

TOMRUK ÜRETİMİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ OPTİMUM BOYLAMA YÖNTEMİNİN KULLANILMASI

Abdullah E. AKAY¹, Hasan SERİN, Mehmet PAK , Neşe YENİLMEZ

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, 46060 K.Maraş, akay@ksu.edu.tr

ÖZET

Orman ürünlerinin üretiminde ağaçtan elde edilecek toplam ekonomik değerleri en yüksek miktara çıkarmak için bütün muhtemel boylama kombinasyonları hızla değerlendirilmeli ve bunlar arasından optimum boylama kombinasyonu seçilmelidir. Birçok alternatif çözüm içeren bu tip problemlerin sistematik olarak çözülebilmesi için bilgisayar destekli yöntemlere gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada, ağ analizi tabanlı NETWORK 2001 yazılımı kullanılarak tek ağaç düzeyinde optimum boylama yöntemi uygulanmıştır. Uygulama, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü, Ovacık Orman İşletme Şefliği sınırlarında yer alan Kafkas Gökarnarı (*Abies nordmanniana*) üretim sahasında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, optimum boylama yönteminden elde edilen sonuçlar ile geleneksel boylama yönteminin sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, optimum boylama yönteminin üretilen ağaçların toplam ekonomik değerlerini %12'ye kadar (ortalama %5,20) arttırabileceğini göstermiştir. Ayrıca, optimum boylama yönteminin uzun ve kalın çaplı tomruklara sahip yüksek hacimli ağaçlarda daha iyi sonuç verdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Optimum boylama, tomruk üretimi, Network 2001, kafkas göknarı

USING COMPUTER-ASSISTED OPTIMUM BUCKING METHOD IN PRODUCING LOG

ABSTRACT

In order to maximize total economic value of a tree during extraction of forest products, all of the possible bucking combinations should be quickly evaluated and optimum bucking combination should be selected among them. The computer-assisted methods are required to systematically solve such problems with many alternative solutions. In this study, single tree level (stem-level) optimum bucking method was implemented by using network analysis based NETWORK 2001 software. The application was conducted in a harvesting unit of Caucasian Fir (*Abies nordmanniana*) stand located in Forest Regional Directorate of Artvin, Forest Enterprise Directorate of Ardanuç, Forest Enterprise Chief of Ovacık. Then, the results from optimum bucking method were compared with the results from the traditional bucking method. The results indicated that optimum bucking method increased the total economic values of harvested trees up to 12% (average 5.2%). Besides, it was found that optimum bucking method provided better results for high-volume trees with long and large diameter logs.

Key words: Optimum bucking, log production, Network 2001, caucasian fir

1. GİRİŞ

Orman ürünlerinin üretiminde takip edilen temel iş aşamaları sırası ile; kesilecek ağaçların belirlenmesi, ağaçların devrilmesi, devrilen ağaçların dallarının temizlenmesi ve kabuklarının soyulması, devrilen gövdelerin seksiyonlarına ayrılması ve üretilen tomrukların rampalara veya depolara taşınması şeklinde gerçekleşmektedir. Türkiye ormancılığında ormanlarımızın en önemli asli ürünlerinden olan tomruk üretiminde, ağaçların maksimum

değeri elde edecek boyutlarda boylanması toplam ekonomik kazanç açısından çok önemlidir (Akay vd., 2009a).

Ağacın toplam ekonomik değerini en yüksek miktara çıkaracak şekilde seksiyonlar halinde kesilmesi işlemine optimum boylama denir (Sessions, 1988). Optimum boylama yönteminin kullanılması durumunda ağaçlardan elde edilecek değerlerin %10'dan daha fazla oranda artabileceği belirlenmiştir (Wang vd., 2007; Akay vd., 2009b).

