

Antalya ve Mersin Yöresi Kızılçam Meşcereleri için Ağaç Hacim Tabloları

Aydın KAHRİMAN*¹, Turan SÖNMEZ², Abdurrahman ŞAHİN¹

¹Artvin Çoruh University, Faculty of Forestry, 08000, Artvin, Turkey

²Bursa Technical University, Faculty of Forestry, 16330, Artvin, Turkey

*Sorumlu yazar: kaydin61@hotmail.com

Geliş Tarihi: 10.06.2016

Kabul Tarihi:13.12.2016

Özet: Bu çalışmada, Antalya ve Mersin yörelerinde yer alan saf ve doğal Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcereleri için tek, bonitete dayalı tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 486 örnek ağaç ve bu ağaçlardan türetilen 6033 adet veri kullanılarak, ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Seçilen en uygun hacim fonksiyonlarının düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R_{düz.}^2$), tahminin standart hatası ($S_{y.x}$), ortalama mutlak hata yüzdesi (% OMH) ve toplam hata yüzdesi (% TH) değerleri sırasıyla; tek girişli için 0.975, 52.84, -0.457 ve 9.756; I. bonitet sınıfı tek girişli için 0.978, 44.84, -0.438 ve 9.849; II. bonitet sınıfı tek girişli için 0.976, 54.44, -0.464 ve 9.501; III. bonitet sınıfı tek girişli için 0.969, 52.96, -0.452 ve 9.256 ve çift girişli için ise 0.992, 41.26, 0.210 ve 5.038 olarak hesaplanmıştır. Tek girişli ağaç hacim tablosu değeri, I. (%-6.32) ve II. bonitet sınıflarında (%-0.45) bonitete dayalı tek girişli ağaç hacim modelleri değerinden düşük, III. bonitet sınıfında ise daha büyük değerler (%4.28) vermektedir. Çalışma kapsamında düzenlenen tek, bonitete dayalı tek ve çift girişli hacim tablolarının, bağımsız bir veri grubu ile Antalya ve Mersin ilerindeki Kızılçam meşcerelerine uygunluğu test edilmiş ve her bir hacim denkleminin de meşcerelere uygun olduğu ($p>0.05$) sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kızılçam, Tek, bonitet dayalı tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları, Bonitet, Antalya, Mersin

Tree Volume Tables for Calabrian Pine in Antalya and Mersin Region

Abstract: In this study, it is proposed to construct single, single based on site index and double entry tree volume equations for the pure Calabrian Pine stands (*Pinus brutia* Ten.) within the border of Antalya and Mersin Regional Forest Directorates, Turkey. Tree volume equations were developed using totally 486 sample trees and 6083 data obtained from these trees. The coefficient of determination ($adj-R^2$), total percent error (PE), and mean absolute percentage error (MAPE) were 0.975, 52.84, -0.457 and 9.756 for single tree; 0.978, 44.84, -0.438 and 9.849 for single tree of the first site index class; 0.976, 54.44, -0.464 and 9.501 for single tree of the second site index class; 0.969, 52.96, -0.452 and 9.256 for single tree of the third site index class, and 0.992, 41.26, 0.210 and 5.038 for double-entry tree volume equations, respectively. The first (%6.32) and the second (%0.45) site index values overestimated single-entry tree table values whereas the third site index values (%-4.28) underestimated the single-entry tree table values. The best fitted single, single based on site index and double entry tree volume equations were tested with independent data set for Calabrian Pine stands within the border of Antalya and Mersin Regional Forest Directorates, and concluded that these equations can be used for these stands at the 0.05 significant level.

Keywords: Calabrian pine, Single, Single Based on Site Index and Double-Entry Tree Volume Tables, Site index, Antalya, Mersin

Giriş

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), yayılış alanı, artım ve büyüme özellikleri, yarattığı ekonomik değer dolayısıyla Türkiye'nin en önemli asli orman ağacı türlerinden biridir. Türkiye'de Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde geniş alanlar boyunca yayılmakta olup; Karadeniz bölgesinde ise Akdeniz iklimi özellikleri gösteren bölgelerde küçük topluluklar halinde görülebilmektedir (Anşin, 1994). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), dünya üzerinde kuzey yarım kürede yaklaşık

32°-45° kuzey enlemleri ile 15°-45° doğu boylamları arasında kalan oldukça geniş bir bölgede doğal yayılış göstermektedir (Kayacık, 1965). Genel coğrafi yayılışı Doğu Akdeniz Havzası ve özellikle Türkiye topraklarıdır. Bu yayılışında batıda Kalabriya yarımadası, doğuda Irak'ın kuzeyine, kuzeyde Kırım ve güney de ise Filistin'e kadar yayılış göstermektedir (Asmaz, 1993). Bu sınırlarda birincil olarak Türkiye ve Doğu Yunanistan'da ve ikincil olarak da Kırım yarımadası, Kafkasya sahilleri, Gürcistan,



Azerbaycan, Kuzeybatı İnan, Kuzey Irak, Batı Suriye, Lübnan, Kıbrıs ve Girit adasında yayılış göstermektedir. Kızılçam, bu bölgelerde Akdeniz iklimi özelliği olan yörelerde ve özellikle deniz kıyılarında yayılış göstermektedir (Davis, 1982; Pantelas, 1986).

Ormanın ana ürünü olan ve işletme sermayesinin büyük bir bölümünü oluşturan ağaç serveti, bir orman işletmesinin temel girdisi ve orman işletmesinin var oluşunu ortaya koyan temel ögedir (Yeşil, 1992; Yavuz, 1999; Kapucu, 2004). Meşcere modellerinin oluşturulmasında kullanılan meşcere hacminin doğru bir şekilde hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla meşcerelerdeki ağaçların hacimleri doğru bir şekilde tahmin edilmelidir. Tüm ağaç gövdeleri silindir, parabolit, koni ve nayloit gibi bilinen geometrik şekillere tam olarak benzemediğinden analitik yöntemlerle ağaç hacmini doğrudan hesaplamak mümkün olmamaktadır. Buna karşın ağaç hacmini belirli bir hata miktarı ile tahmin eden pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanı “Ağaç Hacim Tabloları” yöntemidir (Yavuz ve Sakıcı, 2002).

Ağaç hacim tabloları, dikili bir ağacın göğüs çapı, göğüs çapı-boy veya göğüs çapı-boy-şekil katsayısı gibi değişkenlere göre, kalın odun hacmini ya da ticari hacmini veren tablolardır (Kalıpsız, 1999). Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde temel amaç; ağaçların göğüs çapı ve boyu gibi kolay ölçülebilen değişkenleri ile hacim arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve bu ilişkiye bağlı olarak ağaç hacminin tahmin edilmesidir.

