

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MUDURNU-SIRÇALI ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİNDE YAYILIŞ
GÖSTEREN ANADOLU KARAÇAMI [*Pinus nigra*arnold. subsp. *pallasiana*
(lamb.) holmboe] MEŞCERELERİ İÇİN TEK VE ÇİFT GİRİŞLİ AĞAÇ
HACİM DENKLEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Fatih BAYNAZOĞLU

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI

2014

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Fatih BAYNAZOĞLU tarafından hazırlanan “Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri için Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İlker ERCANLI

Jüri Üyeleri :

Başkan : Yrd. Doç. Dr. İlker ERCANLI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muammer ŞENYURT

Üye : Yrd. Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Sezgin ÖZDEN

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri için Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi

Fatih BAYNAZOĞLU

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İlker ERCANLI

Ormanın ana ürünü olan ve işletme sermayesinin büyük bir bölümünü ağaç serveti oluşturmakta, böylece bir orman işletmesinin temel üretim çıktılarında en önemlisi; ağaçlardan elde edilen tomruk, maden direği ve sanayi odunu gibi ürün çeşitleridir. Bu bakımdan orman işletmelerinde en önemli altlıkları da, ağaçların hacmini tahmin eden ağaç hacim denklemleri ve Tablolardır.

Bu çalışmada, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Mudurnu Orman İşletme Müdürlüğü, Sırçalı Orman İşletme Şefliği'nde yayılış gösteren Karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Ağaçları için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Tek girişli hacim denklemleri için 6 ve çift girişli ağaç hacim denklemleri için ise 27 farklı fonksiyon, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri ve belirtme katsayısı olmak üzere farklı 6 adet başarı ölçütüne göre karşılaştırılmıştır. En başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi, %86.06, çift girişli ağaç hacim denklemi ise %97.45 'lik model açıklayıcılığına sahiptir. En başarılı denklem olarak belirlenen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri çalışmaya konu bölgedeki Karaçam ağaçları için uygunluğu bağımsız bir veri grubu ile test edilerek $p < 0.05$ önem düzeyi uygun olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen çift girişli ağaç hacim denkleminin, Gülen (1959) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemine oranla daha başarılı hacim tahminleri verdiği belirlenmiştir. Ülkemizde Karaçam'ın yayılış gösterdiği ormanlar için lokal olarak geliştirilecek tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri, bu alanlar için ağaç servetinin daha doğru tahmin edilmesini sağlayacaktır.

2014, 46 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri, karaçam, ağaç serveti

ABSTRACT

M.S. Thesis

Developing Single and Double Tree Volume Equations for Crimean Pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] in Mudurnu-Sırçalı Forest District Enterprise

Fatih BAYNAZOĞLU

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. İlker ERCANLI

The tree volume that are essential yield of forests constitute a main portion of the capital of forest enterprise, thus the best important production output of a forest enterprise are that the wood assortments, i.e. timber, mine poles, sawlogs, firewoods and industrial wood, obtained from tree. In this regard, the main supports for forest enterprise are the tree volume equations and tables which can predict individual tree volume.

In this study, The single and double entry volume equations were developed for Crimean Pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] trees located in Sircali Planning Unit, Mudurnu Forest Enterprise, Bolu Forest District Directorate. The six functions for single entry volume equations and twenty-seven functions for double entry volume equations were compared by using six fitting performance criteria, i. e. standard deviation of residuals, average residuals or bias, average absolute residuals, total error percentage, absolute mean error percentage and coefficient of determination. In comparisons including some statistical indices, single entry volume equation with 86.06 % of the coefficient of determination and double entry volume equation with 97.45 % of the coefficient of determination were found to produce the most satisfactory fits than other equation. The best predictive single and double entry volume equations were decided to be appropriate at 0.05 significant level for the studied Crimean pine trees by testing independent data.

In this study, the double entry volume equation produced better predictive volume predictions than Gülen (1959)'s double entry volume equation and tables. The local single and double entry volume equations developed for Crimean pine forests in Turkey can provide more accurate predictions for tree volume.

2014, 46 pages

Key Words: The single and double entry volume equations, crimean pine, tree volume

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

“Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçam [*Pinusnigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri için Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi”adlı bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında ders dönemi bitimi sonunda yüksek lisans tez çalışması olarak hazırlanmıştır. Başlangıç aşamasından, çalışmanın sonlandırılmasına kadar geçen sürede yardım ve desteklerini esirgemeyen herkese sonsuz teşekkür ederim.

İlk olarak çalışma konusunun seçiminden, çalışmanın sonlandırılmasına kadar her aşamada desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesinden sıkça yararlandığım danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İlker ERCANLI 'ya, Yrd. Doç. Muammer ŞENYURT'a, Yrd.Doç. Oytun Emre SAKICI'ya, Arş.Gör. Ender BUĞDAY'a ve sevgili arkadaşlarım Mudurnu Orman İşletme Müdürlüğü Sırçalı Orman İşletme Şefi Osman KOLTUK'a, Vakıf Aktaş Orman İşletme Şefi Adem UZUN'a veOrm Müh. Davut ATAR'a,Orm Müh. Fatih Alparslan ATALAY'a, Mustafa ESER'e, Harun UYSAL'a, Fethi YILMAZ'a, Doruk GÜRBÜZ'e, Ahmet Sefa ÜNAL'a ve Elif ULUSOY'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Son olarak bütün hayatım boyunca beni hem maddi hem de manevi olarak destekleyen ve her durumda yanımda olduklarını bildiğim aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Fatih BAYNAZOĞLU

Çankırı, 14 Şubat 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ	1
1.2. Karaçam Hakkında Genel Bilgiler	3
1.2.1. Karaçam doğal yayılışı.....	3
1.2.2. Karaçamın botanik özellikleri	4
1.2.3. Silvikültürel ve ekolojik özellikleri.....	5
1.2.4. Odun kullanım alanları.....	7
1.2.5. Karaçam türüne ilişkin literatür özeti.....	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	9
2.1. Örnek Ağaçların Seçimi ve Yapılan Ölçümler	9
2.2. Yöntem	17
2.2.1. Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi	17
3. BULGULAR.....	23
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR	37
EK	41
ÖZGEÇMİŞ	46

SİMGELER DİZİNİ

m	: Metre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
ha	: Hektar
Σ	: Toplam
Π	: Pi
d	: Göğüs çapı
h	: Ağaç boyu
V	: Gövde hacmi
Log	: 10 tabanında logaritma
b ₀ ,b ₁ ,...	: Denklem katsayıları
R ²	: Belirtme katsayısı
S _{y,x}	: Tahmini standart hata
N	: Veri sayısı
p	: Parametre sayısı
TH	: Toplam hata
OMH	: Ortalama mutlak hata

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Karaçamın Türkiye’deki doğal yayılışı.....	4
Şekil 2.1 Çalışma alanlarının coğrafik konumu.....	10
Şekil 2.2 Kesilen ağaçlar üzerinde gerçekleştirilen çap ölçümleri.....	14
Şekil 2.3 Ağaç hacim denkleminin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan veri gruplarına ilişkin göğüs çapı-hacim ilişkisi.....	16
Şekil 3.1 Tek girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminleri ve azide gözlemlenen hacim gelişimi.....	25
Şekil 3.2 Çift girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminlerinin değişimi.....	28
Şekil 3.3 Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin standardize edilmiş hatadeğerlerinin standardize edilmiş tahmin değerlerine göre değişimi.....	29
Şekil 3.4 Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin standardize edilmiş hatadeğerlerinin standardize edilmiş tahmin değerlerine göre değişimi.....	29
Şekil 3.5 Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin tahmin değerlerinin gözlemdeğerlerine göre değişimi.....	30
Şekil 3.6 Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin tahmin değerlerinin gözlemdeğerlerine göre değişimi.....	30
Şekil 3.7 Gülen (1959) tarafından geliştirilen çift girişli denkleme ilişkin hata değerleri ile çalışmamızda geliştirilen denkleme ilişkin hata değerlerinin bağımsız veri grubundaki gözlem değerlerine göre değişimleri.....	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge2.1 Çalışma alanında kesilerek gövde boyunca çap ölçümü yapılan örnek ağaçlara ilişkin çeşitli bilgiler.....	11
Çizelge 2.2 Örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler.....	14
Çizelge2.3 Modellemede ve modellerin denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı.....	15
Çizelge3.1 Kullanılan tek ve çift girişli denklemlere ilişkin parametre tahminleri.....	26
Çizelge3.2 Denklemlere ilişkin hesaplanan başarı ölçütleri.....	27

1.GİRİŞ

Yenilenebilir bir kaynak olarak ormanlar, en başta gelen doğal kaynaklarımızdır. Doğaya açık çevresi ile devamlı bir şekilde etkileşim halinde bulunan ormanlar, topluma ekonomik, sosyal ve çevresel yönleriyle çok yönlü katkılar sağlamaktadırlar (Köse 1994). Bununla birlikte, özellikle son yıllarda artan çevresel kirlilik, asit yağmurları, global iklim değişiklikleri, biyolojik çeşitliliğin azalması, artan nüfus ve şehirleşme ile orman alanları aşırı ve dengesiz bir şekilde azalmaktadır (Asan vd. 2001). Bu bakımdan, en başta gelen doğal kaynağımız olan ormanlardan devamlı ve optimal bir şekilde yararlanmak için, sözkonusu bu ormanları planlamak ve bu planlara göre işletmek; ormanların devamlılığı için büyük bir önem arz etmektedir (Asan 2000).

Orman planlamasının en temel girdilerinden birisi de; ormanların alan ve ağaç serveti olarak durumlarının ortaya konulması olup, bu bilgilerin en temel kaynağı ise; orman envanteridir. Kalıpsız (1999), orman envanterini, belirli bir zaman kesitinde üretim sürecine katılan faktörlerin ve oluşan ürün miktarının sayım, ölçüm ve değerlendirme yolu ile saptanması işlemi olarak tanımlamaktadır. Özellikle orman envanterinin en temel ögesi ise, ormanların en önemli ekonomik girdisi olan ağaç serveti ve artımıdır. 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 öğedir (Yavuz 1999, Kapucu 2004). Bir ormanda mevcut ağaç servetinin tahmini, orman amenajman planlarının hazırlanması ve üretimin planlanması açısından önem taşımaktadır. Çünkü bu planların hazırlanmasında, bir ormanı oluşturan çeşitli yapı ve kuruluşteki meşcerenin sahip olduğu ağaç servetine ilişkin bilgiler, temel altlıklardan birisidir (Fırat 1973, Kalıpsız 1999).

Orman envanterinin en önemli konularından biri olan bir meşcerenin hacmini belirlemek için ormancılık literatüründe birçok yöntem olmasına karşın, uygulamada ağaç hacim denklemleri ve Tabloları; pratik açıdan daha elverişli olmaları nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır (Kalıpsız 1999). Ağaç hacim denklemleri, ağaçların ölçümü zor olan hacmini, ölçümü daha kolay olan ağaç çapı ve boyu gibi çeşitli değişkenler

yardımıyla tahmin etmeye yarayan istatistiki denklemlerdir. Ağaç hacim denklemleri yardımıyla ağaçların hacimleri, sadece ağaçların çapları ya da çapları ile birlikte boyları ölçülerek pratik bir biçimde hesaplanabilmektedir. Ağaç hacim denklemleri, ağaçların çapları ve çapları ile birlikte boyları ile hacimleri arasındaki istatistiki ilişkileri gösteren modeller olup, istatistik biliminin bir konusu olan regresyon analizi yöntemi ile elde edilmektedirler.

Ağaç hacim denklemleri, yalnız göğüs çapına göre düzenlendiklerinde “Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri”, göğüs çapı ve ağaç boyuna göre düzenlendiklerinde “Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri”, göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak ağaç boyunun belirli bir oranına (örneğin % 30) karşılık gelen yükseklikteki gövde çapı ya da yerden 7 metre yüksekliğindeki gövde çapı gibi üç ya da daha çok değişkene göre düzenlendiklerinde ise “Çok Girişli Ağaç Hacim Denklemleri” olarak isimlendirilmektedir. Geçerli oldukları alanın büyüklüğüne göre de “Yöresel (Lokal) Ağaç Hacim Denklemleri”, “Bölgesel Ağaç Hacim Denklemleri” ve “Genel Ağaç Hacim Denklemleri” olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Kapucu vd. 2002).

Ormancılıkta, ağaçların hacimlerinin tahmin edilmesinde en çok tercih edilen yöntem olan ağaç hacim denklemlerinin düzenlenmesinde temel amaç, ağaçların göğüs çapı ve boyu gibi kolay ölçülebilen boyutları ile hacim arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve bu ilişkiye bağlı olarak ağaç hacminin tahmin edilmesidir (Kapucu vd. 2002). Bu bakımdan ormancılarının en temel görevlerinden birisi de, ağaç hacim denklemlerinin başta asli türlerimiz olmak üzere bütün ağaç türlerimiz için geliştirilmesidir. Ülkemizde, her bir planlama birimi ve genellikle asli ağaç türleri için tek girişli ağaç hacim Tabloları düzenlenmiş ve ilgili amenajman planlarında bu Tablolar verilmiştir. Ayrıca Meşe (Eraslan 1954), Anadolu karaçamı (Gülen 1959), Doğu kayını (Kalıpsız 1960), Toros sediri (Evcimen 1963), Ökalyptus (Fırat ve Kalıpsız 1963) hacim Tablolarının oluşturulmasında grafik metotlar kullanılmıştır. Gökmar (Miraboğlu 1955), Sarıçam (Erkin 1956), Kızılçam (Alemdağ 1962), Ökalyptus (Fırat ve Kalıpsız 1963), Sarıçam (Alemdağ 1967), Doğu ladini (Akalp 1978), Karakavak (Birler vd. 1983), Kazdağı göknarı (Asan 1984), Gökmar (Saraçoğlu 1993), Sarıçam ve Anadolu karaçamı (Yavuz

1995), Kızılağaç (Saraçoğlu 1988), Dişbudak (Şentürk 1998), Ökalyptus (Özkurt 2000), Sarıçam-Uludağ göknarı-Doğu kayını değişik yaşlı karışık meşcereleri (Durkaya 2004), Titrekkavak (Bayburtlu 2007), Sahil Çamı (Ercanlı vd. 2008), Sarıçam (Pehlivan 2010) için istatistiksel bir analiz olan regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır.

Orman işletmelerinin ekonomik yönünün önemli bir bileşeni olan ve orman envanterinde ölçülen en temel özellik olan ağaç hacim tahminleri, ormancılık uygulamalarında büyük bir önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı; Mudurnu Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde yayılış gösteren Karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin ve Tablolarının geliştirilmesi ve bu bakımdan da başta orman envanteri olmak üzere çeşitli ormancılık çalışmalarına katkı sağlanmasıdır.

