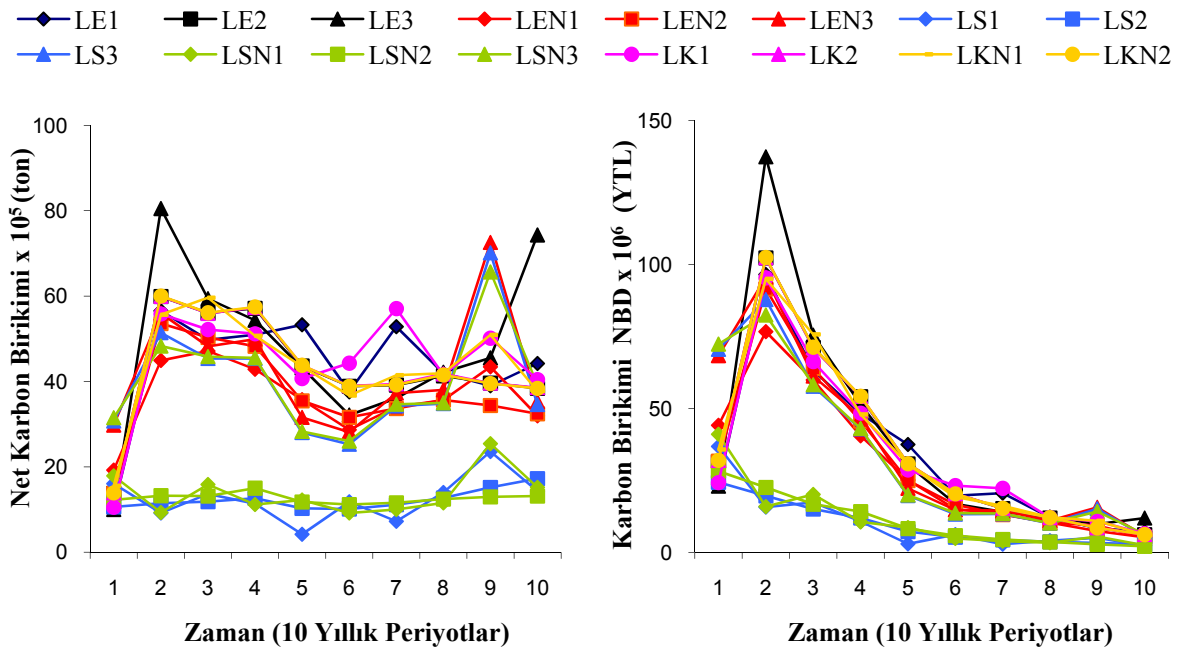
### 3.3.1. 80 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

KE3 stratejisi, idare süresi koruma ağırlıklı alanlarda 180 alınması halinde tüm stratejiler arasında en yüksek oranda karbon birikimini sağlamıştır. Bu strateji ile elde edilen karbon NBD'si de tüm alternatifler arasında en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Etanın eniyilenmeye çalışıldığı KE3 stratejisinde kısıtlayıcı koşul olarak yaş sınıfları alansal dağılımı ya da eta akışı verilmediği için toplam karbon birikimi biyokütle artımına bağlı olarak artmıştır. Bunun yanında toplamda 9046 ha OT alanının ağaçlandırılması karbon birikimini olumlu yönde etkilemiştir. Periyodik olarak karbon birikimleri değerlendirildiğinde en fazla karbon birikimi ikinci periyotta gerçekleştiği görülmektedir. İlerleyen periyotlarda ise önceki periyotlarda elde edilen ürünlerin tuttıkları karbon birikimlerini elde edilen ürün cinsine bağlı olarak atmosfere geri bırakmaları nedeniyle daha düşük çıkmıştır. En düşük karbon birikimi ise 1.354.085 ton ile KS1 stratejisi ile elde edilmiştir (Şekil 23). Amacın su üretimi olması nedeniyle son periyottaki 63 ha alan hariç OT alanlarının ağaçlandırılmaması su üretimi açısından olumlu olurken karbon birikimi açısından olumsuz olmuştur.



Şekil 23. 80-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Benzer şekilde koruma ağırlıklı alanlarda idare süresinin 200 yıl alınması halinde denenen tüm stratejiler arasında en fazla karbon birikimini sağlayan LE3 stratejisi 4.776.132 ton karbon birikimi gerçekleştirmiştir. Yine aynı strateji 382.428.814 YTL ile karbon NBD sıralamasında ilk sıraya yerleşmiştir. Burada 9046 ha kadar OT alanının ağaçlandırılması karbon üretiminde önemli olmuştur. Bu ağaçlandırılan OT alanlarının etkisi ile özellikle de ikinci periyotta daha fazla karbon birikimi sağlanmış ancak ilerleyen periyotlarda emisyon miktarının artmasıyla net karbon birikimi düşmüştür. Alternatif plan seçenekleri arasında LS2 en düşük karbon birikimini ve NBD'sini gerçekleştirmiştir. Su üretiminin amacı oluşturduğu seçenekte son periyot hariç OT alanları ağaçlandırılmayarak amaca ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu durum karbon birikimini negatif şekilde etkilemiştir. Seçenekte ortaya çıkan karbon birikim miktarı 1.233.924 ton iken, NBD'si de 97.662.157 YTL olarak gözlenmiştir (Şekil 24).



Şekil 24. 80-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

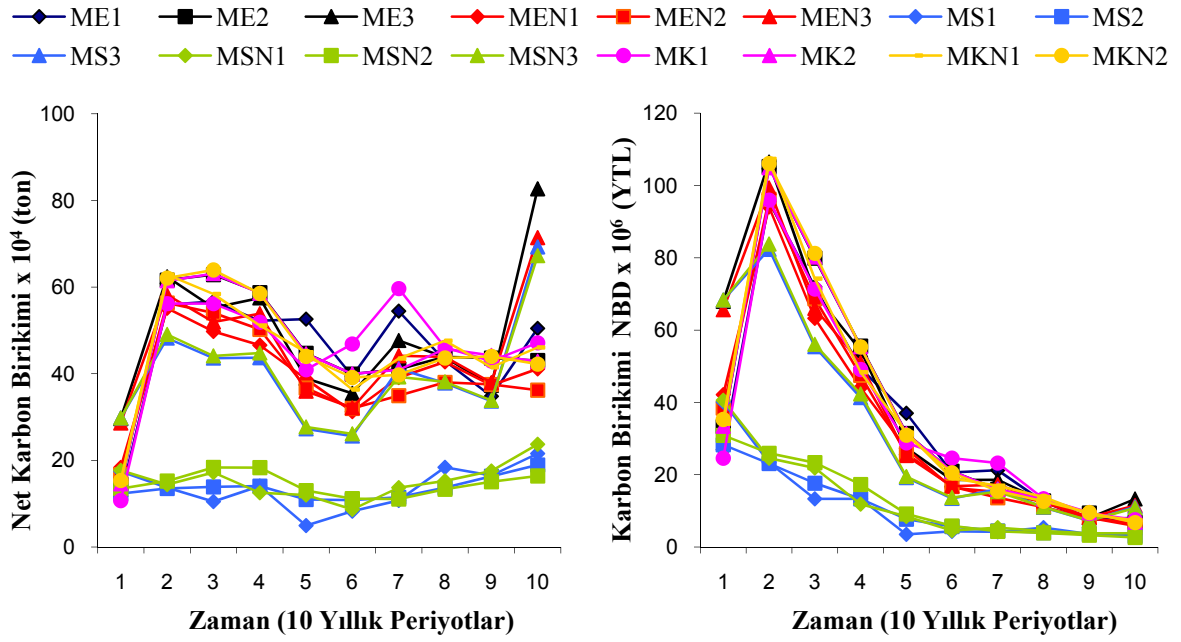
80-180 ile 80-200 yıllık idare süreleri kullanılarak elde edilen model çıktıları kendi aralarında karşılaştırıldığında, en fazla karbon birikimi ve NBD'si \*EN3 stratejisi sayesinde 180 yıllık idare süresinde elde edilirken, en düşük miktarı 200 yıllık idare süresinin denendiği \*S2 stratejisi sağlamıştır. Ayrıca, aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken karbon birikim miktarı tüm stratejilerde B işletme sınıfında idare süresinin uzaması halinde

azalmıştır. Ancak karbondan elde edilen gelirlerin bugüne indirgenmesiyle elde edilen NBD değerleri idare süresinin koruma ağırlıklı alanlarda 200 yıla çıkarılması halinde \*S3 ve \*SN3 stratejileri haricinde tümünde azalmıştır.

### **3.3.2. 90 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri**

Koruma ağırlıklı alanlarda kullanılan her iki idare süresinde de elde edilen sonuçlara göre ME3 (4.904.481 ton/397.881.082 YTL) ve NE3 (4.769.390 ton/389.742.731 YTL) stratejileri en fazla karbon birikimi ve karbon NBD'si sağlamıştır. Her iki stratejide de OPA ve eta akışı gibi bağlayıcı kısıtın olmaması ve 9046 ha OT alanının ilk periyotta ağaçlandırılması net karbon birikiminin eniylenmesine neden olmuştur. Aynı şekilde net karbon birikiminin ve NBD'nin en düşük değere ulaştığı stratejiler MS2 (1.360.198 ton /110.673.944 YTL) ve NS2 (1.205.116 ton / 898.462.412 YTL) olmuştur. Burada amaç ve kısıta bağlı olarak önemli miktarda OT alanının ağaçlandırılmaması ormanların depolayacağı karbon miktarını olumsuz etkilemiştir. Ayrıca net karbon birikiminin tüm stratejiler için periyodik olarak gösterildiği Şekil 25 incelendiğinde MS1, MS2, MSN1 ve MSN2 stratejilerinde OT alanlarının ağaçlandırılmaması nedeniyle düşük miktarlarda ve neredeyse sabit ilerleyen benzer trend izlerken diğer stratejilerde daha fazla karbon birikiminin sağlandığı görülmektedir.

Her bir strateji sonuçları farklı idare süreleri açısından değerlendirildiğinde; toplam karbon birikim değeri idare süresi 200 yıl olması halinde düştüğü tespit edilmiştir. Benzer şekilde aynı değerlendirme karbon NBD'si için yapıldığında, tüm stratejilerde idare süresi koruma ağırlıklı işletme sınıfında 200 olarak alınması halinde düştüğü ancak \*SN3 stratejisinde yükseldiği ortaya çıkmıştır.

