

Antalya yöresi ormanları için titrek kavak ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi

Yılmaz Çatal^{a,*}, Ahmet Güneş^b

Özet: Ormanların büyüme ve hasılat tahminlerinde kullanılan en önemli bileşenlerden birisi, ağaç hacim fonksiyonlarıdır. Ağaç hacim fonksiyonları göğüs yüksekliği çapı (d) ve tüm ağaç boyu (h) gibi ölçülmesi kolay ağaç değişkenlerini kullanarak, ağaç hacmini ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile Antalya yöresindeki doğal olarak yetişen Titrek kavak (*Populus tremula* L.) için yöresel tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu düzenlenmiştir. Ağaç hacim tablosunun oluşturulması için 11 adet tek girişli ve 13 çift girişli olmak üzere, toplam 25 adet ağaç hacim fonksiyonu test edilmiştir. Yöre için en başarılı bulunan model 1 ve model 12'nin sırasıyla ortalama hatası 0.010 m³ ve 0.005 m³, ortalama mutlak hatası 0.088 m³ ve 0.085 m³, ortalama mutlak hatası %21.327 ve %17.089, toplam hata %2.516 ve %0.620, hataların standart sapması 0.146 m³ ve 0.137 m³, belirtme katsayısı ise 0.907 ve 0.936 olarak bulunmuştur. Modellerle elde edilen sonuçların yöreye uygunluğu bağımsız veri seti kullanılarak eşleştirilmiş t-testi ile denetlenmiş ve yöre için %99.9 güven düzeyi ile uygun oldukları sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu, Hacim fonksiyonları, Regresyon yöntemi

Construction of tree volume tables for trembling aspen in Antalya forest region

Abstract: The one of the essential building blocks in forest growth and yield prediction models is the equations for estimating individual tree volume. Individual volume functions estimate wood volume using tree variables that are easy to measure such as diameter at breast height (d) and total height (h). In this study, a local single and double entry volume table was formed for natural grown Trembling Aspen (*Populus tremula* L.) Antalya forest region. A total of 25 tree volume models were tested for single-entry (11) and double-entry (13) tables in creating the tree volume table. Bias of selected best model 1 and model 12 were 0.010 m³ and 0.005 m³ respectively. Average absolute bias were 0.088 m³ and 0.085 m³, absolute errors were 21.327% and 17.089%, total errors were 2.516% and 0.620%; standard deviation of the residuals were 0.146 m³ and 0.137 m³; determination coefficients were 0.907 and 0.936 for the first and second models, respectively. Obtained values from these two volume functions were performed with paired t-test against an independent set of data, and it was concluded that they were suitable for trembling aspen with a 99.9% confidence.

Keywords: Single and double entry tree volume tables, Volume functions, Regression method

1. Giriş

Orman işletmeciliğinde, işletmenin ne kadarlık odun hacmine sahip olduğunu bilmek son derece önemlidir. Hacim tahminleri, ağaç ve meşcerelere ilişkin hacmin ticari sınıflara dağılımının hesaplanmasında (Crecente-Campo vd., 2009), orman amenajman planlarının düzenlenmesinde (Eraslan ve Eler, 2003), orman ürünleri sanayisinin geleceğine ilişkin projeksiyonların yapılmasında (de-Miguel vd., 2012) ve biyokütle dönüşüm faktörleri yardımı ile biyokütle miktarının hesaplanmasında (Tabacchi vd., 2011) kullanılan önemli bir meşcere parametresidir. Bu nedenle, hasılat ve büyüme modellerine entegre edilebilen, simülasyon modellerinde bileşen olarak girebilecek, esnek ve güvenilir hacim tahmin yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Meşcere hacminin belirlenmesi için çeşitli yöntemler önerilmektedir (Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984). Spurr (1952) bu yöntemleri direkt ve endirekt yöntemler olarak ayırmıştır. En direkt yöntem ile Miraboğlu (1955) ülkemizde Gökmar ağaç türü için ağaç hacim tabloları oluşturmuştur. Direkt yöntemde de hacim değerleri grafik

ve matematik-istatistik yöntemler ile bulunmaktadır (Kalıpsız, 1984). Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde istatistik yöntemler ile göğüs yüksekliği çapı (d) ve ağaç boyunun (h) fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir. Sadece çapa göre tek girişli, çap ve boya göre çift girişli ağaç hacim tabloları oluşturulmaktadır. Bunun yanı sıra başka ağaç veya meşcereye ilişkin değişken eklendiği zaman, çok girişli ağaç hacim tabloları elde edilebilmektedir (Husch vd., 2003).

Ağaç hacim tabloları da geçerlilik alanlarına göre ise, Genel Ağaç Hacim Tabloları, Bölgesel Ağaç Hacim Tabloları ve Yöresel Ağaç Hacim Tabloları şeklinde üçe ayrılır. Bu ağaç hacim tabloları da genelden yöresele doğru güvenilirliği artan bir sıralaması vardır (Eler, 2013). Aynı hacim tablosunun farklı yetişme ortamı özelliklerine sahip yörelerde kullanılması hatalar çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle farklı yetişme ortamı özelliklere sahip alanlar için farklı hacim tablolarının düzenlenmesi gerekmektedir. Yani yöresel ağaç hacim tablolarının hata miktarı genel ağaç hacim tablolarına göre daha azdır (Brooks ve Wiant, 2008; Burkhart ve Tome, 2012). Özellikle, ülkemiz gibi tür çeşitliliğinin ve yetişme ortamı farklılıklarının yüksek olduğu yerlerde, her yöre ve tür için

✉ ^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

^b Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): yilmazcatal@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 22.08.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 22.2.2018



Citation (Atıf): Çatal, Y., Güneş, A., 2018. Antalya yöresindeki titrek kavak için hacim tablolarının düzenlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 30-39. DOI: [10.18182/tjf.335708](https://doi.org/10.18182/tjf.335708)

ayrı yöresel hacim denklemlerinin geliştirilmesi, doğru ve güvenilir hacim tahminleri için gerekli ve zorunludur.

Titrek kavak (*Populus tremula* L.) ülkemizde öncü ağaç türü olarak bilinen ve doğal olarak geniş alanlar üzerinde saf ve karışık meşcereler kuran önemli bir ağaç türümüzdür. Ancak, bu türün hasılat özelliklerine ilişkin çok fazla çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı Antalya-Akseki Yöresinde yer alan Anadolu karaçamı ile karışıklık gösteren Titrek kavak ağaç türü için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu düzenlenmesidir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar Kuzey Anadolu yöresinde Bayburtlu (2007) tarafından oluşturulan tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları ile karşılaştırılmaktadır. Yöresel olarak titrek kavak için düzenlenecek ağaç hacim tablosunun kullanılması ile ekonomik katma değer ve maddi kazançların sağlanması amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Akseki Orman İşletme Müdürlüğü sahalarında Anadolu karaçamı meşcerelerinde %30'dan daha az Titrek kavakın karışım gösterdiği doğal karışık meşcereleri seçilmiştir. Titrek kavak yörede genellikle kuzey bakılarda yayılış göstermektedir. Titrek kavak dere tabanı ve vadi içlerinde daha yaygın olup, karaçam ağaçları ile birlikte üst tabakada yer almaktadır. Yöre Akdeniz iklim kuşağından İç Anadolu iklim kuşağına geçiş zonunda olup, yükseltisi 1200-1600 m arasında değişmektedir.

Tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi için değişik çap ve boy basamaklarına yeter sayıda dağılım gösteren ağaçta ölçüm yapılması gerekmektedir. Bu amaçla toplanacak örnek ağaç sayısının çift girişli gövde hacim tablolarının oluşturulması için 80 ile 150 adet ağaç arasında değişmesi yeterli olduğu belirtilmektedir (Cailliez, 1980). Bu çalışmada da yeterli sayıda ağaç çap sınıfı ve boy kademesine dağılım gösterecek şekilde toplam 312 ağaçta hacim hesabı için ölçümler yapılmıştır. Ölçülen örnek ağaçların yaşları 10-150 arasında değiştiği belirlenmiştir. Örnek ağaçların bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Ülkemizde yapılan hacim tabloları gövde odununu esas alan gövde hacim tabloları şeklinde hazırlanmıştır. Özellikle geniş yapraklı ağaç türleri için hazırlanacak hacim

tablolarında dal odunu önem kazanmaktadır. Ancak çalışmamızda gövdeden ayrılma çapı 8 cm ve daha kalın dallar görülmediği için ölçüme dahil edilmemiştir. Böylece aslında gövde hacim tablosu hazırlanmıştır.

2.2. Yöntem

Kesilen ağaçların zarar görmemiş, çatallı olmamasına ve meşcere içinde galip veya müşterek galip tabakada olmasına dikkat edilmiştir. Kesilen ağaçlar şerit metre ile dip kısmından (0.3 m) başlamak üzere her bir metrede (1.3, 2.3, 3.3, 4.3, m) çap ölçümleri yapılmıştır. Gövde çapları çap ölçer ile birbirine dik olacak şekilde çift yönlü olarak milimetre duyarlılıkta ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır. Ağaçların ölçülen kesit yüksekliğine uç parça boyu eklenerek ağaç boyu elde edilmiştir. Elde edilen 1'er metrelik parçanın hacmi Smalian formülü ile hacimlendirilmiştir. Kütük hacmi 0,3 m'deki silindirin hacmi, uç parça hacmi de koni hacim formülü ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kütük hacmi, 1'er metrelik seksiyonlar hacmi ve uç parça hacmi toplanarak bir ağacın hacmi metre küp cinsinden elde edilmiştir (Kalıpsız, 1984; Avery ve Burkhart, 1994).

Titrek kavak ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi ve meşcereye uygunluğunun denetlenmesi amacıyla örnek ağaçlar her çap ve boy grubunda rasgele olarak iki guruba ayrılmıştır. Birinci grup veri için 234 adet (%75) örnek ağaç hacim fonksiyonunun oluşturulmasında model verisi olarak, ikinci grup 78 adet (%25) örnek ağaç ise bu fonksiyonun Titrek kavak meşcerelerine uygunluğunun denetlenmesi amacıyla test verisi olarak kullanılmıştır. Hacim tablolarını oluşturmak için ölçülen örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Ölçülen ağaçların bazı parametreleri ve istatistikî değerler

Ağaç parametresi	Örnek sayısı	Değişim aralığı	En küçük	En büyük	Aritmetik ortalama	Standart sapma
Çap (cm)	312	56.2	0.4	56.6	18.2	11.8
Boy (m)	312	21.1	1.4	22.5	11.7	5.4
Hacim (m ³)	312	2.6888	0.0002	2.6881	0.4238	0.5088

Çizelge 2. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çap Basamakları (cm)	Boy Basamakları (m)												Toplam	
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23		
2	3(2)	15(5)	7(3)											25(10)
6		2(1)	11(5)	9(5)	5(2)	1								28(13)
10			2(1)	7(2)	12(4)	10(3)	1	1						33(10)
14				1	5(2)	10(4)	6(2)							22(8)
18					2	4(2)	9(2)	3(1)	1	1				20(5)
22						2(1)	8(3)	8(2)	2(1)	1				21(7)
26						1	4(2)	9(3)	9(2)	4(1)				27(8)
30							3(1)	8(1)	8(1)	4(1)	3(1)			26(5)
34								3(1)	6(3)	4(1)	2(1)	3(1)		18(7)
38								1	2(1)		1			4(1)
42									2(1)	4(1)				6(2)
46								1		1(1)	1(1)			3(2)
50														0(0)
54											1			1(0)
Toplam	3 (2)	17 (6)	20 (9)	17 (7)	24 (8)	28 (10)	31 (10)	34 (8)	30 (9)	19 (5)	8 (3)	3 (1)		234 (78)

*parantez içi kontrol veri grubu için kullanılan ağaçları göstermektedir.

Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amacıyla ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalarda farklı modeller denenmiş, ağacın doğru olarak hacimlendirilmesi için birçok ağaç hacim denklemi geliştirilmiştir. Çalışmada çeşitli kaynaklardan elde edilen farklı formlardaki hacim fonksiyonları kullanılmıştır (Saraçoğlu, 1988; Yavuz, 1999; Mısır ve Mısır, 2004; Sakıcı ve Yavuz, 2005; Hjelm ve Johansson, 2012; Rachid vd., 2014). Tek ve çift girişli ağaç hacim tablosunun oluşturulmasında kullanılan denklemler Çizelge 3'de verilmiştir.

Fonksiyonlarda v ağaç hacmini (m^3), d ağaç göğüs yüksekliği çapını (cm), h ağaç boyunu (m), \log logaritmayı, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ regresyon katsayılarını, ε model hatasını göstermektedir.

En uygun modelin kullanılmasında aşağıdaki altı farklı uygunluk ölçütünden (Denklemler 1-6) yararlanılmıştır. En iyi modelin belirlenmesinde en küçük OH, OMH, OMHY, THY ve HSS değerlerine sahip olması yanında en yüksek BK değerine sahip ölçütleri esas alınmıştır (Yavuz, 1999).

Denklemlerde n veri sayısını, k parametre sayısını, v_i bağımlı değişkenin ölçülen değerlerini, \hat{v}_i bağımlı değişkenin regresyon modeli ile tahmin edilen değerlerini, \bar{v} ölçülen hacim değerleri ortalamasını göstermektedir.

