



Antalya-Korkuteli Yöresi Kızılçam Ağaçlandırmaları İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi ve Mevcut Tablolar ile Kıyaslanması

Serdar CARUS^{1*}, Yakup SU²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Isparta

²Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Korkuteli Orman İşletme Müdürlüğü, Isparta

*İletişim yazarı: serdarcarus@sdu.edu.tr

Özet

Bu çalışma ile Antalya- Korkuteli yöresinde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmaları için yöresel tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu oluşturulması amaçlanmıştır. Ağaç hacim tablosu oluşturmak için, beş Orman İşletme Şefliğinde iki farklı örnek alanda beşer adet kızılçam ağacında olmak üzere toplam 50 ağaçta gövde analizi yapılmıştır. Gövde analizlerinden sağlanan beşer yıllık periyodik ölçümlerle 325 bireye ulaşılmıştır. Gerçek ve türetilen (periyodik ölçümler) çap, boy ve hacim değerleri yardımıyla tek ve çift girişli gövde hacim tablosu yapılmıştır. Tek ve çift girişli hacim tablosu yapımında istatistik yaklaşımlar ve yöntemler esas alınarak, birçok regresyon denklemi sınanmıştır. Hazırlanan tablonun sonuçları, mevcut olan benzerleriyle kıyaslanmış ve yeni oluşturulan tablonun galip ve yarı galip ağaçların gövde hacimlerini gerçeğe daha yakın tahmin ettiği tespit edilmiştir. Seçilen hacim denklemlerinin uygunluğu için belirtme katsayısı, F test değeri, standart hata, ortalama hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de bulunmuştur. Daha sonra da genel kızılçam hacim tabloları (Alemdağ, 1962; Usta, 1991) ile kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kızılçam, Regresyon yöntemi, Tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu

Single and Double Entry Tree Volume Table Construction and Comparison of Them with Existing Tables for Brutian Pine Afforestations in Antalya-Korkuteli Region

Abstract

In this study, the local single- and double-entry tree volume table was aimed to develop for Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) afforestation in region Antalya- Korkuteli. To create tree volume tables, two different samples in five forest management units in the area, including five double Brutian pine tree stem analysis was conducted in a total of 50 sample trees. Stem analysis were provided with periodic measurements of five years was reached 325 individuals in the study. Actual and derived (periodic measurements) diameter, height and volume with the help of values of single and double entry table was made of trunk volume. Single and double-entry volume table construction and methods based on statistical approaches, several regression models were tested. The results of prepared statements were compared with similar existing and newly created tables and especially, actual volumes of co-dominant and dominant trees were found closer to estimated volumes with equation. For the suitability of the selected volume equations for each coefficient of determination, F test value, standard error, mean error, mean absolute percentage error and percentages of total error were found. Then the table was compared to the overall volumes of Brutian pine (Alemdağ, 1962; Usta, 1991).

Keywords: Brutian pine, Regression method, Single and double-entry tree volume table

1. GİRİŞ

Ormanın ana ürünü olan odun, hacim veya ağırlık birimi ile ölçülerek piyasaya sunulmaktadır. Ağacın ve ormanın toplam odun hacmi, gerçekte ağaçlar kesilmeden tam olarak saptanamaz. Bundan dolayı dikili ağaçların çeşitli yollarla gövde hacminin tahmini yollarına gidilmektedir. Bu tahminde genel olarak ortalama değerler veren uygun bir istatistik denklemlerden yararlanılmaktadır. Bu denklem ise, tek veya çok serbest değişkenli, basit veya karmaşık birçok denklem arasından çeşitli uygunluk testleri yardımıyla seçilmektedir (Kalıpsız, 1984). Ağaç hacim tabloları (gövde hacim tabloları), doğrudan tayini güç olan gövde hacmini, kolay ölçülebilen ağaç boyutları (çap ve boy) yardımıyla kestirebilmemizi sağlayan ve genel olarak değerleri, çap-boy-hacim ilişkisini gösteren regresyon denklemlerinden türetilen tablolardır (Kalıpsız, 1984). Regresyon denklemlerinin elde edilmesinde ise, kesilen örnek ağaçlardan gövde analizi yöntemi yardımıyla elde edilen periyodik çap, boy ve hacim değerlerinden faydalanılmaktadır.

Ormancılıkta ağaç serveti envanteri çalışmalarında, örnek alanların hacimlendirilmesinde genel olarak tek (çap-hacim) veya çift (çap-boy-hacim) girişli gövde hacim tabloları kullanılmaktadır. Tek girişli gövde hacim tablolarının kullanılabilmesi için, her bir örnek alana ait ayrı bir tablonun yapılması veya bu tablonun hazır bulunması gerekir. Bu ise, büyük zorluk teşkil etmektedir. Örnek alanlarda çift girişli gövde hacim tablosunun kullanılması, bu güçlüğü ortadan kaldırarak gövde hacminin daha kolay ve duyarlı olarak tahmini mümkün kılmaktadır. Çift girişli gövde hacim tablolarının hazırlanmasında grafik veya istatistik yöntemler kullanılabilirse de istatistik yöntem diğer yöntemlere göre üstün tutulmaktadır. Çünkü istatistik yöntemler bilgisayarda hızlı ve daha duyarlı olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca, denklemler içerisinden en uygun olanın seçimi ile de gövde hacmini daha duyarlı tahmin yapmak mümkün olabilmektedir.

