



## Sedir Ağaç Türü İçin Yetiştirme Ortamı Bazlı Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Geliştirilmesi

Ramazan ÖZÇELİK<sup>1,\*</sup>, Hakkı YAVUZ<sup>2</sup>, Nevzat GÜRLEVİK<sup>1</sup>, Yasin KARATEPE<sup>1</sup>,  
Rüstem KIRIŞ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

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

<sup>3</sup>Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı

\*İletişim yazarı: ramazanozcelik@sdu.edu.tr

### Özet

Sedir, ülkemizin ekolojik ve ekonomik açıdan en önemli ağaç türlerinden birisidir. Sedir, Türkiye orman ürünleri endüstrisinin en önemli hammadde kaynaklarından biri olmasının yanında, su ve toprak kaynaklarının korunması, biyolojik çeşitliliğin devamlılığı ve korunması, karbon tutma ve iklim değişiminin olumsuz etkilerinin azaltılması gibi çevresel fonksiyonları nedeniyle de anahtar bir role sahiptir.

Son yıllarda, ülkemizde orman kaynaklarının planlanmasında, ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımını benimsemiştir. Bu nedenle, güvenilir büyüme ve hasılat tahmin sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Büyüme ve hasılat modellerinin en önemli bileşenlerinden birisi hacim tahminleridir. Ancak, ülkemizde bireysel hacim tahminleri için halen hacim tabloları ve özellikle de yöresel hacim tabloları kullanılmaktadır. Maalesef bu tablolar, değişen pazar şartlarının ihtiyaç duyduğu farklı ticari boyutlar için gerekli hacim tahminleri için yetersiz kalmaktadır.

Sedir, özellikle Akdeniz Bölgesinde ve Toroslarda oldukça geniş bir alanda yayılış göstermektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak; iklim, yetiştirme ortamı şartları ve orman verimliliği bölge içerisinde önemli farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle değişik iklim ve yetiştirme ortamı koşullarında bulunan sedir meşcerelerinin büyüme ve hasılat özelliklerinin tahmini ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama çalışmalarını için büyük önem taşımaktadır.

Kantarci (1991) tarafından; toprak ve fizyografik faktörler dikkate alınarak Akdeniz bölgesi dört ana yetiştirme ortamı bölgesine ayrılmıştır. Bu çalışmada; bu yetiştirme ortamlarından üçü ve bu alanlardaki farklı bonitet sınıfları da dikkate alınarak yetiştirme ortamı bazlı uyumlu gövde çapı ve gövde hacim tahmin modelleri geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman Amenajmanı, Hacim, Yetiştirme ortamı, Sedir.

## Development of Ecoregion Based Diameter and Volume Models for Taurus Cedrus (*Cedrus libani* A. Rich.)

### Abstract

Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) is economically and ecologically one of the most common and important forest tree species in Turkey. Taurus cedar is an important source of raw material for the forest products industry in Turkey. Taurus cedar forests have a key role in providing important indirect benefits and Environmental services such as protection of soil and water resources,

conservation of biological diversity, carbon sequestration, and to decrease of negative effects of climate changes.

In recent years, Turkey has adopted the principles of multipurpose and ecologically based forest management. Therefore, the General Directorate of Forests (GDF) needs to develop and evaluate growth and yield prediction models for management of forest resources. Volume estimation is one of most important elements of growth and yield models. Individual total tree volume estimation is currently based on existing volume tables developed in Turkey. Unfortunately, existing available volume tables are no longer sufficient for estimating volume in currently changing products and market conditions.

Forest ecosystems containing this tree species occur over a large geographic are in Mediterranean Region and Taurus Mountains of Turkey. As a result, site conditions vary greatly throughout its range. The ability to predict the growth and yield of forest stands growing in various site conditions is critical in the development of ecologically based management plans and strategies.

Kantarıcı (1991) divided this region into four major subregions, including maritime (ME), interiors of Mediterranean (IE), lakes (LE), and backside of Mediterranean (BE). The first three are found within the geographic region encompassed by this study. The objective of this study was the development and comparison of diameter and volume models for Brutian pine tree species growing in three different ecoregions.