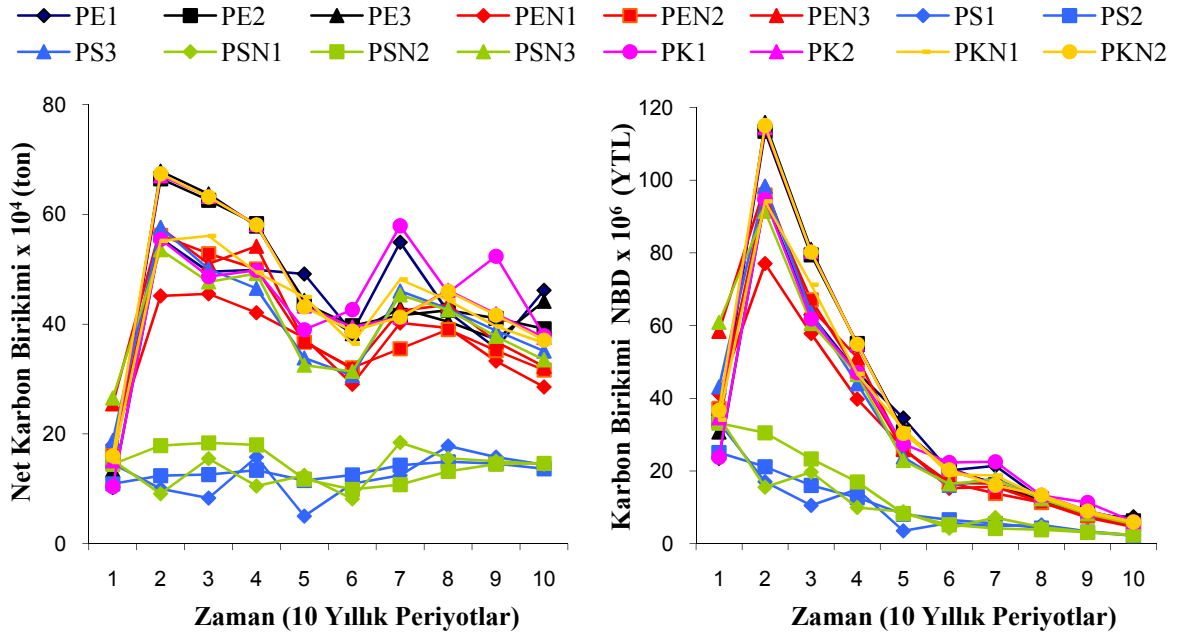


Şekil 25. 90-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

### 3.3.3. 100 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

B işletme sınıfında kullanılan her iki idare süresi için de elde edilen tüm alternatif plan seçenekleri arasında PK2 (4.530.587 ton) ve RK2 (4.415.175 ton) stratejileri en fazla karbon birikimini sağlarken PS1 (1.249.471 ton) ve RS1 (1.154.422 ton) stratejileri en az miktarda karbon birikimini gerçekleştirmiştir. \*K2 stratejilerinde karbon birikiminin fazla çıkmasının nedeni amacın karbon birikimini eniyilemek olması nedeniyle 9042 hektarı ilk periyotta olmak üzere toplam 9046 ha OT alanı ağaçlandırılmasıdır. Benzer şekilde \*S1 stratejilerinde de amacın en fazla su üretimi olması göğüs yüzeyinin düşük tutulmak istenmesi nedeniyle OT alanlarının (son periyot hariç) ağaçlandırılmamasından kaynaklanmaktadır. Bu şekilde açıklık alanların ağaçlandırılmasının karbon birikimi üzerine olumlu etkisi açıkça görülmüştür. Tüm stratejiler arasında periyotlar itibari ile elde edilen net karbon birikim miktarı amacın su ve su NBD'yi eniyilemek olan stratejilerde ağaçlandırılan alanlarla alakalı olarak çok düşük miktarlarda çıktığı gözlenmiştir (Şekil 26-27).

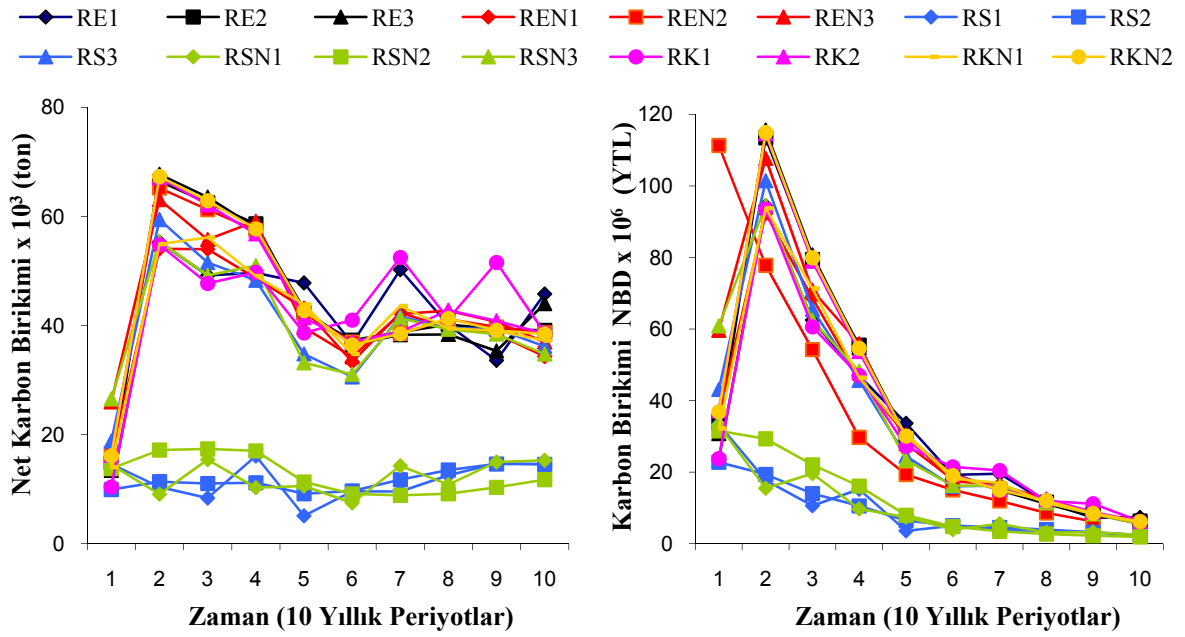




Şekil 26. 100-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Koruma ağırlıklı alanlarda idare süresi 180 olarak alındığında en fazla karbon NBD'si PKN2 (381.842.301 YTL) stratejisinden sağlanmıştır. Bu alternatifte özellikle ilk periyotlarda daha fazla karbon birikimi sağlayarak amaca ulaşılmaya çalışılmıştır. En düşük karbon NBD si ise en düşük karbon birikiminin sağlandığı PS1 stratejisinden elde edilmiştir.

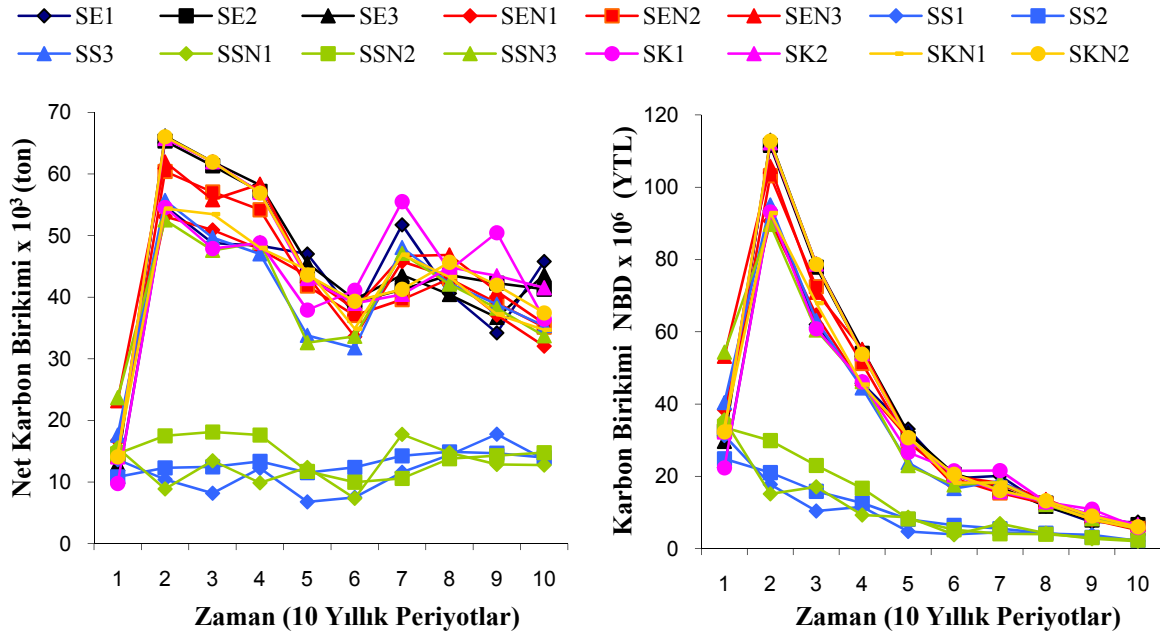
B işletme sınıfında idare süresinin 180 den 200 yıla çıkarılması halinde, tüm stratejiler kendi aralarında karşılaştırıldığında \*EN1, \*EN2, \*EN3 stratejilerinde toplam karbon birikiminin arttığı, karbon NBD'lerin ise \*EN1, \*EN2, \*EN3 ve \*SN3 stratejilerinde arttığı ortaya çıkmıştır.



