

SARIÇAM İÇİN UYUMLU GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM MODELİ

Ramazan ÖZÇELİK¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta,
ramazan@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Erzincan yöresi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirilmiştir. Çalışmada, Jiang (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modeli kullanılmıştır. Önerilen model, gövde çapı ve gövde hacim tahminlerinde, genel olarak tüm ağaç gövdesi ve gövdenin farklı bölümleri için güvenilir sonuçlar vermiştir. Gövde üzerinde değişik noktalarda yapılan çap tahminlerinde ortalama hata 1,5 cm'den ve hacim tahminlerinde 0.005 m³'den daha az bulunmuştur. Önerilen model, sarıçam ağaç türü için Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen genel ağaç hacim denklemi ile de karşılaştırılmış, ağaç hacim denklemi kullanılarak elde edilen hacim değerlerinin daha yüksek hata miktarına sahip oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Gövde çapı, gövde hacmi, parçalı gövde çapı modeli, Sarıçam

COMPATIBLE TAPER AND STEM VOLUME EQUATION FOR SCOTCH PINE

ABSTRACT

In this study, Compatible Segmented Taper and volume model were developed for Scotch pine in Erzincan Region. Jiang (2004) segmented taper and volume function was used in this study. The proposed model generally performed better for whole tree and different sections of tree bole for taper and stem volume. Average diameter prediction error was less than 1,5 cm and average volume error was less than 0.005 m³ in different points on bole. Model estimates compared well to existing tree volume equation developed by Alemdağ (1967) and tree volume equation prediction errors for Scotch pine were found to be larger than those for the proposed volume model.

Key words: Taper, volume, segmented taper model, Scotch pine

1.GİRİŞ

Orman İşletmelerinde, işletme sermayesinin büyük bir bölümünü ağaç serveti oluşturmaktadır. Bu nedenle orman yöneticilerinin en önemli görevlerinden birisi; ağaç hacmi ve ağaç gövdesinden elde edilen odun sınıflarının hacim ve boyutlarının doğru bir şekilde hesaplanmasıdır (Yavuz, 1995). Günümüzde; odun kaynağının yönetimindeki temel amaç, insanların odun ihtiyaçlarını karşılamadaki kısıtlı imkânlarla rağmen, değişik boyutlardaki ve miktarlardaki odun ihtiyaçlarını sürekli olarak karşılayabilmektir. Bunu gerçekleştirebilmek için, elinizdeki kaynağın miktarını gerçeğe yakın bir şekilde bilmeniz gerekmektedir. Odun kaynaklarının rasyonel olarak yönetimi, değişik yararlanma alternatiflerinin ve çok farklı yönetim uygulamalarının gerçekleştirilebilmesi için meşcere veya tek ağaç hacminin en doğru şekilde belirlenmesine olanak veren esnek ve güvenilir metotlara ihtiyaç duymaktadır. Ülkemizde uzun yıllardır ağaç gövde hacim tahminleri için kullanılmakta olan ağaç hacim tabloları ve özellikle bu amaçla yoğun olarak kullanılan tek

girişli ağaç hacim tabloları, Türkiye'deki çeşitlenen ürün ve pazar şartlarının gerektirdiği hacim tahminleri için yetersiz kalmaktadır.

Bu nedenle; Türkiye'de odun hacminin daha gerçekçi olarak belirlenebilmesi ve sürdürülebilir orman yönetimi uygulamaları için, her ağaç türü ve farklı yetiştirme ortamlarında, gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Gövde çapı modelleriyle, ağaçların göğüs çapı ve boyu ile bunlardan türetilen bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak;

- 1-Herhangi bir gövde yüksekliğindeki çapı
- 2-Herhangi bir gövde çapının kaç metre yükseklikte olduğu
- 3-Ticari (satılabilir) gövdenin hacmi
- 4-Toplam gövde hacmi
- 5-Bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacimleri
- 6-Gövde üzerinde herhangi iki yükseklik arasındaki gövde bölümünün hacmi
- 7-Gövde üzerinde herhangi iki çap arasındaki gövde bölümünün hacmi çok pratik biçimde hesaplanabilmektedir (Kozak, 2004).