**Keywords:** Forest management, Diameter, Volume, Ecoregion, Brutian pine

## 1. GİRİŞ

2008 yılında yayınlanarak yürürlüğe giren “Orman Amenajmanı Yönetmeliği” amenajman planlarının “ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama” ilkeleri çerçevesinde yapılacağını belirtmektedir. Bu planlama yönteminin en önemli iş aşamalarından birisi, farklı yetiştirme ortamlarının belirlenmesi ve bunların haritalanmasını oluşturmaktadır. Farklı yetiştirme ortamı özelliklerine sahip alanlar, meşcere kuruluşlarındaki ve gelişimlerdeki farklılıklardan dolayı işletme amaçlarını gerçekleştirebilme potansiyelleri de farklı olabilmektedir. Özellikle odun üretimi amacıyla işletilecek alanlarda, yetiştirme ortamı özelliklerini ya da farklılıklarını dikkate almadan yapılacak amenajman planlarının ve geleceğe yönelik projeksiyonların sağlıklı olmayacağı açıktır.

Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.), ülkemizin ekonomik ve ekolojik açıdan en önemli ağaç türlerinin başında gelmektedir. Bu ağaç türü, yayılış gösterdiği alanlarda; biyolojik çeşitliliğin korunması, toprak ve su kaynaklarının korunması, iklim değişiminin olumsuz etkilerinin azaltılması ve buna adaptasyonun sağlanması gibi önemli çevresel yarar ve indirekt kazanımların sağlanmasında anahtar bir role sahiptirler (Boydak, 2003). 2012 yılı orman envanteri sonuçlarına göre; sedir yaklaşık 463.000 ha alanda yayılış göstermektedir. Bu ağaç türünün dikili ağaç serveti toplamı ise yaklaşık 27 milyon m<sup>3</sup> civarındadır (Anonim 2006). Bu ağaç türünden elde edilen odun kökenli ürünlerin orman ürünleri endüstrisinin değişik alanlarında oldukça yaygın kullanım alanının bulunması; ağaç hacminin ve değişik standartları karşılayacak gövde çapı tahminlerinin doğru olarak tahmin edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Jiang vd. (2005) günümüzün değişen ürün ve pazar standartlarını karşılayacak hacim ve gövde çapı tahminleri için en doğru yaklaşımlardan birinin uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri olduğunu belirtmektedir. Gövde çapı modelleri; ağaç türüne bağlı olarak; gövde boyunun bir fonksiyonu olarak gövde çapında meydana gelen değişimin matematiksel ifadesi olarak tanımlanabilir. Ülkemizde de bazı ağaç türleri için yöresel düzeyde gövde çapı modelleri (Yavuz, 1995; Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Meydan-Aktürk, 2006; Sakıcı vd., 2008; Özçelik vd., 2011; Özçelik ve Alkan, 2013) ile gövde çapı ve gövde hacim modelleri (Brooks vd., 2008; Özçelik ve Brooks 2012) geliştirilmiştir.