Şekil 27. 100-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

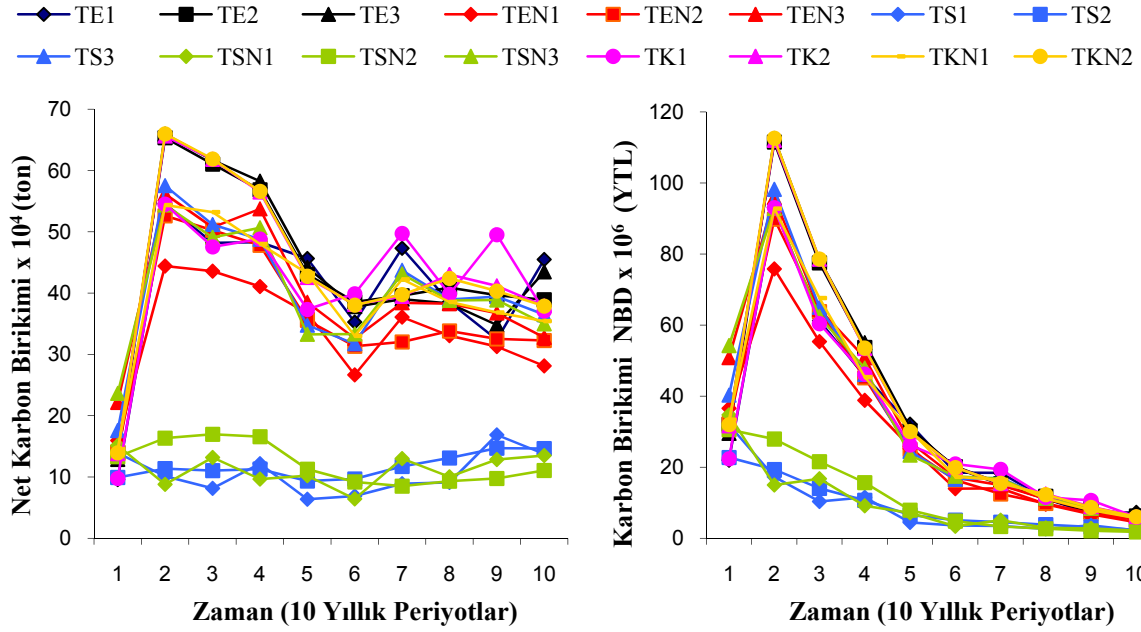
### 3.3.4. 110 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

SK2 ve TK2 stratejileri sırasıyla 4.030.587 ton ve 4.398.992 ton net karbon birikimi ile B işletme sınıfında her iki idare süresi içinde en fazla karbon birikimini gerçekleştiren stratejiler olurken, en az karbon birikimini SS1 ve TS1 stratejilerinden sağlanmıştır. Toplamda 9428 ha olan OT alanlarının 9046 hektarının \*K2 stratejilerinde ağaçlandırılması karbon birikimini arttırmıştır. Benzer şekilde en düşük karbon birikimi su üretiminin amaçlandığı SS1 ve TS1 stratejilerinde gerçekleşmiştir (Şekil 28-29). Burada belirleyici faktör olarak OT alanlarının ağaçlandırılmaması karbon birikim miktarının da düşük değerlerde kalmasına neden olmuştur.



Şekil 28. 110-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Tüm stratejiler arasında karbon NBD açısından büyükten küçüğe sıralama; 381.842.301 ton ile SEN3, 373.208.002 ile SKN2, 372.676.395 ton ile SE3, 372.556.087 ton ile SK2, 371.549.953 ton ile SE2, 350.095.804 ton ile SEN2, 335.372.415 ton ile SSN3, 333.825.505 ton ile SKN1, 330.570.406 ton ile SEN1, 328.356.845 ton ile SS3, 322.885.219 ton ile SE1, 321.912.326 ton ile SK1, 130.139.996 ton ile SSN2, 105.692.248 ton ile SSN1, 104.158.936 ton ile SS2 ve 94.376.915 ton ile SS1 şeklinde olmuştur. En fazla NBD'yi sağlayan SEN3 stratejisinde amaç eta NBD'sinin eniyilenmesi olması nedeniyle ilk periyotta OT alanlarının büyük bir bölümünün ağaçlandırılması ile ilk periyotlardaki karbon birikimi artmıştır. Dolayısıyla ilk periyotlardaki karbon birikim miktarının fazlalığı NBD değerlerinin de yüksek çıkmasına neden olmuştur. B işletme sınıfında idare süresi 200 yıl olduğunda ise karbon NBD sini amaçlayan ve OT alanlarının büyük bir kısmını ilk periyotta ağaçlandıran TKN2 stratejisi en fazla karbon NBD'si sağlamıştır. En az miktarda NBD nin elde edildiği SS1 ve TS1 stratejilerinde amaç su üretimi olması nedeniyle OT alanları ağaçlandırılmamıştır (Şekil 28-29). Ancak OPA kısıtının gerçekleşebilmesi için son periyotta 53 ha kadar OT alanı ağaçlandırılmıştır. Bu şekilde planlama birimi içinde göğüs yüzeyinin düşük tutulması karbon birikimini olumsuz yönde etkilediği gibi karbon NBD'sinin de düşük seviyelerde seyretmesine neden olmuştur.



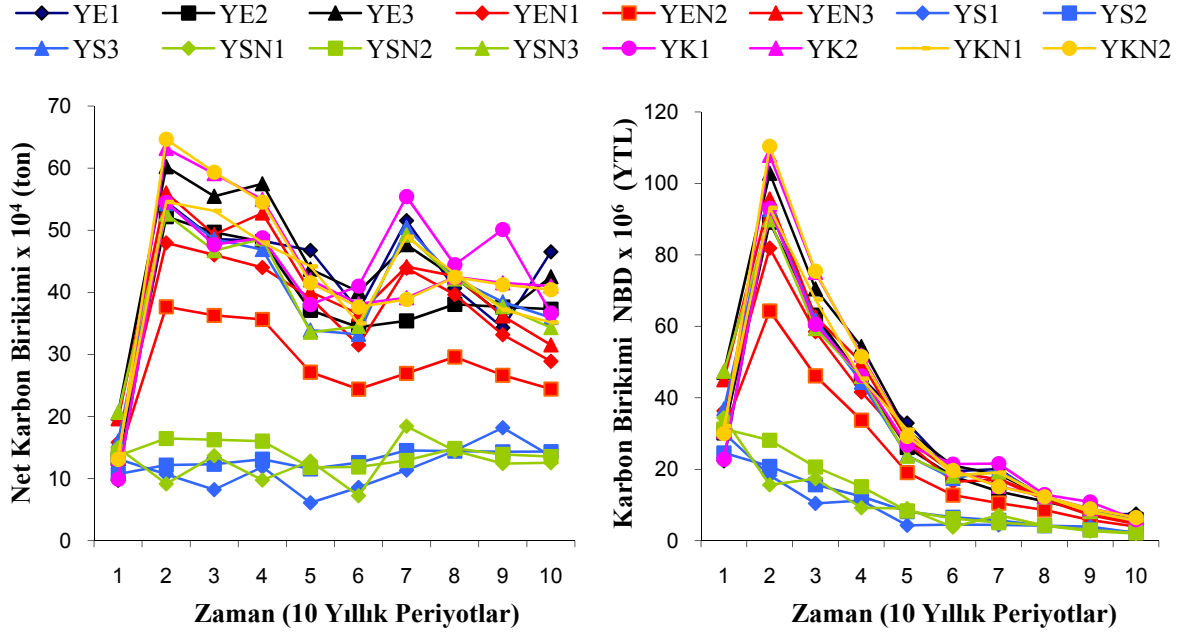
Şekil 29. 110-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Üretim ağırlıklı alanlarda idare süresi sabit iken, koruma ağırlıklı alanlarda bu yaşın 180 den 200 yıla çıkarılması halinde tüm stratejiler için elde edilen toplam karbon birikim miktarı düştüğü görülmektedir. Çünkü orman aktüel haliyle yaşlı orman kuruluşuna sahiptir. Yaşlı meşcerelerde karbon tutma kapasiteleri azalmaktadır. Dolayısıyla yaşlı meşcerelerin alanda çok fazla bekletilmesi karbon birikimini olumsuz etkilemektedir. Benzer şekilde tüm stratejiler için toplam karbon NBD'nin \*S3 ve \*SN3 stratejileri dışında idare süresinin uzamasına bağlı olarak düştüğü gözlenmiştir.

### 3.3.5. 120 Yıllık İdare Sürelerinin Net Karbon Birikimi ve NBD Üzerindeki Etkileri

Koruma ağırlıklı işletme sınıfı içerisinde denenen her iki idare süresi için tüm plan seçenekleri arasında en fazla karbon birikimi 4.464.527 ton ve 4.342.676 ton ile sırasıyla YE3 ve ZE3 stratejilerinden elde edilirken, aynı stratejiler en fazla 371.995.293 YTL ve 361.491.010 YTL ile en fazla karbon NBD sini gerçekleştirmiştir. Bu stratejilerde en fazla karbon birikiminin sağlanılmasının nedeni amaca bağlı olarak ilk periyotta 9042 ha OT alanını ağaçlandırılmasıdır. Ayrıca karbon birikim miktarlarına periyodik olarak

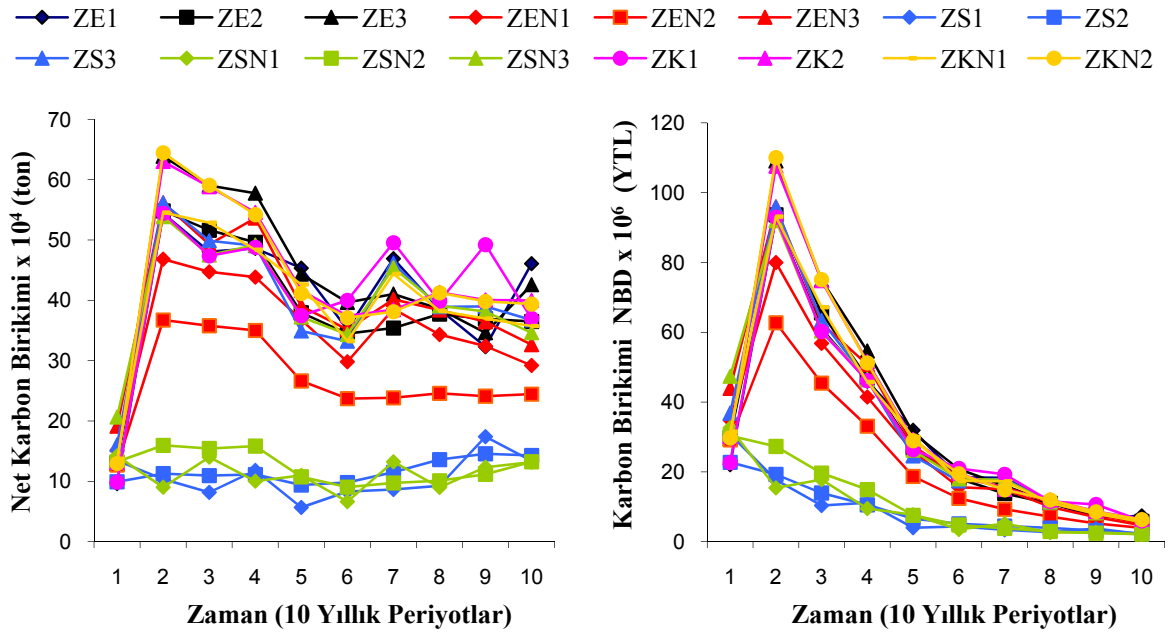
bakıldığında elde edilen ürün çeşidine bağlı olarak atmosfere bırakılan emisyon miktarlarından dolayı dalgalı bir seyir izlediği gözlenmektedir (Şekil 30-31).