Ülkemizde Kızılçam ağaç türü için ilk ağaç hacim tablosu, Alemdağ (1962) tarafından 361 adet ağaç verisi kullanılarak Akdeniz Bölgesi ve Güney Ege’de (Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Denizli, Isparta) düzenlenmiştir. Kızılçam için genel hacim tablosu ise Sun ve ark., (1978) tarafından 1160 örnek ağaç verisi ile düzenlenmiştir. Bunlardan farklı olarak, Usta (1991) tarafından Antalya, Muğla, Adana, Maraş illerinde 289 örnek ağaç verisi, Çatal (2009) tarafından Burdur, Isparta, Konya, Afyonkarahisar, Muğla, Denizli, Antalya ve Mersin illerinde 892 örnek ağaç (72 örnek ağaçtan türetilen veri) verisi ve Kahrıman ve ark. (2016) tarafından Antalya ve Mersin illerinde 6033 örnek ağaç (486 örnek ağaçtan

türetilen veri) verisi kullanılarak bölgesel, Özer ve Uğurlu (1977) tarafından Antalya-Bük Araştırma ormanında 251 örnek ağaç verisi ve Carus ve Su (2014) tarafından da Antalya-Korkuteli’nde 325 örnek ağaç (50 örnek ağaçtan türetilen veri) verisi kullanılarak yöresel ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Ayrıca bazı araştırmacılar tarafından uyumlu gövde profili denklemleri ile Kızılçam için gövde hacmi ortaya konulmuştur. Brooks ve ark. (2008), Mut ve Elmalı yörelerinde Kızılçam için toplam 359 adet örnek ağaç verisi kullanılarak Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilmiş segmented polinomial gövde çapı denklemleri ile uyumlu gövde hacmi ve gövde çapı denklemleri geliştirmiştir. Özçelik ve Brooks (2012), Isparta Orman Bölge Müdürlüğünden elde ettiği 248 adet Kızılçam örnek ağaç verisi ile Clark ve ark. (1991) ve Max ve Burkhart (1976)’ın segmented polinomial gövde çapı denklemlerini kullanarak uyumlu gövde hacim modelleri geliştirmiştir. Kumaş ve Kahrıman (2016) tarafından Antalya yöresi Kızılçam meşcereleri için Demaerschalk (1972) tarafından geliştirilen gövde hacim denklemi ile çift girişli ağaç hacim denklemi geliştirilmiştir.

Ülkemizde asli ağaç türlerimizin hemen hemen hepsi için yöresel, bölgesel veya genel ağaç hacim tabloları bulunmakta ve Orman Amenajman Planlarında servet ve artım hesabı için bu tablolardan yararlanılmaktadır. Homojen yetişme ortamı ya da meşcere sıklık koşullarına sahip alanlar için bir hacim tablosu, toprak ve topoğrafik yapı değişiyorsa, her bir yetişme ortamı için ayrı birer hacim tablosunun düzenlenmesi önerilmektedir (Loetsch ve ark., 1973; Şentürk, 1997). Bu nedenle, günümüzde meşcere tipleri tanımlamasının yetişme ortamı verim gücüne (bonitete) dayalı olarak yapılması söz konusudur. Bu durumda ağaç türlerimiz için mevcut olan ağaç hacim tablolarının da güncellenmesi ve hatta pratik olması açısından bonitete dayalı ağaç hacim tablolarının oluşturması gerekecektir ve henüz hiçbir ağaç türümüz için bonitete dayalı ağaç hacim tablosu düzenlenmemiştir. Bu sebeple, ülkemizde en geniş yayılış alanına sahip, hızlı gelişen türlerden olan ve

ekonomik değeri yüksek olan Kızılçamda bu eksikliğin giderilmesi düşünülmüştür.

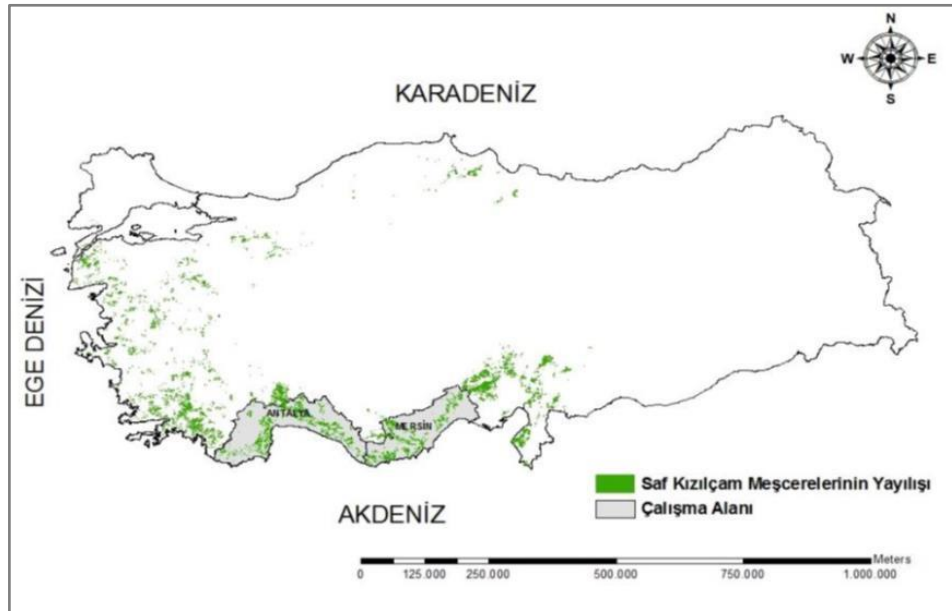
Bu çalışmada, Antalya ve Mersin yörelerinde yer alan saf ve doğal Kızılçam meşcereleri için tek, bonitet dayalı tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi ve elde edilen sonuçların daha önce düzenlenmiş olan ağaç hacim tabloları ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Orman Genel Müdürlüğünün 2015 yılı orman envanterine göre ülkemizin toplam ormanlık alanı 22.342.935 ha olup (ülke yüzölçümünün % 28,6'sı), bu alanın 5.610.215 ha'lık kısmında (ülke ormanlık alanının %25.11'i) Kızılçam yayılış göstermektedir (Şekil 1). Kızılçam'ın yayılış gösterdiği alanların 3.451.269 ha'lık kısmı (% 61.52) normal koru ve geriye kalan 2.158.946 ha'lık kısmı (% 38.48) ise bozuk orman vasfındadır (Anonim, 2015). Antalya Orman Bölge Müdürlüğü'nün yüzölçümü olan 2.061.764 ha alanın yaklaşık % 55.59'u (1.146.062 ha) ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Mersin Orman Bölge

Müdürlüğü'nün yüzölçümü 1.563.068 ha olup, bu alanın 840.470 ha'lık kısmı (% 53.77) ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Antalya ilinde 403.844 ha ve Mersin ilinde 357.352 ha olmak üzere çalışma alanındaki Kızılçam meşcerelerinin toplam kapladığı alan 761.196 ha'dır (Anonim, 2015).

Çalışma alanı Antalya ve Mersin Antalya Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisindeki saf ve doğal yetişmiş Kızılçam meşcereleridir (Şekil 1). Araştırmaya konu olan Antalya ve Mersin illeri Türkiye'nin güney ve güneybatısında (Orta ve Batı Akdeniz Bölgesi) yer almakta olup, 33°-35° doğu boylamları ile 36°-37° kuzey enlemleri arasındadır. Antalya ve Mersin illerinin güneyinde Akdeniz, kuzeyinde Burdur, Isparta, Konya, Karaman ve Niğde illeri, doğusunda Adana ve batısında ise Muğla yer almaktadır. Çalışma alanı olan Antalya ve Mersin illeri Akdeniz ikliminin özelliklerini taşır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Yıllık ortalama yağış Antalya ili için yağış 1069,8 kg/m² ve Mersin ili için ise 585,4 kg/m²'dir.



Şekil 1. Saf Kızılçam meşcerelerinin Türkiye'deki yayılışı ve çalışma alanı

Bu çalışmada, araştırma materyali olarak "Antalya ve Mersin Yöresi Saf Kızılçam Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları" adlı ve "1120808" nolu TÜBİTAK Projesi verileri kullanılmıştır. Bu bağlamda, Antalya ve

Mersin Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan eşityaşı ve saf Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinden seçilen 486 örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır (Kahrıman ve ark., 2016). Ağaç

hacim denklemlerinin oluşturulmasında kullanılan örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımları Tablo 1’de verilmiştir.