Çizelge 3. Ağaç hacim tablosu oluşturmada kullanılan denklemler

Tek girişli ağaç hacim denklemleri	Model no
$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \varepsilon$	1
$v = \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \varepsilon$	2
$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \varepsilon$	3
$v = \beta_0 d^{\beta_1} + \varepsilon$	4
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2/d + \varepsilon$	5
$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln^4(d) + \varepsilon$	6
$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3/d + \varepsilon$	7
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \varepsilon$	8
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2(d) + \varepsilon$	9
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2(d) + \beta_3 \log^4(d) + \varepsilon$	10
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2(d) + \beta_3 \log^4(d) + \beta_4/d + \varepsilon$	11
Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri	
$v = d^2(\beta_1 + \beta_2 h) + \varepsilon$	12
$v = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} + \varepsilon$	13
$v = (d^2 h)^{\beta_0} (\beta_1 d) + \varepsilon$	14
$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_3 h^2 + \beta_4 d h^2 + \varepsilon$	15
$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d h + \beta_3 d^2 + \beta_4 h + \beta_5 d^2 h + \varepsilon$	16
$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d h + \beta_3 d^2 + \beta_4 d^2 h + \varepsilon$	17
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log d + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 \log h + \beta_4 \log^2 h + \varepsilon$	18
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \varepsilon$	19
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \beta_4 \log^4 d + \varepsilon$	20
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \beta_4 \log^4 d + \beta_5/h^2 + \varepsilon$	21
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \beta_4 \log^4 d + \beta_5/h^2 + \beta_6/h + \varepsilon$	22
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \beta_4 \log^4 d + \beta_5/h^2 + \beta_6/h + \beta_7/d^2 + \varepsilon$	23
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 h + \beta_3 \log^4 d + \beta_4/h^2 + \beta_5/h + \beta_6/d^2 + \beta_7/d + \varepsilon$	24
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 h + \beta_3 \log^4 d + \beta_4/h^2 + \beta_5/h + \beta_6/d^2 + \beta_7/d + \beta_8 h^2 + \varepsilon$	25

$$\text{Ortalama Hata (OH)} = \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)}{n} \quad (1)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata (OMH)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{v}_i - v_i|}{n} \quad (2)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (OMHY)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{v}_i - v_i|}{\sum_{i=1}^n v_i} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Toplam Hata Yüzdesi (THY)} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{v}_i - \sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Hataların Standart Sapması (HSS)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{n - k}} \quad (5)$$

$$\text{Belirtme Katsayısı (R}^2\text{)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2} \quad (6)$$

Genel olarak hacim fonksiyonları arasında ölçüt değerlerinin tümünü kapsayacak biçimde bir başarı sıralaması yapılması gerekir. Pek çok uygunluk ölçütüne göre en uygun regresyon modelinin belirlenmesinde; her bir uygunluk ölçütüne göre regresyon modellerine sıra numarası verilir, sıra numaraları toplamına (rank değeri) bağlı olarak en uygun modelin belirlenmesi önerilmektedir (Yavuz, 1999). Ancak, geleneksel olarak kullanılan Rank sistemi ile yöntemler sıralı tamsayılar şeklinde büyüklük değerlerine göre sıralanmaktadır. Karşılaştırmada kullanılan ölçütlerin bir biri ile olan büyüklükleri veya uzaklıkları dikkate alınmamaktadır. Bu yüzden Nisbi Sıralama Ölçütü kullanılarak ölçüt değerleri nisbi büyüklüklerine göre sıralanabilmektedir (Poudel, 2011). Ülkemizde Özçelik ve Çevlik (2017) bu yöntemi Toros sedirinde denklem karşılaştırmasını kullanmışlardır. Nisbi Sıralama Ölçütü aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(S_i - S_{\min})}{S_{\max} - S_{\min}} \quad (7)$$

Formülde R_i i. yöntemin nisbi sırasımı ($i=1,2,\dots, m$), S_i i. yöntemi ile elde edilen uyum istatistiğini, S_{\min} ilgili uyum istatistiğinde en küçük değerini, S_{\max} ilgili uyum istatistiğinde en büyük değerini göstermektedir.

Bu sıralama türünde en küçük değere sahip olan ölçü sırası 1 olmakta en büyük ölçüt değerine sahip değişken ise değişken sayısına eşit sıraya sahip olmaktadır. S_i 'nin sıralama değerinin yanı sıra, bu değer rakamsal büyüklüğü de göz önünde bulundurulduğundan, bu yeni sıralama sistemi, geleneksel sıralama sistemlerine göre daha fazla bilgi sunmaktadır (Poudel, 2011). Böylece ölçüt değerlerinin uzaklıklarına göre sürekli değişken olarak sıralama verilmektedir. Ancak, belirtme katsayısı için bu değer ters işlemektedir. Bu yüzden formül modifiye edilerek nisbi sıralama belirlenmiştir. Düzenlenen yeni formül aşağıdadır.

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(S_i - S_{\max})}{S_{\min} - S_{\max}} \quad (8)$$

Çalışmada, yukarıda açıklanan altı ölçüt değeri kullanılarak modellerin nisbi sıraları belirlenmiştir. Uygun hacim modelinin kararlaştırılması için en küçük toplam değere sahip modeller belirlenecektir.

2.3. Verilerin istatistik analizi

Örnek ağaçların çap, boy ve ağaç hacim değerleri ayrı ayrı veri grupları halinde bilgisayarda veri dosyalarına işlenmiş, SPSS (Statistical Package For The Social Science) istatistik paket programı kullanılmıştır. Üssel fonksiyonda en küçük kareler yöntemini uygulayabilmek için fonksiyon logaritması alınarak doğrusal forma dönüştürülmüş, işlemler onun üzerine yürütülmüştür (Husch vd., 2003). Logaritma olarak hesap yapılması nedeniyle oluşan sistematik hatanın giderilmesi için, antilogaritma alınarak bulunan değerlerin bir düzeltme faktörü (df) ile çarpılması gerekir (Akalp 1978; Burkhart ve Tome, 2012). Tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi için değişik istatistik modeller denenmiştir. Logaritma için $10^{1.1513*Se^2}$ e tabanında dönüştürme yapmak için ise $df=e^{0.5*Se^2}$ formülleri kullanılmıştır. Formüllerde e euler sayısını (2.71828), Se ise standart hatayı göstermektedir. En iyi olarak seçilen hacim denklemlerinin Titrek kavak mescerelerine uygunluğunun kontrolü için, ölçülen değerler ile ilgili modelden elde edilen değerler eşleştirilmiş t-testi ile geçerliliği test edilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Tek girişli ağaç hacim tablosu

Ağaç çapına göre hacim değişiminin matematiksel olarak ifade edilmesi için Model 1-11 arasındaki regresyon denklemleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucu modellere ilişkin bazı istatistikler ve logaritmik denklemler için düzeltme faktörü, logaritmik ve \ln modellere göre ayrı ayrı hesaplanarak değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Model verileri ile yapılan regresyon analizi sonucu tüm fonksiyonların F-değeri yüksek ve anlamlı çıktığı belirlenmiştir. Tek girişli ağaç hacim tablosu için yukarıda verilen 11 adet hacim denklemi için elde edilen regresyon katsayıları ve düzeltme faktörleri kullanılarak hacim hesapları yapılmıştır. Hacim hesabı test verileri için gerçek hacim değerleri ve denklemlerle bulunan hacim değerleri ayrı ikiye veri seti olarak elde edilmiştir. Bu veri setleri kullanılarak her bir regresyon modeli için uygunluk ölçüt değerleri hesaplanmış ve Çizelge 5'te verilmiştir. Test veri seti için modellerin nisbi sıraları hesaplanmış ve buna ilişkin sonuçlar test verileri için Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 4. Tek girişli ağaç hacim modelleri için regresyon katsayıları ve bazı istatistikler