Orman varlığımız yaklaşık 21,7 milyon hektar olup, ülke genel toplam alanının yaklaşık % 27'sine karşılık gelmektedir. Ülkemizde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) yaklaşık 5,9 milyon hektar yayılış alanı ile tür olarak ilk sırayı almaktadır (Anonim, 2012). Bununla birlikte, 270 milyon m³ servet ve 7,95 milyon m³ yıllık artım, 262 bin hektar gençleştirme alanı ve 3,4 milyon m³ yıllık ortalama etasıyla da ilk sırayı almaktadır. İğne yapraklı ormanlar içerisinde % 42'lik payıyla ilk sırayı kızılçam almaktadır (Anonim, 2012). Ayrıca, Türkiye'de makilik alanların Ege, Akdeniz ve Marmara Bölgesinde yaklaşık 2,2 milyon hektar alanın hemen hemen tamamı kızılçam potansiyel ağaçlandırmalarına konu olduğu da belirtilmektedir (Boydak, 1988). Bu verilere göre kızılçam ülke ormancılığımız için büyük önem taşımaktadır.

Meşcere hacminin hesaplanması, orman envanteri çalışmaları için önemlidir. Uygulamada meşcere ağaç serveti ağaç hacim tablolarından yararlanılarak hesaplanmakta bazen de uygun ağaç hacim tablosuna ya da uygun ağaç hacim denklemine ulaşmak mümkün olamamaktadır. Örneğin, ülkemizde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmaları için Usta (1991) tarafından hazırlanmış bir çift girişli ağaç hacim tablosu hazırlanmış bulunmaktadır. Akdeniz Bölgesi kızılçam ormanlarında hazırlanan bazı Orman Amenajman Planlarında ve çalışma alanımız olan Korkuteli yöresinde de kızılçam ağaçlandırmalarında mevcut Usta (1991)' tarafından hazırlanan ağaç hacim tablosunun kullanılması gerekirken yerine Alemdağ (1962) tarafından doğal ormanlar için hazırlanmış çift girişli ağaç hacim tablosundan türetilmiş tek girişli ağaç hacim tablosunun uygulamada kullanıldığı görülmüştür. Bu durumunda, Orman Amenajman Planlarının ilk kez hazırlanmasında zorunluluk dolayısıyla daha eski olan Alemdağ (1962)' nın tablosundan yararlanıldığı yaklaşık 30 yıl sonra Usta (1991) tarafından hazırlanan ağaç hacim tablosunun Orman Amenajman Planlarının yenilenmesi sırasında bu farklılığın (tek ağaçta doğal veya

ağaçlandırma hacim farklılığı) önem taşımadığı kanısıyla da planların yenilemesinde bu hususun dikkate alınmadığı tarafımızda düşüncesini doğurmuştur. Bu da hatalı ağaç serveti hesaplamalarının yapılmasına neden olmaktadır. Bu çalışmanın birinci amacı; hem yayılış alanı bakımından hem de ekonomik değeri bakımından ülkemiz için önemli orman ağacı türlerinden biri olan kızılçam ağaçlandırmaları için geçerlilik alanı Korkuteli yöresi olacak tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tabloları düzenlenerek, yöresel orman envanteri çalışmalarına katkıda bulunmaktır. İkinci amacını da, tarafımızdan düzenlenen mevcut ağaç hacim tablolarıyla özdeş olup olmadıklarının test edilmesi oluşturmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırmada Akdeniz ormancılığı için önem arz eden kızılçam ağaçlandırmalarının yayılış yaptığı sahalardan alınan örnek ağaçların gövde analizlerine ait ham veriler, bilgisayarda değerlendirilerek, gövde analizi yapılan ağaçlara ait çeşitli periyodik değerler (5 yıllık) elde edilmiştir. Periyodik çap, boy ve hacim değerlerinden yararlanılarak Saraçoğlu (1988)'in geliştirdiği yöntemle tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tabloları oluşturulmuştur.