Şekil 30. 120-180 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

Benzer şekilde, en düşük karbon birikimini veren stratejiler Şekil 31 ve Şekil 32 incelendiğinde, su üretiminin ya da su NBD'sinin amaçlandığı stratejilerde gerçekleştiği görülmektedir. Çünkü model, su üretimini ya da NBD'sini amaçladığından alanda göğüs yüzeyini düşük tutulmaya çalışılmış ve OT alanları son periyot dışında ağaçlandırılmamıştır. Dolayısıyla bu da karbon birikimini olumsuz etkilemiştir. Ancak amaç aynı (su ve su NBD) olmasına rağmen kısıtın eşik düzeyde karbon birikimi olduğu S3 ve SN3 stratejilerinde önemli miktarda OT alanı ağaçlandırıldığından periyodik olarak karbon birikim trendi daha üst seviyede ve dalgalı seyirde gerçekleşmiştir.

120-180 ve 120-200 yıllık idare süreleri kullanılarak elde edilen toplam karbon miktarları tüm stratejiler için karşılaştırıldığında idare süresinin uzamasıyla neredeyse tüm stratejilerde toplam karbon miktarının azaldığı, ancak toplam karbon NBD'sinin \*E2, \*S3 ve \*SN3 haricindeki tüm stratejilerde azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 31. 120-200 yıllık idare süreleri ve plan stratejilerine göre *Net Karbon Birikimi* (solda) ve *NBD*'ler (sağda)

### 3.3.6. Elde Edilen Toplam Net Karbon Birikimi ve NBD'nin Farklı İdare Süreleri Açısından Karşılaştırılması

Toplam karbon ve karbon NBD'nin aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken tüm \*S2, \*SN2, \*E3 stratejilerinde en büyük değerini 80-180 yıllık idare sürelerinde verirken, en düşük değerleri 120-200 yıllık idare sürelerinde vermiştir. Yani meşcereler yaşlanmaya bırakıldıkça bünyelerinde depolayabildikleri karbon miktarı azalmaktadır. Aynı amaç ve kısıtlar dahilinde üretim ağırlıklı alanlarda farklı idare sürelerinin uygulandığı tüm stratejilerde farklılık olmakla beraber, genellikle idare süresinin uzamasıyla yaşanan meşcerelerin artımlarında meydana gelen azalmadan dolayı karbon depolama kapasitelerinin azalmasına bağlı olarak elde edilen net karbon birikim miktarı düşmektedir. Buna göre \*E3, \*S2, \*SN2 stratejisinde idare süresi uzadıkça karbon birikim miktarının düştüğü gözlenirken, \*EN1 stratejisinde karbon birikim miktarı farklı idare sürelerinde sıralama 110>90>80>120>100 şeklinde gözlenmiştir. \*EN2 stratejisinde ise sıralama 110>90>80>100>120 şeklinde gerçekleşirken, \*EN3 stratejisinde bu sıralama 90>110>80>100>120 şeklinde gerçekleşmiştir. \*S1, alternatifinde en fazla karbon birikimi 90 yıllık idare süresinin denendiği model sonuçlarında elde edilirken, en düşük miktarda karbon ise 120 yıllık idare süresi (90>80>100>120>110) sonuçlarında ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, \*E1, \*SN1, \*K1 ve \*KN1 stratejilerinde toplam net karbon birikiminin

farklı idare sürelerindeki sıralaması 90>80>100>110>120 şeklinde gözlenirken; \*E2 ve \*K2 stratejilerinde 90>100>110>80>120 şeklinde gözlenmiştir (Tablo 21).

Tablo 21. Aynı amaç ve kısıtlara göre farklı idare sürelerinde toplam Karbon ve NBD'ler

Stratejiler	Toplam Karbon (ton)	Toplam Karbon NBD (YTL)	Stratejiler	Toplam Karbon (ton)	Toplam Karbon NBD (YTL)
KE1	4.487.140	342.005.184	KEN1	3.774.811	307.397.960
LE1	4.363.546	336.845.971	LEN1	3.636.444	299.474.553
ME1	<b>4.512.720</b>	<b>350.677.306</b>	MEN1	4.001.098	329.346.615
NE1	4.387.744	344.910.293	NEN1	3.857.720	319.671.313
PE1	4.317.688	331.878.881	PEN1	3.585.738	296.280.664
RE1	4.185.791	325.967.440	REN1	4.036.501	<b>332.709.509</b>
SE1	4.182.639	322.885.219	SEN1	<b>4.038.055</b>	330.570.406
TE1	4.052.327	316.438.526	TEN1	<b>3.368.698</b>	<b>281.214.029</b>
YE1	4.180.582	321.942.420	YEN1	3.700.161	302.633.721
ZE1	<b>4.050.233</b>	<b>316.095.189</b>	ZEN1	3.516.500	291.140.602
KE2	4.485.183	364.991.572	KEN2	3.875.969	323.014.511
LE2	4.278.529	352.036.454	LEN2	3.693.071	310.371.263
ME2	<b>4.539.941</b>	371.326.083	MEN2	3.927.516	331.866.770
NE2	4.386.701	362.213.517	NEN2	3.871.850	327.611.903
PE2	4.498.858	<b>377.237.319</b>	PEN2	3.854.463	328.052.050
RE2	4.393.686	372.968.541	REN2	<b>4.375.779</b>	334.074.479
SE2	4.489.740	371.549.953	SEN2	4.214.046	<b>350.095.804</b>
TE2	4.378.110	367.406.842	TEN2	3.622.409	307.016.055
YE2	<b>3.830.911</b>	<b>310.952.970</b>	YEN2	2.821.683	235.511.183
ZE2	3.881.552	319.362.783	ZEN2	<b>2.675.784</b>	<b>227.116.507</b>
KE3	<b>4.907.043</b>	389.677.228	KEN3	4.406.369	364.087.506
LE3	4.776.132	382.428.814	LEN3	4.267.689	356.151.730
ME3	4.904.482	<b>397.381.082</b>	MEN3	<b>4.580.202</b>	373.488.713
NE3	4.769.390	389.742.731	NEN3	4.300.586	355.078.819
PE3	4.500.175	376.880.070	PEN3	4.119.398	357.534.517
RE3	4.380.674	371.924.460	REN3	4.402.609	<b>383.287.016</b>
SE3	4.487.022	372.676.395	SEN3	4.509.821	381.781.521
TE3	4.361.951	367.061.631	TEN3	<b>4.000.000</b>	345.280.025
YE3	4.464.527	371.995.294	YEN3	4.086.973	342.839.132
ZE3	<b>4.342.676</b>	<b>361.491.010</b>	ZEN3	<b>4.000.000</b>	<b>338.783.072</b>
KS1	1.354.085	107.746.354	KSN1	1.500.904	122.216.154
LS1	1.254.522	104.063.453	LSN1	1.378.922	116.279.666
MS1	<b>1.361.357</b>	<b>114.397.274</b>	MSN1	<b>1.526.534</b>	<b>129.131.030</b>
NS1	1.268.768	111.489.687	NSN1	1.404.682	122.922.634
PS1	1.249.471	100.884.278	PSN1	1.343.329	110.245.145
RS1	1.154.422	98.417.376	RSN1	1.224.683	103.581.353
SS1	1.160.951	94.376.915	SSN1	1.254.651	105.692.248
TS1	<b>1.062.090</b>	91.062.054	TSN1	1.126.842	98.994.699
YS1	1.162.176	93.529.218	YSN1	1.254.572	105.447.349
ZS1	1.063.689	<b>90.268.982</b>	ZSN1	<b>1.125.757</b>	<b>98.959.266</b>

Tablo 21'in devamı

Stratejiler	Toplam Karbon (ton)	Toplam Karbon NBD (YTL)	Stratejiler	Toplam Karbon (ton)	Toplam Karbon NBD (YTL)
KS2	1.443.527	112.906.177	KSN2	1.461.144	122.048.760
LS2	1.233.924	97.662.157	LSN2	1.269.329	108.921.505
MS2	1.360.198	110.673.944	MSN2	1.452.724	126.478.387
NS2	1.205.116	98.462.412	NSN2	1.275.013	113.866.435
PS2	1.307.104	104.708.492	PSN2	1.433.124	130.895.438
RS2	1.166.106	92.111.609	RSN2	1.257.523	121.891.135
SS2	1.306.383	104.158.936	SSN2	1.430.306	130.139.996
TS2	1.167.451	92.295.037	TSN2	1.223.488	118.343.606
YS2	1.300.966	103.370.267	YSN2	1.412.894	124.243.634
ZS2	1.164.381	92.011.289	ZSN2	1.244.457	115.700.341
KS3	4.000.000	330.937.471	KSN3	4.000.000	328.978.766
LS3	4.000.000	335.896.812	LSN3	4.000.000	333.646.494
MS3	4.000.000	325.239.425	MSN3	4.000.000	328.023.324
NS3	4.000.000	329.693.980	NSN3	4.000.000	331.421.480
PS3	4.000.000	333.087.067	PSN3	4.000.000	342.159.742
RS3	4.000.000	338.044.189	RSN3	4.000.000	346.925.894
SS3	4.000.000	328.356.845	SSN3	4.000.000	335.372.415
TS3	4.000.000	333.267.510	TSN3	4.000.000	340.092.118
YS3	4.000.000	322.699.948	YSN3	4.000.000	329.170.092
ZS3	4.000.000	327.889.388	ZSN3	4.000.000	333.114.373
KK1	4.565.811	342.594.217	KKN1	4.461.593	355.056.912
LK1	4.439.415	337.598.698	LKN1	4.338.536	349.591.358
MK1	4.586.186	347.695.870	MKN1	4.473.243	361.740.042
NK1	4.461.292	342.645.099	NKN1	4.351.240	356.354.310
PK1	4.398.046	330.300.911	PKN1	4.255.212	342.915.568
RK1	4.261.086	323.326.891	RKN1	4.120.755	335.486.709
SK1	4.268.278	321.912.326	SKN1	4.119.763	333.825.505
TK1	4.139.119	316.587.845	TKN1	3.993.849	328.054.752
YK1	4.265.197	321.849.141	YKN1	4.131.066	332.634.094
ZK1	4.135.256	316.572.692	ZKN1	4.007.551	327.059.223
KK2	4.498.630	365.758.790	KKN2	4.496.062	365.997.211
LK2	4.291.176	352.822.850	LKN2	4.288.455	353.167.334
MK2	4.559.949	371.756.884	MKN2	4.526.035	373.643.312
NK2	4.397.952	362.361.841	NKN2	4.311.328	365.085.582
PK2	4.530.587	379.942.042	PKN2	4.524.618	381.842.301
RK2	4.415.175	375.259.604	RKN2	4.403.931	376.851.839
SK2	4.510.532	372.556.087	SKN2	4.482.553	373.208.002
TK2	4.398.992	368.251.979	TKN2	4.395.065	369.216.289
YK2	4.347.228	357.920.638	YKN2	4.337.874	359.120.390
ZK2	4.283.653	354.902.688	ZKN2	4.275.058	356.104.651