Çalışma kapsamında kesilen örnek ağaçlar çalışma kapsamında alınan örnek alanların göğüs yüzeyi orta ağacını temsil eden ağaçlardan seçilmiştir. Örnek ağaçların kesildiği bu örnek alanların seçiminde Antalya ve Mersin Orman Bölge

Müdürlükleri kapsamındaki meşcerelerin yaş sınıfı, bonitet sınıfı ve sıklık derecelerine göre dağılımı dikkate alınmıştır. Ağaç hacim denklemlerinin oluşturulmasında kullanılan örnek ağaçların seçiminde; ağaçların değişik çap ve boy kademesinde, canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir (Kapucu ve ark., 2002). Dikili kuru, hastalıklı, tepesi kırık, çürük ve kovuk gibi ağaçlar örnek ağaç olarak seçilmemiştir.

Tablo 1. Ağaç hacminin belirlenmesinde kullanılan ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çap (cm)	Boy (m)													Σ	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26		28
4	35	10													45
8		9	5	1											15
12			7	14	9	1									31
16			1	19	25	15	4	1							65
20				4	7	13	11	1	1		2	1			40
24					4	15	15	7	8	8	2	1		1	61
28					4	5	13	14	13	6	6	3			64
32						2	8	10	12	10	8	1	2	1	54
36							6	10	11	4	11	5	2		49
40							1	6	10	4	13	2	1	3	40
44											3	2	3	3	11
52												2			2
56											2	2	1	1	6
60												1	1		2
64											1				1
Σ	35	19	13	38	49	51	58	49	55	38	47	20	8	6	486

Antalya ve Mersin Orman Bölge Müdürlüklerindeki Kızılcım meşcerelerinden seçilen 486 adet örnek ağaç kesilerek, gövde dipten tepeye doğru önce 1, sonra 2’şer m olacak şekilde (0.3, 1.3, 3.3, 5.3 m ...) seksiyonlara ayrılmıştır. Genellikle 2’şer m (0.30-2.30, 2.30-4.30 m,...) ara ile enine kesitler alınırken, üretim standardizasyonuna bağlı olarak bazı ağaçlarda farklı uzunluklarda kesitler alınmıştır. Daha sonra gövde analizi için, her bir kesitin özünden kabuğuna doğru, birbirine dik yönlü cetvel konularak fotoğrafı çekilmiştir. Bu ağaçlarda 5’er yıllık periyotlarda yıllık halka kalınlıkları Yıllık Halka Ölçer ile mm duyarlığında ölçülmüştür. Bu veriler kullanılarak 6033 adet ağaç verisi türetilmiştir. Böylece 5’er yıllık periyotlardaki hacimler ayrı birer ağaçmış gibi elde edilmiştir. Her bir örnek ağacın

periyotları; dip kütük, seksiyonlar ve uç parça olmak üzere üç ayrı bölümde hacimlendirilmiş ve bunların toplanması ile de periyotlardaki toplam gövde hacmi hesaplanmıştır. Dip kütüğün silindir, uç parçanın ise koni biçiminde olduğu varsayılmıştır. Seksiyon uzunlukları eşit olmadığından her bir seksiyonun hacimlendirilmesinde “Smalian” formülü kullanılmıştır. Aşağıdaki tabloda bu 486 örnek ağaçtan türetilen 6033 yeni örnek ağaç verisine ilişkin istatistiksel bilgiler verilmiştir (Tablo 2).

Bu çalışmada, yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımları (GADA) ile elde edilmiş bonitet endeks modellerine dayanan polimorfik yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem ile örnek alanların bonitet endeksi ve bonitet

sınıfı belirlendikten sonra örnek alanlar içerisinde hacim için kesilen ağaçların bonitet sınıfı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında standart yaş 60 yıl alınarak standart yaştaki en büyük ve en küçük boy değerlerinin farkları dikkate alınarak, 3 bonitet sınıfı

oluşturulmuştur. Buna göre düzenlenen bonitet sınıflarının sınır değerleri I. bonitet sınıfı için 23.5-30.5, II. bonitet sınıfı için 16.5-23.5 ve III. bonitet sınıfı için 9.5-16.5 m olarak belirlenmiştir (Kahrıman ve ark., 2016).

Tablo 2. Örnek ağaçlara (6033 ağaç verisi) ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler

Bon. Sınıfı	Değişken	Model Verileri (4826 adet)				Kontrol Verileri (1207 adet)					
		Veri Sayısı	Ort.	Min	Mak.	Standart Sapma	Veri Sayısı	Ort.	Min	Mak.	Standart Sapma
I	d (cm)	1347	21.8	2.1	63.5	11.6	347	21.8	2.3	64.1	10.7
	h (m)		13.2	2.0	33.9	6.3		13.4	2.0	29.9	6.4
	t (yıl)		35.3	5.0	165.0	21.8		35.6	5.0	115.0	21.8
	V (dm ³)		396.0	2.0	3697.9	481.5		373.4	2.4	3431.1	485.2
II	d (cm)	2221	21.5	2.1	62.2	11.0	553	20.9	2.1	59.4	11.9
	h (m)		13.0	2.0	30.0	6.0		12.4	2.0	29.1	6.3
	t (yıl)		50.6	5.0	160.0	30.4		48.6	6.0	150.0	30.0
	V (dm ³)		352.0	2.0	3167.2	404.4		352.4	2.1	2805.4	404.6
III	d (cm)	1251	19.8	2.1	58.2	10.1	307	19.9	2.3	56.6	10.6
	h (m)		11.8	2.0	28.1	5.0		11.9	2.1	25.0	4.6
	t (yıl)		63.9	10.0	158.0	34.3		65.5	10.0	158.0	34.8
	V (dm ³)		313.6	2.1	2314.0	405.0		328.4	2.2	2533.3	412.3

Burada d:göğüs çapını, h:ağaç boyunu, t:ağaç yaşını ve V:ağaç hacmini göstermektedir.

Ağaç hacim tablolarının düzenlenebilmesi için ağaçların kabuklu gövde hacmine ek olarak kabuklu göğüs çaplarının da bilinmesi gerekmektedir. Gövde analizi yapılan ağaçların sadece son periyotlarında (ağaç yaşı) kabuklu çap ölçümü yapıldığından, diğer periyotlardaki ölçülen çap değerleri kabuksuz çaplardır. Bundan dolayı, öncelikle periyotlarda ölçülen kabuksuz çaplar kabuklu çaplara dönüştürülmüş ve ondan sonra analizlere konu edilmiştir. Kabuklu çap ile kabuksuz çap arasındaki ilişkiyi belirlemede ağaçların gövde analizinde son periyottaki kabuksuz çapları (dkbs) ile kabuklu çapları (dkbl) verileri kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında ağaç hacim tablosunun düzenlenmesinde, göğüs çapı (d) ve ağaç boyu (h) değişkenleri ve bu değişkenlerden türetilen birçok yeni değişken hacimle ilişkiye getirilmiştir. Analiz sonucunda istatistiksel olarak en az p<0.05 önem düzeyi ile ilişki gösteren değişkenler ile hacim fonksiyonları oluşturulmuştur. Bu

işlemler SPSS (SPSS 19.0 Institute Inc., 2010) adlı istatistik yazılım programı yardımıyla, "İleri Doğru Seçim (Forward Selection)", "Geriye Doğru Seçim (Backward Selection)" ve "Aşamalı Regresyon (Stepwise Selection)" yöntemleri olarak isimlendirilen Regresyon analizinde değişken belirleme yöntemleriyle yapılmıştır.