1.2. Karaçam Hakkında Genel Bilgiler

1.2.1. Karaçam doğal yayılışı

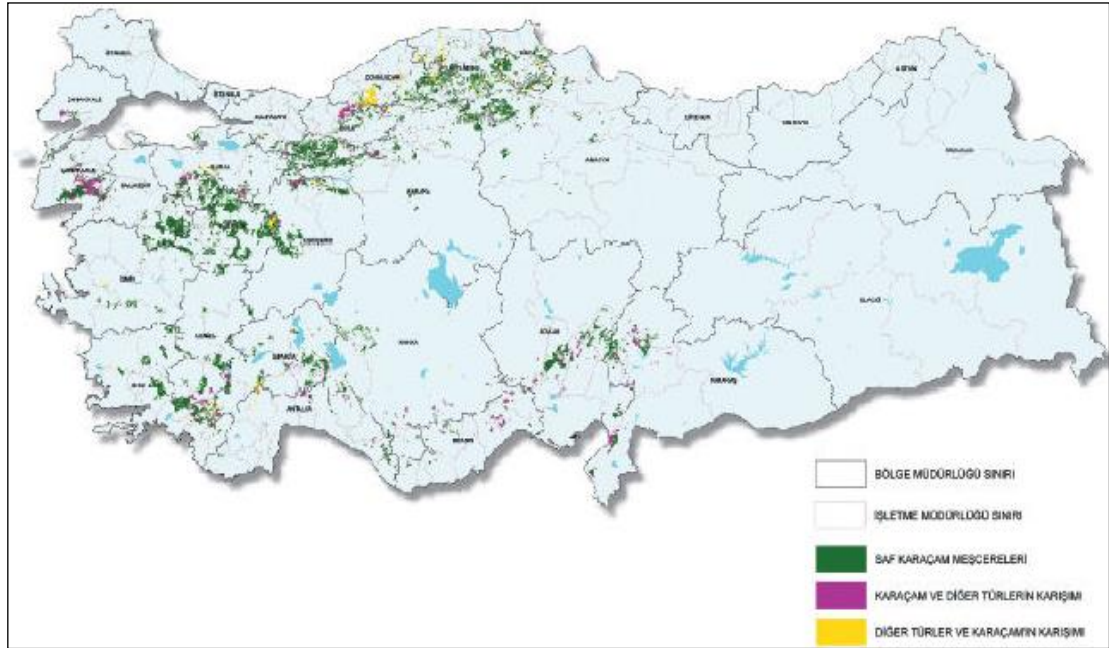
Doğal olarak Türkiye, Trakya, Kırım, Güney ve Güneydoğu Avrupa' yayılış yapmaktadır. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Güney ve Güneydoğu Avrupa ile Batı Asya'daki submediterranean bölgelerdeki coğrafi yayılışına paralel olarak, her birisi çoğu kere bağımsız bir tür olarak kabul edilen;

1. *Pinus nigra* subsp. *nigra* Badaux (Avusturya karaçamı)
2. *Pinus nigra* subsp. *calabria* Schneid. (Kalabriya karaçamı)
3. *Pinus nigra* subsp. *larico* Suring. (Korsika karaçamı)
4. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Schneid. (Anadolu karaçamı)

gibi çeşitli alt türleri bulunmaktadır. *Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Emdl. Karaçamı Türkiye ve Kırım'da bulunan bir alt türüdür (Yaltırık 1993).

Ülkemizin çam türleri arasında ikinci en fazla yayılışı yapan Karaçam, 4,693,060 hektar (Anonim 2012) alan kaplamaktadır. Bu alanın 2,580,193ha'ı normal kuru meşceresi ve 2,112,867 ha'ı ise bozuk karaçam meşceresi olup, toplam ormanlık alanlar için karaçam ormanlarının oranı % 22.9'dur.

Karaçam ülkemizde Trakya, Kuzey, Batı ve Güney Anadolu da deniz etkisinden uzak iç taraflara bakan yerlerde saf ormanlar oluşturur. Dikey yayılışında 400-1400 m yükseltiler arasında, geniş alanlarda saf ormanlar oluşturur. İç Anadolu da step içlerine en fazla sokulan çam türümüzdür. Güney Toroslarda 1200-2100 m. yükseltiler arasında geniş yayılış gösterir, yüksek kesimlerde Sedir ve Gökmar ile karışım yapar.



Şekil 1.1. Karaçam'ın Türkiye'deki doğal yayılışı

1.2.2. Karaçamın botanik özellikleri

Genellikle 30, bazen de 50 m boya ulaşabilen orman ağaçlarındandır. Ortalama 40m boy ve 1 m gövde çapı yapar denilebilir. Genç ağaçlarda konik, yaşlı bireylerde tepe geniş ve dağınıktır. Çok yoğun bir yaprak kütleşi taşır. Önceleri grimsi, yeşilimsi-siyah, çok erken yaşlarda kabuk çatlaklı hale gelir. Yaşlandıkça kabuk kalın ve derin çatlaklıdır. Sarıçama göre dallar daha kalındır. Gen sürgünler sarı-kahverengi, kısa tüylü ve tek nodludur. İri olan tomurcukların uçları sivri olup (uçları aniden sivrileşir), kaideleri geniştir. Tomurcukların bu özelliği Karaçamlar için karakteristiktir. Bilindiği gibi Sarıçamda kör ve küt uçlu tomurcuklar vardır. Tomurcuk pullarının kenarları kirpiklidir ve tomurcuklar bol reçinelidir. İkili iğne yapraklı olup iğne yapraklar koyu yeşil ve serttir; sürgün uçlarında bulunan yapraklar ise tomurcuğa yönelmiş olduğundan, “çanak” görünümünde bir boşluk oluştururlar. İğne yaprakların kenarı ince dişli, uç kısımları sertleşmiştir ve iğne gibi batıcıdır. 8-14 cm boyunda 0,15-0.20 cm yaprak kını daimi, koyu kahverengi 1-1,3 cm; yaprak koparılıp ovuşturulduğunda reçine kokusu salar. Yaz başlarında aynı yılda oluşan sürgünlerin uçlarında görülürler. Erkek çiçekler soluk sarı renkli olmasına karşın, dişi kozalaklar parlak saman sarısı renktedir. Yumurtamsı-konik şekildeki kozalakları, Sarıçam kozalaklarının aksine, simetriktir ve kozalak yok denecek kadar kısa saplıdır. Kalkan çıkık, göbek koyu renktedir. Kozalağın uç kısmındaki karpellerin çoğunun göbeğinde (umbo) iğne gibi ufak dikenimsi çıkıntı bulunur. Kozalak boyu 3,5-10(-12) cm, 2,5 cm genişliğindedir. Olgunlaşma süresi 2 yıldır ve olgunlaştığında kahverengiye dönüşür. Kozalak gençken simetrik, parlak saman sarısı renkte, göbek (umbo) dikenlidir (Yaltırık 1993).

1.2.3. Silvikültürel ve ekolojik özellikleri

Ekolojik istekleri bakımından kanaatkâr olan Anadolu karaçamı, yapılan ağaçlandırmalarda önemli bir paya sahiptir. 1986 yılına kadar ülkemizde ağaçlandırılan 804.121 ha alanın % 35.81'i (288.331 ha) karaçam ile yapılmıştır. Karaçam ağaçlandırması genellikle Orta Anadolu, Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinin daha çok kurak yörelerinde ve çıplak köklü fidanlarla yapılmaktadır(Aslan ve Kızmaz 1994).

1994 yılı sonuna kadar İç Anadolu bölgesi ağırlıklı olmak üzere toplam 400.000 ha Anadolu karaçamı ağaçlandırması yapılmıştır (Şimşek vd.1995).

Yapılan ağaçlandırma yatırımlarında önemli bir paya sahip olması nedeniyle, Anadolu karaçamının her yıl milyonlarca fidanı üretilip, orijinlere göre belirli yörelere dikilmekte ve bu yörelerde iklim Karadeniz ardı ikliminden Akdeniz ve İç Anadolu karasal iklimine kadar değişebilmektedir (Kızmaz 1993). Bu çalışmalar karaçamın doğasına uygundur. Çünkü zaten, bir taraftan rutubetlice iklim mıntıklarında (Bursa yakınlarında, Uludağ ve eteklerinde) diğer taraftan kurak kontinental iklim mıntıklarında (İç Anadolu'da) yayılış göstermektedir (Saatçioğlu 1976).

Nitekim Dirik (1999)'in çalışmasında da belirtildiği gibi, Türkiye'de, biyoiklim katları bakımından Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü bölgelerde, yani orta Akdeniz, üst Akdeniz, dağlık Akdeniz ve Akdeniz dağ iklimi katlarının nemli, yarı nemli ve yarı kurak iklim koşullarında oldukça geniş yayılış göstermektedir. Demir (2003) ise, Kalıpsız'a atfen, Anadolu karaçamı yayılış alanlarında, yıllık toplam ortalama yağışın 600-1600 mm ve yıllık ortalama sıcaklığın 7-14 °C arasında değiştiğini; bu iki iklim faktörünün kombinasyonunda geniş bir alanda saf meşçereler kurduğunu; fakat, ülkemiz şartlarındaki optimum yayılış alanlarında, yıllık yağış miktarının 1000 mm (900-1100), yıllık ortalama sıcaklığın 11-12 °C olduğunu; bu değerlerden uzaklaşıldığı oranda, toprak su içeriği ve sıcaklığın, lokal iklim şartları bağlamında önem kazandığı belirtilmektedir.

Toprak istekleri bakımından kanaatkâr olmasına karşın, rutubetli, derin, ince kum balçığı ile kaba kum balçığı ve ağır balçık arasında değişen toprak türleri üzerinde daha iyi bir gelişme yapan (Saatçioğlu 1976, Yaltırık 1988) Anadolu karaçamı için, aslında, toprak türü ve özellikle ana kaya farklılıkları etkili faktörler değildir (Şimşek vd. 1995). Fakat Eruz (1984)'a göre, nem isteği bakımından kanaatkâr olduğu söylenen karaçamın gelişiminde, nem koşullarının önemli rol oynadığını ve gelişimini sınırladığını vurgulamaktadır. Karadağ (1999) ise, Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki karaçam

gençliklerinin oluşumunda ve ilk yıllardaki (3-4 yıl) gelişiminde, ışığın belirleyici bir faktör olmadığını; 3-4 yaşındaki karaçam gençliklerinin gelişiminde, nemin daha önemli olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla, yoğun kar yağışları desteğinde artan topraktaki rezerv su içeriğindeki yeterlilik sayesinde Anadolu’da ağaçlandırma çalışmalarında kullanılmakta olan bu değerli türümüze ait, bilhassa fizyolojik bakımdan da üstün niteliklere haiz fidan üretme sorunlarını çözmeden başlamak ise son derece risklidir. Zira Dirik (1994)’in tespitlerine göre, Anadolu karaçamı fidanları, kuraklığa dayanıklılık seviyesi bakımından, kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) ardında yer almaktadır.

Genç (1992)’in ifadeleriyle, “Ağaçlandırma kendine özgü teknik çalışmaları gerektiren bir dizi çalışmanın kombinasyonu olup, başarısızlık halinde son derece masraflıdır.

Yapılan ağaçlandırma çalışmalarının başarılı olması, hatta uygulamada sıkça rastlandığı gibi aynı yerde çalışmanın birkaç defa tekrarlanmaması; arazi hazırlığı, dikim zamanı ve tekniği gibi faktörlerin yanında ağaçlandırmalarda esas obje olan fidan unsuru ile ilgili bir olgudur. Yani, kurulacak orman jenerasyonlarının istenilen amaca uygun özelliklere sahip olması için, her şeyden önce, bu alanda kullanılacak fidan materyalinin uygun nitelik ve nicelikler bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir (Genç 1992).

1.2.4. Odun kullanım alanları

Karaçam hafiflik, hafifliğine oranla direncinin fazlalığı, kolaylıkla işlene bilme kabiliyeti, elastiklik, haber verme özelliği, eğilme ve çivileme kabiliyeti gibi birçok yararlı özelliklere sahiptir. Karaçam, bünyesi değiştirilmeden tel, maden direği, çit kazığı, travers, temel kazık ve direkleri, iskele kazıkları, palpnaj ve batador, köprü ve giriş aksamı, kaldırım parkeleri yapımında kullanılırken ağaç borular ise, gemi ve ufak teknelerde, bina inşaatında iç dekorasyonda, mobilya ve talaş levhaları imalinde özellikle kullanılabilir. Bunların yanında kuru madde ambalaj fırçalarında, tarım aletlerinde, karoser, vagon ve spor uçak yapımı gibi kullanım alanlarında

değerlendirilir. Bünyesi değiştirilmek suretiyle odun hamuru, yonga levhaları, lif levhaları, selüloz imali, odun kömürü, yakacak odun ve destilasyon kullanımına da elverişlidir (Göker 1969).

1.2.5. Karaçam türüne ilişkin literatür özeti

Karaçamın hacmi (Gülen 1959, Yavuz 1995), büyüme ve hasılatı (Kalıpsız 1963), tohum büyüklüğü, çimlenme yüzdesi ile fidan boyu ve kalitesi (Çolak 1991), tohumların olgunlaşma zamanı ile saklama süreleri (Boydak 1984), gençliklerinin gelişimi (Genç 1985, Çörtü 1991), doğal gençleştirme koşulları (Karadağ 1998), meşcere kuruluşları (Özarıcı 1989, Abbak 1991, Aydemir 1997), toprak özellikler (Demir 1996), biyolojik ve genetik çeşitliliği (Velioğlu vd. 1999, Doğan vd. 1997, Gürses vd. 1996), odunun fiziksel özellikler (Yılgör 1999) üzerinde çalışılmıştır.