Yüzyılı aşkın bir süredir, basitten çok karmaşığa kadar, pek çok ağaç türü için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir (Kozak vd., 1969; Max ve Burkhart, 1976, Hilt, 1980; Kozak, 1988; Clark vd., 1991; Newnham, 1992, Fang vd., 2000). Newnham (1988)'e göre gövde çapı denklemleri üzerindeki çalışmaların her geçen gün artmasının iki temel sebebi vardır. Birincisi; bütün ağaç türleri için gövde formundaki varyasyonu tam olarak açıklayabilen bir teoremin bulunmaması, ikinci ise; sürekli değişen pazar koşullarına bağlı olarak farklı odun çeşidi standartlarını dikkate alan bir yöntemin elde edilememesidir. Bu nedenle gövde çapı modelleri bu alandaki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Çünkü basit bir gövde çapı modeli ile hem toplam gövde hacminin hem de ticari hacmin belirlenmesi oldukça kolaydır. Gövde çapı modelleri, genel olarak tek bir ağaç türü veya birkaç tür grubu için geliştirilmiştir. Ormanlık çalışmalarında iki grup gövde çapı modelinin başarı ile kullanıldığı belirtilmektedir. Bunlardan ilki değişken şekil çap modelleridir. Bu modellerde bir ağaç gövdesinin, dipten tepeye doğru nayloid, paraboloid ve konik parçalardan oluştuğu düşünülmektedir (Newnham, 1988; Kozak, 1988; Perez vd., 1990). Ancak bu model formunun bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar; gövde üzerindeki farklı şekillerin hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanamayıp, bir iterasyon ile hesaplanmasının gerekli olması belirtilebilir. İkinci grup ise; parçalı-gövde çapı (Segmented-polynomial) modelleridir. Bu modeller farklı ağaç bölümlerinin çap düşüşlerini farklı denklem formları kullanılarak tanımlamaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, parçalı gövde çapı modellerinin, diğer gövde profili modellerine göre daha üstün oldukları görülmüştür (Martin, 1981; Parresol vd., 1987; Clark vd., 1991; Figueiredo-Filho vd., 1996; Jiang, 2004). Bu gövde çapı modellerinin diğer gövde çapı modellerine göre önemli bir üstünlüğü, gövde çapı modellerinin hacim hesaplamaları için kolaylıkla hacim denklemlerine dönüştürülebiliyor olmasıdır (Fang vd., 2000). Ülkemizde de bazı ağaç türleri için yöresel düzeyde, değişik ülkelerde geliştirilen gövde çapı modelleri için uygun model katsayıları tahmin edilmiş (Yavuz, 1995; Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Meydan-Aktürk, 2006; Sakıcı vd., 2008), fakat ağaç gövdesi üzerindeki farklı gövde parçalarının hacimlerinin bulunması için gerekli gövde hacim modelleri için uygun katsayılar ortaya konmamıştır.

Bu nedenle en uygun modelin seçilebilmesini kolaylaştırmak amacıyla bazı kriterler ortaya konmuştur. Bunlar;

- 1- Gövde çapı modeli basit, orman yöneticisinin ihtiyaç duyabileceği ve değişik nitelikteki orman ürünlerinin hacmini tahmin etmesine imkân verebilecek şekilde olmalıdır.
- 2- Regresyon denkleminin katsayıları kolaylıkla tahmin edilebilmelidir.
- 3- Denklem kolaylıkla uygulanabilmelidir.
- 4- Denklemden kullanılacak bağımsız değişkenler (çap, vb.) kolaylıkla ölçülebilmelidir.
- 5- Denklemin kullanılabilmesi için geniş bir alanda test edilmiş olması gerekmektedir.