Örnek ağaçlar, kızılçam ağaçlandırmalarının yoğun olduğu Korkuteli yöresinde kesilmiştir. Örnek ağaçların alındığı örnek ağaçlara ait bazı bilgiler Tablo 1' de verilmiştir. Antalya-Korkuteli Orman İşletme Müdürlüğü'nün beş Orman İşletme Şefliğinde kızılçam ağaçlandırmalarında toplam 10 adet örnek alan alınmıştır. Örnek alanlarda beşer adet ağaç kesilmiştir. Kesilen ağaçlar Huber orta yüzey formülü ile periyodik gövde hacimlerinin belirlenebilmesi için 2 metrelik bölümlere ayrılmış ve kesim noktalarından alınan kesitler üzerinde kızılçam ağaçlarından 50 adet ağaçta beşer yıllık periyodik çap ve boy ölçmeleri yapılmıştır. Daha sonra mevcut örnek ağaçlardan hesaplanan kabuk ve hacim faktörü ile çarpılarak, periyodik kabuksuz çap ve hacimler kabuklu değerlere dönüştürülmüştür. Çalışmamızda periyodik değerler, ayrı ayrı ağaçlara ait olduğu düşünülerek işlemlere sokulmuştur. Örneğin 40 yaşındaki bir ağaç 8 birey olarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde türetme ile 325 adet birey elde edilmiştir (Tablo 1 ve 2).

Çalışmamızda, toplam 325 bireyin çap, boy ve hacim değerleri üçlü veri grupları halinde bilgisayarda bir veri dosyasına işlenmiştir. Bu veriler SPSS Ver. 21 istatistik paket programı yardımıyla istatistik yöntemle tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde kullanılmıştır. Bu ağaçların önce kabuklu göğüs çapı ile boy basamaklarına dökümleri yapılmış ve uygun dağılım gösterip göstermedikleri incelenmiştir (Tablo 2). Çap-boy basamaklarındaki ağaçların yatay ve dikey yönde genel olarak simetrik çan eğrisi görünümünü vermesiyle bu ağaçların çap-boy ve hacim değerlerinden bir hacim tablosu yapılabileceği anlaşılmıştır.

Türetilmiş ağaçların hacimleri, bilinen bazı hacim denklemleri kullanarak, kabuklu göğüs çapı ve boylarıyla ilişkiye getirilmiştir. Burada çeşitli yabancı ve yerli literatürde kullanılan hacim denklemleri ayrı ayrı denenmiştir (Husch, 1963; Fırat, 1973). Verilere en fazla uyum gösteren denklem, ağaç hacim tablosu yapımına temel alınmış ve regresyon denkleminin katsayısı ve istatistikleri hesaplanmıştır. Elde edilen regresyon denklemleri, kabuklu göğüs çapı (d) cm ve boy (h) m olarak alındığında, kabuklu gövde hacmini (v) yerden uç tomurcuğa kadar dm³ olarak vermektedir. Regresyon denklemlerine ait istatistiklerin güvenilirlik testleri de yapılmıştır. Daha sonra tarafımızdan düzenlediğimiz tablo ile mevcut tablolara temel teşkil eden ağaçların (çap, boy) noktalar dağılımı grafik yardımıyla incelenerek, hacim tablosunun karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışmamızda kriterlere göre ağaç hacim tahmininde en iyi sonuç veren ağaç hacim denkleminin seçiminde, gerçek değerlerle tahmin edilen değerler arasındaki farklara

dayanan ve Ortalama hata, Ortalama mutlak hata yüzdesi ve Toplam hata yüzdesi olarak üç ölçüt kullanılmıştır (Denklem 1- 3). Bu ölçütlerden en düşük olanına karar verileceği için her bir hacim denklemine birden başlayarak puan verilirken, sonuçta en düşük puana sahip olan denklem en iyi ağaç hacim denklemi olarak seçilmiştir.

Tablo 1. Örnek ağaçlardan (n=50) türetilen 325 ağacın bazı özellikleri

Değişkenler	Minimum	Maksimum	Aritmetik ortalama	Standart sapma	Değişkenlik katsayısı
Göğüs çapı (cm)	0,35190	27,33090	11,09898	6,59426	59,41
Boy (m)	1,40	16,30	7,25942	3,78222	52,10
Hacim (dm ³)	0,12570	356,87487	60,89271	76,15827	125,07
Yaş (yıl)	5	40	22,99	8,68587	37,78

Tablo 2. Örnek ağaçlardan türetilen 325 ağacın göğüs çapı ve boy basamaklarına dağılımı

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyu (m)								Toplam
	3	5	7	9	11	13	15	17	
2	50	-	-	-	-	-	-	-	50
6	25	33	8	-	-	-	-	-	66
10	-	27	29	19	6	-	-	-	81
14	-	2	16	14	14	1	-	-	47
18	-	-	3	9	18	12	2	-	44
22	-	-	-	3	6	12	5	2	28
26	-	-	-	1	-	2	4	2	9
Toplam	75	62	56	46	44	27	11	4	325

1. Ortalama hata

$$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n} \quad (1)$$

2. Ortalama mutlak hata yüzdesi

$$OMHY(\%) = \frac{\sum |V_{reg} - V_i|}{\sum V_i} * 100 \quad (2)$$

3. Toplam hata yüzdesi

$$THY(\%) = \frac{\sum V_{reg} - \sum V_i}{\sum V_i} * 100 \quad (3)$$

Burada; $D_i = V_{reg} - V_i$, V_i =Ölçülen ağaç hacmi (dm³), V_{reg} = Denklemden hesaplanan ağaç hacmi (dm³) ve n= örnek ağaç sayısını (adet) temsil etmektedir.