Karaçam ağaçlandırmalarının ise sadece artım ve büyüme ilişkileri (Özdemir 1994, Mısır 2003), toprak özellikleri (Deniz 1993) ile aralık mesafenin büyüme üzerine etkileri (Işık 1990) üzerine çalışmalar yapılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

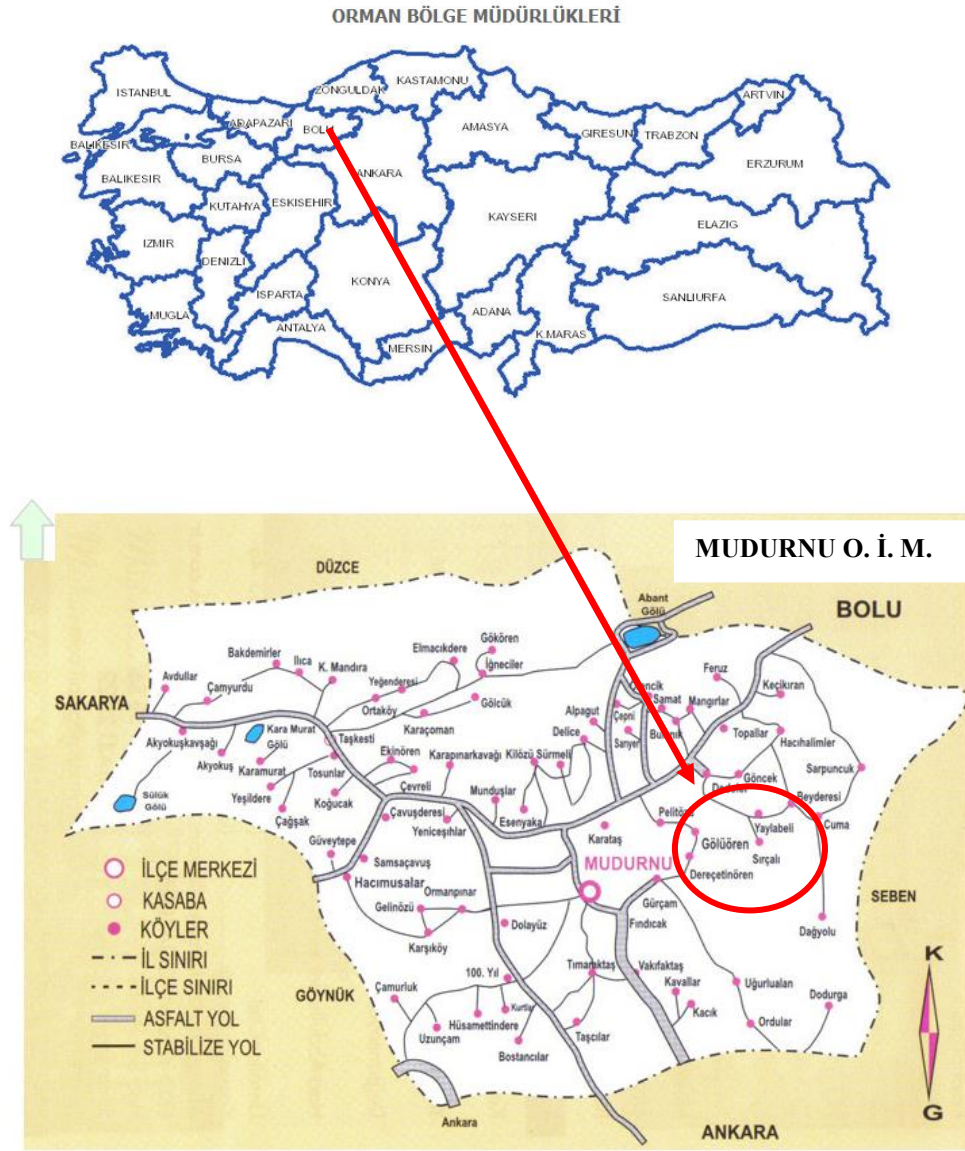
2.1. Örnek Ağaçların Seçimi ve Yapılan Ölçümler

Bu çalışmada, araştırma materyali olarak Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Mudurnu Orman İşletme Müdürlüğü, Sırçalı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Karaçam meşcerelerinden 2012 yılında kesilen 153 adet örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışma alanı 351292K-4478758D koordinatları arasında yer almaktadır (Şekil 2.1). Çalışma alanı deniz seviyesinden 950 metreden başlamakta olup, 1200 metre yükseltiye kadar çıkmaktadır.

Çalışma alanından elde edilen 153 adet ağacın, çalışma alanında gözlemlenen hacim gelişimindeki değişkenliği en iyi bir şekilde temsil edecek özelliklere sahip olmasına dikkat edilmiştir. Özellikle, örnek ağaçların; bozuk tepeli, kusurlu (tepe kırıklığı, çatalılık, kurumuş) olmamasına, böcek tahribatına uğramamış, mantar zararı ve özellikle çeşitli nedenlerle yaralanıp dip çürüklüğü olmayan bir özellik taşımasına özen gösterilmiştir. Bunun yanında örnek ağaçlar; değişik çap ve boy kademelerine de mümkün olduğunca eşit ve dengeli bir biçimde dağıtılarak seçilmiştir. Ağaçların farklı çap ve boy değerlerine dağılımları Çizelge 2.3’de görülmektedir.

Çalışma kapsamındaki örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0.3 m) kestirilerek mümkün olduğunca düzenli bir şekilde (0.3 m, 1.3 m, 3.3 m gibi, 2’şer metre ara ile) gövde çapları ölçülmüştür (Şekil 2.2). Özellikle gövde çapı boyunca, ilk olarak kesilen kısım olan 0.3 metrede Şekil 2.2’deki gibi çap ölçülmüş sonra, şerit metre 1 metre çekilerek 1.3 metrede çap ölçülüp, daha sonra şerit metre 2 metre çekilip 3.3 metrede çap ölçülerek ve bu noktadan itibaren 5.3, 7.3, 9.3 ... metrelerde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Özellikle ağacının son kısmına doğru eğer 2 metreden daha kısa bir mesafe kalmış ise, çap ölçülemediğinde (örneğin 11.3 çap ölçümü yapıldıktan sonra; ağacın boyu; 12.0 metre olduğundan, 13.3 ölçümü yapılamayacaktır) ise; kalan uç parçanın uzunluğu şerit metre ile ölçülmüştür (boyu 12.0 metre olan bir ağaçta, son

ölçüm 11.3 metrede yapılacak ve uç parça uzunlu ise 0.7 metre olarak elde edilecektir). Çizelge 2.2’de, örnek ağaçlara ilişkin bazı istatistiki değerler verilmiştir.



Şekil 2.1 Çalışma alanının coğrafik konumu

Çizelge2.1. Çalışma alanında kesilerek gövde boyunca çap ölçümü yapılan örnek ağaçlara ilişkin çeşitli bilgiler.

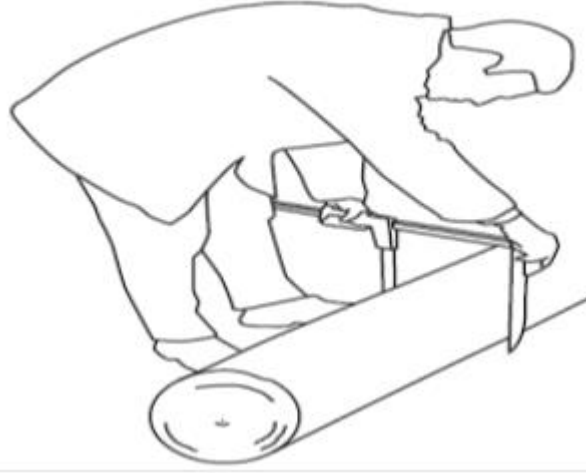
Ağaç No.	Göğüs Çap (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)	Ağaç No.	Göğüs Çap (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)
1	27.2	18.2	0.7206431	31	31.5	22.4	1.0320216
2	53.5	24.8	3.1296541	32	24.2	16.8	0.5586139
3	29.2	18.9	0.8292097	33	25.4	20.5	0.6800785
4	31.2	22.6	0.9190629	34	23	18.6	0.5090836
5	39	20.6	1.3601306	35	33	24.2	1.2017488
6	34.5	23.2	1.3253658	36	36.1	23.9	1.982603
7	29.3	22.5	1.0380052	37	29	12.8	0.5223258
8	34	18.5	1.001718	38	39.5	18.7	1.3362969
9	35.4	18.7	1.0783299	39	36.2	16.9	1.0929603
10	45	20.8	1.7917839	40	38.4	18.5	1.3129423
11	33.3	19.1	1.0654196	41	34.5	16.4	0.9228372
12	39.7	18.4	1.4171474	42	43	18.3	1.6354567
13	33	12.4	0.6747432	43	43.8	18.5	1.613479
14	36	13	0.9171389	44	40.2	18	1.3513861
15	19.7	10.9	0.2595227	45	29.2	18.5	0.7439162
16	28	14.8	0.5528602	46	20.1	16.2	0.3993254
17	29.5	12.4	0.5884048	47	36	14.5	0.9475299
18	18	12.8	0.3118275	48	34.2	16	0.97975
19	31.5	14.3	0.6970182	49	28	18.6	0.7576829
20	20	18.4	0.3749794	50	29.1	16.2	0.6965885
21	19	10.7	0.2120635	51	16	12.3	0.1869733
22	17.4	14.3	0.2507295	52	17.3	12	0.2391898
23	46	22.8	2.2994942	53	15	10.1	0.1553734
24	25.3	14.2	0.5057523	54	42.2	22.8	1.6746709
25	39.3	23	1.704918	55	22	16.3	0.3796373
26	38.7	20.1	1.4872356	56	21.9	11.9	0.3096167
27	30.2	16	0.7520233	57	36.2	12.9	0.8091649
28	28.5	16.4	0.6807746	58	36	14.4	0.9415328
29	41.6	20.1	1.5582158	59	32	18.4	0.9185703
30	35	14.2	0.9823861	60	42	5.7	1.326288

Çizelge 2.1'in devamı

Ağaç No.	GöğüsÇap (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)	Ağaç No.	GöğüsÇap (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)
61	36.5	14.8	0.9968929	91	45	12.4	1.310026
62	41	13.1	1.1762584	92	37	18.7	1.2550604
63	29.5	12.8	0.6054732	93	39	14.9	1.2647135
64	33.5	12.9	0.7282214	94	33.7	14.8	0.8451667
65	29.7	12.1	0.6148263	95	36	15.2	0.928619
66	51.5	16.4	1.9327087	96	49	17.1	2.1626734
67	46.5	18.2	1.8868203	97	29	16.7	0.7780943
68	29.7	18.5	0.8622433	98	47	16.5	1.7058385
69	33.5	17.5	1.0077058	99	34.5	18	1.0548265
70	37	16.7	1.0899852	100	35.5	20.7	1.1374406
71	40.2	16	1.1983338	101	25.5	17.2	0.5777676
72	38.5	17.9	1.3554201	102	33	21.2	1.1574115
73	33	17	0.9233179	103	32	20.5	0.9760734
74	43.7	18.3	1.5481001	104	36	18.2	1.0782389
75	29.5	14.5	0.668371	105	33.3	14.5	0.9447126
76	33.5	16.8	1.0597151	106	26.7	20.7	0.6965204
77	48.3	17	1.9939405	107	25	20.1	0.6569351
78	43	16.8	1.4375784	108	37	17.1	1.1611741
79	35.2	12.5	0.8079989	109	32	12.1	0.7528261
80	36	15	1.020447	110	39	18.2	1.394997
81	37.3	16.2	1.2302773	111	24	10.1	0.3606449
82	27.3	14.6	0.5173533	112	38	14.7	1.050717
83	36	14	0.8434691	113	36.5	14.3	1.011607
84	38	18.3	1.2616766	114	34.5	16.1	0.9287293
85	28.5	20.4	0.8226833	115	35	20.5	1.3704046
86	18	14	0.2769813	116	34	18.4	1.1007852
87	28	12.3	0.5090972	117	28	14.8	0.6007439
88	47.2	15.3	1.6685365	118	23.5	12.5	0.3887085
89	28.7	16.8	0.6811728	119	26	18.4	0.7175067
90	32	15.2	0.7679325	120	41.5	14.4	1.00895

Çizelge2.1'in devamı

Ağaç No.	Göğüs Çap (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)	Ağaç No.	Göğüs Çap (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)
121	52.7	21.1	2.6185404	138	34	24.4	1.002343
122	35.2	20.3	1.074184	139	12.2	8.1	0.0957755
123	34.2	14.2	0.8032432	140	17.3	12.3	0.2146843
124	36.3	15.8	1.1392341	141	23.1	20.5	0.6077646
125	42.3	21.9	1.699549	142	29	26	0.8700523
126	21.4	12.8	0.3574356	143	19.4	20.2	0.4217207
127	26.5	18.2	0.554594	144	25.1	22.1	0.6596373
128	26.4	19.1	0.6104857	145	15.8	12.1	0.1983019
129	32.128	22.8	0.7818196	146	18	20.1	0.3507492
130	43.9	25	2.025909	147	28.4	24.4	0.8480687
131	49.1	28.4	2.4056563	148	56.8	31.2	4.3016753
132	13.1	9.1	0.1014213	149	42	28.6	2.5967525
133	15	12.1	0.1588648	150	18.2	20.4	0.3195607
134	11.1	9.8	0.0746556	151	20.1	14.7	0.3448319
135	20.2	18.4	.3436026	152	21.3	20.8	0.5100912
136	23.2	16.2	0.3662841	153	18.4	22.3	0.3202995
137	23	22.2	0.5279689	154			



Şekil 2.2 Kesilen ağaçlar üzerinde gerçekleştirilen çap ölçümleri

Çizelge2.2 Örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler

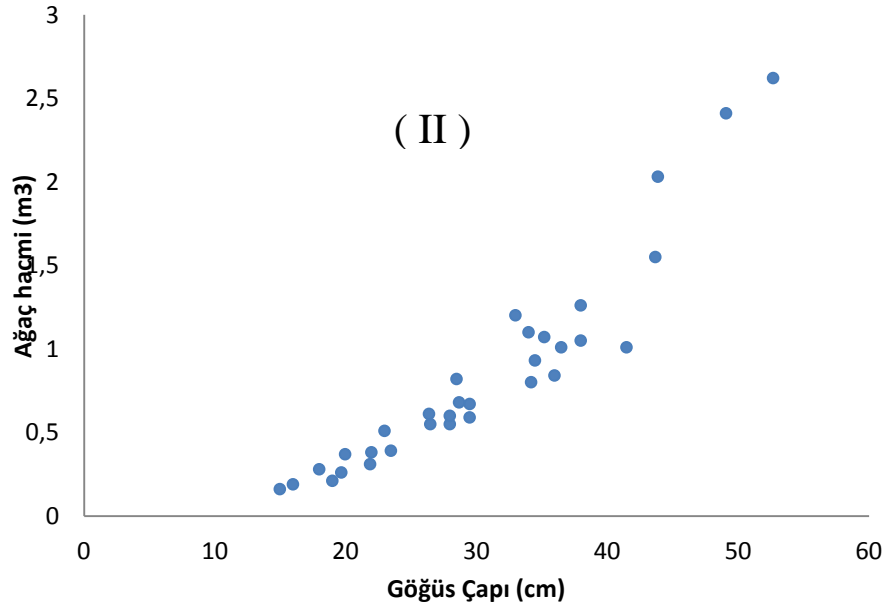
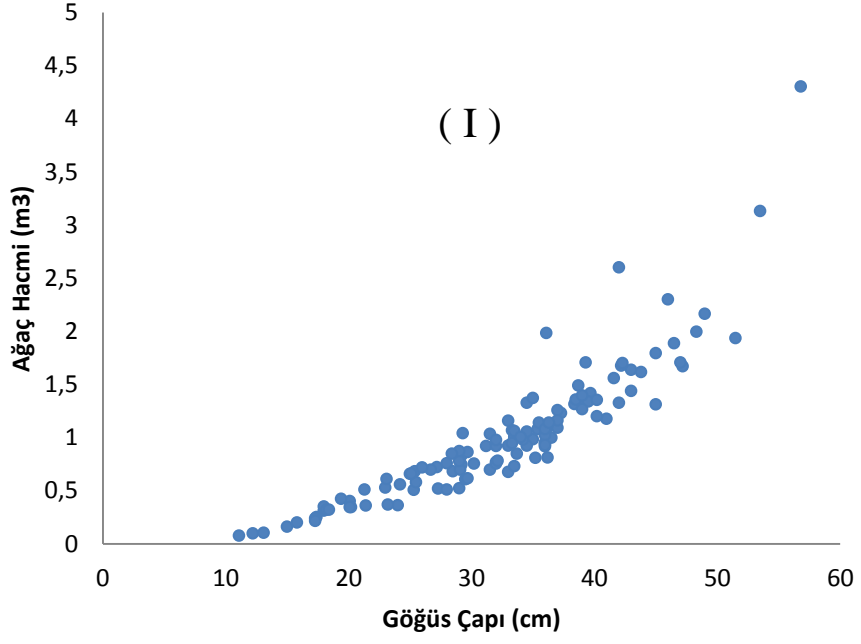
	Göğüs çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)
Minimum	11.10	8.10	0.07
Maksimum	56.80	31.20	4.30
Ortalama	32.05	17.29	0.97
Standart Sapma	9.20	4.07	0.61

Çalışmada kullanılan veriler, ağaç hacim fonksiyonlarının parametrelerinin tahmininde ve bu fonksiyonların meşçereye uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler olmak üzere veriler rastgele iki gruba ayrılmıştır. I. grupta, toplam verinin yaklaşık % 80'i (n=121), II. grupta ise yaklaşık % 20'u (n=32) bulunmaktadır. Çizelge2.3'de, I. ve II. grupta bulunan verilerin, dörder cm'lik çap ve ikişer m'lik boy basamaklarına dağılımı verilmiştir. Şekil 2.3'de, ağaç hacim denkleminin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan veri gruplarına ilişkin göğüs çapı-hacim ilişkisi verilmiştir.