Bu çalışma ile: ülkemizin önemli asli ağaç türlerinden birisi olan ve orman ürünleri endüstrisinin çeşitli kollarında oldukça yaygın kullanım alanına sahip bulunan, büyük bölümü Doğu ve Batı Karadeniz bölgesinde olmak üzere oldukça geniş alanlar kaplayan ve yaklaşık 117.78 milyon m³ lük bir dikili hacme sahip olan Sarıçam için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklem sistemlerinin geliştirilmesi ve bu denklem sistemlerinin ülkemizde odun üretimi çalışmalarında kullanılabilirliğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Jiang (2004) tarafından geliştirilen uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli kullanılarak, Erzincan yöresi sarıçam meşcereleri için yöresel gövde çapı ve gövde hacmi modeli geliştirilmiştir. Bu model Clark vd., (1991) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinde bazı modifikasyonların yapılması ile suretiyle elde edilmiştir.

2.MATERYAL VE METOT

Örnek ağaçlar Erzincan Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam meşcerelerinden elde edilmiştir. Örnek ağaçların ilgili ormanlık alanları ve yetiştirme ortamı koşullarını tam olarak temsil edebilmesi amacıyla, hem galip hem de müşterek galip ağaçlar arasından, farklı çap ve boy gruplarından seçilmiştir. Örnek ağaçların seçimi sırasında, tepesi kırık, çatallı tepeye ya da gövdeye sahip olan ve düzgün gövdeli olmayan ağaçların seçilmemesine özen gösterilmiştir. İkinci aşamada; örnek ağaçlar kesilmiş ve toplam ağaç boyu şerit metre yardımı ile ortalama 0.25 cm hata ile; ağaç gövde çapı ve 1 metre aralıklarla ağaç tepe noktasına kadar gövde üzerindeki farklı noktadaki çap değerleri ortalama 0.25 cm hassasiyetle ölçülmüştür. Jiang (2004) tarafından geliştirilen modelin kullanılabilmesi için ağaçların yerden 5.30 m yükseklikteki çap değerlerinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla aşağıda belirtilen 3 nolu formül kullanılabilir (Clark vd., 1991). Ölçümü yapılan örnek ağaçlardan tesadüfi olarak seçilen yaklaşık %75'i gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi, geri kalan %25'lik kısmı da geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Örnek ağaçlarla ilgili açıklayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir. Örnek ağaçlara ve ağaç gövdesi üzerindeki farklı seksiyonlara ait gerçek hacim değerleri Smalian Yöntemi kullanılarak bulunmuştur.

Çizelge 1. Model Parametrelerinin ve Model Uygunluğunun Denetiminde Kullanılan Veriler

Sarıçam	Ortalama	S.D.	Minimum	Maximum
M. Geliştirme (n = 78)				
Çap (cm)	28.88	7.74	15.00	44.00
Toplam Boy (m)	17.04	3.80	9.80	25.00
Disk çapı (cm)	17.80	14.62	3.00	46.00
Disk boyu (m)	8.64	5.51	0.30	24.30
M. Uygunluğu (n = 22)				
Çap (cm)	30.64	6.49	18.00	43.00
Toplam Boy (m)	16.82	3.46	11.80	22.20
Disk çapı (cm)	17.36	14.30	3.00	43.50
Disk boyu (m)	8.47	5.35	0.30	21.30

2.1 Gövde Çapı Modeli:

$$d = \left\{ \begin{aligned} &I_S \left[D^2 \left(1 + \frac{(1-h/H)^{B_1} - (1-1.30/H)^{B_1}}{1 - (1-1.30/H)^{B_1}} \right) \right] \\ &+ I_B \left[D^2 - \frac{(D^2 - F^2)((1-1.30/H)^{B_2} - (1-h/H)^{B_2})}{(1-1.30/H)^{B_2} - (1-5.30/H)^{B_2}} \right] \\ &+ I_T \left[F^2 (B_3) \left(\frac{h-5.30}{H-5.30} - 1 \right)^2 + I_M \left(\frac{1-B_3}{B_4^2} \right) \left(B_4 - \frac{h-5.30}{H-5.30} \right)^2 \right] \end{aligned} \right\}^{0.5} \quad (1)$$

Bu formüle;

H = Toplam ağaç boyunu; **D**= göğüs çapını; **d**: *h* yüksekliğindeki gövde çaplarını, ve B_i regresyon katsayılarını göstermektedir. Bu katsayılardan B_1 ; 1.30'nin altındaki B_4 ; 1.30-5.30 m arasındaki ve B_5 - B_6 ise 5.30 m'nin üstündeki gövde çapı ve yüksekliklerin belirlenmesinde kullanılacak katsayıları ifade etmektedir.