Mavi renkli rakamlar en yüksek değeri, Kırmızı renkliler ise en düşük değeri göstermektedir

### 3.4. Farklı İdare Sürelerinin Alan Dağılımı Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Tüm idare süreleri için oluşturulan on altı stratejiden sadece altısı (\*E1, \*EN1, \*S1, \*SN1, \*K1, \*KN1) A işletme sınıfı içinde alan kontrolüne dayanmaktadır. Dolayısıyla her

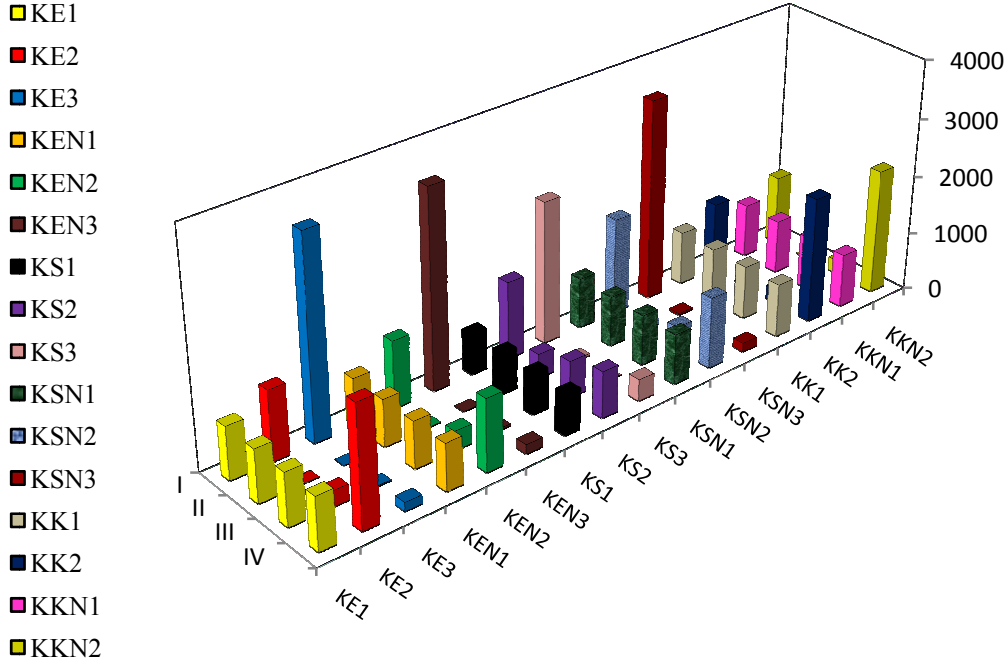


bir idare süresinde ve sadece A işletme sınıfı için geliştirilen alan kontrol stratejilerinde öngörülen 100 yıllık planlama yörüngesi sonunda her yaş sınıfında eşit büyüklükte alan oluşmuştur. Ancak aynı stratejiler içerisinde B işletme sınıfı için alan kontrol kısıtının olmaması nedeniyle planlama yörüngesi sonunda eşit büyüklükte yaş sınıfları oluşmamıştır. Benzer şekilde alan kontrol kısıtının yer almadığı aksine hacim kontrolünün modele kısıt olarak verildiği tüm \*E2, \*EN2, \*S2, \*SN2, \*K2, \*KN2 stratejileri ile eşik düzeyde karbon kısıtının yer aldığı tüm \*E3, \*EN3, \*S3, \*SN3 plan stratejilerinde planlama yörüngesi sonunda her yaş sınıfında eşit büyüklükte alan oluşmamıştır.

### **3.4.1. (80-180) Yıllık İdare Sürelerinde Üretim İşletme Sınıfında Planlama Yörüngesi Sonunda Yaş Sınıfları Dağılımı**

Üretim ağırlıklı işletme sınıfında alan kontrolüne dayanan KE1, KEN1, KS1, KSN1, KK1 ve KKN1 stratejilerinde 100 yıllık planlama yörüngesi sonunda her yaş sınıfında eşit büyüklükte alan oluşmuştur (Şekil 32). Ancak bu stratejilerden her birinde amaca bağlı olarak farklı büyüklükte OT alanının ağaçlandırılması farklı büyüklükte OPA alanlarının oluşmasına neden olmuştur. Örneğin eta amacının ön plana çıktığı KE1 stratejisinde her yaş sınıfında 909 ha alan oluşurken, su üretiminin en iyilenmeye çalışıldığı KS1 stratejisinde ise 710 ha alan oluşmuştur. Ancak diğer stratejilerde modele yer alan eta akışı ya da eşik düzeyde karbon birikim kısıtları planlama yörüngesi sonunda eşit büyüklükte optimal periyodik alan oluşumunu engellemiştir. Özellikle karbon kısıtının yer aldığı stratejilerde (KE3, KEN3, KS3, KSN3) alanın daha çok birinci yaş sınıfında yığıldığı görülmektedir. Burada planlama yörüngesi uzunluğunun 100 yıl ve idare süresinin 80 olması nedeniyle model istenilen amaçları gerçekleştirebilmek için ilk periyotlarda alanı gençleştirme yoluna gitmiştir. Bu şekilde ilk periyotta gençleştirilen alanlar planlama yörüngesi sonuna gelinceye kadar tekrar idare süresine ulaştıklarından 9. ve 10. periyotlarda yeniden gençleştirilmiştir. Ayrıca ilk yaş sınıfında en fazla yığılma KE3 stratejisinde ortaya çıkmıştır. Model en fazla eta üretimini gerçekleştirebilmek için 2448 ha alanı hem ilk iki periyotta hem de 9. periyotta gençleştirmiştir. Dolayısıyla 9. periyottaki bu müdahale alanın ilk yaş sınıfında çıkmasına neden olmuştur. Benzer şekilde eta akışının öngörüldüğü stratejilerde (KE2, KEN2, KS2, KSN2, KK2, KKN2) ise planlama yörüngesi sonunda alanın ilk ve son yaş sınıfında yığıldığı ortaya çıkmıştır. İlk yaş sınıfındaki yığılmanın nedeni son iki periyotta yapılan gençleştirmeler olurken son yaş sınıfındaki

yığılmanın nedeni ise ilk iki periyottaki gençleştirmeler ya da müdahale edilmeyip yaşlanmaya bırakılan alanlardır.

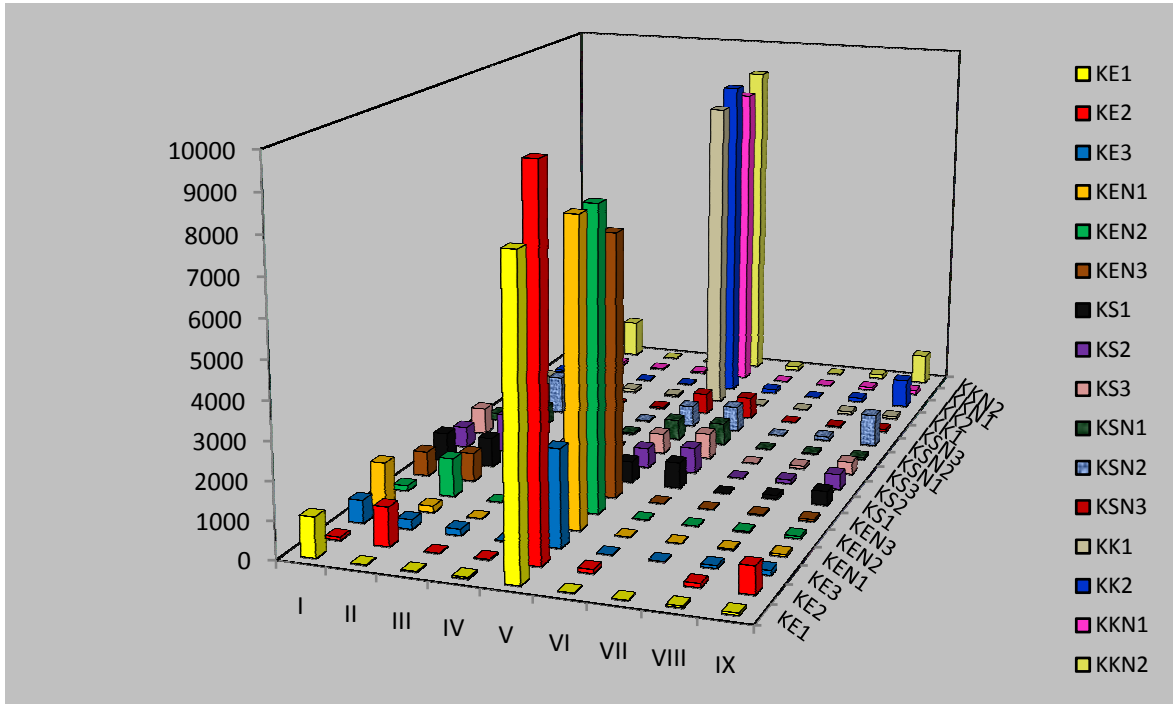


Şekil 32. 80-180 yıllık idare süresinde Üretim ağırlıklı işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları dağılımı