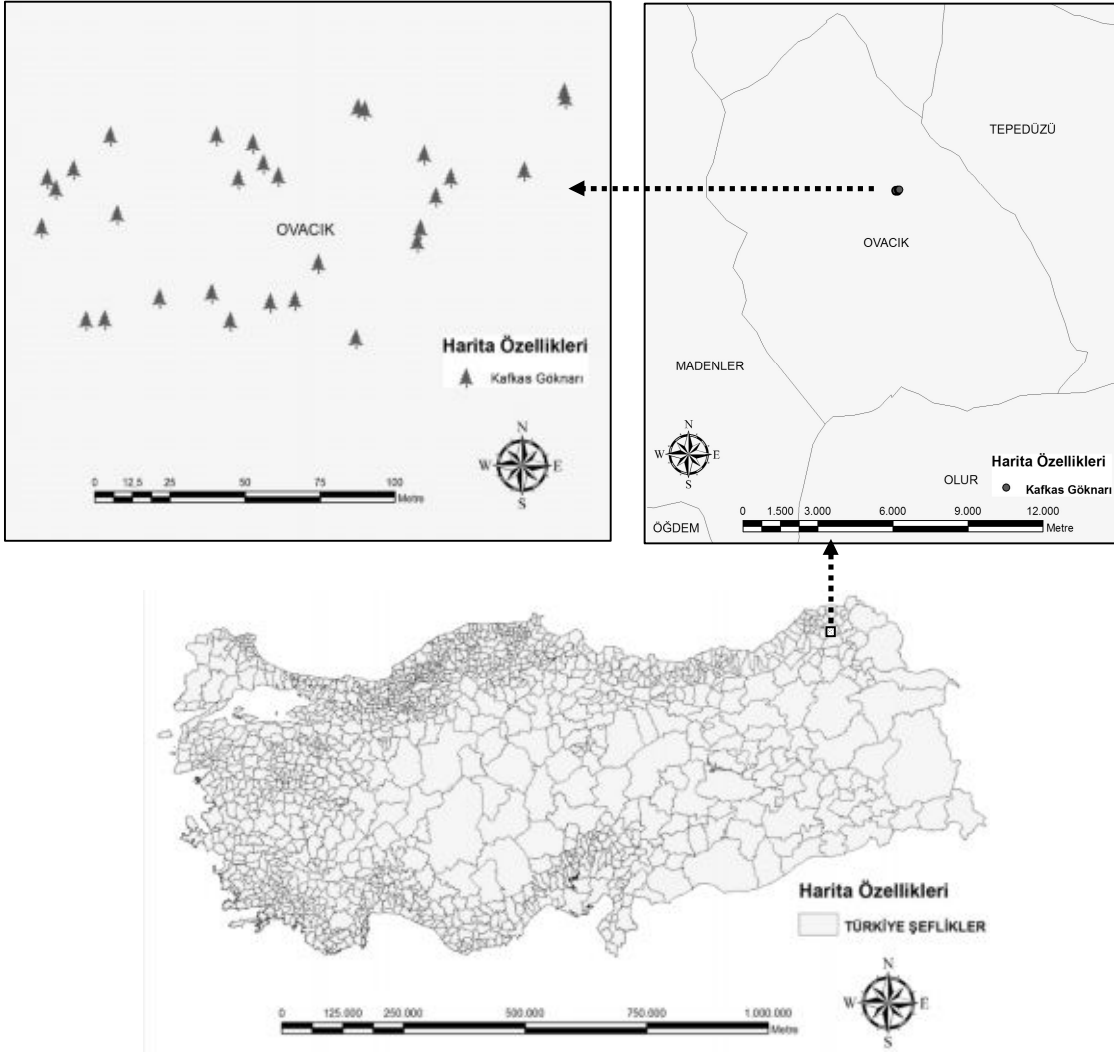
Optimum boylama yönteminden maksimum faydayı sağlamak için, seksiyon boyutları doğru bir şekilde ölçülmeli, üretilecek tomruk sınıfları dikkatle belirlenmeli ve piyasa talepleri göz önünde bulundurulmalıdır (Akay vd., 2009a). Boylama sırasında, taşıma olanakları da sınırlayıcı faktörler arasında yer almaktadır (Yıldırım, 1989). Bütün bu faktörleri dikkate alarak, çok sayıda boylama kombinasyonlarını değerlendirmek ve bunlar arasından optimum çözümü kısa sürede belirlemek için bilgisayar destekli yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Optimum boylama problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında ağ analizi, dinamik programlama ve sezgisel yöntemler sayılabilir (Laroze ve Greber, 1997).