Çalışma kapsamında tek girişli, bonitete dayalı tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Burada, daha önceki ağaç hacim fonksiyonlarından farklı olarak her bir bonitet sınıfı için ayrı tek girişli ağaç hacim fonksiyonları belirlenmiştir. Bonitet sınıfları bazında tek girişli ağaç hacim tabloları, tek girişli ağaç hacim tablolarının bir eksikliği olan yetiştirme ortamı koşullarını dikkate almaması ve dolayısıyla temsil kabiliyetinin düşüklüğünü gidermek için düzenlenmiştir.

Çalışma kapsamında tek girişli, bonitete dayalı tek girişli ve çift girişli ağaç hacim fonksiyonlarından beklenen büyüme yasaları

ile uyumlu özellikleri taşıyan, düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R_{düz.}^2$) değeri yüksek ve standart hata ($S_{y.x}$), Toplam Hata Yüzdesi

Belirtme Katsayısı

Tahminin Standart Hatası

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (%OMH)

Toplam Hata Yüzdesi (%TH)

(%TH) ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (%OMH) değerleri düşük modeller seçilmiştir (Kalıpsız, 1999).

$$R_{düz.}^2 = 1 - \left(\frac{\sum(V_i - \hat{V}_i)^2}{\sum(V_i - \bar{V}_i)^2} \right) \quad (1)$$

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum(V_i - \hat{V}_i)^2}{N - p}} \quad (2)$$

$$\%OMH = 100 \times \frac{\sum|\hat{V}_i - V_i|}{\sum V_i} \quad (3)$$

$$\%TH = 100 \times \frac{\sum \hat{V}_i - \sum V_i}{\sum V_i} \quad (4)$$

Burada, N: veri sayısını, p: parametre sayısını, V_i = örnek ağaçların hesaplanan hacim değerini, \hat{V}_i = örnek ağaçların model ile tahmin edilen hacim değerini, \bar{y}_i = örnek ağaçların ölçülen ortalama hacim değerini göstermektedir.

Hacim denklemlerinin meşçereye uygunluğu, denklemlerin oluşturulmasında kullanılan örnek ağaçlardan bağımsız olarak seçilen örnek ağaç verileri yardımıyla yapılmaktadır (Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1999; Laar ve Akça, 1997). Grup II olarak verilen toplam örnek ağaç sayısının %20'sini (1207 veri) oluşturan örnek ağaç bu amaçla seçilmiştir. Bu ağaçların Bölümleme Yöntemi ile hesaplanan hacim değerleri (V_i) ile oluşturulan tek ya da çift girişli hacim denklemlerinden hesaplanan hacim değerlerinin (\hat{V}_i), parametrik test varsayımlarının gerçekleşmesi durumunda "Eşlendirilmiş Örnekler için t Testi (Paired Samples t Test)", bu varsayımların gerçekleşmemesi durumunda, parametrik olmayan testlerden "Wilcoxon Testi" ile karşılaştırılarak meşçereye uygun olup olmadıkları denetlenebilmektedir (Kalıpsız, 1988; Batu, 1995). Bu çalışmada, grup varyansları $\alpha=0.05$ önem düzeyi ile homojen, grupların örnek sayıları yeterli büyüklükte ve normal dağılımlı olması nedeniyle "Eşlendirilmiş Örnekler için t Testi (Paired Samples t Test)" ile karşılaştırma yapılmıştır. İlgili test "SPSS" adlı bir paket program yardımıyla uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tek girişli ağaç hacim tablosunda ağaçlar, bonitet sınıfı ayırımı yapılmaksızın bir bütün

olarak ele alınmıştır. Bu doğrultuda tek girişli ağaç hacim tablosu üretmek için, gövde analiziyle elde edilen 6033 ağaç verisinden, %80'i (4826'sı) kullanılmıştır. Tek girişli ağaç hacim denkleminin belirlenmesinde göğüs çapı ve bu çap değişkeninden türetilen yeni değişkenler kullanılmıştır.

Bonitete dayalı tek girişli ağaç hacim denklemleri geliştirmek için bonitet sınıfları itibariyle kabuklu göğüs çapları ile ağaç hacimleri ilişkiye getirilmiştir. Bunun için verilerin %80'i (6033 ağaç verisinin 4826 adedi) her bonitet sınıfı için ayrı olmak üzere regresyon analizine tabi tutulmuşlardır. Buna göre toplam 4826 ağaç verisinin, 1347 adedi I. Bonitet sınıfı, 2238 adedi II. Bonitet sınıfı ve 1251 adedi ise III. Bonitet sınıfı için bonitete dayalı ağaç hacim denklemlerinin elde edilmesinde kullanılmıştır.

Antalya ve Mersin Orman Bölge Müdürlüğündeki Kızılcım meşçereleri için çift girişli ağaç hacim denkleminin düzenlenmesinde, göğüs çapı (d) ile ağaç boyu (h) ve bu iki değişkenden türetilen yeni değişkenler kullanılmıştır. En iyi çift girişli ağaç hacim denklemini belirlemek için 6033 ölçüm verisinden %80'i (4826) regresyon analizine tabi tutulmuştur.

Çalışma kapsamında ağaç hacmine ilişkin elde edilen tek girişli, bonitete dayalı tek girişli ve çift girişli ağaç hacim modelleri aşağıda ve modellere ilişkin istatistiksel bilgiler de Tablo 3'te verilmiştir. Ayrıca, ağaç hacim modellerindeki tüm parametreler % 5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tek Girişli	$V = 0.1654x d^{2.3784}$	(5)
Tek Girişli (I.Bonitet Sınıfı)	$V = 0.1655x d^{2.3999}$	(6)
Tek Girişli (II.Bonitet Sınıfı)	$V = 0.1569x d^{2.3965}$	(7)
Tek Girişli (III.Bonitet Sınıfı)	$V = 0.1855x d^{2.3216}$	(8)
Çift Girişli	$LnV = -3.292 + \frac{2.834}{d} + \frac{1.024}{h} + 0.978 \ln d^2 h$	(9)

Tablo 3. Ağaç hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri

Denklem	R ²	S _{yx}	% TH	% OMH	df
Tek Girişli	0.975	52.84	-0.457	9.756	-
Tek Girişli (I.BS)	0.978	44.84	-0.438	9.849	-
Tek Girişli (II.BS)	0.976	54.45	-0.464	9.501	-
Tek Girişli (III.BS)	0.969	52.96	-0.452	9.256	-
Çift Girişli	0.992	41.26	0.210	5.038	1.009

Burada: df düzeltme faktörü

Yukarıdaki denklemlerden çift girişli ağaç hacim denkleminin katsayıları, logaritmik değerler üzerinden hesaplandıkları için sistematik bir hata söz konusudur (Akalp, 1978). Bu sistematik hatanın giderilmesi için, regresyon denklemleri ile elde edilen değerler bir düzeltme faktörü ile çarpılmalıdır. Bu çalışmada, doğal logaritma (Ln) düzeltme faktörü (Baskerville, 1972);

$$df = e^{\frac{S_{y,x}^2}{2}} \quad (10)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte, e, doğal logaritmayı (2.718281828) ve S_{y,x}, denklemin standart hatasını ifade etmektedir.

Ağaç hacim denklemlerinde elde edilen toplam hata yüzdesinin % 1'den daha düşük ve ortalama mutlak hata yüzdesinin ise %10'dan daha düşük olması önerilmektedir (Bruce, 1920; Chapman ve Meyer, 1949; Loetsch ve ark., 1973; Husch, 1963; Özer ve Uğurlu 1977; Çevik 1993). Bruce'a göre toplam farkın ± % 0,5'ten daha küçük olması gerekir. Bu fark ± % 1'e kadar kabul edilebilir. Bunu aşması durumunda hata yapılmış olunur (Husch, 1963). Böyle hallerde yeni tabloların düzenlenmesi gerekir.