Sedir, ülkemizde Akdeniz bölgesi ve özellikle Toros dağlarında oldukça geniş bir alanda yayılış göstermektedir. Bu durumun doğal bir sonucu olarak; iklim, yetişme ortamı koşulları ve orijin gibi pek çok faktöre bağlı olarak büyüme ve gelişme özellikleri bakımından büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Amateis ve Burkhart (1987) tarafından yapılan bir çalışmada, üç farklı orijinden gelen loblolly pine (*Pinus taeda* L.) meşcerelerinin hacim, çap-boy ilişkileri, gövde formu gibi özellikler bakımından önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Türkiye’de hemen hemen tüm ağaç türleri için ağaç hacim tabloları düzenlenmiş, bazı ağaç türleri (Doğu Ladini, Sarıçam, Karaçam, Kızılçam, Göknar, Sedir ve Kayın) için de göğüs çapına bağlı olarak, ağaçlardan elde edilen odun çeşitleri ve bunların gövde hacmi içindeki oranlarını ortalama olarak veren tablolar düzenlenmiştir (Sun vd. 1978). Ancak Çift girişli ağaç hacim tabloları; orman ürünleri endüstrisinin sürekli değişen farklı standartlardaki orman ürünleri ihtiyacına ilişkin hacim tahminlerinde yetersiz kalmaktadır (Rodriquez-Soalleiro 1997). Diğer yandan bu tabloların geliştirilmesinde yöresel iklim ve yetişme ortamı şartları gibi ekolojik özellikler dikkate alınmamıştır. Ekolojik temelli amenajman planlarının ve stratejilerin geliştirilmesinde, değişik iklim ve yetişme ortamı koşulları altında meşcerelerin göstereceği büyüme ve gelişmenin tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, ülkemizde asli ağaç türleri başta olmak üzere yetişme ortamı özelliklerini ve diğer çevresel faktörleri dikkate alan büyüme ve hasılat modellerinin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde yukarıda da belirtildiği gibi, ağaç türlerinin yetişme ortamı özelliklerinin belirlenmesi ve bunun ağaçların büyüme ve gelişme üzerine olan etkilerini inceleyen çalışmalar çok az sayıda ve küçük ölçeklidir. Kantarcı (1991) tarafından yapılan “Akdeniz Bölgesi’nin Yetiştirme Ortamı Bölgesel Sınıflandırması” isimli çalışmada; Antalya ve Isparta Orman Bölge Müdürlüğü ormanlık alanlarının tamamını kapsayacak şekilde, yetişme ortamı faktörlerinden iklim ve yeryüzü şekli özelliklerini değerlendirerek yetişme ortamı sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. Ancak, Özkan (2003) ve Karatepe (2004) tarafından yapılan yetişme ortamı sınıflandırma çalışmalarında, iklim ve yeryüzü şekillerine ilaveten anakaya/toprak faktörünün de; tür dağılımında, tek ağaç ve meşcere gelişimi ve büyümesi üzerinde önemli etkisinin olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, Kantarcı (1991) tarafından gerçekleştirilen yetişme ortamı bölgesel sınıflandırması temel alınarak, sedir ağaç türü için yetişme ortamı bazlı gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiştir. Yine bu çalışmada, geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modellerinin; Kantarcı (1991) tarafında ayrımı yapılan üç yetişme ortamı bölgeler grubu için farklılıkları da ortaya konmuştur.

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1 Materyal**

Akdeniz Bölgesi, Kantarcı (1991) tarafından yapılan çalışma ile Antalya, Isparta ve kısmen de Konya Orman Bölge Müdürlüğünü (Beyşehir Orman İşletme Müdürlüğü) kapsayacak şekilde yetişme ortamı; yeryüzü şekli ve iklim özellikleri kullanılarak dört temel gruba ayrılmıştır. Bu gruplar sırasıyla; 1-Deniz etkisine açık yetişme ortamı bölgeleri grubu (DEY), 2-Göller yetişme ortamı bölgeleri grubu (GYO), 3-Akdeniz iç yetişme ortamı bölgeleri grubu (AİY) ve 4- Akdeniz ardı yetişme ortamı bölgeler grubudur (AAY). Bu dört farklı yetişme ortamı bölgeler grubundan çalışma alanı olarak ilk üçü seçilmiş ve işlemler yürütülmüştür.

Gövde çapı ve gövde hacim modelleri için; her bir yetişme ortamını 200–250 civarında ağaç üzerinde gerekli ölçümler yapılmıştır. Örnek ağaç seçimlerinde ve örnek ağaç sayılarının belirlenmesinde, gerek yurt içinde ve gerekse yurt dışında yapılan çalışmalar esas alınmıştır

(Peng vd. 2001; Peng vd. 2004; Huang 2000; Brooks vd. 2005; Sharma ve Parton 2007). Ölçümü yapılan örnek ağaçlara ilişkin nitelendirici istatistiki bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

## 2.2. Yöntem

Gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi amacıyla Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modeli seçilmiştir. Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli tüm ağaç gövdesini üç farklı geometrik şekille tanımlamıştır. Buna göre; gövdenin dibe yakın kısmı neiloid olarak tanımlanmış, ortan kısmı kesik paraboloid olarak ve uç kısmı ise koni olarak tanımlanmıştır. Bu üç farklı geometrik şekil iki katılma noktası ile birleştirilerek aşağıdaki tek bir formül olarak verilmiştir. Bu denklem formu;

$$\frac{d^2}{D^2} = b_1(Z - l) + b_2(Z^2 - l) + b_3(a_1 - Z)^2 I_1 + b_4(a_2 - Z)^2 I_2 \quad (1)$$