Çizelge2.3 Modellemede ve modellerin denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı

Çaplar	Boylar											Σ	
	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29		31
14	1	(1)*	(1)										1
18	2	(2)	2	(1)		(1)							4
22		1 (1)	2 (1)	1	(1)	(1)	3	1					8
26		1	1	1 (2)	2	1 (2)	2	1					9
30			1 (1)	2 (1)	2 (1)	3	3 (1)	1					12
34			4	3 (2)	3 (1)	4 (1)	1 (1)	3	(1)	2			20
38			4	8 (2)	5	4 (1)	3	2		1			27
42			1	3 (1)	5	5 (1)	2	2	(1)				18
46			1	2	2	2	2	1			1		11
50			1	1	1	1	1	1			(1)		6
54					3		(1)						3
58										1			1
62												1	1
Σ	3	2	17	21	23	20	17	12		4	1	1	121
		(4)	(3)	(9)	(3)	(7)	(3)		(2)		(1)		(32)

*modellerin denetiminde kullanılan veriler.



Şekil 2.3 Ağaç hacim denkleminin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan veri gruplarına ilişkin göğüs çapı-hacim ilişkisi

2.2. Yöntem

2.2.1. Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi

Ağaç hacim denklemleri, 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 istatistiki denklemlerdir (Kapucu vd. 2004). Yalnız göğüs çapına göre düzenlendiklerinde “Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri”, göğüs çapı ve ağaç boyuna göre düzenlendiklerinde “Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri”, göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak ağaç boyunun belirli bir oranına (örneğin % 30) karşılık gelen yükseklikteki gövde çapı ya da yerden 7 metre yüksekliğindeki gövde çapı gibi üç ya da daha çok değişkene göre düzenlendiklerinde ise “Çok Girişli Ağaç Hacim Denklemleri” olarak isimlendirilmektedir. Geçerli oldukları alanın büyüklüğüne göre de “Yöresel (Lokal) Ağaç Hacim Denklemleri”, “Bölgesel Ağaç Hacim Denklemleri” ve “Genel Ağaç Hacim Tabloları” olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Kapucu vd. 2002). Ağaç hacim Denklemlerinin düzenlenmesinde temel amaç, ağaçların göğüs çapı ve boyu gibi kolay ölçülebilen boyutları ile hacim arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve bu ilişkiye bağlı olarak ağaç hacminin tahmin edilmesidir (Kapucu vd. 2002).

Ağaç hacim denklemleri düzenlenmesinde; ağaçlar üzerindeki ölçümlerden sağlanan verilerin dengelenmesi söz konusu olup, bunun için ‘Grafik Yöntem’ ya da istatistiksel bir yöntem olan ‘Regresyon Analizi’ yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Yavuz 1995; Şentürk 1998). Özellikle günümüzde istatistik bilgisayar yazılımlarının gelişmesi ile regresyon analizi yöntemi öne çıkmaktadır. Dengeleme işleminde daha önce denenmiş ya da denenmemiş aritmetik ve logaritmik denklemler uygulanmaktadır. Matematik yöntem, grafik yönteme göre daha objektiftir ve hacmi belirlemek için seçilen denkleme belirli verileri uygulayan herkes aynı sonuçları vermektedirler (Kalıpsız 1984, Şentürk 1997).

Bu çalışmada, tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri düzenlenmesinde; çalışma alanı olan Sırçalı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan karaçam meşcerelerinden

değişik çap ve boy basamaklarında seçilen toplam 153 adet örnek ağaç kesilerek, gövde boyunca farklı yüksekliklerden ölçülen çap verileri kullanılmıştır. Bu verilerden yararlanarak her bir örnek ağaç, dip kütük, seksiyonlar ve uç parça olmak üzere üç ayrı bölümde hacimlendirilmiş ve bunların toplanması ile toplam gövde hacmi hesaplanmıştır. Dip kütüğün silindir, uç parçanın ise koni biçiminde olduğu varsayılmıştır. Her bir Seksiyonun hacimlendirilmesinde, seksiyon uzunlukları eşit olduğundan “Huber” formülü kullanılmıştır. Ağaç hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir;

$$\text{Dip kısım için; } V_{dip} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0.3}^2 \cdot 0.3 \quad (1)$$

$$\text{Uç kısmı için; } V_{uç} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{uç}^2 \cdot h_{uç} \quad (2)$$

$$\text{Seksiyon hacimleri için Huber formülü; } V_{seksiyon} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{1.3}^2 + \dots + d_n^2) \cdot 2 \quad (3)$$

Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesinde diğer bir aşama ise; tek ağaçların hacimlerini; ağaç çapına (tek girişli ağaç hacim denklemleri) yada çap ile birlikte boya (Çift girişli ağaç hacim denklemleri) göre tahmin eden Regresyon Denklemlerinin geliştirilmesidir. Regresyon denklemlerinin geliştirilmesinde ise; Regresyon Analizi adı verilen istatistik analiz yöntemi kullanılır. Bu bakımdan, ağaç hacim denklemleri; regresyon analizleri ile üretilen regresyon modelleri olup, bu modellerde; hacim değişkeni (Dendrometrik formüller ile belirlenen değerler) bağımlı değişken iken (Zor ölçülen değişken=Y değişkeni), çap ve boy ise bağımsız değişkendir (Kolay ölçülen değişken=X değişkeni).

Ormancılık literatüründe tek ve çift girişli pek çok hacim fonksiyonu bulunmaktadır. Bu çalışmada çeşitli kaynaklardan (Şentürk 1998, Yavuz 1999) sağlanan tek girişli hacim fonksiyonları için 6 (4-9’ nolu denklemler) ve çift girişli ağaç hacim fonksiyonları için 27 (10-36’ nolu denklemler) farklı hacim fonksiyonu kullanılmıştır. Bu denklemlere

ilişkin katsayılar, katsayıların önemlilik düzeyleri ve diğer istatistiklerin hesaplanmasında SPSS 12.0 adlı paket programı kullanılmıştır (SPSS 12.0 Inc. 2003).

Tek girişli ağaç hacim fonksiyonları; $V = f(d)$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 \quad (4)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 \quad (5)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 / d \quad (6)$$

$$\log V = \log b_0 + b_1 \cdot \log d \quad (7)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot d^{-1} \quad (8)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot (\log d)^4 \quad (9)$$

Çift girişli ağaç hacim fonksiyonları; $V = f(d, h)$

$$V = b_1 \cdot d^2 \cdot h \quad (10)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 \cdot h \quad (11)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 h + b_3 \cdot d^2 \cdot h \quad (12)$$

$$V = d^2 (b_1 + b_2 h) \quad (13)$$

$$V = b_1 d^2 + (b_2 h + b_3 d h + b_4 d^2) h \quad (14)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + (b_3 + b_4 d + b_5 d^2) h \quad (15)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + (b_3 d + b_4 d^2) h \quad (16)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 (\log d)^2 + b_3 \log h + b_4 (\log h)^2 \quad (17)$$

$$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h^2 + b_3 d h^2 + b_4 d^2 h \quad (18)$$

$$V = b_1 d + b_2 d^2 + b_3 h + b_4 d h + b_5 d^2 h \quad (19)$$

$$V = b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h \quad (20)$$

$$V = b_1 d^2 + b_2 h^2 + b_3 d h^2 + b_4 d^2 h^2 \quad (21)$$

$$V = b_1 d h + b_2 d^2 h \quad (22)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (1/d) \quad (23)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log d)^4 \quad (24)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 (\log d)^4 + b_3 \log h + b_4 (\log h)^4 \quad (25)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 d^2 + b_3 \log h \quad (26)$$

$$\log V = b_0 + b_1 d + b_2 h + b_3 d^2 + b_4 h^2 + b_5 dh^2 + b_6 d^2 h \quad (27)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h) \quad (28)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot \log h \quad (29)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log h)^2 \quad (30)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log h)^4 \quad (31)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (1/h) \quad (32)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 d^2 \quad (33)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 d^{-2} h \quad (34)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 h^2 \quad (35)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 dh^2 \quad (36)$$

Burada;

V : gövde hacmini

d : göğüs çapını

h : ağaç boyunu

log : 10 tabanında logaritmayı

b_0, b_1, \dots, b_k : denklem katsayılarını göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan hacim fonksiyonlarından, en iyi sonucu veren fonksiyonun belirlenmesinde, aşağıdaki formüllerle ifade edilen altı adet uygunluk ölçütü kullanılmıştır (Şentürk 1998, Yavuz 1999). Bu ölçüt değerlerinden, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri küçük, belirtme katsayısı değerlerinin ise büyük olması istenmektedir. Diğer taraftan, bir ya da birkaç ölçüt değerlerine göre başarılı olan bir hacim fonksiyonu, diğer bir ölçüt değerine göre başarısız olabilir. Bu nedenle tüm başarı ölçütlerinin kapsayacak şekilde, bir başarı sıralaması yapılmıştır. Bu amaçla,

tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerine göre en küçüğüne, belirtme katsayısı değerlerinin en büyüğüne 1 sıra numarası verilerek giderek artan bir biçimde her ölçüt değerine göre hacim fonksiyonlarına sıra numarası verilmiş ve daha sonra sıra numaraları toplamı, ilgili hacim fonksiyonu için başarı derecesi olarak kabul edilmiştir. Özellikle en küçük toplam sıra numarasına sahip fonksiyon, en iyi sonucu veren hacim fonksiyonu olarak belirlenmiştir (Yavuz 1999).

Belirtme Katsayısı;

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)^2}{\sum (V_i - V_{ort})^2} \right) \quad (37)$$

Tahminin Standart Hatası;

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)^2}{N - p}} \quad (38)$$

Ortalama Hata;

$$\bar{D} = \frac{(\sum D)}{N} \quad (39)$$

Ortalama Mutlak Hata;

$$|\bar{D}| = \frac{(\sum |D|)}{N} \quad (40)$$

Toplam Hata Yüzdesi;

$$\text{THY} = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \hat{V}_i - \sum_{i=1}^n V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (41)$$

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi;

$$OMHY = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{V}_i - V_i|}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (42)$$

Burada, N: veri sayısını, p: parametre sayısını, $D: \hat{V}_i - V_i$, \hat{V}_i : hacim fonksiyonu ile tahmin edilen hacim değeri, V_i : ölçülen hacim değeri, V_{ort} : ölçülen ortalama ağaç hacmi değerlerini göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan hacim denklemlerinden, yukarıda sözü edilen altı adet ölçüte göre en iyi sonucu veren hacim denklemleri belirlendikten sonra, bu hacim fonksiyonlarının çalışma alanındaki Karaçam meşcerelerine uygun olup olmadığının denetimi, tesadüfi olarak seçilen ve toplam verinin yaklaşık % 20'sini oluşturan örnek ağaçlar (32 adet) yardımıyla yapılmıştır. Seçilen hacim fonksiyonunun denetiminde kullanılan ağaçların (32 adet) bölümlene yöntemi ile hesaplanan (V_i) ve oluşturulan hacim denklemi ile tahmin edilen hacim değerleri (\hat{V}_i), “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)” kullanılarak karşılaştırılmıştır (Kalıpsız 1988; Batu 1995). İki farklı şekilde elde edilen bu hacim değerleri arasında, istatistiksel olarak bir farklılık olmaması durumunda ($p > 0.05$); bu hacim denkleminin çalışma alanı için uygun olduğu sonucuna varılır. Bununla birlikte hacim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olması durumunda ise ($p < 0.05$); hacim fonksiyonunun, çalışma alanı için uygun olmadığı sonucuna varılabilir.

3. BULGULAR

Bu çalışmada test edilen tek ve çift girişli hacim fonksiyonlarına ilişkin parametrelerin tahmin değerleri, Çizelge3.1’de verilmiştir. Ayrıca bu hacim fonksiyonları için hesaplanan ölçüt değerleri ise Çizelge3.2’de verilmiştir. Test edilen tüm tek ve çift girişli hacim fonksiyonları, $p < 0.05$ önem düzeyi ile anlamlı bulunmuştur. Elde edilen bu fonksiyonların bazı parametreleri $p < 0.05$ önem düzeyi ile anlamlı iken, bazıları ise anlamsız olarak elde edilmiştir (Çizelge3.1).

Çizelge 3.2’de verilen uygunluk ölçütleri birlikte dikkate alındığında, en küçük sıra numaraları toplamına (16 başarı sıra toplamı) sahip olması nedeniyle tek girişli hacim fonksiyonlarından 5’ nolu denklem, en başarılı tek girişli ağaç hacim fonksiyon olarak belirlenmiştir. En başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi aşağıda verilmiştir.

$$V = 0.4403456 - 0.0334426 \cdot d + 0.0014537 \cdot d^2$$

Denklemin tüm parametreleri, $p < 0.05$ önem düzeyi ile anlamlıdır. En başarılı 5’ nolu tek girişli hacim fonksiyonuna ilişkin uygunluk ölçütleri, $\bar{D} = -4.46 \times 10^{-16} \text{m}^3$, $|\bar{D}| = 0.14694 \text{m}^3$, $R^2 = 0.8606$, $S_{y.x} = 0.23070 \text{m}^3$, $TH = \% -9.4 \times 10^{-5}$, $OMH = \% 14.589$ olarak hesaplanmıştır.