### 3.4.2. (80-180) Yıllık İdare Sürelerinde Koruma İşletme Sınıfında Planlama Yörüngesi Sonunda Yaş Sınıfı Dağılımı

Koruma ağırlıklı işletme sınıfında alan kontrolü öngörülmemiştir. Dolayısıyla üretim ağırlıklı işletme sınıfı için alan kontrolünün istendiği KE1, KEN1, KS1, KSN1, KK1 ve KKN1 stratejilerinde B işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda eşit alan oluşturulmamıştır. Ayrıca koruma ağırlıklı işletme sınıfının aktüel yapısına bakıldığında, ikinci yaş sınıfında alanın mevcut olmaması planlama yörüngesi sonunda yedinci yaş sınıfında alan oluşmamasına neden olmuştur. Şekil 33'e bakıldığında, alanın hemen hemen tamamının beşinci yaş sınıfında yığıldığı görülmektedir. Özellikle amacın eta, eta NBD'si, karbon ve karbon NBD olduğu stratejilerde (KE1, KE2, KE3, KEN1, KEN2, KEN3, KK1, KK2, KKN1, KKN2) alanın beşinci yaş sınıfında yığıldığı ancak amacın su ve su NBD si olduğu stratejilerde (KS1, KS2, KS3, KSN1, KSN2, KSN3) ise alanın belli bir yerde yığılma göstermediği görülmektedir. Çünkü model stratejilerin amaçlarına bağlı olarak gerek etayı ve NBD'yi gerekse de karbon ve NBD'yi en iyileyebilmek için ilk periyotlarda fazla miktarda OT alanını ağaçlandırmıştır. Özellikle de ağaçlandırılan bu alanlar 100

yıllık projeksiyonda koruma ağırlıklı alanlarda öngörülen 180 yıllık idare sürelerine ulaşamadıkları için gençleştirilememişler ve 5. yaş sınıfında yığılmaya neden olmuşlardır. Ayrıca bu stratejilerde 1. ve 2. yaş sınıfında da fazla alan oluşmuştur. Bunun sebebi ise biyokütle artımının fazla olduğu son dört periyotta alana müdahale edilerek fazla miktarda eta, karbon ya da NBD sağlanmasıdır. Ancak yaş sınıflarındaki toplam alan miktarları incelendiğinde su üretimi ve NBD'nin amaçlandığı stratejilerde çok daha az miktarda alan olduğu görülmektedir. Çünkü su ve su NBD'nin eniyilenmesinin amaç olduğu stratejilerde (KS3 hariç) alanda göğüs yüzeyini düşük tutabilmek için çok az miktarda OT alanı ağaçlandırıldığından 5. yaş sınıfında çok fazla yığılma olmamıştır. Kurulan tüm modeller 100 yıllık projeksiyon için geliştirildiğinden, 100 yıl içinde idare süresini doldurarak müdahale edilebilen tüm alanlar ilk 5 periyotta yerini almıştır. Ancak bu süre içerisinde idare süresini dolduramayan veya doldurduğu halde müdahale yapılması öngörülme alanlar 6., 7., 8. ve 9. yaş sınıflarını oluşturmuşlardır. Yani beşinci yaş sınıftan sonraki yaş sınıfları (6.,7.,8.,9.) planlama periyodu boyunca hiçbir şekilde gençleştirme yapılmayan alanları göstermektedir. Özellikle de su ve NBD sinin amaçlandığı stratejilerde (KS1, KS2, KS3, KSN1, KSN2, KSN3) 6. 8. ve 9. periyotlarda planlama yörüngesi boyunca gençleştirilmediği için bekleyen fazlaca alan bulunmaktadır (Tablo 23).



Şekil 33. 80-180 yıllık idare sürelerinde Koruma ağırlıklı işletme sınıfında planlama yörüngesi sonunda yaş sınıfları dağılımları

Tablo 22. Üretim ağırlıklı alanlarda (80-180) yıllık idare sürelerinde her bir stratejide doğal yolla gençleştirilen alanlar (ha)

Periyotlar	KE1	KE2	KE3	KEN1	KEN2	KEN3	KS1	KS2	KS3	KSNI	KSN2	KSN3	KK1	KK2	KKNI	KKN2
1	448,0	502,0	448,0	724,6	481,7	2520,4	667,0	434,7	2607,3	800,8	542,4	2663,8	494,2	502,2	819,3	501,3
2	346,6	667,0	2400,0	81,4	659,8	317,6	44,2	571,1	252,4	57,8	606,5	186,2	188,0	657,6	89,3	661,9
3	415,3	1139,3	143,2	789,9	941,4	146,3	385,0	354,6	131,5	675,1	766,4	141,2	711,4	1224,5	890,8	1188,4
4	0,0	305,1	0,0	9,7	289,9	7,5	191,1	295,9	0,0	48,3	302,3	0,0	0,0	265,2	0,0	293,7
5	909,3	139,1	0,0	793,7	220,5	0,0	61,8	306,7	0,0	833,6	210,3	0,0	212,3	159,5	808,8	135,9
6	0,0	127,8	12,8	0,0	109,2	30,0	636,3	322,9	12,8	11,8	170,3	12,8	513,4	76,8	0,0	101,6
7	888,7	0,0	0,0	226,9	0,0	0,0	66,5	146,7	24,7	268,2	14,2	24,7	909,3	0,0	420,4	0,0
8	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	643,8	263,1	0,0	0,0	83,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Toplam</b>	<b>3028,6</b>	<b>2880,4</b>	<b>3028,6</b>	<b>2626,2</b>	<b>2702,5</b>	<b>3021,8</b>	<b>2695,7</b>	<b>2695,7</b>	<b>3028,6</b>	<b>2695,7</b>	<b>2695,7</b>	<b>3028,6</b>	<b>3028,6</b>	<b>2885,7</b>	<b>3028,6</b>	<b>2882,8</b>

Tablo 23. Koruma ağırlıklı alanlarda (80-180) yıllık idare sürelerinde her bir stratejide doğal yolla gençleştirilen alanlar (ha)

Periyotlar	KE1	KE2	KE3	KEN1	KEN2	KEN3	KS1	KS2	KS3	KSNI	KSN2	KSN3	KK1	KK2	KKNI	KKN2
1	1400,3	1400,3	1387,8	597,9	1100,8	585,5	547,1	535,0	1349,6	560,9	560,9	1362,1	1389,2	1401,6	1401,6	1401,6
2	14,0	14,0	0,0	14,0	14,0	14,0	26,5	0,0	0,0	14,0	14,0	0,0	26,5	14,0	14,0	14,0
3	10,9	10,9	37,4	9,5	9,5	22,0	0,0	0,0	36,0	9,5	3,3	23,6	9,5	9,5	9,5	9,5
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3	4,5	0,0	6,2	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
5	138,2	138,2	138,2	146,8	102,2	138,2	15,8	12,7	46,9	146,8	142,8	90,6	83,1	115,8	146,8	146,8
6	111,9	111,9	111,9	111,9	147,9	111,9	22,2	82,3	143,2	111,9	79,5	126,4	107,1	142,9	111,9	111,9
7	502,3	334,5	502,3	498,9	348,4	498,9	228,4	413,2	570,9	502,3	503,9	544,0	570,9	436,8	502,3	431,5
8	0,0	493,4	0,0	302,2	425,2	302,2	636,4	602,6	302,2	302,2	338,4	302,2	302,2	367,7	302,2	372,5
9	0,0	0,0	0,0	357,6	0,0	357,6	583,9	334,8	363,4	363,4	0,0	363,4	363,4	0,0	363,4	0,0
10	747,8	0,0	747,8	121,9	0,0	121,9	130,3	139,1	125,8	130,3	17,8	125,8	125,8	0,0	125,8	0,0
<b>Toplam</b>	<b>2925,5</b>	<b>2503,3</b>	<b>2925,5</b>	<b>2160,8</b>	<b>2148,0</b>	<b>2152,2</b>	<b>2190,6</b>	<b>2140,0</b>	<b>2942,6</b>	<b>2141,5</b>	<b>1666,9</b>	<b>2942,6</b>	<b>2977,7</b>	<b>2488,5</b>	<b>2977,7</b>	<b>2487,9</b>

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, geçmişte ormana yapılan düzensiz müdahaleler neticesinde yapısı ve coğrafi dağılımı bozulan hatta parçalanmış (fragmentation) orman ekosisteminin iyileştirilmesine yönelik uzun vadeli stratejik ve orta vadeli taktiksel amenajman planının yapım süreci ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ekolojik, ekonomik ve sosyo kültürel değerlerin dikkate alındığı bu planlamada, henüz geliştirilmekte olan *ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama* yaklaşımının Ardahan Yalnızçam Planlama Biriminde örnek bir uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, planlama biriminin odun, su ve net karbon birikim miktarları ile bunların NBD matrisleri sayısal olarak ortaya konulmuştur. Doğrusal programlama tekniği kullanılarak planlama stratejileri oluşturulmuş ve *ekonomik ölçütler* de kullanılarak en uygun stratejiler belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada farklı *teknik idare sürelerinin* orman dinamiği ve işletme amacı üzerindeki etkileri sayısal olarak ortaya konulmuştur.

Yalnızçam planlama biriminde, üretim ağırlıklı alanlarda 80, 90, 100, 110 ve 120 yıllık idare süreleri kullanılırken, koruma ağırlıklı alanlarda 180 ile 200 yıllık idare süreleri kullanılmıştır. Üretim ve koruma ağırlıklı alanlarda toplam 10 farklı idare süresi için modeller geliştirilmiştir. Her bir idare süresinin denendiği modellerde eta, su ve karbon birikimi ile bunların ekonomik değerlerini eniyilemek amaç olarak alınırken, alan kontrolü, %10 eta seyir politikası ile eşik düzeyde net karbon birikimi kısıt olarak yer almıştır. Bu amaç ve kısıtlar doğrultusunda geliştirilen 160 farklı planlama stratejisi 10'ar yıllık periyotlar ve 100 yıllık planlama yörüngesi boyunca her bir idare süresi için uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar şöyle sıralanabilir:

- Aynı orman alanında aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken sadece farklı idare sürelerinin uygulanması halinde beklenildiği üzere farklı miktarda eta, su ve karbon birikimi ile farklı parasal getirinin sağlandığı ortaya çıkmıştır.
- Tüm stratejiler arasında en fazla toplam eta genelde 80-180 yıllık idare sürelerinin denendiği stratejilerde sağlanırken, en düşük eta miktarları genelde 120-200 yıllık idare sürelerinin söz konusu olduğu plan stratejilerinden elde edilmiştir.
- Aynı amaç ve kısıtlara göre idare sürelerinin uzaması halinde elde edilen eta ve NBD'lerin genelde azaldığı tespit edilmiştir.