Model No	F-Oranı	df	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
1	1592.5***	-	-0.015826***	0.000927***	-	-	-
2	1454.0***	-	-	-0.000083***	0.000914***	-	-
3	801.9***	-	-0.056446 ^{ns}	0.005074 ^{ns}	0.000816***	-	-
4	1158.2***	-	-5.064039***	0.162391***	-	-	-
5	4835.3***	1.081	-3.992346***	2.624128***	0.919243***	-	-
6	3370.0***	1.024	-7.377699***	1.870919***	0.005809***	-	-
7	539.0***	-	-0.116899*	0.009486*	0.000939***	0.115051 ^{ns}	-
8	5585.2***	1.080	-3.375389***	2.188444***	-	-	-
9	4070.2***	1.120	-3.102304***	1.341639***	0.474316***	-	-
10	3405.0***	1.061	-3.040980***	0.527100***	1.450342***	-0.207256***	-
11	2557.3***	1.061	-3.663018***	1.699601 ^{ns}	0.776452 ^{ns}	-0.136581*	0.603079***

^{ns}=p>0.05; * =p<0.05; ** =p<0.01; *** =p<0.001

Çizelge 5. Model kontrol verileri için elde edilen ölçüt değerleri

Model No	OH	OMH	OMHY	THY	HSP	BK
1	0.010	0.088	21.327	-2.516	0.146	0.907
2	0.019	0.091	22.081	-0.454	0.148	0.902
3	0.012	0.094	22.710	-2.949	0.148	0.906
4	0.049	0.101	28.397	-13.994	0.173	0.872
5	0.038	0.093	22.417	-0.919	0.171	0.908
6	-0.035	0.112	27.239	0.849	0.216	0.876
7	-0.075	0.109	26.435	18.255	0.183	0.906
8	0.054	0.099	24.059	-13.116	0.170	0.853
9	-0.011	0.107	25.897	2.571	0.207	0.885
10	0.025	0.085	20.558	-6.099	0.150	0.901
11	0.024	0.084	20.390	-5.794	0.150	0.906

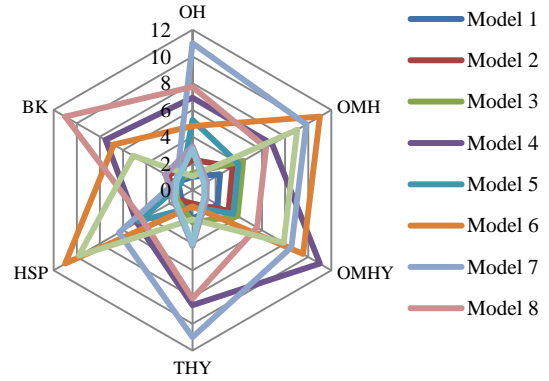
Çizelge 6. Kontrol verileri için modellerin sıralama sonuçları

Model No	OH	OMH	OMHY	THY	HSP	BK	Sıra Toplamı	Genel Sıralama
1	1.0	2.4	2.2	2.2	1.0	1.3	10.0	1.0
2	2.3	3.5	3.1	1.0	1.3	2.1	13.3	1.9
3	1.3	4.4	3.9	2.4	1.3	1.4	14.7	2.2
4	6.9	6.9	11.0	8.6	4.8	7.5	45.7	10.4
5	5.3	4.0	3.5	1.3	4.6	1.0	19.6	3.5
6	4.8	11.0	9.6	1.2	11.0	6.8	44.4	10.0
7	11.0	9.8	8.5	11.0	6.4	1.4	48.1	11.0
8	7.7	6.4	5.6	8.1	4.4	11.0	43.2	9.7
9	1.0	9.0	7.9	2.2	9.8	5.1	35.1	7.6
10	3.3	1.2	1.2	4.2	1.6	2.4	13.9	2.0
11	3.1	1.0	1.0	4.0	1.5	1.4	12.0	1.5

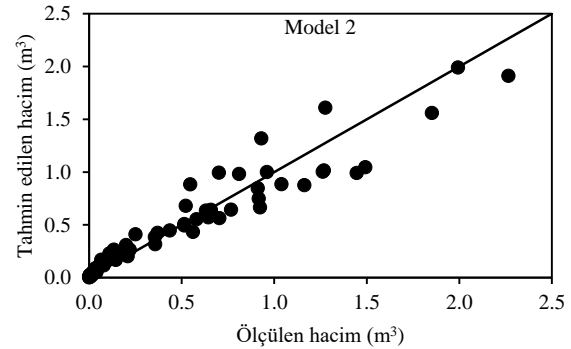
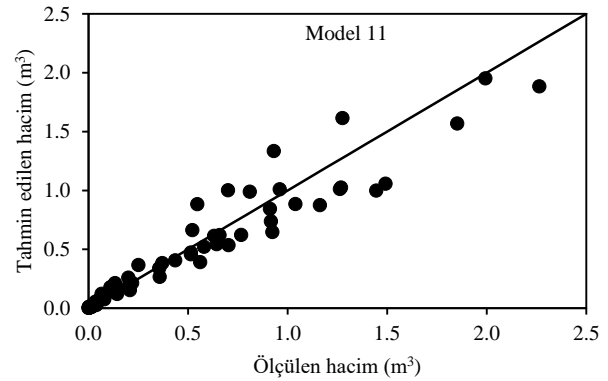
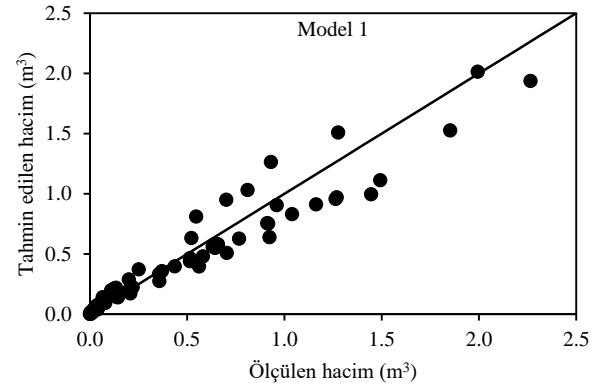
Çizelge 6 ve Şekil 1'den de görüleceği gibi Model 1, Model 11 ve Model 2 düşük sıralamalara sahip olduğu hemen göze çarpmaktadır. En kötü model olarak da Model 7, Model 4 ve Model 6 göze çarpmaktadır. En kötü modeller kendileri bir grup olarak diğer modellerden ayrılmaktadırlar. Bu yüzden en iyi model 1, 11 ve 2 değerlendirme için uygun olabilecekleri düşünülmüştür.