Bu çalışmada, ağ analizi metodunu kullanan NETWORK 2001 yazılımı ile tek ağaç düzeyinde optimum boylama yöntemi uygulanmıştır. Ağ analizi metodunun kullanıldığı alanlar arasında en kısa yolun bulunması, en düşük maliyetli mesafenin bulunması ve maksimum değer akışının bulunması gibi problemler yer almaktadır (Başkent, 2004). NETWORK 2001 yazılımı, karar değişkenlerinin önem derecelerini dikkate alarak, maliyetin veya net gelirin en uygun değerlerine ulaştığı ağı tespit etmek amacı ile geliştirilmiştir (Chung ve Sessions, 2001).

2. YÖNTEM

Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Ardanoç Orman İşletme Müdürlüğü, Ovacık Orman İşletme Şefliği sınırlarından seçilmiştir. Optimum boylama yöntemi, tecrübeli bir tomruklama ekibi tarafından kesilip boylanan Kafkas Gökarnarı arasından rastgele olarak seçilen 30 adet ağaç üzerinde uygulanmıştır. Seçilen örnek ağaçların koordinat bilgileri el GPS'i yardımı ile arazide kaydedilmiş ve daha sonra ArcGIS 9.2 yazılımı kullanılarak ağaçların dağılımını gösteren sayısal harita geliştirilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanında hakim ağaç türleri göknar, ladin ve sarıçamdır. Ortalama arazi eğimi ve rakım sırası ile %62 ve 1520 m olarak ölçülmüştür. Örnek ağaçların ortalama göğüs yüksekliği çapı, ağaç boyu ve kütük yüksekliği sırası ile 45,50 cm, 22,23 m ve 41,43 cm olarak bulunmuştur. Kesim sırasında ve boylama işlemlerinde motorlu testere kullanılmıştır. Ağaçların boy, çap ve kalite sınıflarına ait veriler arazi çalışmaları sırasında kaydedilmiştir (Şekil 2).



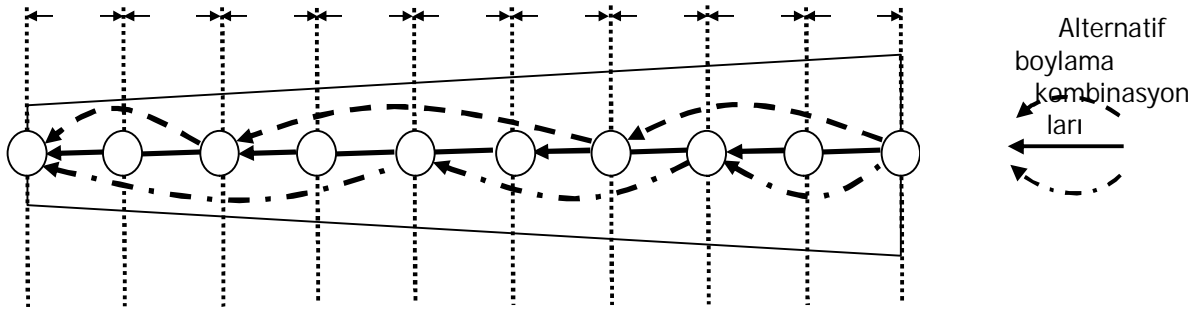
Şekil 1. Ovacık İşletme Şefliği ve çalışma alanında örnek ağaçların dağılımı
Optimum Boylama