Burada:

$$I_i = \begin{cases} 1 & \text{\textit{şayet}} \quad Z \leq a_i \\ 0 & \text{\textit{şayet}} \quad Z > a_i \end{cases} \quad i = 1, 2 \quad Z = \frac{h}{H}$$

$h$  = ölçüm noktasının yerden yüksekliği (m),

$H$  = toplam ağaç boyu (m),

$D$  = kabuklu göğüs çapı (cm),

$d$  =  $h$  yüksekliğindeki kabuklu göğüs çapı (cm),

$a_i$  = örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları.  $i = 1, 2$ ,

$b_i$  = regresyon katsayıları,  $i = 1..4$ .

Gövde hacim modeli ise;

$$V = KD^2H \left\{ \begin{array}{l} \frac{b_2}{3}(Z_u^3 - Z_l^3) + \frac{b_1}{2}(Z_u^2 - Z_l^2) - (b_1 + b_2)(Z_u - Z_l) \\ - \frac{b_3}{3}[(a_1 - Z_u)^3 J_1 - (a_1 - Z_l)^3 K_1] \\ - \frac{b_4}{3}[(a_2 - Z_u)^3 J_2 - (a_2 - Z_l)^3 K_2] \end{array} \right\} \quad (2)$$

Burada:

$$K = 0.0000785, \quad Z_l = \frac{h_l}{H} \quad Z_u = \frac{h_u}{H} \quad \text{en düşük boy (m),}$$

$h_u$  = ilgilenilen en yüksek boy (m),

$$J_i = \begin{cases} 1 & Z_u \leq a_i \\ 0 & Z_u > a_i \end{cases} \quad i = 1, 2 \quad K_i = \begin{cases} 1 & Z_l \leq a_i \\ 0 & Z_l > a_i \end{cases} \quad i = 1, 2$$

Geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modellerinin değerlendirilmesi amacıyla üç farklı ölçüt değeri kullanılmıştır. Bu ölçüt değerleri sırasıyla Uyum indeksi ( $FI$ ), Tahminlerin standart hatası ( $SEE$ ) ve ortalama hata ( $OH$ ) olarak belirlenmiştir.

Gövde çapı ve hacim tahminlerindeki hatayı minimize etmek için, gövde çapı ve hacim denklemi SAS PROC MODEL (SAS Institute, 2002) kullanılarak eşzamanlı olarak çözülmüştür. Bütün parametreler her iki denkleme de paylaştırılmıştır. Bu değerlendirmeden sonra elde edilen katsayılar her yetiştirme ortamı için gövde çapı ve gövde hacmi denklemlerinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi amacıyla aynı ağaç üzerinde tekrarlı ölçümlerin yapılmasından dolayı, verilerde ortaya çıkması muhtemel ilişkili hata yapısı (otokorelasyon, çoklu-bağıntı vb.); denklemlerin fit işlemleri sırasında hesaba katıldığından ve parametre tahminlerinin doğruluğunu çok etkilemediği için hesaplamalar sırasında model yapısı içerisinde dikkate alınmamıştır (Williams ve Reich 1997, Kozak 1997).

**Tablo 1.** Farklı Yetiştirme Ortamları ve Kızılçam Ağaç Türü İçin İstatistik Bilgiler

Yetiştirme Ortamı	Değişkenler	Model Geliştirme Verisi					Model Test Verisi				
		n	Ort.	Std. Sap.	Min.	Max.	n	Ort.	Std. Sap.	Min.	Max.
DEY	D(cm)	180	43.41	14.12	7.90	94.30	64	41.23	11.81	12.00	68.00
	H(cm)	180	19.63	4.75	5.70	32.40	64	18.87	4.52	8.70	28.60
AİY	D(cm)	171	37.43	11.97	12.30	71.00	60	36.40	11.33	15.10	62.80
	H(cm)	171	18.71	4.70	6.90	29.50	60	18.53	4.58	9.00	26.80
GYO	D(cm)	145	31.97	10.67	9.10	57.50	49	29.69	12.45	11.30	73.20
	H(cm)	145	16.83	4.76	6.30	26.80	49	15.78	4.34	7.40	25.70