Gövde çapı modeli için dört adet gösterge değişken aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$I_S = \begin{cases} h < 1.30 & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases} \quad I_S = \begin{cases} 1.30 \leq h < 5.30 & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases}$$

$$I_S = \begin{cases} h > 5.30 & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases} \quad I_S = \begin{cases} h < (5.30 + B_4(H - 5.30)) & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases}$$

Yukarıdaki gövde çapı modelinde $F_{5.30}$ değişkeninin de girilmesi gerekmektedir. Bu değer ağaç türünün 5.30 m yüksekliği için ortak bir gövde çap değeridir. Bu değer in hesaplanması için Clark vd. (1991) tarafından aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$F_{5.30} = D \left(B_1 + B_2 \left(\frac{5.30}{H} \right)^2 \right) \quad (2)$$

2.2 Gövde Hacmi Modeli:

$$V = k \left\{ \begin{aligned} & I_1 D^2 \left[(1 - GW_1)(U_1 - L_1) + \frac{W_1((1 - L_1/H)^{B_1}(H - L_1) - (1 - U_1/H)^{B_1}(H - U_1))}{(B_1 + 1)} \right] \\ & I_2 I_3 \left[T(U_2 - L_2) + \frac{Z((1 - L_2/H)^{B_2}(H - L_2) - (1 - U_2/H)^{B_2}(H - U_2))}{(1 + 1.37/H)^{B_2} - (1 - 5.30/H)^{B_2}} \right] \\ & I_4 F^2 \left[\begin{aligned} & \frac{B_3(U_3 - L_3) - \frac{B_3((U_3 - 5.30)^2 - (L_3 - 5.30)^2)}{(H - 5.30)}}{(H - 5.30)} + \\ & \frac{B_3/3((U_3 - 5.30)^2 - (L_3 - 5.30)^2)}{(H - 5.30)} + \\ & \frac{I_5(1/3)((1 - B_3)/B_4^2)(B_4(H - 5.30) - (L_3 - 5.30))^3}{(H - 5.30)^2} - \\ & \frac{I_6(1/3)((1 - B_3)/B_4^2)(B_4(H - 5.30) - (U_3 - 5.30))^3}{(H - 5.30)^2} \end{aligned} \right] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Gövde çapı ve gövde hacmi modellerinde kullanılan diğer değişkenler ise aşağıda verilmiştir.

$$G = \left(1 - \frac{1.30}{H} \right)^{B_1} \quad W_1 = \frac{1}{1 - G} \quad X = \left(\frac{1 - 1.30}{H} \right)^{B_2} \quad Y = \left(1 - \frac{5.30}{H} \right)^2 \quad T = D^2 - ZX$$

$$Z = \frac{D^2 - F^2}{X - Y} \quad k = 0.0000785 \quad L_1 = \max(L, 0) \quad L_2 = \max(L, 1.30) \quad L_3 = \max(L, 5.30)$$

$$U_1 = \min(U, 1.30) \quad U_2 = \min(U, 5.30) \quad U_3 = \min(U, H) \quad I_1 = \begin{cases} L < 1.30 & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases}$$

$$I_2 = \begin{cases} L < 5.30 & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases} \quad I_3 = \begin{cases} U > 1.30 & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases} \quad I_4 = \begin{cases} U > 5.30 & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases}$$

$$I_5 = \begin{cases} (L_3 - 5.30) > B_4(H - 5.30) & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases} \quad I_6 = \begin{cases} (U_3 - 5.30) < B_4(H - 5.30) & \text{ise } 1 \\ \text{aksi takdirde} & 0 \end{cases}$$

2.3 Model Değerlendirme Ölçütleri

Önerilen modelin gövde çapı ve gövde hacmi tahminlerindeki performansını değerlendirmek amacıyla Schlaegel (1981) tarafından önerilen hata ($\bar{d}$), tahminin standart hatası (SEE) ve fit index (FI) ölçütleri kullanılmıştır.