Şekil 2. Üretim sahasında tomruk verilerinin ölçülmesi (Foto: H. Serin)

Optimum boylama problemlerinin sistematik olarak çözülebilmesi için çeşitli matematiksel optimizasyon yöntemleri (ağ analizi, dinamik programlama ve sezgisel yöntemler) kullanılmaktadır. Doğrusal programlama yönteminin özel bir şekli olan ağ analizi yöntemi (McKeown, 1981), diğer yöntemlere kıyasla daha esnek ve güncellenmesi daha kolay olduğundan yöneylem problemlerinin çözümünde yaygın olarak tercih edilmektedir.

Ağ analizi yönteminde bilinmesi gereken üç ana bileşen vardır; düğüm noktası, güzergah ve güzergah üzerindeki değer akışı miktarı. Optimum boylama yönteminde kesilen ağaçlar potansiyel tomruk seksiyonlarından oluşan bir ağ olarak temsil edilmiştir. Seksiyonların kesim yerleri düğüm noktası ve düğüm noktaları arasında kalan muhtemel tomruk uzunlukları da güzergah olarak tanımlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Optimum boylama yönteminde ağaçların ağ yapısı

Her bir güzergah (seksiyon) için değer akışı, kesilecek tomrukların satış fiyatı ile ifade edilmiş ve satış fiyatı, birim satış fiyatı ile tomruk hacminin çarpılması sonucu elde edilmiştir. Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü'nde yapılan en son ihaleden elde edilen bilgiler dikkate alınarak, tomruk kalite sınıfları için farklı çap ve boy sınıflarına ait ortalama tomruk satış fiyatları belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tomruk kalite sınıfları için çap ve boy sınıflarına ait ortalama satış fiyatları

Boy - Çap Sınıfları*	Ortalama Satış Fiyatları (TL/m ³)		
	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf
Kısa Boy – İnce Çap (KB-İ)	175,00	160,00	125,00
Kısa Boy – Orta Çap KB-O	190,00	175,00	145,00
Kısa Boy – Kalın Çap KB-K	210,00	190,00	155,00
Kısa Boy – Çok Kalın Çap (KB-ÇK)	220,00	200,00	165,00
Normal Boy – İnce Çap (NB-İ)	185,00	170,00	145,00
Normal Boy – Orta Çap (NB-O)	210,00	185,00	165,00
Normal Boy – Kalın Çap (NB-K)	230,00	200,00	175,00
Normal Boy – Çok Kalın Çap (NB-ÇK)	240,00	210,00	185,00
Uzun Boy – İnce Çap (UB-İ)	215,00	180,00	155,00
Uzun Boy – Orta Çap (UB-O)	245,00	195,00	175,00
Uzun Boy – Kalın Çap (UB-K)	260,00	220,00	185,00
Uzun Boy – Çok Kalın Çap (UB-ÇK)	275,00	230,00	200,00

* Ülkemizde ibrelili ağaçlar için kullanılan boy ve çap sınıfları bilgileri (Kalıpsız, 1999)

Tomruk hacimlerinin hesaplanmasında, orta çap ve tomruk uzunluğunu dikkate alan "Orta Yüzey Formülü (Huber Formülü)" kullanılmıştır (Fırat, 1973). Üretim sahasında minimum tomruk uzunluğu ve tomruğun minimum orta çapı sırası ile 2 m ve 19 cm olarak alınmıştır. Üretimin gerçekleştirildiği bölgede kullanılan bölmeden çıkartma metotlarının ve düşük standartlardaki orman yollarının kısıtlayıcı özellikleri nedeni ile üretilebilen maksimum tomruk uzunluğu 5 m ile sınırlanmıştır.