Model 1 ile düzenlenen tek girişli ağaç hacim tablosunun kullanılabilirliği için ortalama hatası 0.010 m^3 ; ortalama mutlak hata ise 0.088 m^3 olarak bulunmuştur. Bu değerler hacim tablosunun ortalama ağaç başına 0.010 m^3 fazla değer verebileceği, ortalamaya göre ağaç başına 0.088 m^3 mutlak sapma olabileceğini göstermektedir. Toplam hata negatif yönde %2.516 olarak hesaplanmıştır. Bu değer ağaç hacim tablosunun toplu olarak %2.516 kadar eksik sonuç verdiğini göstermektedir. Bu yüzde değeri, doğruluk derecesi yüksek hacim tablolarında %10'dan az olması öngörülmektedir (Spurr, 1952). En iyi model olarak elde edilen Model 1, Model 11 ve Model 2 için tahmin edilen hacim değerlerinin ölçülen hacim değerlerine göre dağılımları kontrol veri grubu için Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2'den de görüleceği üzere başarılı olarak belirlenen ilk üç modelin sonuçları 1:1 çizgisine göre hacim değeri büyüdükçe varyans artmaktadır. Bu beklenen bir olaydır. Sonuç olarak Model 1'in sonuçlarının daha güvenli bulunması, daha basit yapıya sahip olması ve kolay hesaplanabilmesi dolayısıyla tek girişli ağaç hacim tahmininde uygun bulunmuştur.



Şekil 1. Test verileri için elde edilen nisbi sıralama ölçütlerinin radar grafiği



Şekil 2. Tek girişli ağaç hacim denklemi için en uygun üç modelin gerçek ve denklemle elde edilen hacim değişimi grafiği

Ağaç hacim tablosu kontrolü, örnek ağaçlara ait gerçek hacim ve tablo değerlerini eşleştirmek sureti ile eşleştirilmiş t-testi ile yapılmıştır. Eşleştirilmiş t testi ile -0.045 olarak bulunan t hesap değeri $t_{0.001}$ tablo değerinden çok küçük olduğu için, Titrek kavak tek girişli ağaç hacim tablosunun verilere uygun olduğu %99.9 güven düzeyinde kabul edilmiştir. Model 1'e göre oluşturulan tek girişli ağaç hacim tablosu 1 cm'lik çap basamakları için Çizelge 7'de verilmiştir.

Ülkemizde Kuzey Anadolu yöresindeki titrek kavak ağaçları için Bayburtlu (2007) tarafından geliştirilen tek girişli hacim tablosu ile tarafımızdan Antalya Yöresi için geliştirilen tek girişli ağaç hacim tablosu, ağaç hacim tahminleri için test veri grubu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma için eşleştirilmiş t-testi kullanılmış ve t-değeri 6.380 ($p < 0.001$) bulunmuştur. Bu değere göre %95 güven düzeyinde elde edilen hacim değerleri ile Bayburtlu (2007) tarafından yapılan yöresel ağaç hacim tablosu arasında fark vardır. Bu sonuç ağaç hacim tahmininde yöreselliğin önemini göstermiştir. Tarafımızdan yapılan

ağaç hacim tablosu ile Bayburtlu (2007) tarafından yapılan ağaç hacim tablosu değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar Şekil 3'de verilmiştir.

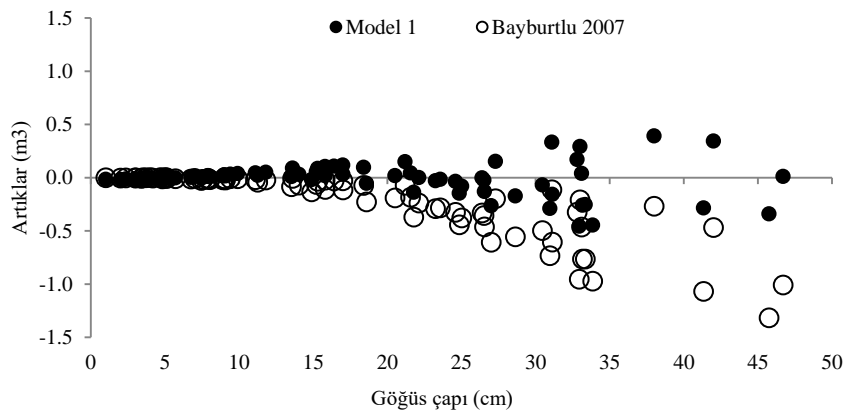
Şekil 3'den de görüleceği gibi göğüs çapı arttıkça Bayburtlu (2007)'nin hacim değerleri farkı artmaktadır. Çalışmamızda elde edilen model 1 için hata değerinin simetrik dağıldığı, eksi veya artı yönde eğilimin olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlarda bize yöresel ağaç hacim tablolarının önemini göstermektedir.

3.2. Çift girişli ağaç hacim tablosu

Örnek ağaçlardan elde edilen hacimler kullanılarak ağaç çapına ve boyuna göre göre hacmin değişiminin matematiksel olarak ifade edilmesi için model 12-25 arası regresyon denklemleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucu modellere ilişkin bazı istatistikler, katsayılar ve logaritmik denklemler için düzeltme faktörü Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 7. Tek girişli ağaç hacim tablosu

Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Hacmi (m ³)	Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Hacmi (m ³)	Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Hacmi (m ³)	Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Hacmi (m ³)
5	0.007	20	0.355	35	1.120	50	2.302
6	0.018	21	0.393	36	1.186	51	2.395
7	0.030	22	0.433	37	1.253	52	2.491
8	0.044	23	0.475	38	1.323	53	2.588
9	0.059	24	0.518	39	1.394	54	2.687
10	0.077	25	0.564	40	1.467	55	2.788
11	0.096	26	0.611	41	1.542	56	2.891
12	0.118	27	0.660	42	1.619	57	2.996
13	0.141	28	0.711	43	1.698	58	3.103
14	0.166	29	0.764	44	1.779	59	3.211
15	0.193	30	0.818	45	1.861	60	3.321
16	0.221	31	0.875	46	1.946	61	3.434
17	0.252	32	0.933	47	2.032	62	3.548
18	0.285	33	0.994	48	2.120	63	3.663
19	0.319	34	1.056	49	2.210	64	3.781



Şekil 3. Kontrol veri grubu için Model 1 ve Bayburtlu (2009) için çapa göre gerçek hacimle fark miktarları

Çizelge 8. Çift girişli ağaç hacim modelleri için katsayılar ve bazı istatistiksel değerler