- Ayrıca tüm plan stratejileri arasında en düşük miktarda odun üretimi ve NBD'leri, su üretimi ile göğüs yüzeyi arasındaki ters ilişkidendir. Bu ilişki nedeniyle, su üretimi ve NBD'nin amaçlandığı stratejilerde ortaya çıkmıştır.
- Aynı kısıtlar altında, farklı amacın yer aldığı stratejilerde en iyi sonuçlar farklı idare sürelerinde ortaya çıkmıştır. Örneğin, en fazla odun üretimi \*E1 stratejileri arasında 80-180 yıllık idare sürelerinde elde edilirken, \*S1 stratejileri arasında 90-180 yıllık idare süresinden elde edilmiştir.
- Toplam su üretim miktarının eniyilendiği strateji 80-180 yıllık idare süresinin denendiği KS2 olurken, en düşük olduğu strateji 120-200 yıllık idare sürelerinin denendiği ZEN2 olmuştur.
- Aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken farklı idare sürelerinde elde edilen toplam su üretim miktarı ve NBD'lerin belirli bir trend izlemediği görülmüştür. Bunun en önemli nedeni ağaçlandırılan OT alanlarına bağlı olarak değişen göğüs yüzeyinin su üretimini üzerindeki etkisidir.
- Su üretim değerleri ile OT alanlarının önemli derecede etkileşimi düşünülerek planlamalarda OT alanlarına dikkat edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.
- Alternatif seçenekler arasında en fazla net karbon birikim miktarı ve NBD'yi 80-180 yıllık idare süresinde sağlanırken, en düşük değer 110-200 yıllık idare süresinde çıkmıştır.
- Aynı amaç ve kısıtlar dahilinde üretim ağırlıklı alanlarda farklı idare sürelerinin uygulandığı tüm stratejilerde genellikle idare süresinin uzatılmasıyla elde edilen net karbon birikim miktarı artımın azalmasından dolayı düşmüştür. Örneğin \*S2 stratejinde en yüksek karbon miktarı 80-180 yıllık idare süresinde görülürken, en düşük değer 120-180 idare süresinde elde edilmiştir.
- Planlamada ekonomik değerler amaç olduğunda optimal idare sürelerinde değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Örneğin su üretiminin amaçlandığı ve alan kontrol kısıtının yer aldığı tüm stratejiler arasında en iyi su üretimi 80-180 yıllık idare sürelerinde elde edilirken, amacın su NBD'si olması halinde 100-180 yıllık idare sürelerinin denendiği stratejiden elde edilmiştir.
- Tüm strateji sonuçlarının ve optimal idare süresinin seçilen eşik düzeyde ürün, hacim ya da alan kontrol yöntemleri ile amacın etkisiyle önemli bir şekilde değiştiği ortaya çıkmıştır.

Doğrusal programlama tekniği ile uygulanan ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama örneği günümüze kadar yapılan uygulamaların aksine bölmecik bazında gerçekleştirilmiştir. Böylece konumsal yapı, kısmen dikkate alınabilmiştir. Müdahale edilecek meşcerelerin konumu belirlenebilmekte, fakat çok küçük alanların planlama birimi içinde farklı yerlerde müdahaleye konu olması uygulanabilirliği azaltmaktadır. Ayrıca doğrusal programlama sonuçlarının bölünebilirlik özelliği gereği meşcere itibariyle kesim planının uygulanabilirliği de sınırlıdır.

Bu çalışmada, çözüm önerileri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- Orman işletmelerimizde uygulanan idare süreleri 2006 yılına kadar ülkenin her yerinde aynı olacak şekilde ve sadece en yüksek odun hammaddesi amacı doğrultusunda her bir ağaç türü ve bonitetler için merkezden belirlenirken olumlu bir gelişme kaydedilerek bölgeler bazında tespit edilmesine imkan sağlanılmıştır. Ancak, buna rağmen idare sürelerinin sadece sezgisel yöntemlerle ve de odun hammaddesine odaklı olarak tespit edilmesi tam anlamıyla isabetli sürelerin belirlenmesini engellemektedir. Şöyle ki, bu çalışmada sadece Yalnızçam planlama birimine ait farklı amaç ve kısıtlara göre farklı idare süreleri tespit edilmiştir. Örneğin, bu alanda en yüksek su üretiminin sağlanması amaç iken her bir periyotta %10 eta akışının planlama politikası olarak alınması durumunda denenen farklı idare süreleri arasında üretim ağırlıklı alanlarda 80 ve koruma ağırlıklı alanlarda 180 yıllık idare sürelerinde 247.395.358 m<sup>3</sup> su miktarı ile en iyi sonuç elde edilirken, üretim ağırlıklı alanlarda 120 ve koruma ağırlıklı alanlarda 200 yıllık idare sürelerinin denendiği stratejilerde en düşük su üretimi sağlanmıştır. Benzer şekilde, su üretimden sağlanacak parasal getirinin en iyilenmesinin amaçlandığı ve eta akışının yer aldığı stratejide denenen tüm idare süreleri arasında 120-200 yıllık idare süresi en yüksek değere (44.452.626 YTL) ulaşırken, 80-200 yıllık idare süresi ise en düşük değeri (42.654.319 YTL) vermiştir. Dolayısıyla sadece odun hammaddesini düşünerek değil toplum talebini dikkate alarak ormanın sağladığı diğer ürünler ve ekonomik getiriyi de sağlayacak en iyi idare sürelerinin yöneylem araştırması teknikleri kullanılarak yöresel bazda tespit edilmesi gerekmektedir.
- Yalnızçam planlama biriminde planlama ETÇAP anlayışı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Ancak, bu çerçevede yöneylem araştırması tekniklerinin

kullanılabilmesi ve bu planların uygulanabilirliğinin sağlanabilmesi için bu çalışmada olduğu gibi su ve karbon birikim miktarlarının hesaplanması gibi ormanların odun üretimi yanında göreceği tüm fonksiyonların (toprak koruma, su üretimi vs.) sayısal olarak ortaya konulması gerekmektedir.

- Günümüze kadar yapılan klasik amenajman planları 10 ya da 20 yıllık plan dönemini kapsayacak şekilde hazırlandığından taktiksel plan niteliği taşımaktadır. Dolayısıyla ilk plan döneminde yapılan tüm müdahalelerin uzun vadedeki etkisini görmek mümkün olamamıştır. Ancak uzun vadede ürün ve parasal sürekliliğin sağlanabilmesi için stratejik planların yapılarak taktiksel planlarla da detaylandırılması gerekmektedir. Nitekim, Yalnızçam planlama birimi için doğrusal programlama tekniği ile gerçekleştirilen bu plan örneğinde, araştırma alanına yapılacak silvikültürel müdahalelere bağlı olarak 10'ar yıllık periyotlar ve 100 yıllık planlama yörüngesi içerisindeki odun, su üretimi ve karbon depolama kapasiteleri ile bütün bunların işletmeye yapacağı ekonomik katkısı Net Bugünkü Değer (NBD) olarak ortaya konulmuştur. Böylece, 100 yıllık planlama yörüngesinin öngörülmesi ile uzun vadede stratejik plan olma özelliği sağlanırken, 10 yıllık periyotlardaki ürün ve NBD'lerin akışlarının izlenmesi de orta vadede taktiksel plan niteliği taşımasını sağlamıştır.
- Mevcut hasılat tabloları, meşcerelere yapılan müdahalelerin etkisini göstermekte yeterli olmamaktadır. Çünkü hasılat tablolarımızın bir çoğu saf, müdahale görmemiş normal sıklıktaki meşcereler için düzenlenmiştir. Bu durum müdahale görmüş, doğal olmayan meşcerelerde doğru idare süresinin tespitini engellediği gibi birim değer matrislerin oluşturulmasında hektardaki servet, artım, göğüs yüzeyi ve meşcere orta çapı gibi meşcere parametrelerinin hesap doğruluğunu dolayısıyla da planın doğruluğunu azaltmaktadır. Bu nedenle meşcere gelişimlerini ortaya koyabilmek için ağaç türlerine ait büyüme modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir.
- Ülkemizde yapılan klasik planlarda odun üretimi dışında herhangi bir amaca yer verilmediği gibi ekonomik analizlere de yer verilmemiştir. Halbuki, orman alanında yapılan tüm faaliyetlerin işletmeye olan katkısının bugüne indirgenerek belirlenmesi, işletmenin ekonomik sürekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, gerekli olan tüm ekonomik parametrelerin



işletmelerden temin edilerek ekonomik matrislerin oluşturulması gerekmektedir. Örneğin, su üretiminin eniyilenmek istediği ve eta akışı kısıtının yer aldığı \*S2 stratejisinde en iyi sonucu 80-180 yıllık idare süresi sağlarken, amacın su üretiminden sağlanılan NBD'yi eniyilemek olarak değiştirilmesi durumunda en iyi sonucu veren idare süresi ise 120-200 yıl olarak tespit edilmiştir.

- Bu tez kapsamında elde edilen ürünlerin niteliği itibariyle değer (YTL) farklılıkları dikkate alınamamıştır. Örneğin 20 cm çapındaki 1 m<sup>3</sup> tomruk fiyatıyla 60 cm çapındaki tomruğun fiyatı aynı kabul edilmiştir. Ancak gerçekte durum farklıdır. Dolayısıyla bunun ileriki çalışmalarda dikkate alınması gerekmektedir.
- Bu çalışmada, su üretim matrislerinin oluşturulmasında ağaç sayısı ile su üretimi arasında anlamlı bir ilişkinin bulunamaması nedeniyle sadece göğüs yüzeyi dikkate alınmıştır. Ancak daha isabetli sonuçların elde edilmesi için meşcere parametresi olarak ağaç sayısı, sıklık ve de kapalılık da dikkate alınarak iyi ilişkiler kurulmalıdır.
- Net karbon birikim değerlerinin hesaplanmasında sadece biyoküttele tutulan karbon ile emisyonlarla kaybedilen karbon miktarı dikkate alınmıştır. Oysaki net karbon birikimi üzerinde önemli miktarda etkisi olan topraktaki karbon birikim miktarı hesaplamadaki bir takım zorluklardan ötürü dikkate alınmamıştır. Daha sağlıklı sonuçların elde edilebilmesi için gerek toprak üstü gerekse de toprak altı biyokütlenin karbon depolama kapasiteleri dikkate alınarak matrisler geliştirilmelidir.
- Yapılan çalışmada odun, su, karbon ya da bunların NBD'lerinin yalnızca birinin eniyilenmesi amaçlanmıştır. Ancak aynı alanda birden fazla amacın hedeflenmesi durumunda, her bir ürünün biriminin farklı olmasından dolayı eta, su ve karbon miktarları değil, NBD'lerinin toplamının eniyilenmesinin amaçlanması gerekmektedir.