Optimum boylama verileri hazırlandıktan sonra, ağ analizi yöntemini temel alan NETWORK 2001 programı kullanılarak tek ağaç düzeyinde optimum boylama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu program, daha çok üretim planlaması ve transport problemlerinde toplam maliyetin minimize edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu tip problemlerin çözümünde, ağ sisteminde yer alan her bir güzergah üzerindeki değer akışı maliyeti temsil etmektedir. Optimum boylama problemlerinde ise her bir güzergah üzerindeki değer akışı maliyeti değil, kesilecek tomrukların satış fiyatını temsil etmektedir. Bu nedenle, optimum boylama probleminin çözümünde NETWORK 2001 programının kullanılabilmesi için tomruk satış fiyatları programa negatif olarak girilmiştir. Böylece, program negatif satış fiyatlarının toplamını minimize eden güzergahı tespit ettiğinde, aynı zamanda toplam satış fiyatını maksimize eden optimum boylama çözümünü de belirlemiş olmaktadır.

İstatistiksel Analizler

Mevcut boylama ve optimum boylama yöntemleri kullanılarak üretilen ağaçların ekonomik değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olup olmadığını araştırmak için SPSS 15.0 istatistik yazılımı kullanılarak 0,05 anlamlılık düzeyinde Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Optimum boylama yöntemi kullanılarak boylanan tomrukların, değer kazancı üzerinde farklı çap sınıflarının etkisini incelemek için göğüs yüksekliği çapı üç sınıfta (ince: <40 cm, orta: 40–50 cm, kalın: >50 cm) yeniden gruplandırılmıştır. Boylanan tomrukların değer kazancı üzerinde ortalama tomruk uzunluklarının etkisini incelemek için ise optimum boylama sırasında üretilen tomrukların ortalama uzunlukları 3 sınıfta (kısa: 3,0–3,5 m, normal: 3,5–4,0 m, uzun: 4,0–4,5 m) değerlendirilmiştir. Ayrıca, optimum boylama yöntemi kullanılarak boylanan tomrukların, değer kazancı üzerinde farklı hacim sınıflarının etkisini incelemek için de ağaç hacimleri 3 sınıfta (düşük: <1,5 m³, orta: 1,5–2,0 m³, yüksek: >2,0 m³) yeniden gruplandırılmıştır.

3. BULGULAR

Çalışma alanından örnek olarak seçilen 30 adet ağacın yükseklik, eğim, boy ve çap bilgileri Çizelge 2'de verilmiştir. Optimum boylama yöntemi tarafından üretilen boylama kombinasyonlarının tamamı geleneksel boylama yöntemi tarafından üretilen boylama kombinasyonlarından farklılık göstermiştir. Geleneksel boylama yöntemi kullanılarak üretilen ağaçların ortalama değeri 327,21 TL iken, optimum boylama yöntemi kullanılarak üretilen ağaçların ortalama değeri 344,22 TL olarak bulunmuştur. Mevcut ve optimum boylama yöntemi uygulanarak üretilen ağaçların toplam ekonomik değerleri sırası ile 9816,29 TL ve 10326,56 TL olarak bulunmuştur. Buna göre, optimum boylama yöntemi üretilen ağaçların toplam ekonomik değerini %5,20 oranında arttırmıştır.

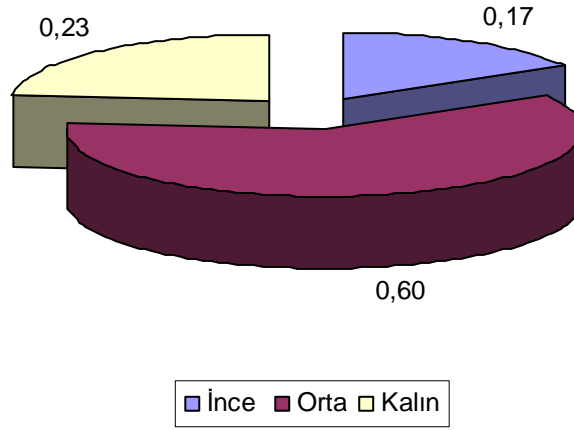
Çizelge 2. Örnek ağaçlara ait yükseklik, eğim, boy ve çap bilgileri