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n}$$
$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - k}}$$
$$FI = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right]$$

Burada:

- Y_i = i. Ağaç için ölçülen değer,
 $\hat{Y}_i$ = i. Ağaç için tahmin edilen değer,
 $\bar{Y}$ = Ölçülen değerlerin ortalaması,
 k = Tahmin edilen parametre sayısı,
 n = Toplam gözlem sayısıdır.

Gövde çapı ve gövde hacim modellerindeki hatayı eş zamanlı olarak minimum yapabilmek amacıyla SAS PROC MODEL (SAS Institute, 2002) kullanılmıştır. Bütün parametreler gövde çapı ve gövde hacim modellerine paylaştırılmıştır. SAS PROC MODEL işleminde verilerde bulunan ilişkili hata yapısı modellerin doğruluğunu çok fazla etkilemediğinden ve model yapısı içerisinde kendiliğinden değerlendirildiğinde dolayı hesaplamalarda dikkate alınmamıştır (Williams ve Reich 1997; Kozak 1997).

3. SONUÇLAR

Sarıçam ağaç türü için Jiang (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin eş zamanlı olarak çözümü yapılmış ve elde edilen parametre tahmin değerleri ve parametrelerin önemlilik düzeyleri Çizelge 2’de verilmiştir. Bütün parametreler 0.0001 önem seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 2. Doğrusal Olmayan SUR Model ile Elde Edilen Parametre Değerleri

Parametre	Tahmin	Standart hata	t değeri	p-değeri
B_1	190.5051	9.8217	19.40	<0.0001
B_2	4.4141	0.3127	14.12	<0.0001
B_3	0.9273	0.0049	188.39	<0.0001
B_4	5.5890	0.3002	18.62	<0.0001

Tüm ağaç gövdesi için elde edilen sonuçlara ilişkin ölçüt değerleri Çizelge 3’de gösterilmiştir. Jiang (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri çap ve hacimdeki varyasyonun %98’ini açıklamaktadır. Tahminlerin standart hata değerleri ise, gövde çapı değeri için 1,5 cm’den; gövde hacmi için ise 0,0045 m³ den daha azdır.

Çizelge 3. Sarıçam Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemleri İçin Ölçüt Değerleri

Tür	Hata	SEE	FI
Sarıçam			
Gövde Çapı(cm)	0.3064	1.4669	0.9751
Gövde Hacmi (m ³)	0.0010	0.0042	0.9804

Gövde çapı ve gövde hacim tahminlerinin gövdenin farklı kısımlarındaki başarı durumunu da görmek amacıyla, nisbi boy değerleri içinde değerlendirmeler yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Sarıçam Ağaç Türünün farklı Nisbi Boy değerleri (RH) için hata standart hata değerleri.