Bu sonuçlara göre, ormanların sürdürülebilir planlanması ve işletilmesi için, planların başarısını ortaya koyan idare sürelerinin tespitinde doğrusal programlama gibi sayısal karar verme tekniklerinin kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Kısaca, ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama anlayışına geçildiği günümüz koşullarında bu tekniklerin artık karar vericilerin kaçınılmaz aracı olduğu ortadadır.

## 5. KAYNAKLAR

- Alemdağ, Ş., 1967. Türkiyede Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, OAE Yayınları, Teknik Bülten, No 20, Ankara.
- Anonim, 2000. Orman Fonksiyonlarının Belirlenmesi ve Haritalandırılması İle İlgili El Kitapçığı, T.C. Orman Bakanlığı Araştırma Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı, 19 Temmuz, Ankara, 44.
- Anonim, 2002. Orman Fonksiyonları, Fonksiyonel Alanların Belirlenmesinde Kullanılacak Kriterler ve Uygulanacak Silvikültürel İlkeler, TC Orman Bakanlığı OGM Silvikültür Dairesi Başkanlığı, Ankara, Tamim No: 6273, Tasnif No: 1961, 34.
- Anonymous, 1996. Project of Turkey-Protected Areas and Sustainable Resource Management, Project ID TRGE44175.
- Asan, Ü., 1991. İdare Sürelerinin Orman Fonksiyonları Yönünden İrdelenmesi, OMO Dergisi, 2, 8-9, Ankara.
- Asan, Ü., 1995. Orman Kaynaklarının Rasyonel Kullanımı ve Ülkemizdeki Durum, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri B, 37, 4, 52-67.
- Asan, Ü., 1999. Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Planlama Sistemleri, Ormanların Çok Amaçlı Planlanması Toplantısı, Bolu, 33-40.
- Asan, Ü., Destan, S. ve Özkan, U.Y., 2002. İstanbul Korularının Karbon Depolama, Oksijen Üretimi ve Toz Tutma Kapasitesinin Kestirilmesi, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyum Bildiriler Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi, 194-202.
- Başkent E.Z., 1997. Assesments of Structural Dynamics in Forest Lanscape Management, canadian Journal of Forest Ressearch, October .
- Başkent, E. Z., 1999. Ekosistem Amenajmanı ve Biyolojik Çeşitlilik, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23, 2, 355–363.
- Başkent, E. Z., Yolasığmaz, H. A., Mısır, M. ve Çakır, G. 2002. Kombine Optimizasyon Teknikleri ve Ekosistem Amenajmanı, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 77-88.
- Başkent, E.Z., 1995. Doğaya Uygun Orman Amenajmanı ve Konumsal Planlama, 1.Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 4, 276–283.

- Başkent, E.Z.,1996. Orman Amenajmanında Hiyerarşik Planlama Süreçleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Güz Yarıyılı Seminerleri, Seminer Serisi No:1, Trabzon, 45-i, 51.
- Bateman,I.J. ve Lovett, A.A., 2000. Estimating and valuing the carbon sequestered in softwood and hardwood trees, timber products and forest soils in Wales, Journal of Environmental Management 60, 301-323.
- Brown, S., 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challanges, Environmental Pollution 116, 363-372.
- Cannell, M.G.R., 1999. Growing trees to sequester carbon in the UK: answers to some common questions. *Forestry* 72 (3), 237-247
- Daşdemir, İ. (2000): İdare Süresinin Belirlenmesi. İç Anadolu OAE Dergi Seri No: 1998/82, ISSN 1300-7920 s.63-102, Ankara.
- Davis, L.S., Johnson, K.N., Bettinger, P.S. ve Howard, T.E., 2001. Forest Management, To Sustain Ecological, Economic, and Social Values, ISBN 0-07-032694-0, 804.
- Diaz- Balteiro, L. and Romero, C., 2003. Forest Management Optimization Models When Carbon Captured is Considered: A Goal Programming Approach, Forest Ecology and Management 174, 447-457.
- Dinçay, E., 1992. Yetiştirme Ortamının Verimliliğine Göre İdare Sürelerinin Tespiti Hakkında Düşünceler, Ormancılığımızda Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Geleceği Semineri Kitabı, 227-233, Ankara.
- DPT, 2001. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No DPT.2531- ÖİK. 547, Ankara, 539.
- EOBM, 2006. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Yıl Sonu Bilânçoları, Erzurum.
- Eraslan, İ., 1981. Aynı Yaşlı Ormanların Optimal Kuruluşlara Götürülmesinde Kullanılabilecek Artım Yüzdeleri Simülasyon Yöntemi, İÜ Orman Fakültesi Yayınları No: 2770/289, 38.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı, Dördüncü Baskı, İstanbul.
- Eraslan, İ., 1999. Çok Amaçlı Faydalanma Prensibine ve Ormanların Fonksiyonlarına Göre Uygulanacak Silvikültür Tekniği, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, 39 (1), 33-42.
- Gül, A. U., 1995. Çok Orman Amenajmanında Uzun Süreli Eta Kestiriminin Doğrusal Programlama İle Gerçekleştirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 186.
- Güzenge, E., 2005. İdare Süreleri, Orman ve Av , Yıl 2005, 12-17

- Huston, M., and Marland, G., 2003. Carbon Management and Biodiversity, Journal of Environmental Management 67, 77-86
- Kapucu, 1996. Orman Amenajmanı (Temel Kavramlar), Artvin Orman Fakültesi Ders Notları, 158.
- Karahalil, U., 2003. Toprak Koruma ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama ile Modellenmesi, Y.Lisans Tezi, KTÜ Orm. Fak., Trabzon, 83.
- Karjalainen, T., Pussinen, A., Kellomaki, S., and Makipaa, R., 1999. Scenarios for the carbon balance of Finnish forests and wood products, Environmental Science & Policy 2, 165-175
- Keleş S., Başkent E.Z., 2006. Orman Ekosistemlerindeki Karbon Değişiminin Orman Amenajman Planlarına Yansıtılması: Kavramsal Çerçeve ve bir Örnek Uygulama(2. Bölüm), Orman ve Av, Mayıs –Haziran, 9-16
- Keleş, S., 2003. Ormanların Su ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama Tekniği ile Optimizasyonu (Karanlıkdere Planlama Birimi Örneği), Y.Lisans Tezi, K.T.Ü. Orm. Fak., Trabzon, 95.
- Köse, S., 1986. Orman İşletmelerinin Planlanmasında Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 123.
- Köse, S., Yolasığmaz, H.A., ve Sivrikaya, F., 2001. Ormanlarımızdaki Fonksiyonların Saptanması ve Haritalanması, 1. Ulusal Ormancılık Kong., Bildiri Kitabı, 52-59.
- Leuschner, W.A., 1990. Forest Regulation, Harvest Scheduling, and Planning Techniques, ISBN 0-471-61405-X, 281.
- Mısıır, M., 2001. Çok Amaçlı Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Olarak Amaç Programlama İle Düzenlenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 145.
- Milne, R., and Brown, T.A., 1997. Carbon in the vegetation and soils of Great Britain, Journal of Environmental Management 49, 413-433
- Miraboğlu, M., 1983. Ormancılık İşletme İktisadı, İ.Ü.O.F., Yayın No 340, İstanbul.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. Environmental Pollution 116, 381-389
- OGM, 2007. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Göle Orman İşletme Müdürlüğü, Yalnızçam Planlama Birimi Amenajman Planı, Ankara.
- OGM., 1999. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Göle Orman İşletme Müdürlüğü, Yalnızçam Planlama Birimi Amenajman Planı, Ankara.
- OGM, 29 Haziran 2005, Sayı: B18 1 OGM 0 00 03 02.A.2

- Ok, K., 1995. Aynı Yaşlı Ormanlarda Kesim Düzeninin Ekonomik Analizi, İ.Ü.O.F. Doktora Tezi, İstanbul.
- Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Uygulanması, Denetlenmesi ve Yenilenmesi Hakkında Yönetmelik, 1991. T.C. Orman Genel Müdürlüğü, 98.
- Öztürk, A., 2001. Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi Yayınları, ISBN 975-7657-53-03, 554.
- Resmi Gazete, 27 Aralık 1996, Sayı: 22860, 3–75.
- Soykan, B.,1979. Aynı yaşlı Ormanların Aktüel Kuruluşlarının Optimal Kuruluşa Yaklaştırılmasında Yöneylem Araştırması Metotlarından Yararlanma Olanaklarının Araştırılması. K.T.Ü. Orman Fak. Yayını. Yayın No: 106/5, 156.
- 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.
- Şad, H. C., 1972. Hidrolojik Fayda Sağlanan Ormanların Amenajmanındaki Prensip ve Temeller
- Türker, M.F., 2000. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman İşletmeciliği Ders Notları , Yayın no:59 ,Trabzon, 84.
- Türker, M.F., Pak, M. ve Öztürk, A., 2002. Turkey, Mediterranean Forests and People, Towards the Total Economic Value, Padua University Press, Padua, Chapter 8, Anatolian Peninsula.
- UN-ECE/FAO, 2000. Global Forest Resources Assessment 2000, Main Report, Geneva Timber and Forest Study Papers No: 17, United Nations, New York and Geneva.
- URL-1, [www.ogm.gov.tr](http://www.ogm.gov.tr), Uluslararası Belgeler, Rio Süreci, 08.07.2004.
- URL-2, [www.wwf.org.tr](http://www.wwf.org.tr), Kafkasya Ekolojik Bölgesi, 02.03.2007
- Yolasığmaz, H. A., 2004. Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye’de Uygulanması (Artvin Merkez Planlama Birimi Örneği ) , Doktora Tezi , KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü , Trabzon.

## ÖZGEÇMİŞ

Orman Mühendisi Derya MUMCU, 1981 yılında Trabzon ili Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmit'te tamamladı. 2000 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümünü 2004 yılında fakülte birincisi olarak bitirdi. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Orman Amenajmanı Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2005 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından Orman Amenajmanı Bilim Dalına araştırma görevlisi olarak atanan MUMCU halen görevine devam etmektedir.

TÜBİTAK tarafından yurt içi yüksek lisans bursu verilen MUMCU, İngilizce bilmektedir.