Ağaç No	Yükseklik (m)	Eğim (%)	Boy (m)	Çap (cm)
1	1473	40	17	57
2	1471	39	13	30
3	1469	29	12	39
4	1470	11	17	56
5	1472	29	14	45
6	1473	23	15	46
7	1472	5	17	41
8	1475	28	12	30
9	1479	48	16	57
10	1476	9	13	43
11	1463	21	15	41
12	1350	46	14	38
13	1353	46	13	30
14	1345	80	18	34
15	1369	49	17	42
16	1380	63	15	41
17	1381	55	16	42
18	1384	66	17	47
19	1387	29	16	45
20	1389	33	15	33
21	1402	46	19	55
22	1396	95	17	45
23	1406	105	21	48
24	1383	78	15	42
25	1434	30	18	60
26	1445	75	16	44
27	1462	35	22	41
28	1464	30	16	31
29	1467	24	14	42
30	1469	12	20	44

Mevcut ve optimum boylama yöntemleri ile boylanan ağaçların ekonomik değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmasa da ($p = 0,671$), optimum boylama yönteminin ekonomik açıdan kazanç sağladığı (510,27 TL) belirlenmiştir. Farklı çap sınıflarının değer kazancı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür ($p = 0,140$). Maksimum ortalama değer kazancı kalın çap sınıfından elde edilmiş (%6,79) ve bunu orta (%4,23) ve ince çap (%4,08) sınıfları takip etmiştir (Çizelge 3). Şekil 4'de örnek ağaçların çap sınıflarına göre dağılımını gösteren pasta grafiği görülmektedir. Buna göre, ağaçların %60'ının orta çap sınıfında, %23'ünün de kalın çap sınıfında ve %17'sinin de ince çap sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Optimum boylamanın değer kazancı üzerine çap sınıflarının etkisi

	Çap Sınıfları	Ortalama	Stand. Sapma	Stand. Hata	%95 Güven Aralığında		Minimum	Maksimum
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Tomruk Değeri (%)	İnce	4,08	2,78	1,245	0,619	7,533	0,59	6,89
	Orta	4,23	2,88	0,679	2,793	5,658	0,10	8,10
	Kalın	6,79	3,14	1,185	3,889	9,689	1,69	11,92

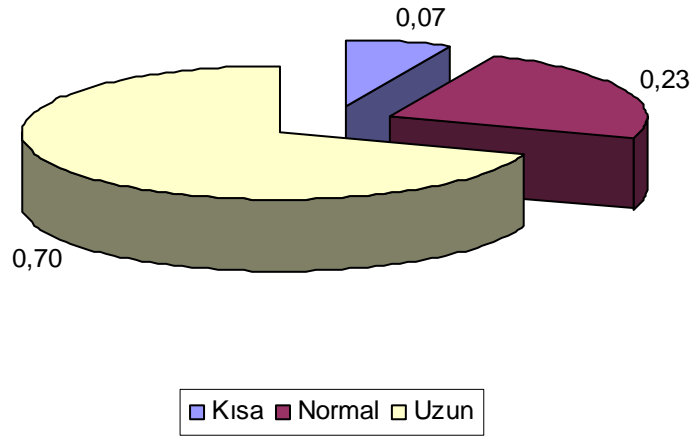


Şekil 4. Örnek ağaçların çap sınıflarına göre dağılımı

Optimum boylama yönteminde, farklı boy sınıflarının değer kazancı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi görülmemiştir ($p = 0,642$). Bununla birlikte sonuçlar, optimum boylamada üretilen uzun boy sınıf tomruklardaki ortalama değer kazancının (%5,15), normal (%4,07) ve kısa boy (%3,70) sınıfındakilere göre daha fazla olduğunu göstermiştir (Çizelge 4). Ayrıca, ağaçların %70'inin uzun boy sınıfında, %23'ünün normal boy sınıfında ve %7'sinin ise kısa boy sınıfında olduğu belirlenmiştir (Şekil 5).