3. BULGULAR

Regresyon denkleminin katsayısının bulunmasında, gövde analizi yapılan ağaçların periyodik kabuklu çap ve hacim değerlerinin bilinmesi gereklidir. Bunun için önce, periyodik ağaçların kabuksuz göğüs çapları ile kabuksuz hacimleri kabuklu hale dönüştürülmüştür. Bu amaçla, gövde analizi yapılan ağaçların göğüs çapı verileri cm cinsinden x,y koordinat sisteminde, x eksenine kabuksuz çap, y eksenine kabuklu çaplar karşı gelecek şekilde işaretlenmiştir. Bu noktalar dağılımına uygun regresyon denklemi $y=b*x$ biçimindeki orijinden geçen doğrusal denklem olmuştur (Denklem 4). Bu denklem ile periyodik kabuksuz

çaplar periyodik kabuklu çaplara dönüştürülmüştür. Burada kabuk faktörü denklemin katsayısı olmaktadır.

$$d_{kbl} = 1,173 * d_{kbs} \quad (4)$$

$$R^2=0,998 \quad F_{hesap}=21802^{***} \quad Se=0,79786 \quad n=50$$

Aynı şekilde örnek ağaçların kabuksuz hacimleri ile kabuklu hacimleri dm³ cinsinden x,y koordinat sisteminde x eksenine kabuksuz hacim y eksenine kabuklu hacim gelecek şekilde işaretlenmiştir. Noktalar dağılımı orijinden geçecek şekilde doğrusal bir eğilim göstermiştir. Dağılım, daha önce göğüs çapında yapıldığı gibi, aynı denklemle dengelenerek, türlere göre aşağıdaki regresyon denklemi ve istatistikleri elde edilmiştir (Denklem 5).

$$v_{kbl} = 1,257 * v_{kbs} \quad (5)$$

$$R^2=0,997 \quad F_{hesap}=14164^{***} \quad Se=8,64159 \quad n=50$$

Kabuklu göğüs çapı ve hacimlerin bu regresyon denklemlerinde kullanılmasıyla, elde edilen kabuklu göğüs çapı, boy ve kabuklu hacimlerden yararlanılarak istatistik yöntemle hacim regresyon denklemleri elde edilmiştir. Kullanılan regresyon denklemleri içerisinde verilere en iyi uyum gösteren tek girişli ve çift girişli ağaç hacim denklemler sırasıyla aşağıda gösterilen Denklem 6 ve 7 olmuştur.

$$\log v = -1,115344 + 2,481811 * \log d + 0,767174 * \frac{1}{d} \quad (6)$$

$$R^2=0,972 \quad F_{hesap}=5522^{***} \quad Se=0,12450 \quad df=1,04195 \quad n=325$$

Ortalama hata= -2,78300 Ortalama mutlak hata yüzdesi= 16,51916
Toplam hata yüzdesi= -4,57033

$$v = 0,076024 * d^2 + 0,001697 * d * h^2 + 0,026366 * d^2 * h \quad (7)$$

$$R^2=0,995 \quad F_{hesap}=20335^{***} \quad Se=7,09175 \quad n=325$$

Ortalama hata= -0,06781 Ortalama mutlak hata yüzdesi= 6,67055
Toplam hata yüzdesi (%)= -0,11135

Bu regresyon denklemlerinin katsayı ve istatistikleri 325 ağaca bağlı olarak bulunmuştur. Hacim denklemlerinin belirtme katsayıları oldukça yüksektir. Hacim denkleminin verilere uygunluğunun derecesini gösteren F test değerleri de % 0,1' lik değerden çok büyük olduğundan denklemin verilere diğer denklemlerden daha iyi uyduğu kabul edilmiştir. Hacim denklemlerine temel olan göğüs çapı ve boyların oluşturduğu noktalar arasından, daha önce belirtildiği gibi, uygun bir çap boy eğrisi (S eğrisi) denklemi geçirilmiştir. Bu eğriden çaplara karşı alınan ortalama boylar, iki yöne (2*Se) (Se= denklemin standart hatası) kadar genişletilerek, yani %95' lik güven şeridi içerisinde kalacak ağaç hacim tablosu değerleri hacim denkleminde elde edilmiştir (Denklem 3).