Bu çalışma kapsamında üretilen tek girişli, bonitete dayalı tek girişli ve çift girişli ağaç hacim modellerinin hem toplam hata hem de ortalama mutlak hata yüzdeleri kabul edilen hata sınırlarını aşmamaktadır. Şöyle ki: Toplam Hata Yüzdeleri (%TH) Kızılçam tek girişli, I. bonitet, II. bonitet, III. bonitet ve çift girişli modeller için sırasıyla, -0.457, -0.438, -0.464, 0.210 olarak elde edilmiştir. Diğer taraftan aynı modellerin Ortalama Mutlak Hata Yüzdeleri (%OMH) tek girişli, I. bonitet, II. bonitet, III. bonitet ve çift girişli modeller için sırasıyla, 9.756, 9.849, 9.501, 9.256 ve 5.038'dir. Bu da bu modellerin kabul edilebilir olduklarını ve çalışma alanlarındaki meşcerelerde ağaçların hacimlerinin doğruya yakın tahmin edilebileceklerini göstermektedir.

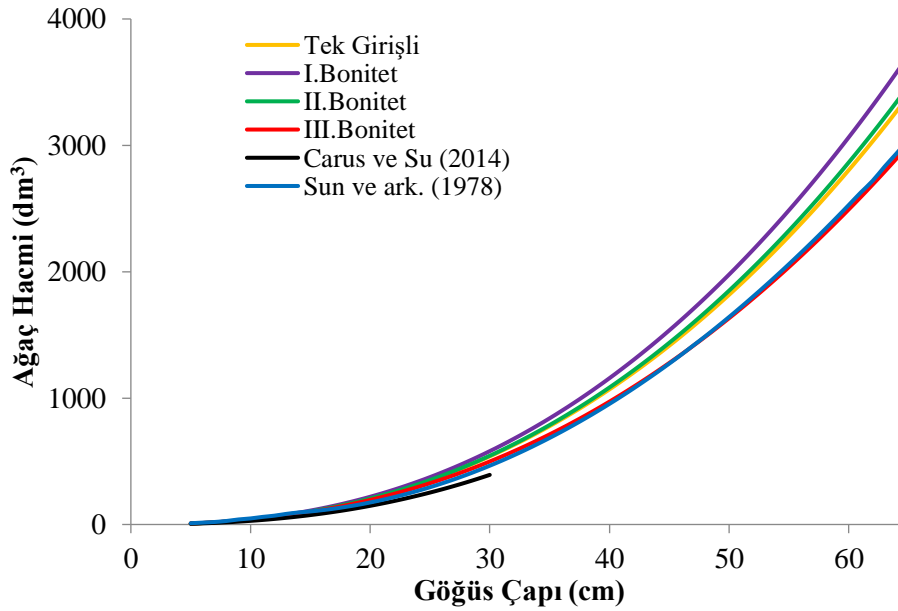
Ağaç hacim denkleminin meşcereye uygun olup olmadığının testi için önce "F" testi ile grup varyansları karşılaştırılmıştır. Toplam örnek ağaç sayısının %20'sini oluşturan örnek ağaç verileri bu amaçla seçilmiştir. Verilere ilişkin F istatistik değerleri p>0.05 olduğundan grup varyanslarının homojen olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 4). Varyanslar homojen olduğundan, iki bağımlı grup için

Eşlendirilmiş Örneklem t Testi (Paired Sample t Test) ile karşılaştırılmış ve t istatistik sonuçlarına göre önem düzeyi $p < 0.05$ olduğundan gözlenen (ölçülen) ve tahmin edilen veriler arasında bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Böylece düzenlenen Kızılcım ağaç hacim denklemlerinin örnek ağaçların alındığı Kızılcım meşcereleri için uygun olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 4).

Çalışma kapsamında elde edilen Kızılcım ağaç türüne ilişkin tek girişli ağaç hacim modeli ve bonitete dayalı tek girişli ağaç hacim modelleri, Carus ve Su (2014) tarafından, Antalya-Korkuteli Yöresi Kızılcım ağaçlandırmaları için ve Sun ve ark., (1978) tarafından da çeşitli yetiştirme ortamları için oluşturulan tek girişli ağaç hacim modelleriyle kıyaslanmıştır (Şekil 2).

Tablo 4. Ağaç hacim denklemlerinin kontrolüne ilişkin t-testi sonuçları

Denklem	Varyansların Eşitliği (Levene istatistiği)		t-testi sonuçları	
	F	p	t	p
Tek Girişli	0.072	0.788	-1.275	0.203
Tek Girişli (I.BS)	0.010	0.922	1.585	0.114
Tek Girişli (II.BS)	0.026	0.872	0.781	0.435
Tek Girişli (III.BS)	0.024	0.878	0.893	0.373
Çift Girişli	0.005	0.944	0.650	0.526



Şekil 2. Ağaçların hacimlerinin göğüs çapı ve ağaç boyuna göre değişimi

Şekil 2 incelendiğinde; çalışma kapsamında üretilen tek girişli ağaç hacim modelinin; Carus ve Su (2014) tarafından oluşturulan ağaç hacim modeline göre hep daha yüksek; Sun ve ark., (1978) tarafından yapılan çalışmadan da 12 cm çapa kadar

düşük, sonraki çaplarda daha yüksek sonuç verdiği görülmektedir. Bu farkın, Carus ve Su (2014)'nın çalışmasının ağaçlandırma alanlarındaki bu çalışmanın ise doğal Kızılcım meşcerelerinde yapılması; Sun ve ark. (1978)'nin çalışması Türkiye geneline

kapsıyorken, bu çalışmanın daha belirgin bir yörede (yöresel) olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan, Antalya ve Mersin yöresi, kızılçam ağacının daha iyi yetişebileceği yörelerden olmasından dolayı da bu farklılık meydana gelmiş olabilir.

Ayrıca bu çalışmada üretilen tek girişli ağaç hacim modeli ile bonitete dayalı tek girişli ağaç hacim modelleri de kıyaslanmıştır.

Bunun için modellerin uygunluğunda kullanılan bağımsız veriler, her iki yöntemle göre de hacimlendirilerek ortalamalar, aralarındaki farklar ve oranlar hesaplanmıştır (Tablo 5). Tablodaki ortalama fark, tek girişli ağaç hacim tablo değerinden ilgili bonitet sınıfı tablo değerinin farkı alınarak; ortalama fark yüzdesi de bu farkın tek girişli değerlere göre yüzdesi alınarak hesaplanmıştır.