Çizelge 4. Optimum boylamanın değer kazancı üzerine boy sınıflarının etkisi

	Boy Sınıfları	Ortalama	Stand. Sapma	Stand. Hata	%95 Güven Aralığında		Minimum	Maksimum
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Tomruk Değeri (%)	Kısa	3,700	2,503	1,770	-	26,190	1,93	5,47
	Normal	4,071	2,753	1,040	1,526	6,617	0,32	7,84
	Uzun	5,146	3,216	0,702	3,682	6,610	0,10	11,92

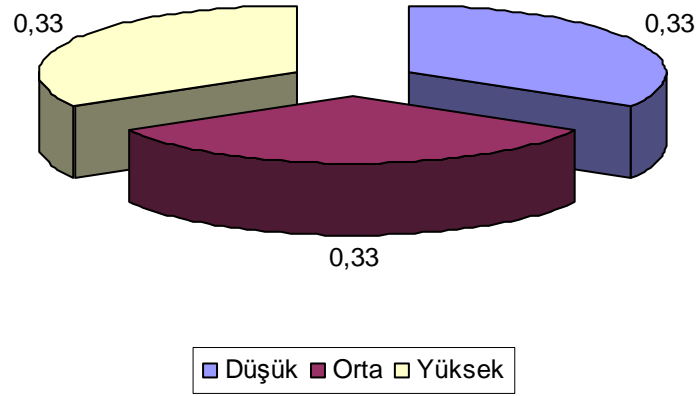


Şekil 5. Örnek ağaçların tomruk sınıflarına göre dağılımı

Optimum boylama yönteminde, farklı hacim sınıflarının değer kazancı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür ($p = 0,071$). Maksimum ortalama değer kazancı yüksek hacim sınıfından elde edilmiş (%6,44) ve bunu orta (%4,63) ve düşük hacim (%3,44) sınıfları takip etmiştir (Çizelge 5). Buna göre, hacmi 1,5 m³'den az olan ağaçlardan elde edilen değer kazancı, örneklerin tamamı dikkate alındığında elde edilen ortalama değer kazancının altında kaldığı bulunmuştur. Buna göre, optimum boylama yönteminin başarısı ile boylanan ağaçların boyutları arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır (Wang vd., 2004). Ağaçların %33,33'ünün düşük hacim sınıfında, %33,33'ünün orta hacim sınıfında ve yine %33,33'ünün yüksek hacim sınıfında olduğu bulunmuştur (Şekil 6).

Çizelge 5. Optimum boylamanın değer kazancı üzerine hacim sınıflarının etkisi

	Hacim Sınıfları	Ortalama	Stand. Sapma	Stand. Hata	%95 Güven Aralığında		Minimum	Maksimum
					Alt Sınır	Üst Sınır		
Tomruk Değeri (%)	Düşük	3,44	2,767	0,834	1,580	5,298	0,10	8,10
	Orta	4,63	3,046	1,015	2,292	6,974	0,32	7,88
	Yüksek	6,44	2,767	0,875	4,464	8,422	1,69	11,92



Şekil 6. Örnek ağaçların hacim sınıflarına göre dağılımı

4. SONUÇ

Geleneksel boylama ve optimum boylama yöntemleri kullanılarak boylanan ağaçların ekonomik değerleri istatistiksel açıdan anlamlı bir fark göstermemesine rağmen, optimum boylama yöntemi üretilen ağaçların toplam ekonomik değerlerini %5,20 oranında arttırmıştır. Boylanan ağaçlarda değer kazancı, ince çap sınıfından kalın çap sınıfına doğru artış eğilimindedir. Benzer şekilde, boylanan tomruklarının uzunlukları arttıkça kazancıda artmaktadır. Bu durum, optimum boylama yönteminin uzun ve çaplı tomruklarda daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

