

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANTALYA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜNDE YAYILIŞ GÖSTEREN
KIZILÇAM MEŞCERELERİ İÇİN UYUMLU GÖVDE PROFİLİ DENKLEM
SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökberkhan KUMAŞ

Artvin-2015

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANTALYA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜNDE YAYILIŞ GÖSTEREN
KIZILÇAM MEŞCERELERİ İÇİN UYUMLU GÖVDE PROFİLİ DENKLEM
SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökberkhan KUMAŞ

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Aydın KAHRİMAN**

Artvin-2015

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANTALYA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜNDE YAYILIŞ GÖSTEREN
KIZILÇAM MEŞCERELERİ İÇİN UYUMLU GÖVDE PROFİLİ DENKLEM
SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Gökberkhan KUMAŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15.12.2015

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 28.12.2015

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Aydın KAHRİMAN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Turan SÖNMEZ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. İlker ERCANLI

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, AÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../2015 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../2015 tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../2015

Doç.Dr. Turan SÖNMEZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Antalya Orman Bölge Müdürlüğünde Yayılış Gösteren Kızılcım Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Profili Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi”adlı çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Konu seçimimden çalışmamın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumu ile çalışmaların planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilme aşamalarında bilgi ve katkılarını esirgemeyen danışmanım Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Aydın KAHRİMAN teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans dersleri ve arazi çalışmalarımın her aşamasında yardımcı olan Doç. Dr. Turan SÖNMEZ’e teşekkür ederim. Ayrıca arazi ve laboratuvar aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Abdurrahman ŞAHİN’ e teşekkür ederim.

TÜBİTAK–TOVAG 1120808 No’ lu projenin bir parçası olan tez çalışmamda aldığım destek için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince arazi ve laboratuvar çalışmalarımda desteklerini gördüğüm meslektaş ve arkadaşlarım Sercan YILMAZ, Ümit DAMAR, Yiğit GENÇ, Murat UZUN, Aykut SEVEN, Hüseyin ÇAKIR ve Antalya Orman Bölge Müdürlüğündeki çalışanlara teşekkür ederim.

Hayatım her döneminde maddi ve manevi destekleri ile sürekli yanımda olan aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Gökberkhan KUMAŞ

Artvin - 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	III
SUMMARY	IV
TABLolar DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kızılçam Hakkında Genel Bilgi	3
1.2.1. Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten)'ın Türkiye Üzerindeki Yayılışı.....	3
1.2.2. Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten)'ın Botanik Özellikleri	4
1.2.3. Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten)'ın Silvikültürel Özellikleri.....	5
1.2.4. Kızılçam Odunu Kullanım Yerleri.....	6
1.2.5. Kızılçamın Amenajman Esasları.....	6
1.3. Gövde Profili Modelleri Hakkında Genel Bilgiler.....	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	18
2.1. Materyal	18
2.2. Metod	29
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	37
3.1. Gövde Çapına İlişkin Bulgular.....	37
3.2. Gövde Hacmine İlişkin Bulgular	49
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	59
EKLER	69
ÖZGEÇMİŞ	73

ÖZET

Gövde profili modellerinin oluşturulmasında günümüze kadar pek çok araştırmacı tarafından değişik yöntemler kullanılmış ve gövde çapını belirlemede zengin bir literatür oluşmuştur. Bu çalışmada, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü'nde yayılış gösteren Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçları için Demaerschalk (1972), Demaerschalk (1973), Bruce ve ark. (1968), Max and Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987), Jiang ve ark. (2005) ve Cao ve ark., (1980) denklemleri kullanılarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri geliştirilmiş ve bu denklemlerin başarı durumları karşılaştırılmıştır. Araştırmada deneme alanlarının belirlenmesinde yaş, bonitet ve sıklık parametreleri dikkate alınmıştır. Belirlenen 216 deneme alanının her birinde bir örnek ağaç alınarak toplamda 216 ağaç incelenmiştir.