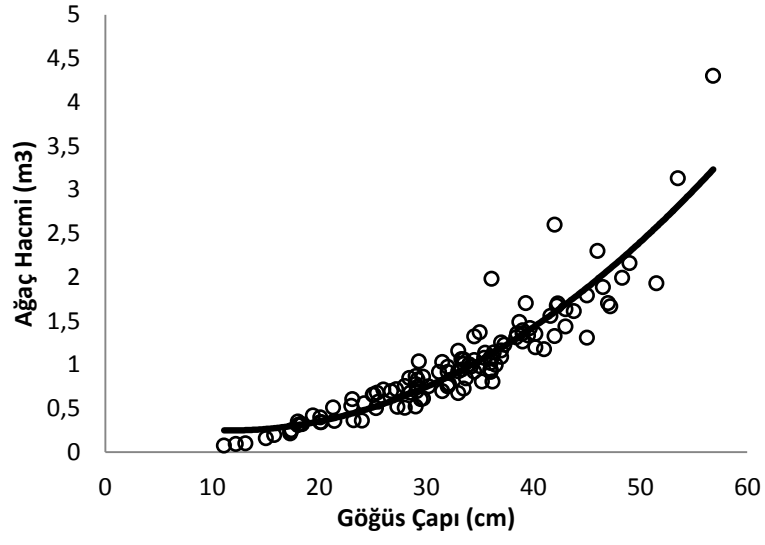
Çift girişli ağaç hacim fonksiyonun elde edilmesinde, regresyon analizi ile üretilen denklemlerden en başarılı denklem; 16 numaralı denklem olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, Çizelge 5’den de görüleceği üzere; bu denklemin birçok parametreleri $p < 0.05$ önem düzeyi ile anlamsız olarak bulunmuştur. Bu nedenle, anlamsız parametreye sahip olan bu modeli kullanmak yerine, başarı ölçütleri açısından sıradaki denklemler içinde bütün parametreleri anlamlı olan seçilmelidir. Bu bakımdan, 20, 15, 18 ve 19 numaralı denklemler başarı sırası olarak sıralanmalarına karşın, çok sayıda $p < 0.05$ önem düzeyi

ile anlamsız parametre içermektedirler. Bununla birlikte, gerek başarı ölçütleri gerekse parametre anlamlılığı açısından geliştirilen denklemler değerlendirildiğinde; 12 numaralı denklemin b_2 parametresinin, denklem yapısından çıkarılıp, elde edilen yeni denklem formunun, hacim tahminlerinde en başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Böylece, bu çalışmada belirlenen en başarılı çift girişli ağaç hacim denklemi, parametreleri ile birlikte aşağıda verilmiştir.

$$V = 0.053501 + 0.00014434 \cdot d^2 + 0.000038238 \cdot d^2 \cdot h$$

Denklemde; V; ağaç hacmini, d; göğüs capını ve h; ağaç boyunu göstermektedir. Elde edilen denklemde, tüm parametreler $p < 0.05$ önem düzeyi ile anlamlıdır. En başarılı fonksiyon olarak seçilen denkleme ilişkin başarı ölçütleri ise; $\bar{D} = -3.98 \times 10^{-16} \text{ m}^3$, $|\bar{D}| = 0.06269 \text{ m}^3$, $R^2 = 0.9745$, $S_{y.x} = 0.09873 \text{ m}^3$, $TH = \% 0.0$, $OMH = \% 6.225$ olarak hesaplanmıştır.

Şekil 3.1’te, en başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminlerinin, çapa göre değişimleri görülmektedir. Bu şekil değerlendirildiğinde, özellikle 15 cm ‘ten küçük çaplar için hacim tahminleri çok küçük oranda gözlemlenen hacimler ile farklılık göstermesine karşın, genel olarak arazide ölçülen meşcere hacmindeki değişimi temsil ettiği görülmektedir.



Şekil 3.1 Tek girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminleri ve arazide gözlemlenen hacim gelişimi

Çizelge3.1. Kullanılan tek ve çift girişli denklemlere ilişkin parametre tahminleri

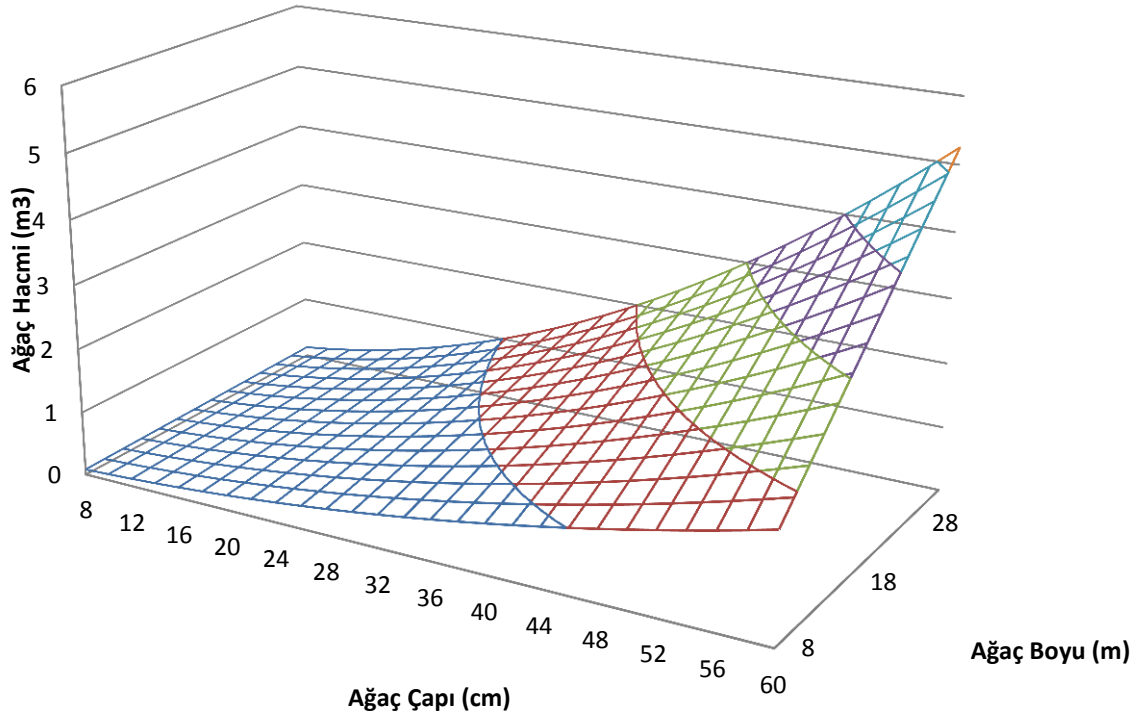
Mode							
1	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
No							
4	-0.075 ^{ns}	0.00095 ^{***}					
5	0.44 [*]	-0.33 ^{**}	0.00145 ^{***}				
6	-0.351 [*]	0.00104 ^{***}	5.108 ^{ns}				
7	-3.178 ^{***}	2.076 ^{***}					
8	-2.308 ^{***}	1.61 ^{***}	-5.142 [*]				
9	-3.515 ^{***}	2.394 ^{***}	-0.0265 ^{ns}				
10		4.73x10 ^{-5***}					
11	0.100 ^{***}	4.39x10 ^{-5***}					
12	0.041 ^{ns}	0.0001508 ^{**}	0.000718 ^{ns}	3.79x10 ^{-5***}			
13		0.0002027 ^{***}	3.71x10 ^{-5***}				
14		0.0003576 ^{***}	-0.0003426 ^{ns}	2.98x10 ^{-5ns}	1.86x10 ^{-5ns}		
15	0.0885 ^{ns}	0.0013 ^{ns}	6.98x10 ^{-5ns}	-0.0111 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	3.38x10 ^{-5*}	
16	-0.067 ^{ns}	0.0100 ^{ns}	-3.99x10 ^{-5ns}	-0.000119 ^{ns}	4.17x10 ^{-5*}		
17	-3.431 ^{***}	1.702 ^{**}	0.0585 ^{ns}	0.375 ^{ns}	0.142 ^{ns}		
18	0.056 ^{ns}	0.000307 ^{**}	-0.00053 ^{ns}	3.3x10 ^{-5ns}	2.01x10 ^{-5*}		
19		0.00677 ^{ns}	-5.456 ^{ns}	-0.0059 ^{ns}	0.00019 ^{ns}	3.8*10 ^{-5***}	
20		0.0042 ^{ns}	6.68x10 ^{-5ns}	-2.67x10 ^{-5ns}	3.9x10 ^{-5***}		
21		0.00053 ^{***}	-0.00046 ^{ns}	3.8x10 ^{-5*}	3.1x10 ^{-7ns}		
22		0.000327 ^{***}	3.9x10 ^{-5***}				
23	-3.875 ^{***}	1.928 ^{***}	0.725 ^{***}	0.7147 ^{ns}			
24	-3.631 ^{***}	1.747 ^{***}	0.726 ^{***}	0.00971 ^{ns}			
25	-3.576 ^{***}	1.793 ^{***}	0.006309 ^{ns}	0.6103 [*]	0.0152 ^{ns}		
26	-3.677 ^{***}	1.801 ^{***}	1.57*10 ^{-5ns}	0.724 ^{***}			
27	-1.9433 ^{***}	0.05365 ^{***}	0.05284 ^{**}	-0.0004287 ^{ns}	-0.00124 ^{ns}	1.2x10 ^{-5ns}	-2.3x10 ^{-6ns}
28	-3.8332 ^{***}	0.890266 ^{***}					
29	-3.750 ^{***}	1.8648 ^{***}	0.7207 ^{***}				
30	-3.602 ^{***}	1.872 ^{***}	0.547 [*]	0.0233 ^{ns}			
31	-4.026 ^{***}	1.8726 ^{***}	0.8802 ^{***}	1.1254 ^{ns}			
32	-3.6773 ^{***}	1.8009 ^{***}	0.7244 ^{***}	1.57x10 ^{-5ns}			
33	-3.6476 ^{***}	1.8112 ^{***}	0.6892 ^{***}	7.8x10 ^{-7ns}			
34	-3.656 ^{***}	1.8705 ^{***}	0.6183 ^{***}	7.2x10 ^{-5ns}			
35	-3.6343 ^{***}	1.8367 ^{***}	0.6461 ^{***}	1.63x10 ^{-6ns}			

ns: nonsignificant, anlamsız parametre, p>0.05, *:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001

Çizelge3.2 Denklemlere ilişkin hesaplanan başarı ölçütleri

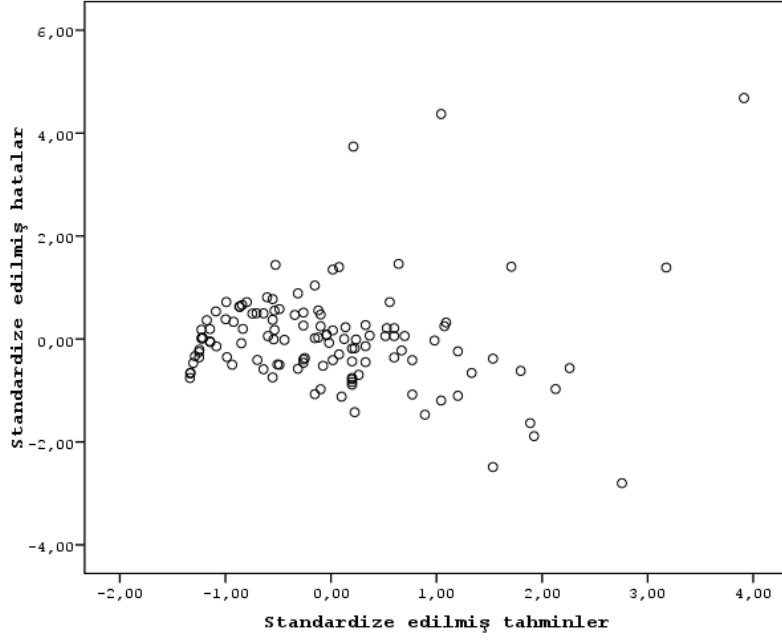
No.	R ²	Sıra	Syx	Sıra	Bias	Sıra	Bias Mutlak	Sıra	OMH	Sıra	TH	Sıra	Toplam Sıra
4	0.8517	3	0.23693	3	-1.05*10 ⁻¹⁶	1	0.14744	5	14.639	5	0	1	18
5	0.8606	1	0.23070	1	-4.46*16 ⁻¹⁶	3	0.14694	4	14.589	4	-9.4*10 ⁻⁵	3	16
6	0.8555	2	0.23488	2	-2.52*10 ⁻¹⁶	2	0.14835	6	14.729	6	4.1*10 ⁻⁶	2	20
7	0.8514	4	0.23717	4	1.55*10 ⁻²	4	0.13894	1	13.795	1	-1.5345	4	18
8	0.8328	6	0.25261	6	1.87*10 ⁻¹	5	0.14025	3	13.925	3	-2.1171	6	29
9	0.8372	5	0.24931	5	2.13*10 ⁻²	6	0.14018	2	13.918	2	-1.9095	5	25
10	0.9630	26	0.11786	26	3.05*10 ⁻²	26	0.08345	26	8.286	26	-3.0310	26	156
11	0.9712	21	0.10442	21	-4.48*10 ⁻¹⁶	5	0.06931	24	6.881	24	0	2	97
12	0.9745	8	0.09914	8	-3.18*10 ⁻¹⁶	4	0.06255	7	6.210	7	0	2	36
13	0.9729	13	0.10120	12	1.06*10 ⁻²	25	0.06704	22	6.657	22	-1.0509	25	119
14	0.9749	3	0.09837	2	2.44*10 ⁻³	9	0.06395	13	6.349	13	-0.2423	9	49
15	0.9749	3	0.09908	7	-1.88*10 ⁻¹⁶	1	0.06223	6	6.179	6	0	2	25
16	0.9748	5	0.09889	5	-2.89*10 ⁻¹⁶	2	0.06201	2	6.157	2	4.1*10 ⁻⁶	4	20
17	0.9727	15	0.10257	15	5.60*10 ⁻³	16	0.06409	14	6.363	14	-0.5564	16	90
18	0.9752	1	0.09804	1	-3.10*10 ⁻¹⁶	3	0.06276	8	6.231	8	-9.4*10 ⁻⁵	5	26
19	0.9749	3	0.09873	4	1.25*10 ⁻⁴	7	0.06209	4	6.165	3.5	-0.0124	6	27
20	0.9747	6	0.09866	3	-5.63*10 ⁻⁴	6	0.06196	1	6.151	1	0.0559	7	24
21	0.9746	7	0.09897	6	1.22*10 ⁻³	8	0.06562	20	6.515	20	-0.1208	8	69
22	0.9688	25	0.10859	24	7.31*10 ⁻³	22	0.07158	25	7.107	25	-0.7262	22	143
23	0.9710	22	0.10557	22	6.31*10 ⁻³	21	0.06508	18	6.461	18	-0.6270	21	122
24	0.9718	19	0.10425	20	5.61*10 ⁻³	17	0.06439	16	6.393	16	-0.5568	17	105
25	0.9729	13	0.10208	13	5.33*10 ⁻³	15	0.06379	10	6.333	10	-0.5302	15	76
26	0.9721	18	0.10358	18.5	5.22*10 ⁻³	13.5	0.06382	12	6.337	11.5	-0.5183	13.5	86
27	0.9691	24	0.11054	25	3.16*10 ⁻³	10	0.06844	23	6.795	23	-0.3140	10	115
28	0.9717	20	0.10352	17	7.46*10 ⁻³	24	0.06560	19	6.513	19	-0.7411	24	123
29	0.9699	23	0.10725	23	7.37*10 ⁻³	23	0.06584	21	6.537	21	-0.7316	23	134
30	0.9728	14	0.10226	14	6.02*10 ⁻³	19	0.06412	15	6.367	15	-0.5979	19	96
31	0.9722	16	0.10340	16	6.17*10 ⁻³	20	0.06452	17	6.406	17	-0.6130	20	106
32	0.9721	18	0.10358	18.5	5.22*10 ⁻³	13.5	0.06382	12	6.337	11.5	-0.5183	13.5	86
33	0.9736	10	0.10077	10	3.60*10 ⁻³	11	0.06211	5	6.167	5	-0.3573	11	52
34	0.9734	11	0.10118	11	5.82*10 ⁻³	18	0.06364	9	6.319	9	-0.5779	18	76
35	0.9743	9	0.09946	9	3.74*10 ⁻³	12	0.06209	4	6.165	3.5	-0.3718	12	49

Şekil 3.2’de, en başarılı olarak belirlenen çift girişli ağaç hacim denkleminin çap ve boya göre değişimi gösterilmektedir. Özellikle bu şekil değerlendirildiğinde, hacim gelişimdeki değişimin üzerinde boy özelliğinin önemli derecede etkili olduğu görülmektedir.