Farklı yetiştirme ortamları için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri arasında farklılıkların olup olmadığını test etmek için **“Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı”** yöntemi ve **“Lakkis ve Jones”** tarafından önerilen  $\chi^2$  testleri kullanılmıştır (Neter vd. 1996; Khattree ve Naik, 1999). Her iki yöntem de tam ve azaltılmış modellerinin fit edilmesini gerektirmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda; eğer sedir ağaç türü için farklı yetiştirme ortamları arasında fark bulunmaması durumunda tüm yetiştirme ortamları için ortak bir gövde hacim modeli geliştirilecektir. Bu da orman envanteri çalışmaları sırasındaki envanter maliyetini oldukça azaltacaktır. Tam ve azaltılmış model karşılaştırmalarında F-testi ve  $\chi^2$  testleri esas alınacaktır. Bu denklem formlarına ilişkin formüller aşağıda verilmiştir.

$$F = \frac{(SSE_R - SSE_F)/(df_R - df_F)}{SSE_F/df_F} \quad (3)$$

Burada:

$SSE_R$  = azaltılmış modelin ekstra kareler toplamı,

$SSE_F$  = boş değişkenler kullanarak tam modelin ekstra kareler toplamı,

$df_R$  = azaltılmış modelin serbestlik derecesi,

$df_F$  = tam modelin serbestlik derecesi.

Genel olarak, P-değeri 0.05 den daha az olduğunda yetiştirme ortamları arasında önemli fark olduğu kabul edilmektedir.

$$\text{Lakkis ve Jones testi: } L = \left( \frac{SSE_F}{SSE_R} \right)^{\frac{n}{2}} \quad (4)$$

Burada;  $v = df_R - df_F$  ;  $SSE_R$  ,  $SSE_F$  ,  $df_R$  ve  $df_F$  yukarıdaki formülde açıklandığı şekildedir.  $n$ =örnek sayısını ifade etmektedir.

### 3. SONUÇLAR

Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ver gövde hacim modeli kullanılarak farklı yetiştirme ortamlarındaki sedir ağaç türü için gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller için elde edilen parametre tahminleri ve ölçüt değerlerine ilişkin sonuçlar yetiştirme ortamları için sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Max ve Burkhardt (1976) tarafında geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modeli tüm yetiştirme ortamları için gövde çapı ve hacim tahminlerindeki varyasyonun %95'den daha fazlasını açıklayabilmektedir. Gövde çapı tahminlerindeki hata; deniz etkisindeki yetiştirme ortamı bölgeler grubu hariç, 2.3 cm'den ve hacim tahminlerindeki hata da 0.03 m<sup>3</sup>'den daha az olarak bulunmuştur.

Kızılcım ağaç türü için model test verileri ve Max ve Burkhardt (1976) modeli kullanılarak ilgili modelin gövde çapı ve gövde hacim tahminlerindeki başarısı test edilmiştir. Max ve Burkhardt (1976) modeli ve bağımsız veri setleri kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Max ve Burkhardt (1976) Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modeli İçin Parametre Tahminleri

Parametreler	Deniz Etkisine Açık YO	Akdeniz İç YO	Göller YO
$b_1$	-2.64718	-3.31228	-3.08525
$b_2$	1.08369	1.60364	1.49325
$b_3$	-1.07777	-1.38171	-1.22099
$b_4$	19.18995	27.89028	18.95845
$a_1$	0.74091	0.71339	0.67718
$a_2$	0.13380	0.11215	0.12786

**Tablo 3.** Max ve Burkhardt (1976) Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modeli İçin Ölçüt Değerleri

Yetiştirme Ortamı	Değişkenler	Ölçüt değerleri		
		Ortalama Hata	SEE	FI
DEY	Gövde Çapı (cm)	1.8963	4.0948	0.9531
	Hacim (m <sup>3</sup> )	0.0124	0.0354	0.9402
AİY	Gövde Çapı (cm)	-0.3921	2.3512	0.9708
	Hacim (m <sup>3</sup> )	0.0004	0.0182	0.9662
GYO	Gövde Çapı (cm)	-0.1680	1.9717	0.9713
	Hacim (m <sup>3</sup> )	-0.0007	0.0084	0.9736