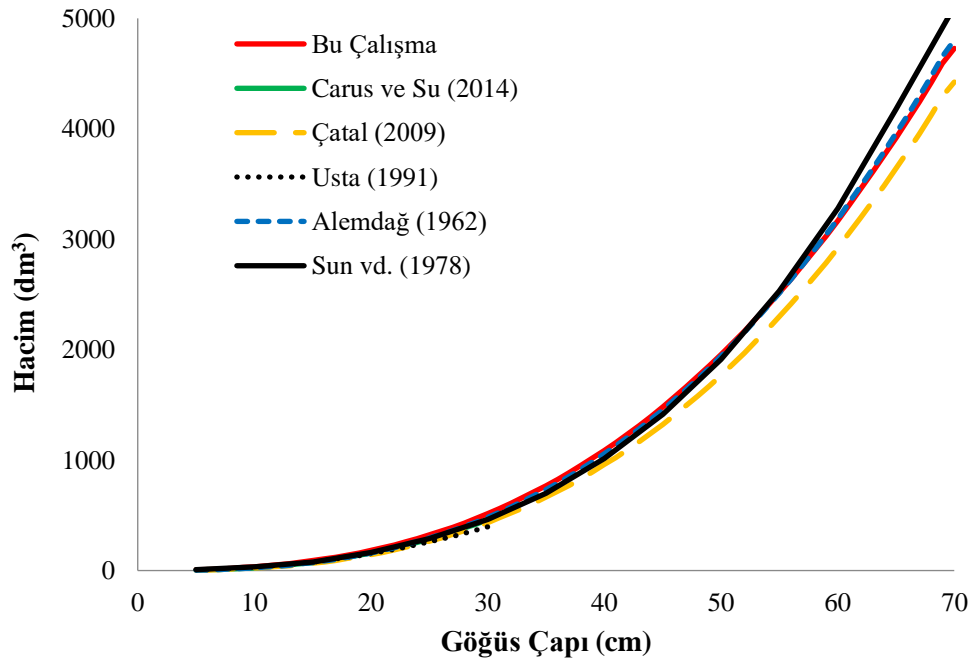
Tablo 5. Tek girişli ağaç hacim modeli ile bonitete dayalı tek girişli ağaç hacim modellerinin kıyaslanması

Bonitet Sınıfı	N	Ortalama Fark	Ortalama Fark Yüzdesi (%)	Ortalama Hacim Tek Girişli (dm ³)	Ortalama Hacim (dm ³)	t	p
I	347	-25.72	-6,32	337.71	363.44	13.38	<0.05
II	553	-1.79	-0.45	332.46	334.25	-1.88	0.06
III	307	21.68	4.28	312.07	290.39	11.64	<0.05

Tablo 5'e göre I. ve III. Bonitet Sınıflarında önem düzeyleri %5'den küçük olduğundan tek girişli model ile I. ve III. bonitete dayalı tek girişli modeller arasında istatistiki olarak anlamlı farklılığın olduğu, II. Bonitet Sınıfında ise p değeri, 0,05'ten (p=0,06) büyük olduğundan tek girişli model ile II. Bonitet Sınıfı için bonitete dayalı tek girişli model arasında istatistiki olarak bir fark olmadığı anlaşılmıştır. Böyle bir sonuç beklentileri karşılamaktadır. Yani Kızılçam meşcereleri için geliştirilen tek girişli ağaç hacim modelleri istatistiksel olarak, I. bonitet sınıfındaki ağaçlar için düşük, III. Bonitet sınıfındaki ağaçlar için yüksek tahminler verirken, II. bonitet sınıfındaki ağaçlar için benzer tahminler vermektedir. Tabloda da görüldüğü üzere, tek girişli ağaç hacim tablosu değeri, I. ve II. Bonitet Sınıflarında bonitete dayalı tek girişli ağaç hacim modelleri değerinden düşük olup bu fark I. Bonitet Sınıfı için %-6.32 ve II. Bonitet Sınıfı için ise %-0.45'dir. Oysa III. Bonitet Sınıfında tek girişli ağaç hacim modeli, bonitete dayalı tek girişli ağaç hacim modelinden %4.28 daha büyük değerler vermektedir. Bunun anlamı hacimlendirme yapılırken tek girişli ağaç hacim modeli kullanıldığı zaman I. ve II. bonitet sınıflarında düşük değerler elde edilirken, III. bonitet sınıfında ise yüksek değerler elde edilmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen çift girişli ağaç hacim modeli; Carus ve Su (2014)'nın, Antalya-Korkuteli Yöresi Kızılçam ağaçlandırmaları için; Çatal (2009)'ın, Batı Akdeniz Kızılçam meşcereleri için; Usta (1991)'nin Kızılçam ağaçlandırma alanları için; Sun ve ark., (1978)'nin çeşitli yetişme ortamları için ve Alemdağ (1962)'in ülkemizdeki tüm Kızılçam meşcereleri için yapmış oldukları çift girişli ağaç hacim modelleriyle kıyaslanmıştır (Şekil 3).

Çalışma kapsamında üretilen çift girişli ağaç hacim modeli ile genellikle Usta (1991), Çatal (2009) ve Carus ve Su (2014) tarafından hazırlanan çift girişli ağaç hacim modellerinden daha yüksek, Alemdağ (1962) ve Sun vd. (1978) tarafından hazırlanan çift girişli ağaç hacim modellerinden daha düşük hacimler elde edilmektedir. Üretilen çift girişli modelin, diğer çalışmalara göre daha yüksek veya daha düşük sonuç vermesi; üretilen çift girişli ağaç hacim modellerinin genel, bölgesel veya yöresel olması, farklı yetişme ortamı koşullarında olması, örnek ağaç seçimi yönteminin farklı olması ve model yapılarının farklı olmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, Carus ve Su (2014) ve Usta (1991) çalışmalarının ağaçlandırma alanlarında yapılmış olması da bu farklılığa neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. Çift girişli ağaç hacim modellerinin kıyaslanması

Tablo 6. Ağaç hacim modellerinin diğer yapılan çalışmalar ile kıyaslanması

Denklem	Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri					Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri				
	Yapılan Karşılaştırma	Levene istatistiği		t testi		Yapılan Karşılaştırma	Levene istatistiği		t testi	
		F	p	t	p		F	p	t	p
Tek Girişli	Carus ve Su	3,47	0,069	6,03	<0,05	Carus ve Su	0,36	0,550	7,42	<0,05
	Sun vd.	0,82	0,367	8,75	<0,05					
I Bonitet	Carus ve Su	3,49	0,064	5,91	<0,05	Çatal	0,41	0,523	11,08	<0,05
	Sun vd.	2,89	0,092	8,33	<0,05					
II Bonitet	Carus ve Su	3,64	0,062	5,92	<0,05	Usta	2,08	0,155	4,83	<0,05
	Sun vd.	1,21	0,273	8,36	<0,05		Alemdağ	0,02	0,899	2,93
III Bonitet	Carus ve Su	2,03	0,160	6,51	<0,05	Sun vd.	0,13	0,716	-0,47	0,638
	Sun vd.	0,03	0,859	0,82	0,416					

Çalışma kapsamında elde edilen ağaç hacim denklemleri istatistiksel olarak diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır (Tablo 6). Verilere ilişkin F istatistik değerleri $p > 0.05$ olduğundan, iki bağımlı grup için ortalamalar Eşlendirilmiş Örneklem t Testi ile karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, bu çalışmada III. bonitete dayalı olarak oluşturulan tek girişli denklem ile Sun ve ark., (1978) tarafından belirlenen tek girişli denklem ($t: -0.47$ ve $p: 0.638$) ve çalışma kapsamında oluşturulan çift girişli denklem

ile Sun ve ark., (1978) tarafından oluşturulan çift girişli denklem ($t: 0.82$ ve $p: 0.416$) arasında istatistiksel olarak % 5 önem düzeyinde bir farklılık olmadığı görülmektedir (Tablo 6). Yapılan diğer kıyaslamalara bakıldığında, istatistiksel olarak model sonuçlarının farklılık oluşturduğu görülecektir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Antalya ve Mersin yörelerinde yer alan saf ve doğal Kızılcım

meşcereleri için tek, bonitet dayalı tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiş ve tabloları düzenlenmiştir (Ek Tablo 1 ve 2)