Çalışma kapsamında test edilen gövde çapı modelleri çap ve gövde hacim tahminleri için başarılı sonuçlar vermiştir. Modeller arasında gövde çapı tahminlerinde en başarılı model Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen model olurken, gövde hacim tahminleri için en başarılı model ise Demaerschalk (1972) tarafından geliştirilen model olmuştur. Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen gövde çapı modelinin belirtme katsayısı 0.977 iken Demaerschalk (1972) tarafından geliştirilen gövde hacim denkleminin belirtme katsayısı ise 0.969'dur.

En başarılı gövde çapı denklemi Jiang ve ark. (2005) ve gövde hacim modeli Demaerschalk (1972) olarak belirlenen denklemlerin çalışmaya konu bölgedeki Kızılçam ağaçlarına uygunluğu bağımsız bir veri grubu ile test edilerek $p < 0.05$ önem düzeyi uygun olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada geliştirilen Demaerschalk (1972) denklemini esas alan ağaç hacim eşitliği ile Uğurlu ve Özer (1979) ve Çatal (2009) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemine oranla daha başarılı, Alemdağ (1962) ve Sun ve ark. (1978) tarafından geliştirilen hacim denklemlerine oranla daha kötü hacim tahminleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar uygun bulunan modellerin, verilerin sağlandığı Antalya ili için kullanılabilir nitelikte olduğunu göstermiştir.

AnahtarKelimeler: Kızılçam, Uyumlu Gövde Profili Modelleri, Ağaç Hacmi, Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi

SUMMARY

DEVELOPMENT OF COMPATIBLE TAPER AND VOLUME EQUATIONS FOR CALABRIAN PINE IN ANTALYA REGIONAL DIRECTORATE

The construction of such equations has taken a number of approaches as demonstrated by the vast amount of literature in this area. The compatible taper and volume equations were developed by using Demaerschalk, (1972), Demaerschalk, (1973), Bruce et al. (1968), Max and Burkhart (1976), Parresol et al. (1987), Jiang et al. (2005) and Cao et al. (1980) equations for Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) trees located in Antalya Forest District Directorate, and these models' fitting results were compared. For determining the sample plots some parameters such as age, site class and density were used. One sample trees were cut down in 216 sample plots and totally 216 trees were examined.

The proposed models generally performed better for tree diameter and tree volume. Results show that the Jiang et al. (2005) taper equation was superior to the other equations in predicting diameter, while the Demaerschalk (1972) taper model provided the best predictions for tree volume than the other models. The coefficient of the determination of the stem profile equation is 0.977, while the coefficient of the determination of the stem volume equation is 0.969.

The best predictive Jiang et al. (2005)'s stem taper equation and Demaerschalk (1972)'s stem volume equation were decided to be appropriate at 0.05 significant level for the studied Calabrian Pine trees by testing independent data. In this study, the volume equation based on Demaerschalk (1972)'s equation produced better predictive volume predictions than Uğurlu and Özer (1979) and Çatal (2009)'s double entry volume equation and tables. The results obtained have shown that the models formulated can be used to predict stem taper and stem volume of Calabrian Pine trees in Antalya where the data were gathered.

Key Words: Calabrian Pine, Compatible Stem Taper Models, Tree Volume, Nonlinear Regression Analysis