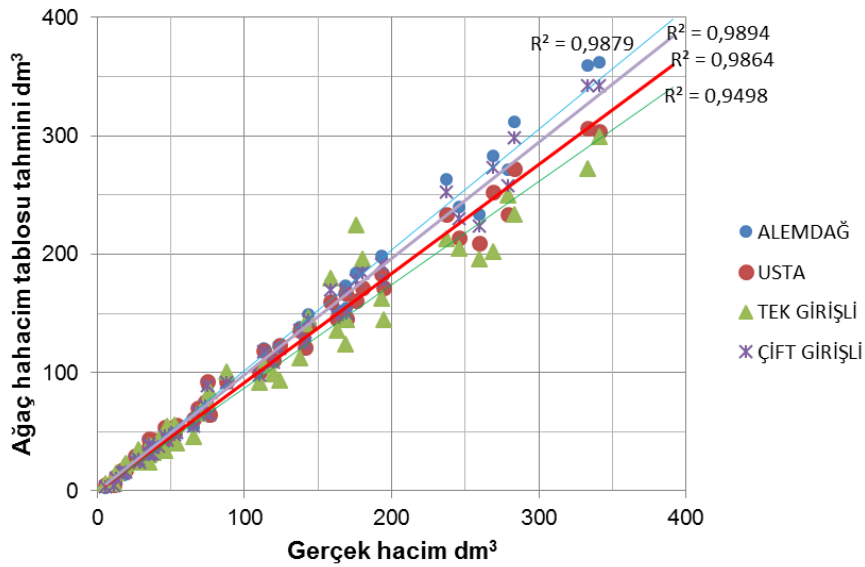
4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde, örnek ağaçlardan sağlanan verilerin değerlendirilmesiyle elde edilen bulgular ile benzer konularda yapılmış yerli ve yabancı kaynaklarla karşılaştırılarak tartışılmıştır. Ayrıca, tartışma bölümünden elde edilen sonuçlar özetlenmiş ve uygulamacılara önerilerde bulunulmuştur.

Oluşturulan Ağaç Hacim Tablolarının Mevcut Tablolarla Karşılaştırılması

Bu alt bölümde, Alemdağ (1962) tarafından Akdeniz ve Ege Bölgesinde doğal yoldan gelmiş kızılçam meşcereler için geçerli kızılçam ağaç hacim tablosunu seksiyon yöntemiyle hacimlendirilmiş bulunan 361 adet örnek ağaç ölçülerinden faydalanılarak regresyon analizi yöntemiyle ağaç hacim tablosu ve aynı şekilde Usta (1991) tarafından Akdeniz Bölgesi kızılçam ağaçlandırmaları için 289 adet ağacın verileriyle hazırlanmış ağaç hacim tablosu değerleri ile tarafımızdan türetilmiş 325 ağaca ait verilerle oluşturulan tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tablosu değerleri farklılık ve benzerliği incelenmiştir.

Gövde analizi yapılan toplam 50 adet ağacın göğüs çapı ve boy değerlerine karşılık gelen hacim değerleri gerçek değer kabul edilmiştir. Tarafımızdan hazırlanan ve mevcut iki ağaç hacim tablosunun aynı çap ve boylara göre verdikleri ağaç hacim tahmin değerleri grafiksel (Şekil 1) ve sayısal (Tablo 3) olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Örnek ağaç hacimleri ve onların göğüs çapı ve boy değerlerine göre Alemdağ (1962), Usta (1991) ve tarafımızdan düzenlenen çift girişli ağaç hacim tablosu tahmin değerleri

Şekil 1' de görüleceği üzere yapılan 45° lik köşegen testine göre verilere en iyi uyum sıralaması tarafımızdan hazırlanan Çift girişli, Alemdağ (1962), Usta (1991) ve tarafımızdan hazırlanan tek girişli ağaç hacim tablosu olduğu belirtme katsayılarının yüksekliği ölçüsünde belirtilmiştir. 1-20 cm çap grubundaki ağaçlarda (hacim < 200 dm³) özellikle tek girişli ve Alemdağ (1962) ağaç hacim tablosu tahmininde farklılıklar göstermektedir. 20 cm' den kalın çaplılarda (hacim > 200 dm³) ise, ağaç hacim tablosu tahminlerinin farklılığı belirginleşmektedir. Özellikle tek girişli ağaç hacim tablosu belirgin olarak eksik değerler

vermektedir. Bunun muhtemel sebebi örnek ağaçların alındığı meşcerelerin bonitet sınıfı farklılığıdır.

Alemdağ (1962), Usta (1991) ve tarafımızdan oluşturulan tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tablolarının özdeş olup olmadığı test edilmiştir (Tablo 3 ve 4). Test için gövde analizi yapılan ağaçların gerçek hacim değerleriyle ağaç hacim tablolarından okunan değerler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda tarafımızdan oluşturulan ağaç hacim tablosunun üst boy değerlerinde gerçek hacimlere daha yakın değerler verdiği görülmüştür. Bu nedenle galip ve ortak galip bireylerin hacimlerinin belirlenmesinde tarafımızdan oluşturulan çift girişli ağaç hacim tablosunun kullanılmasının daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Tarafımızdan yapılan çift girişli ağaç hacim tablosu hata bakımından Usta (1991)' nın hazırladığı ağaç hacim tablosundan daha az hatalı buna karşın Alemdağ (1962)' in ağaç hacim tablosundan daha fazla hatalı bulunmuştur. Bunun bir rastlantı olduğu düşünülebilir. Kalın çaplarda gerçeğe daha yakın ince çaplarda daha eksik sonuçlar vermiş ve hatayı azaltmıştır.