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre hem hacimdeki değişkenliği belirlemedeki başarısı hem de standart hata, toplam hata ve ortalama mutlak hata değerleri bakımından düşük hatalı olması nedeniyle en başarılı yöntem, çift girişli ağaç hacim denklemleridir. Bu nedenle hacim belirlerken göğüs çapına ilaveten boy değişkenini de ölçmüşsek kesinlikle çift girişli ağaç hacim denklemini kullanarak ağaçların hacimlerini belirlememiz daha doğru olacaktır. Diğer taraftan ağaçların boyunu ölçmemiş ise ve o tür için çap-boy denklemi üretilmişse ve ağaç kesimi yapılan yöreye uygunsuz veya kullanılabilecekse, bu durumda yine çift girişli ağaç hacim denklemini kullanarak hacim belirlememiz uygun olacaktır. Ayrıca Orman Genel Müdürlüğü-299 sayılı (Anonim, 2014) tebliğe (Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul Ve Esaslar) göre meşçere tiplerine göre çap-boy grafiği elde edilmiş ise göğüs çapları ölçülen ağaçların boyları bu grafikler yardımıyla elde edilerek çift girişli ağaç hacim denklemleri yardımıyla hacimler belirlenebilir. Ancak amenajman planları yapılırken boy ölçümü yapılmamaktadır ve bu çap-boy grafikleri de elde edilmemişse çift girişli ağaç hacim denklemini kullanılamaz. Bununla birlikte meşçere tiplerine göre çap-boy grafikleri elde edilmiş olsa bile aynı meşçere tipinin farklı verim sınıfındaki yerlerdeki çap-boy grafiği diğer bir deyişle göğüs çaplarına karşılık gelen boy değerleri aynı olmayacaktır. Böyle bir durumda meşçere verim gücü önemlilik arz etmekte ve bu durumda dikkate alınarak aynı meşçere tipi olsa bile yetişme ortamı koşulları farklı olan meşçereler için çap-boy grafikleri ayrı olacak şekilde elde edilmesi daha doğru olacaktır.

Herhangi bir şekilde ağaçların boyu ölçülemediği veya denklem veya grafiklerle elde edilemiyorsa, tek veya bonitete dayalı tek girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılması kaçınılmaz olacaktır. İstatistiki olarak tek girişli denklem ile bonitete dayalı tek girişli denklemler arasında istatistiki açıdan anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir. Ancak bonitete dayalı ağaç

denklemlerinin hem hacimdeki değişkenliği ortaya koymasındaki başarıları hem de denklemlerdeki hata oranlarının birbirine yakın olmasından dolayı tek girişli ağaç hacim denklemlerine göre önemli oranda başarılı oldukları söylenemez. Daha önceden de buna benzer çalışmalar veya değerlendirmeler yapılmak istenmiştir. Sun ve ark. (1978) tarafından yapılan çalışmada, Kızılçam ve diğer türlerde bonitetlere göre tek ve çift girişli hacim tablolarının düzenlenmesi düşünülmüş ancak, örnek ağaç ve alanların boy/yaş, hacim/yaş ilişkilerinin hesaplanması için gerekli dağılım sağlanamamıştır.

Çift girişli ağaç hacim tablolarının tek girişli olanlara göre doğruya daha yakın sonuç verdiği bilinmektedir. Ancak gerek planlama gerekse uygulama aşamasında orman işletmeleri daha pratik olması açısından tek girişli ağaç hacim tablolarını kullanmaktadırlar. Bunun için ya ağaçların göğüs çaplarına ilaveten boylarını da ölçerek hacimlerini daha doğru bir şekilde belirlememiz ya da farklı yetişme ortamı koşullarındaki meşçereler için yöresel tek girişli ağaç hacim denklemleri geliştirmemiz daha doğru olacaktır.

Teşekkür

Çalışma kapsamında verilerin elde edilmesinde verdiği maddi destekten dolayı, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK-TOVAG Proje No:1120808; Proje adı: Antalya ve Mersin Yöresi Saf Kızılçam Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları) teşekkür ederiz. Ayrıca proje ekibinin tümüne ve Antalya ve Mersin Orman Bölge Müdürlüklerindeki meslektaşlarımıza ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akalp, T. 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Alemdağ, İ.Ş. 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara, 160 s.

Anonim. 2014. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Tebliğ No: 299,

10.12.2014, 210 s.

Anonim. 2015. Türkiye Orman Varlığı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara.

Anşın, R. 1994. Tohumlu Bitkiler-Gymnospermae (Açık Tohumlular)-I. Cilt-II. Baskı, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 122/15, Trabzon, 262 s.

Asmaz, H. 1993. Akdeniz Peyzajında Kızılcıamın Önemi. Uluslararası Kızılcıam Sempozyumu 18-23 Ekim, Bildiriler Kitabı, Marmaris, s. 48-55.

Baskerville, G. 1972. Use of Logarithmic Regression in The Estimation of Plant Biomass, Canadian Journal of Forest Research, 2, 49-53.

Batu, F. 1995. Uygulamalı İstatistiksel Yöntemler. K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 179/22, Trabzon, 312 s.

Brooks, J.R., Jiang, L., Özçelik, R. 2008. Competible Stem Volume and Taper Equations for Brutian Pine, Cedar of Lebanon and Cilicica Fir in Turkey, Forest Ecology and Management, 256, 147-151.

Bruce, D. 1920. A proposed standardisation of the checking of volume tables. Jour. For., 18 = 5Jf9 - 557 (original not seen; quoted from forest mensuration and statis- tics by B. Husch, 1963).

Carus, S., Su, Y. 2014. Antalya-Korkuteli Yöresi Kızılcıam Ağaçlandırmaları İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi ve Mevcut Tablolar ile Kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Bildiriler Kitabı, Isparta, s. 574-584.

Chapman, H.H., Meyer, W.H. 1949. Forest Mensuration, McGraw-Hill Book Company, Inc.

Clark, A., Souther, R. A., Schlaegel, B.E., 1991. Stem Profile Equations For Southern Tree Species. USDA Forest Service Research Paper, SE-282.

Çatal, Y. 2009. Batı Akdeniz Bölgesi Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 281 s.

Çevik, İ. 1993. Boşaltma Aşamasına Gelmiş Kızılcıam Meşcerelerinde Dikili Ağaç Hacminin Belirlenmesi, Orman Bakanlığı, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten No:6.

Davis, P.H. 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.

Demaerschalk, J. P. 1972. Converting volume equations to compatible taper equations. Forest Science, 18, 241-245.

Husch, B. 1963. Forest Mensuration. The Ronald Press Company, 402p., New York.

Kahrıman, A., Sönmez, T., Yavuz, M., Şahin, A., Yılmaz, S., Uzun, M., Kumaş, G., Genç, Y. 2016. Antalya ve Mersin Yöresi Saf Kızılcıam Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları, (TÜBİTAK-TOVAG Projesi, Proje No: 112O808), Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi, Artvin (Basılmamıştır).

Kalıpsız, A. 1988. İstatistik Yöntemler. İ.Ü. yayın No: 3522, İstanbul, 453 s.

Kalıpsız, A. 1999. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Kapucu, F. 2004, Orman Amenajmanı, 515 s, K. T. Ü. Yayın No: 215, Trabzon.

Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U., Mısır, N. 2002. Kestane Meşcerelerinin Hasılat ve Amenajman Esasları. TOGTAG 2229 nolu TÜBİTAK Projesi, 118 s., Ankara.

Kayacık, H. 1965. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği Gymnospermae (Açık Tohumlular) I. Cilt. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 1105/98, İstanbul, 390 s.