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Şeflik bazında örnek ağaç sayıları	18
Tablo 2. Ölçüm yapılan örnek alanların çeşitli meşcere özellikleri itibariyle dağılımı	20
Tablo 3. Modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı	24
Tablo 4. Gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi ve test edilmesi için kullanılan verilere ilişkin istatistiki değerler.....	37
Tablo 5. Uyumlu basit gövde çapı modelleri için parametre tahminleri ile çeşitli model başarı ölçütleri.....	38
Tablo 6. Uyumlu parçalı gövde çapı modelleri için parametre tahminleri ile çeşitli model başarı ölçütleri	39
Tablo 7. Uyumlu basit gövde çapı modelleri için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi	41
Tablo 8. Uyumlu parçalı gövde çapı modelleri için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi	42
Tablo 9. Uyumlu basit gövde çapı modelleri için oransal çap değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi	43
Tablo 10. Uyumlu parçalı gövde çapı modelleri için oransal çap değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi	44
Tablo 11. Toplam gövde hacmi için dört farklı gövde hacmi modelinin çeşitli başarı ölçütleri.....	50
Tablo 12. Toplam gövde hacmi için önerilen Demaerschalk (1972) gövde hacmi modeli ile bu ağaç türü için geliştirilen çift girişli hacim tablolarının karşılaştırılması	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Ağaç gövdesi üzerinde gövde şekil formlarının gösterilmesi.....	10
Şekil 2. Saf Kızılcım Meşcerelerinin Dağılımı ve Çalışma Alanı.....	21
Şekil 3. Kızılcım meşceresinden genel bir görünüm.....	22
Şekil 4. Kızılcım meşceresinde yapılan ölçümlerden genel bir görünüm	22
Şekil 5. Kızılcım meşceresinde yapılan ölçümlerden genel bir görünüm	23
Şekil 6. Kızılcım meşceresinde yapılan ölçümlerden genel bir görünüm	23
Şekil 7. Modellerin oluşturulmasında (a) ve denetiminde (b) kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi.....	25
Şekil 8. Modellerin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (I.) kullanılan verilerin oransal çap değerlerinin oransal boy değerlerine dağılımı.....	26
Şekil 9. Örnek ağaçların bakı gruplarına dağılımları	27
Şekil 10. Örnek ağaçların yükselti basamaklarına dağılımları.....	28
Şekil 11. Örnek ağaçların eğim gruplarına dağılımları	28
Şekil 12. Jiang ve ark. (2005) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerini arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi.....	46
Şekil 13. Jiang vd. (2005) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerleri göre değişimi	47
Şekil 14. Bağımsız veri grubuna ilişkin model tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi	47
Şekil 15. Bağımsız veri grubuna ilişkin model hatalarının tahmin değerlerine göre değişimi.....	48
Şekil 16. Geliştirilen Jiang ve ark. (2005) denklemi ile elde edilen tahmini çap değerlerinin farklı çaplardaki 3 ağaç için gerçek ölçüm veriler ile karşılaştırılması	49
Şekil 17. Toplam gövde hacmi için önerilen Demaerschalk (1972) gövde hacmi modelinin tahminleri ile bu ağaç türü için geliştirilen çift girişli hacim tablolarının karşılaştırılması.....	52

Şekil 18. Demaerschalk (1972) denklemi ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı	53
Şekil 19. Alemdağ (1962) denklemi ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı	53
Şekil 20. Sun ve ark. (1978) denklemi ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı	54
Şekil 21. Çatal (2009) denklemi ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı	54
Şekil 22. Uğurlu ve Özer (1979) denklemi ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı	54

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanoğlu, varoluşundan doğal kaynakların en önemlilerinden biri olan ormanlardan sürekli olarak düzensiz bir şekilde faydalanmıştır. Teknolojinin ilerlemesi çeşitli ürünlerin ortaya çıkmasına rağmen, günümüzde de orman ürünlerinin kullanımı artarak devam etmiştir ve sonuç olarak orman ekosistemlerinin sürekliliği tehlike altına girmiştir. Artan insan nüfusunun gereksinimlerini karşılayabilmek ve orman ekosistemlerinin sürekliliğini sağlamak için ormanlarımızdan faydalanmanın planlanması gerekmektedir (Asan, 1999).

Yapılan tahminlerde, gelecekte odun hammaddesinin yerine kullanılabilen alternatif kaynakların yetersiz kalmasıyla beraber yüksek enerji masraf ve maliyetleri, çevre kirliliğindenleriyle kullanılmaların doğru olmayacağını göstermektedir (Nilsson, 1996). Bu nedenle doğal oluşmuş ormanların üretimi dışındaki işlevlerinin daha fazla ön plana çıktığı göz varsayıldığında, odun hammaddesinin gelecekte stratejik bir yere sahip olacağı söylenebilir (Boydak ve Dirik, 1998).