**Tablo 4.** Farklı Yetiştirme Ortamı Bölgelerindeki Kızılçam Türü İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacim Tahminlerindeki Başarısının Testine İlişkin Sonuçlar

Yetiştirme Ortamı	Ağaç Türü	Değişkenler	n	Ortalama Hata	SEE
DEY	Sedir	Gövde Çapı (cm)	712	0.8819	2.9884
		Hacim (m <sup>3</sup> )	712	0.0072	0.0199
AİY	Sedir	Gövde Çapı (cm)	663	0.2024	2.0647
		Hacim (m <sup>3</sup> )	663	0.0016	0.0132
GYO	Sedir	Gövde Çapı (cm)	634	0.2912	0.0006
		Hacim (m <sup>3</sup> )	634	1.8060	0.0092

Tablo 4'ün incelenmesinden de görüleceği gibi; Tüm Yetiştirme Ortamı Bölge Grupları için Max ve Burkhardt (1976) modeli kullanılarak oldukça başarılı çap ve ağaç gövde hacmi tahminleri yapılabilmektedir. Örneğin Akdeniz Ardi Yetiştirme ortamı için çap tahminlerindeki hata 2.1 cm den; hacim tahminlerindeki hata ise 0.01 m<sup>3</sup> den daha azdır. Bağımsız veri seti kullanılarak elde edilen bu sonuçlar Kızılçam ağaç türü için Farklı Yetiştirme Ortamı Bölge Grupları için Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen model yardımı ile oldukça başarılı çap ve hacim tahminleri yapılabileceği söylenebilir. Özellikle bu model yardımı ile yapılacak ağaç gövde hacim tahminleri ile orman ürünlerinin alım ve satımı sırasında ortaya çıkabilecek kayıplar en aza indirilebilecektir.

### 3.2. Geliştirilen Gövde Çapı Modellerinin Aynı Yetiştirme Ortamındaki Farklı Bonitet Sınıfları ve Farklı Yetiştirme Ortamlarındaki Aynı Bonitet Sınıfları Açısından Karşılaştırılması

Sedir ağaç türü için geliştirilen gövde çapı modellerinin; farklı yetiştirme ortamları için birleştirilip birleştirilemeyeceği sorusunun yanıtı araştırılmıştır. Bu amaçla "Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı" ve "Lakkis ve Jones" tarafından önerilen  $\chi^2$  testleri kullanılmıştır (Neter vd. 1996; Khattree ve Naik, 1999).

Bu amaçla; her bir yetiştirme ortamı için boş değişken (Dummy variable) kullanılarak elde edilen tam (full) model ile tüm yetiştirme ortamları için gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan altı parametrelili azaltılmış model kullanılmıştır. Aşağıda tam model formu verilmiştir.

$$\frac{d^2}{D^2} = \left( b_1 + \sum_{i=1}^2 b_i r_i \right) * (Z - 1) + \left( b_2 + \sum_{i=1}^2 b_i r_i \right) * (Z^2 - 1) + \left( b_3 + \sum_{i=1}^2 b_i r_i \right) * \left( \left( a_1 + \sum_{i=1}^2 a_i r_i \right) - Z \right)^2 I_1 + \left( b_4 + \sum_{i=1}^2 b_i r_i \right) * \left( \left( a_2 + \sum_{i=1}^2 a_i r_i \right) - Z \right)^2 I_2 \quad (5)$$

Tam model formu gösterge değişkenler ( $r_i$ ) kullanılarak 3 farklı yetiştirme ortamları temsil edilmiştir.

Azaltılmış model formu da aşağıda verilmiştir.

$$\frac{d^2}{D^2} = b_1(Z - 1) + b_2(Z^2 - 1) + b_3(a_1 - Z)^2 I_1 + b_4(a_2 - Z)^2 I_2 \quad (6)$$

Farklı yetiştirme ortamlarındaki sedir ağaç türü için yapılan değerlendirme sonuçları aşağıdaki Tablo 5'de verilmiştir. Bu tablolardan da görüleceği gibi farklı yetiştirme ortamlarındaki sedir

ağaç türü için yapılan değerlendirmelerde, istatistiki olarak önemli farklılıkların bulunduğu görülmüştür.