Kumaş, G., Kahrıman, A. 2016. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü'nde yayılış gösteren kızılçam meşcereleri için uyumlu gövde profili denklem sistemlerinin geliştirilmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt: 17, Sayı:1, Sayfa:21-31.

Laar, A.V., Akça, A. 1997. Forest Mensuration. Cuvillier Verlag, Göttingen, 385 s.

Loetsch, F., Zöhrer, F. ve Haller, K.E., 1973. Forest Inventory. Volume II, ISBN 3-405- 10812-8, BLV Verlagsgesellschaft München Benn Wien, München.

Max, T. A, Burkhart, H. E. 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations, Forest Science, 22, 3, 283-289.

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.

Özer, E., Uğurlu, S. 1977. Aynalı Relaskop Fh/d Değerlerinden Elde Edilen ya da Çift Girişli Hacim tablolarına Göre Elde Edilen Hacimlerin Seksiyondan Hesaplanan Hacimlerle Karşılaştırması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No 99. Ankara.

Pantelas, V. 1986. The Forests of Brutia Pine in Cyprus. Ciheam. 86(1), 46-46.

SPSS Institute Inc. 2010. IBM SPSS Statistics 19 Core System User's Guide, SPSS Programming and Data Management, 426 s.

Sun, O., Eren, M. E., Orpak, M. 1978. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması. (TÜBİTAK, proje no: TOAG-288), Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Yayını.

Şentürk, N. 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subsp. *oxycarpa* (Bieb. Ex

Willd.) Franco & Rocha Afonso) Gövde Hacim ve Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 97s.

Usta, H. Z. 1991. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın Serisi No: 219.

Yavuz, H. 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam İçin Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 1181-118.

Yavuz, H., Sakıcı, O.E. 2002. Gövde Profili Modellerinin Bilimsel ve Pratik Açısından İrdelenmesi. Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu. 18-19 Nisan 2002, İstanbul, Bildiriler Kitabı.

Yeşil, A. 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetlerdeki Kızılçam Meşcerelerinin Yaşaya Göre Gelişimi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 179 s.

Ek Tablo 1. Kızılçam Tek Girişli ve Bonitete Dayalı Tek Girişli Kabuklu Gövde Hacmi Tablosu

Göğüs Çapı (cm)	Tek Girişli	Bonitete Dayalı Tek Girişli			Göğüs Çapı (cm)	Tek Girişli	Bonitete Dayalı Tek Girişli		
		I.BS	II.BS	III.BS			I.BS	II.BS	III.BS
		Hacim (dm ³)					Hacim (dm ³)		
6	11.7	12.2	11.5	11.9	36	831.9	898.9	842.0	761.2
8	23.3	24.3	22.9	23.2	38	946.0	1023.5	958.5	863.0
10	39.5	41.6	39.1	38.9	40	1068.0	1157.5	1083.8	972.1
12	61.0	64.4	60.5	59.4	42	1200.0	1301.3	1218.3	1088.7
14	88.0	93.2	87.6	85.0	44	1340.0	1455.0	1362.0	1212.9
16	120.9	128.4	120.6	115.8	46	1490.0	1618.8	1515.1	1344.7
18	160.0	170.3	159.9	152.3	48	1649.0	1792.9	1677.7	1484.4
20	205.6	219.3	205.8	194.5	50	1817.0	1977.4	1850.2	1632.0
22	257.9	275.7	258.7	242.6	52	1994.0	2172.6	2032.5	1787.5
24	317.1	339.7	318.6	296.9	54	2182.0	2378.5	2224.9	1951.2
26	383.6	411.7	386.0	357.6	56	2379.0	2595.5	2427.5	2123.1
28	457.6	491.8	461.0	424.7	58	2586.0	2823.5	2640.5	2303.3
30	539.2	580.4	543.9	498.5	60	2803.0	3062.8	2864.0	2491.9
32	628.6	677.6	634.9	579.1	62	3030.0	3313.6	3098.1	2689.0
34	726.1	783.7	734.2	666.6	64	3268.0	3575.9	3343.0	2894.7

Ek Tablo 2. Kızılcım Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacmi Tablosu

Göğüs Çapı (cm)	Boylar (m)														
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	Kabuklu Gövde Hacmi (dm ³) – (Kütük hacmi dahil)														
6	13.7	17.4	21.1	24.8	28.5										
8	21.4	27.2	32.9	38.7	44.4	50.2	55.9								
10	30.8	39.1	47.5	55.8	64.1	72.3	80.6	88.8							
12	42.0	53.3	64.7	76.0	87.3	98.6	109.8	121.0							
14	54.9	69.7	84.5	99.3	114.1	128.8	143.5	158.2							
16	69.5	88.3	107.0	125.8	144.5	163.1	181.7	200.3	218.9						
18	85.8	109.0	132.1	155.3	178.3	201.4	224.4	247.3	270.2	293.1					
20	103.8	131.8	159.9	187.8	215.8	243.6	271.4	299.2	326.9	354.6					
22	123.5	156.8	190.2	223.4	256.6	289.8	322.9	355.9	388.9	421.8					
24	144.9	183.9	223.0	262.1	301.0	339.9	378.7	417.4	456.1	494.7	533.2				
26	167.9	213.2	258.5	303.7	348.9	393.9	438.9	483.8	528.6	573.3	618.0	662.6			
28		244.5	296.5	348.4	400.2	451.9	503.5	554.9	606.3	657.7	708.9	760.0			
30		278.0	337.1	396.1	454.9	513.7	572.3	630.9	689.3	747.6	805.9	864.0			
32		313.5	380.2	446.7	513.1	579.4	645.5	711.6	777.5	843.3	908.9	974.5	1040.0		
34			425.8	500.3	574.7	649.0	723.1	797.0	870.8	944.5	1018.1	1091.6	1164.9	1238.2	
36			474.0	557.0	639.8	722.4	804.9	887.2	969.4	1051.4	1133.3	1215.1	1296.7	1378.3	
38			524.7	616.5	708.2	799.7	891.0	982.1	1073.1	1163.9	1254.5	1345.1	1435.5	1525.8	1615.9
40			577.9	679.1	780.0	880.8	981.4	1081.7	1181.9	1281.9	1381.8	1481.5	1581.1	1680.5	1779.9
42			633.7	744.6	855.3	965.8	1076.0	1186.1	1295.9	1405.6	1515.1	1624.4	1733.6	1842.6	1951.5
44				813.0	933.9	1054.5	1174.9	1295.1	1415.0	1534.8	1654.3	1773.7	1892.9	2012.0	2130.9
46				884.4	1015.9	1147.1	1278.1	1408.8	1539.3	1669.6	1799.6	1929.5	2059.2	2188.7	2318.0
48				958.8	1101.3	1243.5	1385.5	1527.2	1668.7	1809.9	1950.9	2091.6	2232.2	2372.6	2512.9
50				1036.0	1190.0	1343.8	1497.2	1650.3	1803.1	1955.7	2108.1	2260.2	2412.1	2563.8	2715.4
52				1116.2	1282.2	1447.8	1613.0	1778.0	1942.7	2107.1	2271.2	2435.1	2598.8	2762.3	2925.5
54					1377.6	1555.6	1733.1	1910.4	2087.3	2264.0	2440.3	2616.5	2792.3	2967.9	3143.4
56					1476.4	1667.1	1857.5	2047.4	2237.1	2426.4	2615.4	2804.1	2992.6	3180.8	3368.8
58					1578.6	1782.5	1986.0	2189.1	2391.9	2594.3	2796.4	2998.2	3199.7	3400.9	3601.9
60					1684.1	1901.6	2118.7	2335.4	2551.7	2767.7	2983.3	3198.6	3413.5	3628.2	3842.7