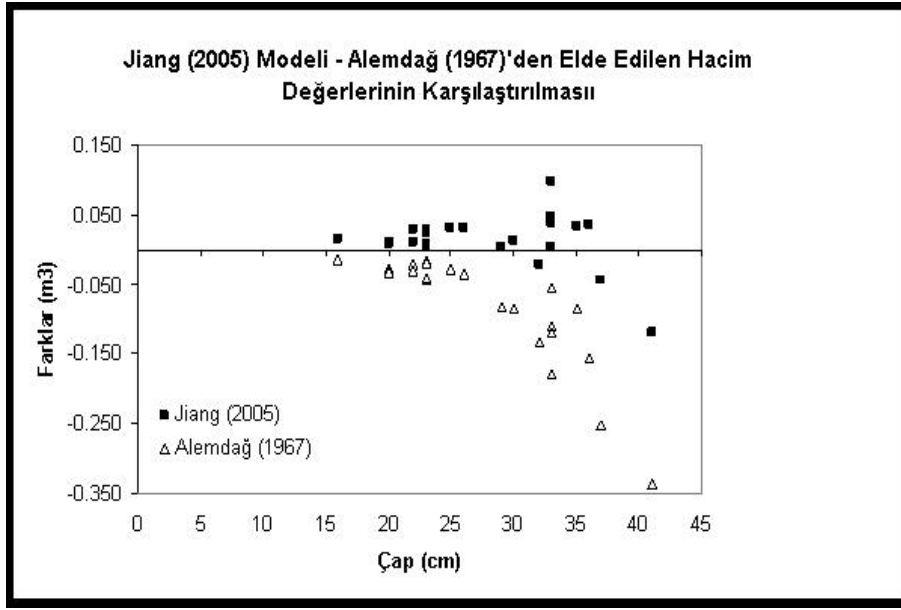
RH	Çap			Hacim		
	n	Hata (cm)	SEE (cm)	n	Hata (cm)	SEE (cm)
0.0-0.1	141	0.9876	1.4918	141	0.0027	0.0046
0.1-0.2	139	-0.0297	0.8240	139	0.0003	0.0038
0.2-0.3	132	0.3457	1.3903	132	0.0013	0.0048
0.3-0.4	133	0.5078	1.2940	133	0.0020	0.0051
0.4-0.5	137	0.6782	1.6049	137	0.0022	0.0055
0.5-0.6	131	0.6462	1.6484	131	0.0016	0.0049
0.6-0.7	133	0.3433	1.6335	133	0.0005	0.0041
0.7-0.8	133	-0.2092	1.7133	133	-0.0007	0.0037
0.8-0.9	132	-0.4153	1.7481	132	-0.0005	0.0025
0.9-1.0	105	0.1361	1.1857	105	0.00001	0.0007
Toplam	1316	0.3064	1.4669	1316	0.0010	0.0042

Gövde çapı ve gövde hacim modelleri için elde edilen parametre değerleri, modeli test etmek için tesadüfî olarak seçilen örnek ağaç verileri ile değerlendirilmiş ve var olan ağaç hacim denklemine göre daha tutarlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür (Çizelge 5).

Geliştirilen model katsayıları ile elde edilen gövde hacim değerleri ile Sarıçam ağaç türü için Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen ağaç hacim denklemi kullanılarak bulunan hacim değerleri karşılaştırılmış, sonuçlar Şekil 1’de verilmiştir. Gövde hacim modeli ile elde edilen hacim değerlerinin, ağaç hacim denklemi kullanılarak elde edilen hacim değerlerinden daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Önerilen modelin gövde hacim tahminlerinde genel olarak küçük ve orta çap değerleri için fazla, büyük çap değerleri için ise eksik sonuç verdiği görülmüştür.

Çizelge 5. Önerilen Model ile var olan ağaç hacim denkleminin toplam ağaç hacmindeki hata ve standart hata bakımından karşılaştırılması

Tür	Hata (m ³)	SEE (m ³)
Sarıçam		
Jiang (2004)	0.0124	0.0408
Alemdağ (1967)	-0.0846	0.1164