**Tablo 5.** Farklı Yetiştirme Ortamlarındaki Sedir Ağaç Türü İçin Elde Edilen Sonuçlar

Model	Ağaç Türü/Yetiştirme Ortamı	Azaltılmış Model		Tam Model		n	L-değeri	F-değeri
		SSE <sub>R</sub>	df <sub>R</sub>	SSE <sub>F</sub>	df <sub>F</sub>			
M & B (1976)	Sedir/DEY-AİY	37457.5	3925	32350.9	3919	3931	65.22**	103.10**
	Sedir/DEY-GY	35493.9	4002	29414.5	3996	4008	83.60**	137.65**
	Sedir/AİY-GY	17607.5	3863	17454	3857	3869	3.89**	5.65**
	Sedir/DEY-AİY-GY	47748.7	5898	39609.7	5886	5904	83.16**	100.79**

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında üç farklı yetiştirme ortamındaki sedir ağaç türü için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilmiş parçalı gövde çapı modeli kullanılmıştır. Geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri; ortalama hata, tahminlerin standart hatası ve uyum indeksi gibi üç farklı ölçüte göre değerlendirilmiştir. Bağımsız veri seti kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda da Max ve Burkhardt (1976) gövde çapı modelinin çap ve hacim tahminlerinde oldukça başarılı olduğu ve ilgili yörelerde çap ve hacim tahminleri için güvenle kullanılabileceği görülmüştür. Önerilen model ile elde edilen gövde hacim tahminleri ile ilgili yörede ve ilgili ağaç türleri için geliştirilmiş tek girişli hacim tablolarından elde edilen hacim tahminleri ile de karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen model ile elde edilen sonuçların tek girişli hacim tablosu ile elde edilenlere göre çok daha başarılı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma ile geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinin yetiştirme ortamı özelliklerini ve yöresel farklılıkları dikkate almaksızın kullanılıp kullanılamayacağı da araştırılmıştır. Bu amaçla farklı yetiştirme ortamlarındaki sedir ağaç türü için model parametrelerinin tahmini açısından farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, farklı yetiştirme ortamlarındaki sedir ağaç türü için farklı model parametrelerinin tahmin edilmesi gerektiği ve herhangi bir yörede geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinin farklı yörelerde kullanılamayacağı ortaya çıkmıştır. Pillsbury vd. (1995) tarafından yapılan çalışmalarda bir hacim tablosunun yöresel farklılıkları dikkate almaksızın, farklı alalarda uygulanması ile büyük ve kabul edilemez hataların meydana gelebileceğini belirtmiştir. Bu hata miktarının zaman zaman %40'a kadar çıkabildiği gözlenmiştir.

Bu sonuçlar, ağaçların büyüme ve gelişme özellikleri üzerinde yöresel çevresel şartların ve yetiştirme ortamı özelliklerinin önemli etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yetiştirme ortamı şartları özellikle meşcerelerin sıklığı ve ağaçların tepe gelişimi üzerinde etkili olmaktadır (Leites ve Robinson 2004; Sharma ve Parton 2009). Bu durum doğrudan ve dolaylı yoldan da ağaçların gövde formu üzerinde etkili olmaktadır. Ancak bunun yanında yapılan çalışmalar yöresel özellikler ve çevresel şartların yanında ağaçların genetik özelliklerinin de ağaçların gövde formu üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur (Gomat vd., 2011). Li vd. (2012) tarafından yapılan çalışmalarda gövde çapı ve gövde hacim modellerinin tür temelli olduğu; gövde çapı ve gövde hacim tahminlerindeki model başarısının ağaç türüne göre farklılıklar gösterebileceğini belirtmektedir. Bu yüzden her ağaç türü için ayrı parametre tahminleri yapılmasının daha sağlıklı ve güvenilir olacağı ifade edilmiştir. Bununla birlikte; meşcere sıklığı, gençleştirme metodu, toprak tipi ve jeo-klimatik özellikler de ağaç büyümesi ve gövde formu üzerine önemli etkiye sahiptir. Bu nedenle şartlar izin verdiği ölçüde fazla sayıda örnek ağaç kullanarak her bir yöre için ayrı gövde çapı ve gövde hacim modelinin geliştirilmesine gayret edilmelidir. Böylece yöresel