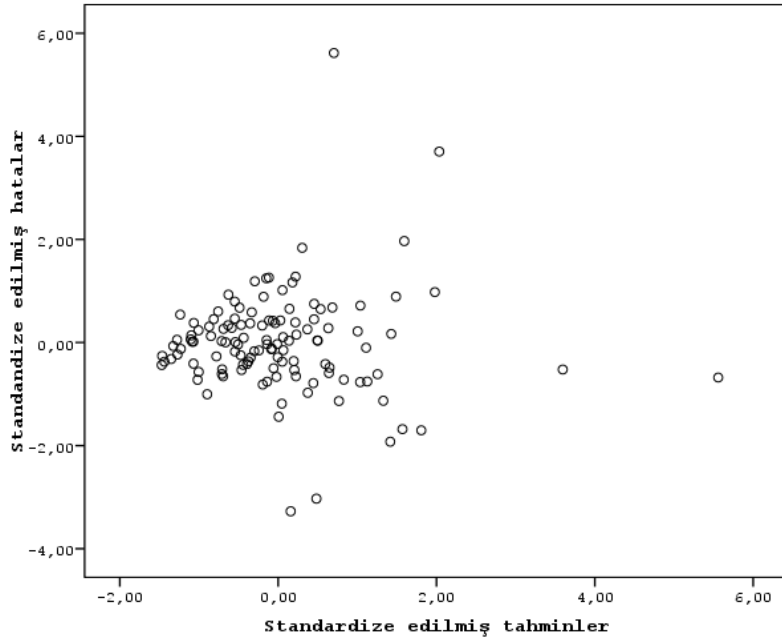


Şekil 3.2. Çift girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminlerinin değişimi

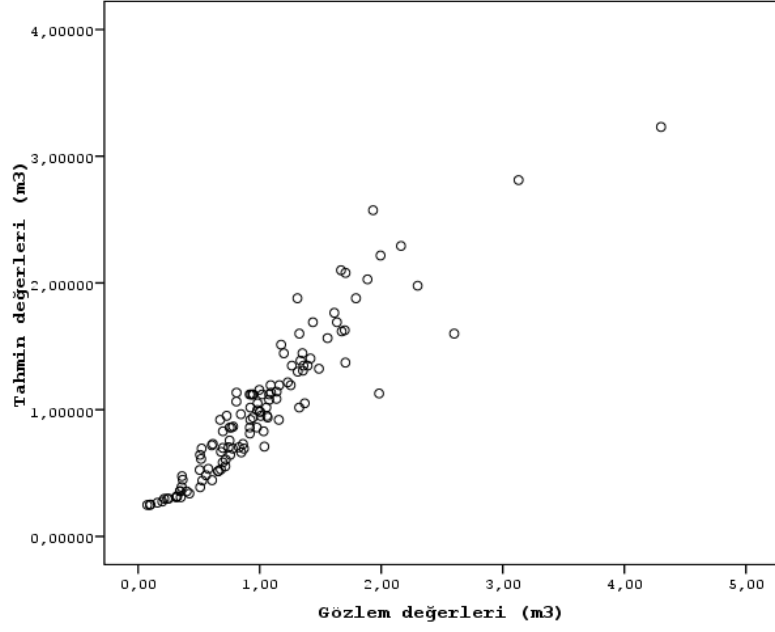
Geliştirilen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin standardize edilmiş hata değerlerinin standardize edilmiş tahmin değerlerine göre değişimleri Şekil 3.3 ve 3.4’de verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, hata değerlerinin tahmin değerlerine göre dengeli ve tesadüfi olarak 0 değeri civarında dağılım gösterdiği görülmektedir. Ayrıca Şekil 3.5 ve 3.6’da, tek ve çift girişli denklemlere ilişkin tahmin değerlerinin, denklemlerin oluşturulmasında kullanılan gözlem değerlerine göre değişimleri verilmiştir.



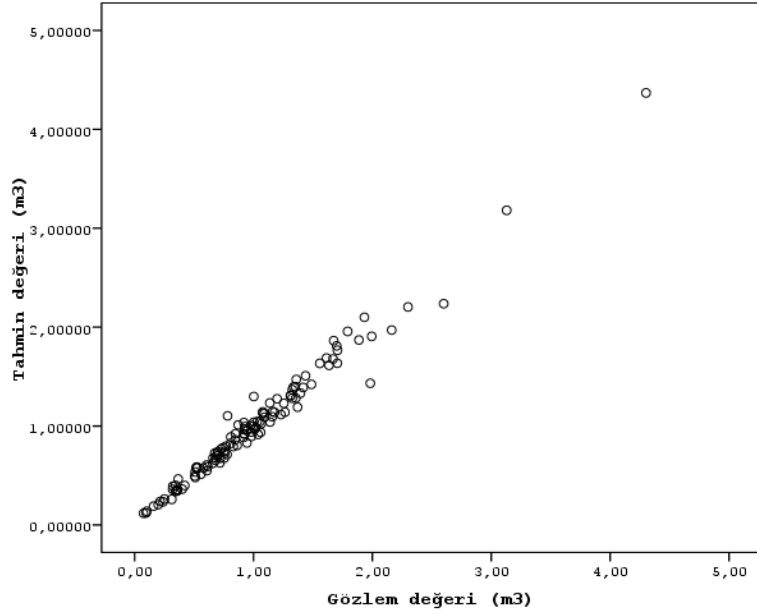
Şekil 3.3. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin standardize edilmiş hata değerlerinin standardize edilmiş tahmin değerlerine göre değişimi



Şekil 3.4. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin standardize edilmiş hata değerlerinin standardize edilmiş tahmin değerlerine göre değişimi



Şekil 3.5. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin tahmin değerlerinin gözlem değerlerine göre değişimi

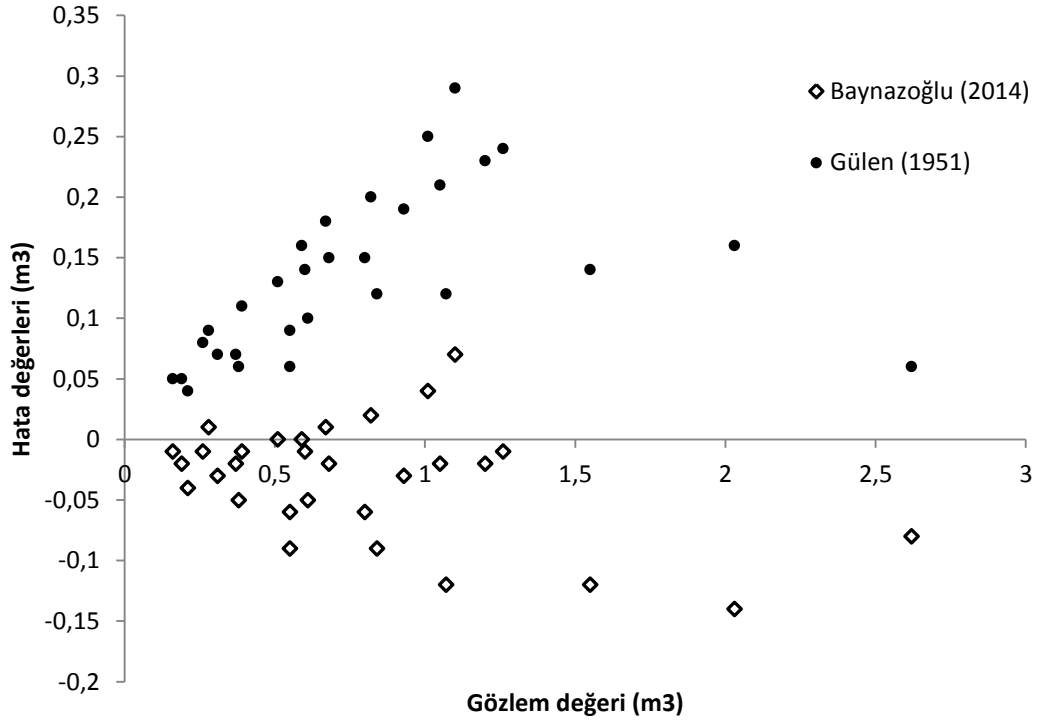


Şekil 3.6. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin tahmin değerlerinin gözlem değerlerine göre değişimi

Bu çalışmada kullanılan hacim denklemlerinden, yukarıda sözü edilen altı adet ölçüte göre en iyi sonucu veren hacim denklemini belirlendikten sonra, bu hacim fonksiyonun

Sırçalı yöresi karaçam meşcereleri için uygun olup olmadığının denetimi, tesadüfi olarak seçilen ve toplam verinin yaklaşık % 20'nü oluşturan veriler (n=32) yardımıyla yapılmıştır. Seçilen tek ve çift girişli ağaç hacim fonksiyonunun denetiminde kullanılan ağaçların (32 adet) bölümlene yöntemi ile hesaplanan ve oluşturulan hacim denklemleri ile tahmin edilen hacim değerleri, “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)” kullanılarak karşılaştırılmıştır (Kalıpsız, 1988; Batu, 1995). Yapılan bu karşılaştırma ile tek girişli hacim fonksiyonu için; t istatistiği= -1.231 olarak hesaplanmış olup, bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi p=0.233, çift girişli hacim fonksiyonu için ise t istatistiği=-1.159 ve önem düzeyi p= 0.261 olarak belirlenmiştir. Böylece bu çalışmada düzenlenen en uygun tek ve çift girişli hacim fonksiyonlarının, örnek ağaçların alındığı Sırçalı yöresindeki Karaçam meşcereleri için istatistiksel olarak uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi ile edilen tahmin değerleri, ülkemizde karaçam meşcereleri için daha önce Gülen (1959) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen tahmin değerleri ile hacim denkleminin denetiminde kullanılan 32 adet ağaç verisi kullanılarak karşılaştırılmıştır. “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)” kullanılarak karşılaştırılmada, t istatistiği=13.995 olarak hesaplanmış olup, bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi p=0.000 olup, Gülen (1959) tarafından daha önce geliştirilen denklem ile çalışmamızda geliştirilen denklem tahminleri arasında p<0.05 önem düzeyi ile önemli bir fark belirlenmiştir. Ayrıca Gülen (1959) tarafından daha önce geliştirilen denklemin, Sırçalı Orman İşletme Şefliğindeki karaçam meşcerelerine uygunluğu denetliğinde, “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)” sonuçlarına göre (thesap=10.874, p=0.000); Gülen (1959)'in denkleminin çalışma alanındaki meşcerelere uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Şekil 3.7'de, Gülen (1959) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi ile çalışmamızda geliştirilen çift girişli hacim denklemlerinin hata değerlerinin, gözlem değerlerine göre değişimleri verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde; Gülen (1959) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denkleminin çalışmaya konu karaçam meşcereleri için hatalı sonuçlar verdiği, bununla birlikte çalışmamızda geliştirilen çift girişli denklemin ise daha iyi tahmin sonuçlarına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.7. Gülen (1959) tarafından geliştirilen çift girişli denkleme ilişkin hata değerleri ile çalışmamızda geliştirilen denkleme ilişkin hata değerlerinin bağımsız veri grubundaki gözlem değerlerine göre değişimleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Mudurnu Orman İşletme Müdürlüğü, Sırçalı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışmaya konu Sırçalı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Karaçam meşcerelerinde farklı çap ve boylarda 153 adet ağaç kesilerek, ağaç gövdesi boyunca 0.3, 1.3, 3.3 ve her 2'şer metre ara ile gövde çapları ölçülmüştür. Ağaçlara ilişkin gövde hacimleri bölümlenme yöntemi ile hesaplandıktan sonra; tek girişli ağaç hacim denklemleri için çap ile hacim, çift girişli ağaç hacim denklemleri için ise çap ve boy ile hacim özellikleri regresyon analizi yardımıyla ilişkilendirilmiş ve literatürde model yapıları geçen çeşitli çok değişkenli regresyon denklemleri üretilmiştir. Tek girişli ağaç hacim denklemi için 6 adet, çift girişli ağaç hacim denklemi için 27 adet fonksiyon; belirtme katsayısı, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerine göre karşılaştırılmış ve en başarılı hacim denklemleri belirlenmiştir. Ayrıca geliştirilen ağaç hacim fonksiyonlarının verilerin alındığı meşcerelere uygunluğu denetlenmiş ve geliştirilen tek ve çift girişli ağaç denklemlerinin Sırçalı orman işletme şefliğindeki karaçam meşcerelerine uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen tek girişli ağaç hacim denkleminin, 1 cm ara ile hacim tahminleri, Ek Çizelge 1'da, çift girişli ağaç hacim denklemlerinin 2 cm çap aralığı ile 2 metre boy aralığındaki değişimleri Ek Çizelge 2'de verilmiştir.

En başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemine ilişkin başarı ölçütleri; $\bar{D} = -4.46 \times 10^{-6} \text{m}^3$, $|\bar{D}| = 0.14694 \text{m}^3$, $R^2 = 0.8606$, $S_{y.x} = 0.23070 \text{m}^3$, $TH = \% -9.4 \times 10^{-5}$, $OMH = \% 14.589$ olarak hesaplanmış olup, özellikle tek ağaçların hacim gelişimindeki değişimin %86.06'sı, geliştirilen bu tek girişli ağaç hacim denklemi ile tahmin edilmektedir. Hacim denkleminin tek bir ağaçta kullanılması durumunda oluşacak hata yüzdesini ifade eden Ortalama mutlak hata yüzdesi değeri; %14.589 olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, hacim denkleminin çok sayıda (n adet) ağaçta hacim tahmininde kullanılması durumundaki hata yüzdesini ifade eden toplam hata

yüzdesi değeri ise 0'a oldukça yakın bir değerde hesaplanmıştır. En başarılı olarak belirlenen çift girişli ağaç hacim denkleminin başarı ölçütleri se; $\bar{D} = -3.98 \times 10^{-16}$ m³, $|\bar{D}| = 0.06269$ m³, $R^2 = 0.9745$, $S_{y.x} = 0.09873$ m³, $TH = \% 0.0$, $OMH = \% 6.225$ olarak hesaplanmıştır. Geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi ile tek ağaçların hacim gelişimdeki değişkenliğin %97.45'i açıklanmakta ve geliştirilen bu denklemin tek ağaçların hacim tahminlerinde ise %6.225'lik bir ortalama hata ve çok sayıdaki ağaçta yapılacak hacim tahminlerinde ise %0.0 hata yapılacağı öngörülmektedir. Toplam Hata Yüzdesinin, -%1 ile +%1 arasında ve Ortalama Hata Yüzdesi değerinin ise %10 ve daha küçük olması önerilmektedir (Kalıpsız, 1999). Çalışmamızda oluşturulan tek ve çift girişli hacim denklemlerinin TH değerinin %1'in altındadır. Çift girişli hacim denklemi için OMH değeri, % 10'nun altında iken, tek girişli hacim denklemi için % 10'nun üzerindedir. Bu çalışmada olduğu gibi özellikle tek girişli hacim Tablolarında önerilen ortalama mutlak hata yüzdesinin sağlanması oldukça zordur. Çünkü göğüs çapları eşit olan ağaçlarda, boy ve gövde şekli farklılıkları hacim üzerinde önemli değişimlere neden olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin başarı durumları değerlendirildiğinde, tek girişli ağaç hacim denklemi ile hacimdeki değişimin % 86.06'sı açıklanabilirken, çift girişli denklem ile % 97.45 açıklanmakta ve böylece çift girişli ağaç denkleminin kullanımı ile yaklaşık %11.39'luk bir tahmin başarısında artış elde edilmiştir. Toplam hata yüzdesi bakımından geliştirilen iki hacim denkleminin durumları değerlendirildiğinde; iki denklemin de 0'a yakın toplam hatalar verdiği belirlenmiştir. Tek ağaçların hacim tahminlerindeki ortalama hata durumları değerlendirildiğinde ise; tek girişli ağaç hacim denklemi %14.589'luk bir hata yaparken, çift girişli ağaç hacim denklemleri ise %6.225'lik ortalama tahmin hatasına sahip olup, çift girişli ağaç hacim denklemi ile ortalama hatada %8.364'lük azalış elde edilmektedir. Çift girişli ağaç hacim denklemleri tek girişli ağaç hacim denklemlerine oranla daha başarılı sonuçların elde edilmesi, özellikle ağaçların hacim gelişimini açıklamada ve modellemekte ağaçların çapları yanında boylarının önemli derecede etkili olması ile açıklanabilmektedir. Böylece ağaç hacim denklemlerinde, ağaçların

çapları yanında boylarının da bir bağımsız değişken olarak içerilmesi; regresyon modellerinin hacim tahminlerini açıklamada belirtme katsayısı ile hesaplanan tahmin güçlerinin daha da artmasına neden olmaktadır. Çift girişli ağaç hacim denklemleri ile daha başarılı hacim tahminleri ise, ortalama mutlak hata yüzdesinin daha düşük elde edilmesini sağlamaktadır. Tek ve çift girişli ağaç hacim fonksiyonlarına ilişkin Toplam hata yüzdesinin, sıfır olması, iki hacim fonksiyonun hatasız olduğu anlamına gelmeyip; yalnız hacim değerleri toplamı ile hacim fonksiyonlarına ilişkin hesaplanan hacimler toplamı arasında bir farklılık bulunmadığı anlamını taşımaktadır. Bu iki hacim fonksiyonunun toplam hata bakımından bir farklılık göstermemesi nedeniyle, pek çok ağaca ilişkin toplam hacim hesaplanması durumunda, özellikle uygulamada tek girişli hacim fonksiyonları pratik olmasıyla, çift girişli hacim fonksiyonlarına göre tercih edilebilir (Yavuz 1999).

Bu çalışmada geliştirilen çift girişli hacim denkleminin tahmin değerleri ile daha önce Gülen (1959) tarafından geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen tahmin değerleri karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak iki denklemin birbirinden farklı tahminler verdiği anlaşılmıştır. Ayrıca Gülen (1959) tarafından geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denkleminin, Sırçalı Orman İşletme Şefliğindeki karaçam meşcereleri için uygun olmadığı ve hatalı tahminler verdiği belirlenmiştir. Bu bakımdan, çalışmamızda geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklem ile çalışmaya konu karaçam meşcerelerinin hacim gelişimlerinin daha iyi temsil edilmiş ve modellenebilmiştir.

Ülkemizde bir çok asli türümüz için genel ve bazı bölgeler içinde lokal ağaç hacim denklemleri ile Tabloları halihazırda geliştirilmiştir. Bununla birlikte, birçok farklı bölge için ise, ağaçların bölgesel hacim gelişimlerindeki farklılıkları temsil edebilecek hacim denklemleri mevcut değildir. Ormancılık uygulamalarında ve özellikle de planlamada büyük bir önem arz eden ağaç hacim denklemlerinin, farklı bölgeler için düzenlenmesi, bu bölgelerdeki hacim tahminlerinin doğru olması açısından oldukça önemlidir. Bu bakımdan başata asli ağaç türlerimiz olmak üzere farklı ağaç türlerimizin değişik yetişme ortamları ve meşcereleri için lokal ağaç hacim denklemlerinin ve

Tablolarının geliştirilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Özellikle orman işletmelerinin sahip olduğu sermayenin büyük bir kısmını oluşturan dikili ağaç servetinin tahminindeki doğruluğun ve tutarlığının geliştirilecek bu hacim denklemleri ile artması ormancılığımız açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abbak, F. 1991. Belgrad ormanında saf Karaçam ve saf Sarıçam meşcereleri ile meşe-gürgen-kayın karışık meşcerelerinde aralama uygulamaları. Yüksek lisan tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 42 s.
- Akalp, T. 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) ormanlarında hasılat araştırmaları. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- Alemdağ, Ş. 1962. Türkiye'deki kızılçam ormanlarının gelişimi, hasılat ve Amenajman esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No, 11, Ankara, 160 s.
- Alemdağ, Ş. 1967. Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletilmesinde takip edilecek esaslar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No, 20, Ankara, 160 s.
- Anonim. 2012. Türkiye orman varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Asan, Ü. 1984. Kazdağı Göknarı (*Abies equi-trojaniensis*, et sinten.) ormanlarının hasılat ve amenajman esasları üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No, 3205, O.F. Yayın No, 365, Taş Matbaası, İstanbul, 207 s
- Asan, Ü. 2000. Ulusal orman envanteri kavramı ve Türkiye'deki durumu. T.C. Orman Bakanlığı, Teknik Bülten, Yıl, 1, Sayı, 2, 2000.
- Asan, Ü. Başkent, E.Z. ve, Özçelik, R., 2001. Gelişmiş ülkelerdeki ulusal orman envanter sistemleri ve Türkiye için öneriler. 1. Ulusal Ormancılık Kongresi, 19-20 Mart, s.30-51, Ankara.
- Aslan, S. ve Kızmaz, M. 1994. Karaçam (*Pinus nigra* arnold.) fidanlarının dikimden önce agricol ile işlem yapılmasının tutma başarısına etkisi ve ekonomisinin irdelenmesi. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi 78, 57-74.
- Aydemir, Z. 1997. Kütahya-Dumlupınar Karaçam (*Pinus nigra* arnold. Subsp. *pallasiana*) meşcerelerinin orman kuruluşları ve silvikültürel ihtiyaçları. Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Batu, F. 1995. Uygulamalı istatistik yöntemler. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No, 179, Fakülte yayın No, 22, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Bayburtlu, Ş. 2007. Titrek kavak (*Populus tremulal.*) hacim ve bonitet endeks tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Birler, A. S. ve Yüksel, Y. 1983. Sahil çamı ağaçlandırma meşcerelerinde hasılat araştırması. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayınları, No, 25.
- Boydak, M. 1984. Sarıçam ve Karaçam tohumlarında olgunlaşma zamanı ile saklama süreleri arasındaki ilişkiler. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 34, 2, 104-125.
- Çolak, A.H. 1991. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) bazı yetiştirme tekniklerinin fidan kalitesi sınıflamasının temel teşkil eden morfolojik etkileri. Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 62 s
- Çörtü, M.R. 1991. Boyabat Orman İşletmesi Elekdağ Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ormandaki doğal gençlikler üzerinde tesbitler. Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 170 s.

- Demir, C. 1996. Elmalı Barajı Havzası'nda Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ormanlarının toprak özellikleri. Yüksek lisans tezi, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, N. 2003. Fitohormonların 2+0 yaşında karaçam fidanlarının büyüme ve gelişme üzerindeki etkilerinin araştırılması. Orman ve Ekonomi 2, Sayı, 10-11-12, 8-14
- Deniz, M. 1993. Demirköy'de Sarıçam ve Karaçam ağaçlandırma alanlarında toprak özellikleri üzerine araştırma. Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 110 s.
- Dirik, H. 1994. Anadolu Karaçamında (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb.Holmboe) fidan tazeliğinin dikim başarısı üzerindeki etkileri. İ. Ü. Orman Fak. Dergisi Seri, A, Cilt,44, Sayı,1 Sayfa,23-30. İstanbul.
- Dirik, H. 1999. Dikim mevsiminde karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)fidanlarındaki fizyolojik değişiklikler ve bunun dikim başarısı üzerindeki etkileri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi 49A ,2 59-74.
- Doğan, B., Özer, A.S., Gülbaba, A.G., Velioğlu, E., Doerksen, A.H. ve Adams, W.T. 1997. Kazdağları'ndan örneklenen Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) populasyonlarında kalıtım ve allellerin başlılığı. Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Araştırma Dergisi, Sayı, 1, İzmir, 40-59.
- Durkaya, B. 2004. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)-doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde artım-büyüme ilişkileri. Doktora tezi, Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın
- Eraslan, İ., 1954. Trakya ve bilhassa Demirköy mintikası meşe ormanlarının amenajman esasları hakkında araştırmalar. O.G.M. Yayınları, 132, 13, Ankara, 250 s.
- Ercanlı , İ., Güvendi, E., Güney, D., Günlü, A. ve Altun, L. 2008. Sinop Yöresi Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarına ilişkin tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. K.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 8, 1, 14-25.
- Erkin, K., 1956. Seben mintikası sarıçamları hacim eğrisine ait tamamlayıcı etütler. İstanbul Orman Fakültesi Dergisi, A, 6, 2, 243-263
- Eruz, E. 1984. Balıkesir Orman Başmüdürlüğü bölgesindeki saf karaçam meşcerelerinin boy gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik özellikler arasındaki ilişkiler. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No, 3244, O.F. Yayın No, 368, İstanbul, s. 72
- Evcimen, B. S., 1963. Türkiye Sedir ormanlarının ekonomik önemi, hasılatı ve amenajman esasları. O.G.M. Yayınları, 355, 16, Ankara.
- Fırat F. ve Kalıpsız A., 1963. Tarsus-Karabucak ormanları için *Eucalyptus camaldulensis* ağaç hacim tablosu. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 18, Sayı 1, İstanbul.
- Fırat, F. 1973. Dendrometri. IV. Baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ. Ü Yayın No, 1800, O. Yayın No, 193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Genç, M., 1992.Doğu ladini (*picea orientalis* (L.) Link) fidanlarına ait bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerle dikim başarısı arasındaki ilişkiler. Doktora tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, 272 s, Trabzon.
- Göker, Y. 1969. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamları (*Pinus nigra* var. *pallasiana*)'nın fiziksel, mekanik özellikleri ve kullanım yerleri hakkında araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, XIX, 2, 91-135.

- Gülen, İ. 1959. Karaçam (*pinus nigra* arnold.) hacim tablosu. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 97-112.
- Gürses, M.K., Gemici, Y., Özkurt, N., Gülbaba, A.G., Özkurt, A. ve Tüfekçi, S. 1996. Bolkar Dağları Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. Var. *pallasiana* Schneider) populasyonlarında biyolojik çeşitlilik üzerine araştırmalar. DOA Dergisi, No, 2, Tarsus, 49-70.
- Işık, K. 1990. Seasonal course of height and needle growth in *Pinus nigra* grown in summer dry Central Anatolia. Forest Ecology and Management, 35, 261-270.
- Kalıpsız, A. 1963. Türkiye’de Karaçam meşcerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar. O.G.M. Yayını, İstanbul, 141 s
- Kalıpsız, A. 1999, Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No, 3194/354, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984, Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No, 3194, O.F. Yayın No, 354, İstanbul, 407 s.
- Kalıpsız, A., 1988. Orman hasılat bilgisi. İ.Ü. Yayın No, 3516, Orman Fakültesi Yayın No, 397, 349 s., İstanbul.
- Kapucu, F. 2004, Orman amenajmanı. KTÜ Orman Fakültesi Yay No, 215 / 33, ISBN-975-6983-35-3, 514 sayfa
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U. ve Mısıır, N., 2002. Kestane meşcerelerinin hasılatı ve amenajman esasları. TÜBİTAK TOGTAG-TARP 2229 nolu Proje, Sonuç Raporu
- Karadağ, M. 1999. Batı Karadeniz bölgesinde karaçam (*Pinus nigra* arnold. Subsp. *pallasiana*(lamb.) Holmboe) doğal gençleştirme koşulları üzerine araştırmalar. Orman Bakanlığı, Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten No, 4, Bolu, 226 s.
- Kızmaz, M., 1993. Karaçam fidanlarının kalite sınıflarının belirlenmesi üzerine araştırmalar. Orm. Arş. Enst. Yayınları, Teknik Bülten No, 238-241, 7-36.
- Köse, S. 1994. Doğu Karadeniz ormanlarında fonksiyonel planlamanın önemi. K.T.Ü. 4. Ulusal Bölge Bilimi/Bölge Kalkınma Kongresi Bildirileri, s.275-282.
- Mısıır, N., 2003. Karaçam ağaçlandırmalarına ilişkin büyüme modelleri. Doktora tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 222 s.
- Miraboğlu, M. 1955. Gökarnlarda şekil ve hacim araştırmaları. T.C. Ziraat Vekaleti, Orman Umum Müdürlüğü, Neşriyat Sıra No, 188, Seri No, 5, Yenilik Basımevi, İstanbul, 103 s
- Özarıcı, İ. 1989. Boyabat Yöresindeki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) meşcerelerinde kuruluş özellikleri. Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, M. 1994. Taşköprü İşletmesi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Karaçam (*Pinus nigra*) ağaçlandırma sahalarında büyüme ilişkileri. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 68 s.
- Özkurt, A., 2000. Okalıptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden) için hacim tablosu. DOA Dergisi, s.87-105.
- Pehlivan, S. 2010. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 48 s.
- Saatçioğlu, F. 1976. Silvikültür I, silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri. İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın NO, 2187/222, İkinci baskı, Sermet matbaası, İstanbul, 423 sayfa.