Tablo 3. Örnek ağaç hacimleri ve Alemdağ (1962), Usta (1991) ve tarafımızdan düzenlenen tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tablosu tahmin değerleri

No	Çap (cm)	Boy (m)	Gerçek hacim (dm ³)	Alemdağ (dm ³)	Usta (dm ³)	Carus- Su Tek girişli (dm ³)	Carus- Su Çift girişli (dm ³)
1	9,2	7,8	26,1	23,6	29,6	23,9	24,8
2	12,2	10,5	65,5	54,2	61,2	45,9	54,9
3	19,9	10,6	143,2	149,0	139,8	146,1	144,6
4	19,3	11,8	163,1	153,1	145,5	135,8	148,8
5	24,9	12,5	278,9	271,3	234,1	250,3	258,1
6	11,0	6,7	37,4	29,8	34,9	36,04	31,3
7	13,3	7,1	52,2	46,4	50,7	56,2	47,7
8	19,6	9,2	141,5	128,1	121,0	140,9	125,2
9	15,8	6,7	76,3	63,0	64,5	84,3	64,3
10	23,8	8,8	175,5	183,9	161,3	224,5	177,6
11	20,8	13,4	193,5	198,3	183,1	162,4	191,6
12	22,8	16,3	269,1	283,2	252,7	202,4	273,2
13	16,5	13,2	124,2	122,0	123,0	93,5	120,3
14	23,3	14,2	237,2	263,6	233,3	213,3	252,5
15	24,2	15,8	283,0	311,8	272,0	233,7	298,7
16	11,9	6,9	41,4	36,1	41,1	43,3	37,5
17	11,3	6,3	36,0	29,6	34,4	38,0	31,3
18	14,2	9,2	68,3	66,1	70,5	65,5	66,3
19	16,9	11,1	119,5	110,7	110,6	98,9	108,8
20	15,0	8,9	73,2	71,9	75,1	74,6	71,9
21	10,9	5,5	28,1	24,9	29,3	35,3	26,8
22	8,6	4,9	18,1	13,9	17,8	20,5	15,5
23	9,1	4,5	19,4	14,4	18,2	23,3	16,4
24	7,6	4,3	12,7	9,57	12,9	15,5	11,1
25	5,0	3,2	11,1	3,2	5,0	6,2	4,1
26	4,9	3,3	5,7	3,1	5,0	5,9	4,0
27	8,2	5,5	16,8	13,9	18,2	18,4	15,3
28	9,9	6,2	28,4	22,6	27,6	28,3	24,1
29	21,7	10,5	158,6	176,6	160,4	179,8	170,2
30	10,3	8,1	35,5	30,7	36,9	31,0	31,9
31	17,0	8,9	87,7	92,8	92,5	100,3	91,9
32	13,2	6,3	47,4	41,3	45,3	55,2	43,1
33	11,2	8,0	36,5	36,0	42,0	37,6	37,1
34	22,5	10,6	180,4	191,7	171,8	196,1	184,3

No	Çap (cm)	Boy (m)	Gerçek hacim (dm ³)	Alemdağ (dm ³)	Usta (dm ³)	Carus- Su Tek girişli (dm ³)	Carus- Su Çift girişli (dm ³)
35	19,8	11,2	169,6	154,4	145,3	144,3	149,8
36	11,3	8,4	35,2	38,3	44,5	38,4	39,3
37	15,1	11,3	74,9	89,2	92,9	75,7	88,5
38	17,8	12,8	137,6	138,4	135,6	111,9	135,5
39	22,9	13,3	245,6	240,0	213,7	204,6	229,9
40	26,8	14,7	341,2	361,8	303,7	298,9	342,8
41	10,5	9,4	38,2	36,2	43,3	32,4	37,3
42	11,6	10,5	53,7	48,8	56,1	40,8	49,7
43	17,4	11,4	113,0	120,2	118,7	106,0	117,9
44	19,8	13,7	194,9	182,8	172,0	144,3	177,5
45	22,5	13,4	259,4	233,6	209,5	196,1	224,2
46	9,3	10,0	35,0	29,6	37,0	24,5	30,8
47	10,8	11,5	46,1	45,6	53,9	34,5	46,8
48	16,4	10,5	110,1	99,3	100,3	92,1	98,0
49	18,6	15,0	185,8	173,8	167,5	124,3	170,2
50	25,8	16,0	333,2	359,5	306,1	272,7	342,6

Ağaç hacim denklemlerinin Ortalama hata, Ortalama mutlak hata yüzdesi ve Toplam hata yüzdesi Tablo 4' te verilmiştir

Tablo 4. Örnek ağaç hacimleri gerçek hacim kabul edildiğinde Alemdağ (1962), Usta (1991) ve tarafımızdan düzenlenen tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tablosunun test edilmesi