farklılıklardan ya da yetiştirme ortamı özelliklerinin farklılığından kaynaklanacak hacim hataları minimum seviyeye indirilebilecektir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan veriler, TÜBİTAK tarafından desteklenen 109 O 714 nolu "Kızılçam, Karaçam ve Sedir Ağaç Türleri İçin Yetiştirme Ortamı Bazlı Çap-Boy Modelleri ile Gövde Çapı ve Gövde Hacmi Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi" proje çalışmasında elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2008. Orman Amenajman Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 52 s, Ankara.
- Boydak M. 2004. Silvicultural characteristics and natural regeneration of *Pinus brutia* Ten.-a review. *Plant Ecology* 171:153-163.
- Brooks J. R., Jiang L., Ozcelik R., 2008. Compatible Stem Volume and Taper Equations for Brutian Pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica Fir in Turkey, *For. Ecol. Manage.*, 256, 147-51.
- Jiang L., Brooks J. R., Wang J., 2005. Compatible Taper and Volume Equations for Yellow-Poplar in West Virginia, *For. Ecol. Manage.*, 213, 399-409.
- Kantarci, M.D., 1991. Akdeniz Bölgesi'nin Yetiştirme Ortamı Bölgesel Sınıflandırması, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, *Orman Genel Müdürlüğü Yayını*, Sıra No: 668, Seri No: 64, 150 s.
- Karatepe, Y., 2004. *Eğirdir Gölü Havzası'nın Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması*, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programı, İstanbul, 294 s.
- Klos, R., 2007. Taper Equations for Five Major Commercial Tree Species in Manitoba, Canada, *West. J. Appl. For.* 22:163-170.
- Li, R., Weiskittel, A., Dick, A. R., Kershaw, Jr. J. A., Seymour, R. S., 2012. Regional Stem Taper Equations for Eleven Conifer Species in the Acadian Region of North America: Development and Assessment, *North. J. Appl. For.*, 29(1).
- Max, T. A., Burkhart, H. E., 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations, *For. Sci.*, 22, 283-9.
- Meydan-Aktürk, G., *Doğu Ladini (Picea orientalis (L.) Link) İçin Trigonometrik Gövde Profili Denkleminin Oluşturulması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 120, (2006).
- Özçelik, R., Alkan, H., 2011. Okaliptüs Ağaçlandırmaları için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Geliştirilmesi., I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 720-730.
- Özçelik, R., Brooks, J.R., 2012. Compatible volume and taper models for economically important tree species of Turkey. *Annals of Forest Science*, 69:105-118.
- Özkan, K., 2003. *Beyşehir Gölü Havzası'nın Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması*, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programı, İstanbul, 189 s.
- Peng, C., Zhang L., Zhou X., Dang Q., Huang S., 2004. Developing and Evaluating Tree Height-Diameter Models at Three Geographic Scales For Black Spruce in Ontario, *North. J. Appl. For.*, 21(2), 83-92.
- Pillsbury, N. H., McDonald, P.M., Simon, V., 1995. Reliability of Tanoak Volume Equations When Applied to Different Areas, *West. J. Appl. For.*, 10(2), 72-78.
- Sakıcı, O. E., Mısır N., Yavuz H., Mısır M., 2008. Stem Taper Functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* in Turkey, *Scand. J. For. Res.*, 23, 522-33.
- Shater, Z., de-Miguel, S., Kraid, B., Pukkala, T., Palahi, M., 2011. A growth and yield model for even-aged *Pinus brutia* Ten. Stands in Syria. *Annals of Forest Science*, 68:149-157.
- Williams, M.S., Reich, R.M., 1997. Exploring the Error Structure of Taper Equations, *For. Sci.*, 43, 378-86.
- Yavuz, H., Saraçoğlu, N., 1999. Kızılağaç İçin Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23 (Ek sayı 5), 1275-82.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, (Basılmamış Doçentlik Tezi), KTÜ Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, 101 s.