Şekil 1. Bağımsız veri seti kullanılarak, Jiang (2004) Gövde hacim modeli ve Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen ağaç hacim denklemine ilişkin hacim farkları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; Erzincan yöresi sarıçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiştir. Gövde çapı ve gövde hacim modelleri arasında uyumu sağlamak amacıyla her iki model için eş zamanlı çözüm yapılmış ve çap ve hacim modelleri için ortak katsayılar elde edilmiştir. Jiang (2004) tarafından önerilen modelin gerek tüm ağaç gövdesi, gerekse gövde üzerindeki farklı bölümlerdeki çap ve hacim tahminlerinde oldukça yüksek bir performans gösterdiği söylenebilir. Bağımsız bir veri grubu ile yapılan denetim sonucunda da; önerilen gövde çapı ve gövde hacim modellerinin gerek ağaç gövdesi üzerindeki farklı yüksekliklerdeki çap değerlerinin gerekse hacim tahminlerinin yapılmasında başarı ile kullanılabileceği görülmüştür. Önerilen model Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen ağaç hacim denklemine göre de daha başarılı sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak; Jiang (2004) tarafından geliştirilen model kullanılarak, sarıçam ağaç türü ve değişik ticari boyutlar için daha doğru ve güvenilir hacim tahminleri yapılabilir.

5. KAYNAKLAR

- Alemdağ, Ş. (1967), Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü, ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:20
- Clark, III, A. Souter, R.A. Schlaegel, B.E. (1991), Stem Profile Equations for Southern Tree Species. USDA For. Serv. Res. Pap. SE-282.
- Fang, Z. Borders, B.E. Bailey, R.L. (2000), Compatible Volume Taper Models for Loblolly and Slash Pine Based on System with Segmented-Stem Form Factors. For. Sci. 46:1-12.
- Figueiredo-Filho, A. Borders, B.E. Hitch, K.L. (1996), Taper Equations for Pinus Taeda Plantations in Southern Brazil. For. Ecol. Manage. 83:39-46
- Hilt, D.E. (1980), Taper-Based System for Estimating Stem Volume of Upland Oaks. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-458.
- Jiang, L. (2004), Compatible Taper and Volume Equations for Yellow-Poplar in West Virginia. MS Thesis. West Virginia University, Morgantown, WV, 75pp.
- Kozak, A. Munro, D.O. Smith, J.H.G. (1969), Taper Functions and Their Application in Forest Inventory. For. Chron. 45:278-283.
- Kozak, A. (1988), A Variable-Exponent Taper Equation. Can. J. For. Res. 18:1363-1368.
- Kozak, A. (1997), Effects of Multicollinearity and Autocorrelation on the Variable-Exponent Taper Functions. Can. J. For. Res. 27:619-629
- Kozak, A. (2004), My Last Words on Taper Equations. For. Chron. 80:507-515.
- Martin, A.J. (1981), Taper and Volume Equations for Selected Appalachian Hardwood Species. USDA Forest Service, NE-490
- Max, T.A. Burkhart, H.E. (1976), Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations. For. Sci. 22:283-289.
- Meydan-Aktürk, G. (2006), Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) İçin Trigonometrik Gövde Profili Denkleminin Oluşturulması, KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, 120s.
- Newnham, R.M. (1988), A Variable form Taper Function. Information Report PI-X-83. Forestry, Canada, 33 pp.
- Newnham, R.M. (1992), Variable-Form Taper Functions for Four Alberta Tree Species. Can. J. For. Res. 22: 210-223.
- Parresol, B.R. Hotvedt, J.E. Cao, Q.V. (1987), A Volume and Taper Prediction System for Bald Cypress. Can. J. For. Res. 17:250-259
- Perez, D.N. Burkhart, H.E. Stiff, C.T. (1990), A variable-Form Taper Function for Pinus Oocarpa Schiede in Central Honduras. For. Sci. 36: 186-191.
- Sakici, O.E. Misir, N. YAVUZ, H. Misir, M. (2002), Stem Taper Functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* in Turkey Scand. J. For. Res. 23:522-533.
- Yavuz, H. Saracoglu, N. (1999), Compatible and Non-compatible Stem Taper Equations for Alder. Turk. J. Agric. For. 23:1275-1282.
- Sas Institute Inc (2002), SAS/ETS User's Guide, Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary, NC
- Williams, M.S. Reich, R.M. (1997), Exploring the Error Structure of Taper Equations. For. Sci. 43:378-386.
- Yavuz, H. (1995), Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, KTU Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Basılmamış Doçentlik Tezi, 101s.