Türkiye’de orman ürünlerinin üretiminde optimum boylama yöntemi uygulanmamaktadır. Boylama operasyonları çoğunlukla orman işçilerinin tecrübelerine bağlı olarak ve bilimsel yaklaşımdan uzak bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Tomruk üzerindeki kalite sınıfı parametrelerinden birçoğu göz ardı edilmektedir. Boylamada dikkat edilen ana unsur tomruk boyu ve daha sonra gövde şeklidir. Ancak, en iyi sonucun sistematik olarak araştırılmasını sağlayan ve piyasa taleplerini de dikkate alan optimum boylama yönteminin uygulanması, ülkemizde tomruk üretiminden elde edilen karı arttıracığı tahmin edilmektedir. Ayrıca, piyasa taleplerine göre üretilen tomrukların depolarda kalma süreleri kısaltılarak, depolama ve bakım maliyetleri azaltılacak ve depoda bekleme sonucu oluşacak istenmeyen kalite ve hacim kayıpları da ortadan kaldırılacaktır.

Orman ürünlerinin üretiminde boylama operasyonu sırasında meydana gelen değer kaybı Türkiye ormancılığında önemli bir problemdir. Optimum boylama yönteminin ağaçtan en yüksek odun üretimini sağlamada bir karar destekleme aracı olarak kullanılması durumunda, orman ürünlerinin üretiminde kayda değer kazançların sağlanacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak, ormancılık faaliyetlerinde optimum boylama gibi modern yöntemlerin kullanılması, orman kaynaklarının daha etkin ve verimli biçimde yönetilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TOVAG-1080125 nolu proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

5. KAYNAKLAR

- Akay, A.E., Serin, H., Pak, M. ve Yenilmez, N., (2009a), Optimum tree-stem bucking of Brutian Pine (*Pinus brutia*) Trees in Antalya, Turkey, Third International Faustmann Symposium, "Forest Economics in a Dynamic and Changing World", 28 - 31 October, Almanya.
- Akay, A.E., Serin, H., Pak, M. ve Yenilmez, N., (2009), Optimum Boylama Yönteminin Tomruk Üretimi Çalışmalarında Uygulanması, I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi, 05-07 Kasım, Bartın.
- Başkent, E.Z., (2004), Yöneylem Araştırması, Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel yayın No: 218, Fakülte yayın No: 36. KTÜ Matbaası, Trabzon, 480 s.
- Chung, W. ve Sessions, J., (2001), Network 2001 - Transportation planning under multiple objectives, In: Proceedings, The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium, December 10-12, Seattle, WA, USA.
- Fırat, F., (1973), Dendrometri, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 1800/193, 359 s. İstanbul.
- Kalıpsız, A., (1999), Dendrometri, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 3194/354, 407 s. İstanbul.
- Laroze, A.J. ve Greber, B.J., (1997), Using Tabu Search to Generate Stand-Level, Rule-Based Bucking Patterns, *Forest Science*, 43(2), 367-379.
- Mckeown, P.G., (1981), A Branch-and-Bound Algorithm for Solving Fixed Charge Problems, *Naval Research Logistics Quarterly*, 28, 607-617
- Sessions, J., (1988), Making better tree bucking decisions in the woods: an introduction to optimal bucking, *Journal of Forestry*, 86(10), 43-45.
- Wang, J., Ledoux, C.B. ve Mcneel, J., (2004), Optimal Tree-Stem Bucking of Northeastern Species of China, *Forest Products Journal*, 54(2), 45-52.
- Yıldırım, M., (1989), Ormancılık İş Bilgisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 3555/404, 287 s. İstanbul.