Ağaç hacim tablosu	Ortalama hata	Ortalama mutlak hata yüzdesi	Toplam hata yüzdesi	Rank
Alemdağ	-0,527 (1)	7,547 (2)	-0,467 (1)	4
Usta	-6,538 (3)	8,414 (3)	-5,788 (3)	9
Carus-Su (Tek girişli)	-11,686 (4)	15,633 (4)	-10,346 (4)	12
Carus-Su (Çift girişli)	-3,238 (2)	6,223 (1)	-2,867 (2)	5

Bu çalışmada; kızılçam ağaçlandırmalarında tek ağaç ve meşcere hacimlerinin bulunmasında kullanılacak tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tabloları oluşturulmuştur (Ek Tablo 1 ve 2). Söz konusu bu ağaç hacim tabloları; önceden hazırlanan ağaç hacim tabloları ile karşılaştırılarak bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre, uygulamacılara yararlı olabilecek önerilerde bulunulmuştur.

1. Usta (1991) tarafından hazırlanan kızılçam ağaçlandırmaları için çift girişli ağaç hacim tablosu çok çeşitli gelişme sınıflarından (farklı büyüme sınıflarından) yararlanılarak oluşturulmuştur. Carus-Su tarafından hazırlanan ağaç hacim tablosu ise normal kapalılığa yakın meşcerelerden alınan galip veya ortak galip ağaçlardan sağlanan verilerle oluşturulduğu için, örnek alanlardaki galip ve ortak galip ağaçların hacimlendirilmesinde gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir. Galip ve ortak galip ağaçlar meşcerenin toplam hacminde büyük bir paya sahip olduğundan, tarafımızdan oluşturulan ağaç hacim tablosunun silvikültürel işlemler sırasındaki hacimlendirmede kullanılmasının daha uygun olacağı söylenebilir.

2. Alemdağ (1962) tarafından hazırlanan doğal kızılçam meşcereleri için mevcut kızılçam ağaç hacim tablosunun yapımında göğüs çapı 8 cm' den ince olan ağaçlar yer almadığı için, bu çapın altındaki bireylerin hacimleri ekstrapolasyon yoluyla bulunmuştur. Tarafımızdan

geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosunun; 8 cm' den ince çap basamaklarındaki bireylerde dikkate alındığı için, ince çap basamaklarında daha güvenilir sonuç vereceği ortadadır.

3. Alemdağ (1962), Usta (1991) ve tarafımızdan hazırlanan tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tabloları arasında fark olup olmadığını denetlemek istendiğinde temel yaklaşım; herhangi bir göğüs çapı ve boydaki birey hangi kılavuz eğriye daha yakın ise, o ağaç hacim tablosu gerçeğe daha yakın hacim tahmini yapmaktadır. Kılavuz eğriden uzaklaştıkça, hacim tahminindeki hata oranı fazlalaşmaktadır.

4. Usta (1991) tarafından hazırlanan ağaç hacim tablosu ve tarafımızda oluşturulan tek girişli ve çift girişli iki tablo da kızılçam meşcerelerden sağlanan verilerle hazırlanmıştır. Bu tabloların yapay gençleştirme veya ağaçlandırma yoluyla kurulan meşcerelerde doğru sonuçlar vereceği beklenmelidir. Bu nedenle kızılçam ağaçlandırmalarında yöresel nitelikte ağaç hacim tablolarının hazırlanması gereklidir.

5. Mevcut çift girişli ağaç hacim tablosundan faydalanılarak türetilen tek girişli (göğüs çapına göre hacmi veren) ağaç hacim tablosu değerleriyle ormancılık uygulama sonuçları arasında Orman İşletme Şefliği veya meşcere düzeyinde bazı farklılıklar ortaya çıkmakta ve sonuçta bir çok problemle karşılaşılabilir. Mevcut tablonun belirli bir yüzde değerinde mutlaka hatası olacaktır (%5 - %10). Fakat bu hata belirli hallerde bu sınırı aşabilmektedir. Bu hataları belirli bir oranda tutabilmek için, hacim denklemleri içerisinde bonitet sınıfı (veya bonitet endeksi) değişkenine yer verilmelidir. Böylelikle, meşcere tipi düzeyinde yapılacak ağaç hacim tabloları ile bu ve benzeri sorunlar en aza indirilebilir.

6. Çift girişli ağaç hacim tablolarının bölgesel kesim sonuçları ile karşılaştırılarak denetlenmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılması, ormancılığımızın devamlılık ve verimlilik ilkelerinin gerçekleştirilmesinde kolaylık sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye' deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 160s, Ankara.
- Anonim, 2012. Orman Varlığımız. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 27s, Ankara.
- Boydak, M., 1988. Türkiye'de Ormanların Fonksiyonları ve İstanbul Açısından Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 38, Sayı 1, s. 46-53.
- Fırat,F., 1973. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 1800, 359s, İstanbul.
- Husch, B., 1963. Forest Mensuration. The Ronald Press Company, 402p, New York.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 3194, 407s, İstanbul.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Göknaar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 312 s, Ankara.
- Usta, H.Z., 1991. Kızılçam Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 138s, Ankara.