Model No	F Oranı	DF	β_0	β_1	β_2
12	1367.499***	-	-	0.000565***	0.000018**
13	2755.598***	1.015	-7.735652***	2.211914***	-0.042515 ^{ns}
14	1450.256***	-	12318.09162***	248.186619***	-
15	457.412***	-	0.041072 ^{ns}	0.001045***	-0.000062***
16	375.145***	-	0.087124***	0.026912***	0.002063***
17	423.430***	-	-0.048633 ^{ns}	0.001210 ^{ns}	0.000886 ^{ns}
18	2000.154***	1.094	-2.813481***	1.743045***	0.271725**
19	2613.244***	1.111	-3.109627***	1.359305***	0.450783***
20	2516.009***	1.067	-3.037426***	0.504302***	1.493614***
21	2069.740***	1.065	-3.287819***	0.939545***	1.251432***
22	17287.595***	1.065	-3.839970***	0.992237***	1.427233***
23	1564.055***	1.059	-4.364213***	2.045325***	0.730625*
24	1564.697***	1.057	-5.346423***	3.555139***	0.019475**
25	1366.296***	1.057	-5.23946***	3.671916***	-0.004575 ^{ns}

Çizelge 8. devamı

Model No	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-
15	-0.002251***	0.000370***	-	-	-	-
16	-0.000801***	-0.049608***	0.000031*	-	-	-
17	0.000168 ^{ns}	0.000016 ^{ns}	-	-	-	-
18	-1.08340*	0.590711*	-	-	-	-
19	0.001730 ^{ns}	-	-	-	-	-
20	-0.001513 ^{ns}	-0.215803***	-	-	-	-
21	0.001105 ^{ns}	-0.197345***	1.073374**	-	-	-
22	0.014323*	-0.252858***	-1.736521 ^{ns}	2.478072***	-	-
23	0.018387**	-0.172444***	-2.257767***	3.03935***	0.314192**	-
24	-0.114706**	-2.46986***	3.215531***	0.029093***	1.242532***	-
25	-0.122810**	-1.806500 ^{ns}	2.468253 ^{ns}	-0.054129 ^{ns}	1.472728*	0.000689 ^{ns}

^{ns}=p>0.05; * =p<0.05; ** =p<0.01; *** =p<0.001

Test verileri ile yapılan regresyon analizi sonucu tüm modeller için F değeri yüksek ve anlamlı çıktığı belirlenmiştir. Çift girişli ağaç hacim tablosu için verilen 14 adet hacim denklemi için elde edilen regresyon katsayıları ve düzeltme faktörleri kullanılarak hacim hesapları yapılmıştır. Çift girişli ağaç hacim tablosunun kontrol verileri için uygunluk ölçüt değerleri Çizelge 9'da verilmiştir.

Test veri seti için elde edilen uygunluk ölçüt değerleri ilişkin sonuçlar Çizelge 10'da verilmiştir. Çizelge 10'a göre nisbi sıra ölçütü hesapları sonucunda en iyi model olarak Model 12 bulunmuştur. Bunu Model 25, Model 24 takip etmektedir. En kötü model olarak da Model 15, Model 17 ve Model 13 göze çarpmaktadır. En kötü modeller kendileri bir grup olarak diğer modellerden ayrılmaktadırlar.

Çift girişli ağaç hacim tablosu için kontrol verileri için elde edilen nisbi sıralama ölçütleri ile sıralamaları Çizelge 11'de bu sıralamaların grafiksel gösterimi ise Şekil 4'de verilmiştir.

Şekil 4'den de görüleceği gibi Model 12, Model 25 ve Model 24 düşük sıralamalara sahip olduğu hemen göze çarpmaktadır. En kötü model olarak da Model 15, Model 17 ve Model 13 göze çarpmaktadır.

Model 12 ile düzenlenen çift girişli ağaç hacim tablosunun kullanılabilirliği için ortalama hatası 0.005 m³;

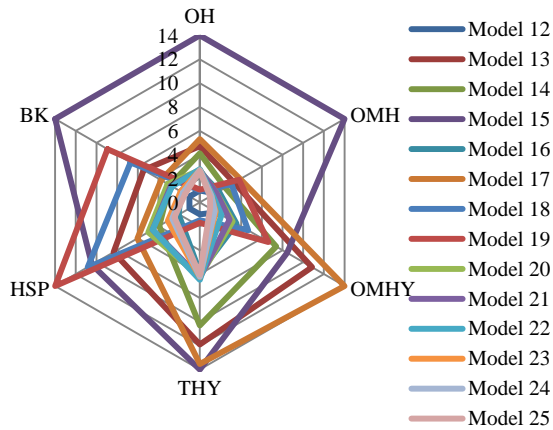
ortalama mutlak hata ise 0.085 m³ olarak bulunmuştur. Bu değerler hacim tablosunun ortalama ağaç başına 0.005 m³ fazla değer verebileceği, ortalamaya göre ağaç başına 0.085 m³ mutlak sapma olabileceğini göstermektedir. Toplam hata negatif yönde %0.620 olarak hesaplanmıştır. Çift girişli ağaç hacim denklemi için en uygun üç modelin gerçek değerler ile olan ilişkileri ikili koordinat sistemine işaretlenerek farkların görülmesi açısından Şekil 5'de verilmiştir.

Çizelge 9. Kontrol verileri için elde edilen ölçüt değerleri

Model No	OH	OMH	OMHY	THY	HSP	BK
12	0.005	0.085	17.089	-0.620	0.137	0.936
13	0.055	0.100	22.313	-13.296	0.172	0.894
14	0.047	0.093	20.350	-11.432	0.151	0.918
15	-0.180	0.188	20.950	15.742	0.182	0.813
16	0.026	0.088	18.170	-6.263	0.142	0.928
17	0.063	0.105	24.100	-15.200	0.161	0.910
18	-0.005	0.098	18.809	1.183	0.184	0.882
19	-0.006	0.104	19.922	1.436	0.199	0.861
20	0.028	0.086	17.962	6.688	0.156	0.916
21	0.028	0.086	17.792	-6.771	0.154	0.919
22	0.029	0.083	17.350	-6.986	0.154	0.920
23	0.028	0.082	17.029	-6.718	0.147	0.928
24	0.028	0.082	16.974	-6.684	0.145	0.930
25	0.027	0.081	16.726	-6.504	0.144	0.932