- Saraçoğlu, N., 1988. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* var. *barbata* (C. A. Mey.) Ledeb.) gövde hacim tablolarının düzenlenmesi. Doktora tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şentürk, N. 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subps. *Oxycarpa* (Bieb. ExWilld.) Franco&RochaAfonso) gövde hacim ve ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şimşek, Y. ve Erkulođlu, Ö.S. ve Tosun, S. 1995, Türkiyede Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) orijin denemelerinin ilk sonuçları. OAE Teknik Bülten No, 247.
- Velioğlu, E., Çengel, B. ve Kaya, Z. 1999. Kazdağları'ndaki doğal Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) popülasyonlarında genetik çeşitliliğin yapılması. Orta Anadolu Tohum Islahı Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten Serisi, No,1.
- Yaltırık, F. 1988. *Gymnospermae* (Açık Tohumlular). İ.Ü. Yayınları, 3443, (386), 320, İstanbul.
- Yaltırık, F. 1993. Dendroloji ders kitabı II *Angiospermae* (Kapalı Tohumlular). Bolum I, 2. Baskı, İstanbul, 46-48 s.
- Yavuz, H. ve Saraçoğlu, N., 1999. Kızılağaç için uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, Ek Sayı 5, 1275-1282.
- Yavuz, H., 1995. Uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. KTÜ Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, Fakülte Yayın No,49, 101-106.
- Yılđör, N. 1999. Türkiye'de Karaçam (*Pinus nigra* L.) varyetelrinin kimyasal açıdan karakterizasyonu. Doktora tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EK

Ek 1. Sırçalı yöresi Karaçam için tek girişli ağaç hacim Tablosu

Göğüs Çapı (cm)	Kabuklu Gövde Hacmi (m³)	Göğüs Çapı (cm)	Kabuklu Gövde Hacmi (m³)
12	0.248371	37	1.193117
13	0.251271	38	1.268704
14	0.257079	39	1.347198
15	0.265794	40	1.428600
16	0.277417	41	1.512909
17	0.291948	42	1.600125
18	0.309385	43	1.690249
19	0.32973	44	1.783281
20	0.352983	45	1.879219
21	0.379143	46	1.978066
22	0.408211	47	2.079819
23	0.440186	48	2.184481
24	0.475068	49	2.292049
25	0.512858	50	2.402525
26	0.553555	51	2.515909
27	0.59716	52	2.632200
28	0.643672	53	2.751398
29	0.693092	54	2.873504
30	0.745419	55	2.998517
31	0.800654	56	3.126438
32	0.858796	57	3.257266
33	0.919845	58	3.391002
34	0.983802	59	3.527645
35	1.050666	60	3.667196
36	1.120438		

Ek 2. Sırçalı yöresi Karaçam için çift girişli ağaç hacim Tablosu

Ağaç Boyları (m)	Ağaç Çapları (cm)														
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
4	0.0725	0.0776	0.0832												
5	0.0750	0.0807	0.0871												
6	0.0774	0.0838	0.0909	0.0987											
7	0.0799	0.0869	0.0947	0.1034	0.1128	0.1231									
8	0.0823	0.0900	0.0985	0.1080	0.1183	0.1296									
9		0.0931	0.1023	0.1126	0.1238	0.1361	0.1492								
10		0.0962	0.1062	0.1172	0.1293	0.1425	0.1567	0.1720							
11			0.1100	0.1219	0.1349	0.1490	0.1642	0.1806	0.1981						
12			0.1138	0.1265	0.1404	0.1554	0.1717	0.1892	0.2079	0.2278					
13				0.1311	0.1459	0.1619	0.1792	0.1978	0.2177	0.2389	0.2613				
14				0.1357	0.1514	0.1684	0.1867	0.2064	0.2275	0.2499	0.2737				
15					0.1569	0.1748	0.1942	0.2150	0.2373	0.2610	0.2861	0.3127			
16					0.1624	0.1813	0.2017	0.2236	0.2471	0.2720	0.2985	0.3265			
17						0.1878	0.2092	0.2322	0.2569	0.2831	0.3109	0.3403			
18						0.1942	0.2167	0.2408	0.2667	0.2941	0.3233	0.3541	0.3866		
19							0.2242	0.2494	0.2764	0.3052	0.3357	0.3679	0.4018		
20							0.2317	0.2580	0.2862	0.3162	0.3480	0.3817	0.4171	0.4544	
21								0.2667	0.2960	0.3273	0.3604	0.3955	0.4324	0.4713	
22								0.2753	0.3058	0.3383	0.3728	0.4093	0.4477	0.4881	0.5305
23								0.2839	0.3156	0.3494	0.3852	0.4231	0.4630	0.5050	0.5490
24									0.3254	0.3604	0.3976	0.4369	0.4783	0.5219	0.5675
25									0.3352	0.3715	0.4100	0.4507	0.4936	0.5387	0.5860
26									0.3450	0.3825	0.4224	0.4645	0.5089	0.5556	0.6045
27									0.3548	0.3936	0.4348	0.4783	0.5242	0.5725	0.6231
28									0.3645	0.4046	0.4472	0.4921	0.5395	0.5893	0.6416
29										0.4157	0.4596	0.5059	0.5548	0.6062	0.6601
30										0.4267	0.4719	0.5197	0.5701	0.6230	0.6786
31											0.4843	0.5335	0.5854	0.6399	0.6971
32												0.5473	0.6007	0.6568	0.7156

Ek-Tablo 2'in devamı. Sırçalı yöresi Karaçam için çift girişli ağaç hacim tablosu

Ağaç Boyları (m)	Ağaç Çapları (cm)														
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
10	0.2108	0.2247	0.2393	0.2545											
11	0.2310	0.2468	0.2632	0.2803	0.2981										
12	0.2512	0.2688	0.2871	0.3062	0.3260	0.3465									
13	0.2715	0.2908	0.3110	0.3320	0.3539	0.3765	0.4000	0.4243							
14	0.2917	0.3128	0.3349	0.3579	0.3817	0.4065	0.4322	0.4587	0.4862						
15	0.3119	0.3349	0.3588	0.3837	0.4096	0.4365	0.4643	0.4931	0.5229	0.5537	0.5855				
16	0.3321	0.3569	0.3827	0.4096	0.4375	0.4664	0.4965	0.5275	0.5597	0.5929	0.6271	0.6624	0.6987		
17	0.3524	0.3789	0.4066	0.4354	0.4654	0.4964	0.5286	0.5620	0.5964	0.6320	0.6687	0.7066	0.7456	0.7857	
18	0.3726	0.4009	0.4305	0.4613	0.4932	0.5264	0.5608	0.5964	0.6332	0.6712	0.7104	0.7508	0.7924	0.8352	0.8793
19	0.3928	0.4230	0.4544	0.4871	0.5211	0.5564	0.5929	0.6308	0.6699	0.7103	0.7520	0.7950	0.8393	0.8848	0.9316
20	0.4130	0.4450	0.4783	0.5130	0.5490	0.5864	0.6251	0.6652	0.7067	0.7495	0.7937	0.8392	0.8861	0.9344	0.9840
21	0.4333	0.4670	0.5022	0.5388	0.5769	0.6163	0.6573	0.6996	0.7434	0.7886	0.8353	0.8834	0.9329	0.9839	1.0363
22	0.4535	0.4890	0.5261	0.5647	0.6047	0.6463	0.6894	0.7340	0.7802	0.8278	0.8769	0.9276	0.9798	1.0335	1.0887
23	0.4737	0.5111	0.5500	0.5905	0.6326	0.6763	0.7216	0.7684	0.8169	0.8670	0.9186	0.9718	1.0266	1.0830	1.1410
24	0.4940	0.5331	0.5739	0.6164	0.6605	0.7063	0.7537	0.8029	0.8537	0.9061	0.9602	1.0160	1.0735	1.1326	1.1934
25	0.5142	0.5551	0.5978	0.6422	0.6884	0.7363	0.7859	0.8373	0.8904	0.9453	1.0019	1.0602	1.1203	1.1821	1.2457
26	0.5344	0.5771	0.6217	0.6681	0.7162	0.7662	0.8181	0.8717	0.9271	0.9844	1.0435	1.1044	1.1671	1.2317	1.2981
27	0.5546	0.5992	0.6456	0.6939	0.7441	0.7962	0.8502	0.9061	0.9639	1.0236	1.0852	1.1486	1.2140	1.2813	1.3504
28	0.5749	0.6212	0.6695	0.7198	0.7720	0.8262	0.8824	0.9405	1.0006	1.0627	1.1268	1.1928	1.2608	1.3308	1.4028
29	0.5951	0.6432	0.6934	0.7456	0.7999	0.8562	0.9145	0.9749	1.0374	1.1019	1.1684	1.2370	1.3077	1.3804	1.4551
30	0.6153	0.6652	0.7173	0.7714	0.8277	0.8861	0.9467	1.0093	1.0741	1.1410	1.2101	1.2812	1.3545	1.4299	1.5075
31	0.6356	0.6873	0.7412	0.7973	0.8556	0.9161	0.9788	1.0438	1.1109	1.1802	1.2517	1.3254	1.4014	1.4795	1.5598
32	0.6558	0.7093	0.7651	0.8231	0.8835	0.9461	1.0110	1.0782	1.1476	1.2194	1.2934	1.3696	1.4482	1.5290	1.6121

Ek-Tablo 2'in devamı. Sırçalı yöresi Karaçam için çift girişli ağaç hacim tablosu

Ağaç Boyları (m)	Ağaç Çapları (cm)														
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
14	1.0349	1.0873	1.1410												
15	1.0902	1.1454	1.2022	1.2603											
16	1.1454	1.2036	1.2633	1.3246	1.3873	1.4516	1.5174	1.5847							
17	1.2006	1.2618	1.3245	1.3889	1.4548	1.5223	1.5914	1.6621	1.7344	1.8083	1.8838				
18	1.2558	1.3199	1.3857	1.4531	1.5222	1.5930	1.6655	1.7396	1.8153	1.8928	1.9719	2.0526	2.1351		
19	1.3110	1.3781	1.4469	1.5174	1.5897	1.6637	1.7395	1.8170	1.8962	1.9772	2.0600	2.1444	2.2307	2.3186	
20	1.3662	1.4362	1.5081	1.5817	1.6572	1.7344	1.8135	1.8944	1.9772	2.0617	2.1481	2.2363	2.3263	2.4181	2.5117
21	1.4215	1.4944	1.5692	1.6460	1.7246	1.8051	1.8875	1.9719	2.0581	2.1462	2.2362	2.3281	2.4218	2.5175	2.6151
22	1.4767	1.5526	1.6304	1.7103	1.7921	1.8758	1.9616	2.0493	2.1390	2.2306	2.3243	2.4199	2.5174	2.6170	2.7185
23	1.5319	1.6107	1.6916	1.7745	1.8595	1.9465	2.0356	2.1267	2.2199	2.3151	2.4124	2.5117	2.6130	2.7164	2.8219
24	1.5871	1.6689	1.7528	1.8388	1.9270	2.0172	2.1096	2.2042	2.3008	2.3996	2.5005	2.6035	2.7086	2.8159	2.9253
25	1.6423	1.7270	1.8140	1.9031	1.9944	2.0879	2.1837	2.2816	2.3817	2.4840	2.5886	2.6953	2.8042	2.9154	3.0287
26	1.6975	1.7852	1.8751	1.9674	2.0619	2.1586	2.2577	2.3590	2.4626	2.5685	2.6767	2.7871	2.8998	3.0148	3.1321
27	1.7528	1.8434	1.9363	2.0316	2.1293	2.2293	2.3317	2.4365	2.5435	2.6530	2.7648	2.8789	2.9954	3.1143	3.2355
28	1.8080	1.9015	1.9975	2.0959	2.1968	2.3000	2.4057	2.5139	2.6244	2.7374	2.8529	2.9707	3.0910	3.2137	3.3389
29	1.8632	1.9597	2.0587	2.1602	2.2642	2.3707	2.4798	2.5913	2.7054	2.8219	2.9410	3.0625	3.1866	3.3132	3.4423
30	1.9184	2.0178	2.1199	2.2245	2.3317	2.4414	2.5538	2.6687	2.7863	2.9064	3.0291	3.1543	3.2822	3.4126	3.5457
31	1.9736	2.0760	2.1810	2.2888	2.3991	2.5121	2.6278	2.7462	2.8672	2.9908	3.1172	3.2462	3.3778	3.5121	3.6491
32	2.0288	2.1342	2.2422	2.3530	2.4666	2.5829	2.7019	2.8236	2.9481	3.0753	3.2053	3.3380	3.4734	3.6116	3.7525

Ek-Tablo 2'in devamı. Sırçalı yöresi Karaçam için çift girişli ağaç hacim tablosu

Ağaç Boyları (m)	Ağaç Çapları (cm)							
	53	54	55	56	57	58	59	60
17	2.2849							
18	2.3923	2.4814						
19	2.4998	2.5929						
20	2.6072	2.7044	2.8035					
21	2.7146	2.8159	2.9192	3.0244				
22	2.8220	2.9274	3.0349	3.1443	3.2556			
23	2.9294	3.0389	3.1505	3.2642	3.3799	3.4976		
24	3.0368	3.1504	3.2662	3.3841	3.5041	3.6262	3.7505	
25	3.1442	3.2619	3.3819	3.5040	3.6283	3.7549	3.8836	4.0145
26	3.2516	3.3734	3.4975	3.6239	3.7526	3.8835	4.0167	4.1522
27	3.3590	3.4850	3.6132	3.7438	3.8768	4.0121	4.1498	4.2899
28	3.4664	3.5965	3.7289	3.8638	4.0010	4.1408	4.2829	4.4275
29	3.5739	3.7080	3.8446	3.9837	4.1253	4.2694	4.4160	4.5652
30	3.6813	3.8195	3.9602	4.1036	4.2495	4.3980	4.5491	4.7028
31	3.7887	3.9310	4.0759	4.2235	4.3738	4.5267	4.6822	4.8405
32	3.8961	4.0425	4.1916	4.3434	4.4980	4.6553	4.8154	4.9781

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatih BAYNAZOĞLU
Doğum Yeri : RİZE
Doğum Tarihi : 13.07.1985
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Adres : Irmak Köyü Ardaklı mah. No:42 Pazar/Rize
Tel : 0 506 221 23 28
E-posta : fbaynaz@gmail.com
Eğitim Durumu
Lise : Pazar lisesi(2000-2002)
Lisans : Ankara Üniversitesi Orman Mühendisliği (2006-2010)
Yüksek Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı (2012-2014)

Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl

1. Hasan Çağatay Çelik Müh. Müş. Taah. Tic
Amenajman Planlaması, Orman Envanteri
Muğla/Milas -2012
2. Erkar Giyim İnşaat Turizm Pazarlama Nakliye Ormancılık Haritacılık Sanayi ve
Ticaret Ltd.şti.
Kahramanmaraş, Gaziantep, Hatay -2013