EKLER**Ek Tablo 1.** Korkuteli yöresi kızılçam ağaçlandırmaları için tek girişli ağaç hacim tablosu

Göğüs çapı (cm)	Kabuklu gövde hacmi (dm ³)	Göğüs çapı (cm)	Kabuklu gövde hacmi (dm ³)
1	0,5	16	86,9
2	1,1	17	100,3
3	2,2	18	114,9
4	3,9	19	130,8
5	6,2	20	147,8
6	9,2	21	166,2
7	12,9	22	185,8
8	17,4	23	206,7
9	22,7	24	229,0
10	28,9	25	252,7
11	36,0	26	277,8
12	44,1	27	304,3
13	53,2	28	332,3
14	63,4	29	361,7
15	74,6	30	392,7

Ek Tablo 2. Korkuteli yöresi kırsılcam ağaçlandırmaları için çift girişli ağaç hacim tablosu (Hacimler dm³ olarak verilmiştir)

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyları (m)																			
	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,1	0,1	0,2																	
2	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9															
3	1,1	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6													
4	1,9	2,1	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,6	6,1	6,7									
5	2,9	3,3	4,0	4,7	5,4	6,2	6,9	7,7	8,5	9,3	10,2									
6	4,2	4,7	5,7	6,7	7,7	8,8	9,9	11,0	12,1	13,3	14,4	15,6	16,8	18,0						
7	5,7	6,4	7,7	9,1	10,5	11,9	13,4	14,8	16,3	17,8	19,4	20,9	22,5	24,1						
8	7,4	8,3	10,1	11,8	13,6	15,5	17,3	19,2	21,2	23,1	25,1	27,1	29,1	31,2						
9	9,4	10,5	12,7	14,9	17,2	19,5	21,9	24,2	26,6	29,0	31,5	34,0	36,5	39,1	41,6	44,2				
10		12,9	15,7	18,4	21,2	24,0	26,9	29,8	32,7	35,7	38,7	41,7	44,8	47,8	51,0	54,1				
11			18,9	22,3	25,6	29,0	32,5	35,9	39,4	43,0	46,6	50,2	53,8	57,5	61,3	65,0				
12			22,5	26,5	30,4	34,5	38,5	42,6	46,8	51,0	55,2	59,4	63,8	68,1	72,5	76,9	81,4	85,9		
13			26,4	31,0	35,7	40,4	45,1	49,9	54,7	59,6	64,5	69,5	74,5	79,6	84,7	89,8	95,0	100,2	105,5	110,8
14			30,6	36,0	41,3	46,8	52,2	57,8	63,3	69,0	74,6	80,3	86,1	91,9	97,8	103,7	109,6	115,6	121,7	127,8
15					47,4	53,6	59,9	66,2	72,6	79,0	85,4	92,0	98,5	105,2	111,8	118,5	125,3	132,1	139,0	145,9
16					53,9	60,9	68,0	75,2	82,4	89,7	97,0	104,4	111,8	119,3	126,8	134,4	142,1	149,8	157,5	165,3
17					60,8	68,7	76,7	84,8	92,9	101,1	109,3	117,6	125,9	134,3	142,8	151,3	159,8	168,5	177,2	185,9
18					68,1	77,0	85,9	94,9	104,0	113,1	122,3	131,5	140,9	150,2	159,6	169,1	178,7	188,3	198,0	207,7
19					75,8	85,7	95,7	105,7	115,7	125,9	136,1	146,3	156,6	167,0	177,5	188,0	198,6	209,2	219,9	230,7
20							105,9	117,0	128,1	139,3	150,5	161,9	173,3	184,7	196,2	207,8	219,5	231,2	243,0	254,9
21							116,7	128,8	141,1	153,4	165,7	178,2	190,7	203,3	216,0	228,7	241,5	254,4	267,3	280,3
22							128,0	141,3	154,7	168,1	181,7	195,3	208,1	222,8	236,6	250,5	264,5	278,6	292,7	307,0
23							139,8	154,3	168,9	183,6	198,4	213,2	228,1	243,1	258,2	273,4	288,6	303,9	319,3	334,8
24								167,9	183,8	199,7	215,8	231,9	248,1	264,4	280,8	297,2	313,7	330,4	347,0	363,8
25									199,3	216,6	233,9	251,4	268,9	286,5	304,2	322,0	339,9	357,9	375,9	394,1
26										234,1	252,8	271,6	290,6	309,6	328,7	347,9	367,1	386,5	406,0	425,5
27											272,4	292,7	313,0	333,5	354,0	374,7	395,4	416,2	437,2	458,2
28												314,5	336,4	358,3	380,4	402,5	424,7	447,1	469,5	492,0
29													360,5	384,0	407,6	431,3	455,1	479,0	503,0	527,1
30														410,6	435,8	461,1	486,5	512,1	537,7	563,4