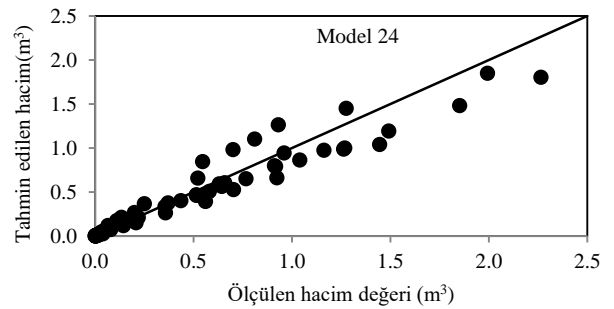
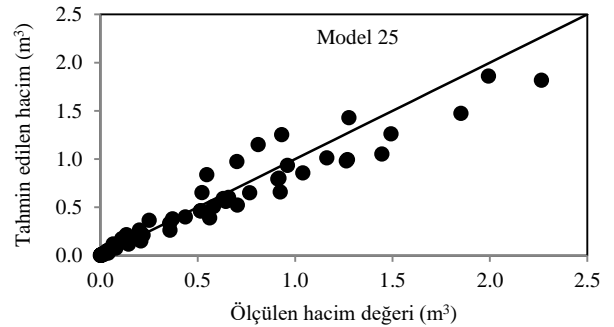
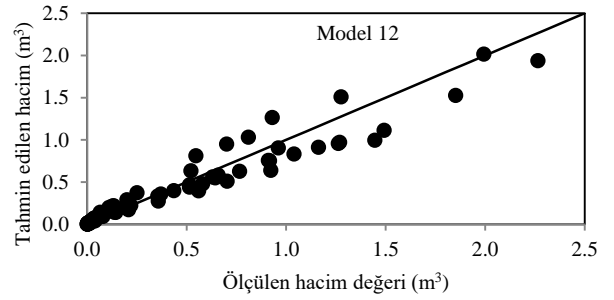
Çizelge 10. Kontrol verileri için nisbi başarı ölçüt sıralaması

Model No	OH	OMH	OMHY	THY	HSP	BK	Sıra Toplamı	Genel Sıralama
12	1.0	1.5	1.6	1.0	1.0	1.0	7.1	1.0
13	4.7	3.3	10.8	11.9	8.3	5.4	44.5	8.2
14	4.1	2.5	7.4	10.3	3.9	2.9	31.1	6.0
15	14.0	14.0	8.4	14.0	10.4	14.0	74.9	14.0
16	2.6	1.9	3.5	5.9	2.0	1.8	17.7	3.0
17	5.3	3.9	14.0	13.5	6.0	3.7	46.5	8.6
18	1.0	3.1	4.7	1.5	10.9	6.7	27.8	5.0
19	1.1	3.8	6.6	1.7	14.0	8.9	36.1	6.6
20	2.7	1.6	3.2	6.2	5.0	3.1	21.8	3.8
21	2.7	1.6	2.9	6.3	4.6	2.8	20.8	3.6
22	2.8	1.2	2.1	6.5	4.6	2.7	19.9	3.4
23	2.7	1.1	1.5	6.2	3.1	1.8	16.5	2.8
24	2.7	1.1	1.4	6.2	2.7	1.6	15.8	2.7
25	2.6	1.0	1.0	6.1	2.5	1.4	14.6	2.4



Şekil 4. Test verileri için elde edilen nisbi sıralama ölçütlerinin radar grafiği

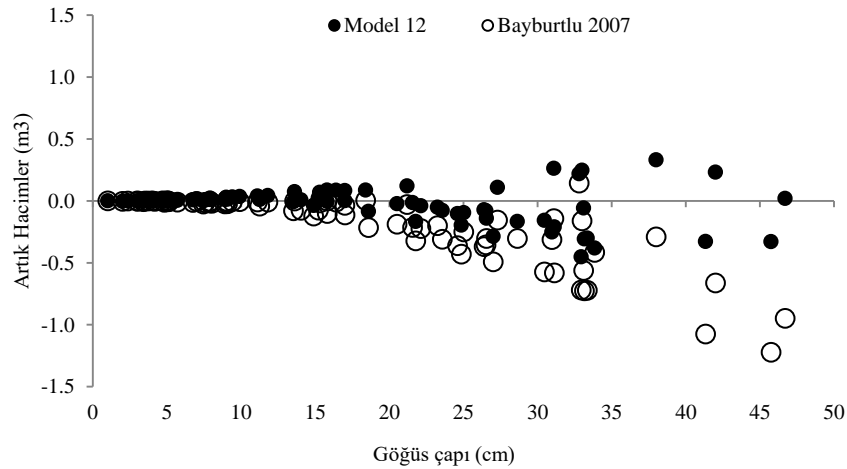
Ülkemizde Kuzey Anadolu yöresindeki titre kavağ için Bayburtlu (2007) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablosu ile tarafımızdan Antalya Yöresi için geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosu, ağaç hacim tahminleri için kontrol veri grubu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma için eşleştirilmiş t-testi kullanılmış ve t değeri -0.883 bulunmuştur. Bu değere göre %99.9 güven düzeyinde veriler ile Bayburtlu tarafından yapılan yöresel ağaç hacim tablosu arasında fark vardır. Bu sonuçta bizi yöreselliğin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Tarafımızdan yapılan ağaç hacim tablosu ile Bayburtlu tarafından yapılan ağaç hacim tablosu değerlerinin kontrol veri grubu ile elde edilen hata değerleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Çift girişli ağaç hacim denklemi için en uygun modeller için gerçek ve denklemlerle elde edilen hacim değişimi grafiği

Çizelge 11. Titrek kavak çift girişli ağaç hacim tablosu

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyu (m)										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2	0.00240	0.00255	0.00269								
4	0.00962	0.01019	0.01077	0.01134							
6	0.02164	0.02293	0.02423	0.02552							
8	0.03846	0.04077	0.04307	0.04538	0.04768						
10	0.06010	0.06370	0.06730	0.07090	0.07450	0.07810					
12		0.09173	0.09691	0.10210	0.10728	0.11246	0.11765				
14		0.12485	0.13191	0.13896	0.14602	0.15308	0.16013	0.16719			
16		0.16307	0.17229	0.18150	0.19072	0.19994	0.20915	0.21837	0.22758		
18		0.20639	0.21805	0.22972	0.24138	0.25304	0.26471	0.27637	0.28804	0.29970	
20			0.26920	0.28360	0.29800	0.31240	0.32680	0.34120	0.35560	0.37000	
22			0.32573	0.34316	0.36058	0.37800	0.39543	0.41285	0.43028	0.44770	0.46512
24				0.40838	0.42912	0.44986	0.47059	0.49133	0.51206	0.53280	0.55354
26				0.47928	0.50362	0.52796	0.55229	0.57663	0.60096	0.62530	0.64964
28				0.55586	0.58408	0.61230	0.64053	0.66875	0.69698	0.72520	0.75342
30					0.67050	0.70290	0.73530	0.76770	0.80010	0.83250	0.86490
32					0.76288	0.79974	0.83661	0.87347	0.91034	0.94720	0.98406
34					0.86122	0.90284	0.94445	0.98607	1.02768	1.06930	1.11092
36					0.96552	1.01218	1.05883	1.10549	1.15214	1.19880	1.24546
38						1.12776	1.17975	1.23173	1.28372	1.33570	1.38768
40						1.24960	1.30720	1.36480	1.42240	1.48000	1.53760
42						1.37768	1.44119	1.50469	1.56820	1.63170	1.69520
44						1.51202	1.58171	1.65141	1.72110	1.79080	1.86050
46							1.72877	1.80495	1.88112	1.95730	2.03348
48							1.88237	1.96531	2.04826	2.13120	2.21414
50							2.04250	2.13250	2.22250	2.31250	2.40250
52								2.30651	2.40386	2.50120	2.59854
54								2.48735	2.59232	2.69730	2.80228
56								2.67501	2.78790	2.90080	3.01370
58									2.99060	3.11170	3.23280
60									3.20040	3.33000	3.45960



Şekil 6. Kontrol veri grubu için Model 12 ve Bayburtlu (2009) tabloları için çapa göre gerçek hacimle fark miktarları

Şekilden de görüleceği gibi göğüs çapı değeri büyüdükçe Bayburtlu (2007) tarafından geliştirilen hacim tablosu sonuçlarına ilişkin hata değerleri büyümekte ve varyasyon artmaktadır. Çalışmamızda elde edilen model 12 için hata değerinin simetrik dağıldığı, eksi veya artı yönde eğilimin olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlarda bize yöresel tabloların önemini göstermektedir.

4. Sonuç ve öneriler

Orman amenajman planlarının düzenlenmesinde farklı yetiştirme ortamları ve bu yetiştirme ortamlarındaki tek ağaç ve meşcereler için düzenlenmiş ağaç hacim denklemlerinin

bulunmasını zorunludur. Çünkü ağaç hacim tablolarının genelden yöresele inildikçe doğruluk dereceleri artmaktadır. Bu yüzden daha doğru sonuçlar elde etmek için yöresel olarak hazırlanmış ağaç hacim denklemleri ve tabloları düzenlemek hata miktarını azaltmaktadır.

Bu çalışma ile ülkemizde değişik yörelerde yetişen Titrek kavak için yöresel olarak ağaç hacim tablolarının oluşturulması ve bu ağaç hacim tablolarının elde var olan ağaç hacim tabloları ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu hacim tablolarının düzenlenmesinde, farklı modeller test edilmiştir.

Çalışma kapsamında 312 örnek ağaçta çap, boy ve hacim ölçümleri yapılmış, seçilen farklı formlardaki 11 tek girişli,

14 adet çift girişli hacim denklemi test edilmiştir. Elde edilen hacim denklemleri sonuçları altı farklı ölçüt değeri kullanılarak test edilmiştir.

Tek girişli ağaç hacim tablosu için model test grubu için en başarısız modeller 7, 4 ve 6'dır. En iyi modeller 1, 11 ve 2 bulunmuştur. Model 1'in daha basit yapıya sahip olması ve kolay işlem sağlaması dolayısıyla tek girişli ağaç hacim hesabında uygun bulunmuştur.

Model 1 ile oluşturulan tek girişli ağaç hacim tablosunun kullanılabilirliği için OH 0.010 m³ bulunmuştur. Bu değer hacim tablosunun ortalama ağaç başına 0.010 m³ hata vereceğini göstermektedir. Toplam hata negatif yönde %2.516 olarak hesaplanmıştır. Bu değer ağaç hacim tablosunun toplu olarak %2.516 kadar eksik sonuç verdiğini göstermektedir.

Çift girişli ağaç hacim modelleri için Model 15, 17 ve 13 başarısız olarak en yüksek sıralamaya sahiptir. En iyi modeller için ise sırasıyla Model 12, 25 ve 24 bulunmuştur. Sonuç olarak; denenen 12 nolu model ile elde edilen katsayılar kullanılarak, Antalya Yöresi doğal titre kavak için ağaç hacim değerleri gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilebilir.

Ayrıca, oluşturulan tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları Kuzey Anadolu yöresinde Bayburtlu (2007) tarafından elde edilen modellerle karşılaştırılmıştır. Bayburtlu (2007) tarafından hazırlanan Titre kavak hacim tablolarının Antalya yöresinde kullanılmasının uygun olmadığı ve yüksek hata verdiği görülmüştür. Bu sonuçta yöresel ağaç hacim tablolarının gerçeğe yakın sonuç elde etmek için önemini göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde hazırlanan "Antalya yöresi titre kavak (*Populus tremula* L.) hacim tablolarının düzenlenmesi" yüksek lisans tezinden elde edilmiştir. Arazi çalışmalarında destek olan tüm meslektaşlarımıza teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr.) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 2483/261, 145 s., İstanbul.
- Avery, T.E., Burkhart, H.E., 1994. Forest Measurement. McGraw-Hill Series in Forest Resources, 408 p., New York.
- Bayburtlu, Ş., 2007. Titre Kavak (*Populus tremula* L.) hacim ve bonitet endeks tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisan Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 53 s., Trabzon.
- Brooks, J.R., Wiant, H.V., 2008. Ecoregion based local volume equations for appalachian hardwoods. Northern Journal of Applied Forestry, 25(2): 87-92.
- Burkhart, H.E., Tome, M., 2012. Modeling Forest Trees and Stands. Springer, Dordrecht, 457p., New York.

- Cailliez, F., 1980. Forest volume estimation and yield prediction. Volume 1. FAO Forestry Paper No. 22/1, Rome.
- Crecente-Campo, F., Alboreca, A.R., Dieguez-Aranda, U., 2009. A Merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. Annals of Forest Science, 66:808-820.
- de-Miguel, S., Mehtatalo, L., Shater, Z., Kraid, B., Pukkala, T., 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. Can. J. For. Res., 42(7):1383-1394
- Eler, Ü., 2013. Dendrometri. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No 30, 286 s., Isparta.
- Eraslan, İ., Eler, Ü., 2003. Orman İşletmesinin Planlanması ve Denetimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No 35, 408 s., Isparta.
- Hjelm, B., Johansson, T., 2012. Volume equations for poplars growing on farmland in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 27: 561-566.
- Husch, B., Beers, T.W., Kershaw, T.A., 2003. Forest Mensuration. Wiley, 443 p., New York.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No:3793/426, 407 s., İstanbul.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K.E., 1973. Forest Inventory. Volume 2, BLV Verlagsgesellschaft, 415 p., München.
- Mısır, N., Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for Ash in Turkey. Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 3(4):135-144.
- Miraboğlu, M., 1955. Gökarda Şekil ve Hacim Araştırmaları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları 103 s., İstanbul.
- Özçelik, R., Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. Türkiye Ormancılık Dergisi, 18(1): 37-48.
- Poudell, K.P., 2011. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing dimater distributions. Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical Collage, 60 s.
- Rachid Casnati, C., Mason, E.G., Woollons, R., Resquin, F., 2014. Volume and taper equations for *P. teada* (L.) and *E. grandis* (Hill ex. Maiden). Agrociencia Uruguay, 18(2): 47-60.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2005. Kastamonu-Bostan Yöresi Uludağ Gökarnı meşcerelerinde gövde profili denklemleriyle biyokütle miktarının belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 5(1): 7-22.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Gökarn Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 312s, Ankara.
- Spurr, S.H., 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company, 476 p., New York.
- Tabacchi G., Cosmo L.D., Gasparini, P., 2011. Above ground tree volume and phytomass prediction equations for forest. European Journal of Forest Research, 130(6): 911-934.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23:1181-1188.