Orman alanları genişletilerek veya orman ekosisteminin sürekliliğini tehlikeye atmadan orman alanlarından faydalanma artırılarak ormancılıkta üretim artırılabilir. Birinci yöntemin gerçekleştirilmesi oldukça masraflı olmakta ve ayrıca ağaçlandırma çalışmalarının az olmasından dolayı yetersiz kalmaktadır. İkinci yöntemin uygulaması daha kolaydır. İkinci yol izlenerek faydalanma artışı; envanter yapılırken mevcut durumun tam anlamıyla ortaya konulması, faydalanmanın düzenlenmesi için yapılacak planlamaların daha özenli ve dikkatli bir şekilde yapılması, meşcerelerin silvikültürel müdahalelerle daha verimli hale getirilmesi, üretim işleri sırasında herhangi bir nedenle oluşabilecek kayıpların azaltılması ve özellikle odun üretimi sırasında yapılacak her türlü ölçme ve hesaplama işlemlerinde amaçlara uygun sonuçlar verecek yöntemlerin kullanılması gibi birçok yol izlenerek sağlanabilir.

Ormancılık sektöründe yapılan üretim çalışmalarında kullanılan ticari standartlar, odun üretimi amacıyla işletilen ormanlarda uzun yıllardan bu yana genellikle çap ve boya dayandırılmaktadır. Ancak bu standartlar toplumun istek ve ihtiyaçlarına bağlı olarak geçmişten günümüze kadar sürekli bir değişim göstererek, belirli bir dönem için geçerli olan kimi standartların bugün geçerliliklerini yitirdikleri görülmektedir. Geçmişteki standartlara bağlı olarak oluşturulan odun çeşitleri, günümüzdeki değişik standartlara göre talep edilen odun çeşitlerini karşılayamamaktadır. Bunun sonucu olarak ortaya çıkan istek ve ihtiyaçlar, yeni standartların oluşturulmasını gerektirmiştir (Yavuz, 1995a).

2020 yılında ülkemizin odun hammaddesine olan ihtiyacının 3 milyon m³ olacağı düşünülmektedir. (Anonim, 2013). Orman varlığımız 21.678.134 ha olup, ülkemizin genel toplam orman alanının yaklaşık % 27,6'sına karşılık gelmektedir. Ülkemizde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), 5,4 milyon hektar yayılış alanı ile tür olarak ilk sırayı almaktadır. Bununla birlikte, 270 milyon m³ servet ve 7,95 milyon m³ yıllık artım ile Anadolu karaçamından [*Pinus nigra Arnold subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe*] sonra ikinci sırayı alan kızılçam, ayrıca 262 bin hektar gençleştirme alanı ve 3,4 milyon m³ yıllık ortalama etasıyla da ilk sırayı almaktadır (Anonim, 2012). İğne yapraklı ormanlar içerisinde %42'lik payıyla ilk sırayı alan kızılçam, ülke genel orman alanlarının %26'lık kısmını oluşturmaktadır. Bu verilere göre kızılçam ülke ormancılığımız için büyük önem taşımaktadır.

Ülkemiz ormanları orman amenajman planlarına göre işletilmekte olup, özellikle ormanlardan elde edilecek servetin büyük bir kısmını ağaç serveti oluşturmaktadır (Yavuz, 1999; Kapucu, 2004). Bu bakımdan, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde, özellikle meşcere hacminin tahmin edilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Meşcere hacminin tahmin edilmesinde birçok farklı yöntem olmasına karşın, pratik olmaları ile "ağaç hacim denklemleri ve tabloları" yöntemi daha çok tercih edilmektedir (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984). Ağaç hacim denklemleri; ağaç çapına (Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri), çapı ve boyuna (Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri) ve çapa ve boya ek olarak diğer değişkenlere (Çok Girişli Ağaç Hacim Denklemleri) göre tüm ağacın hacmini tahmin ederler (Yavuz, 1999). Özellikle orman amenajman planlarının hazırlanmasında, sadece çap ölçümü ile ağaç hacim tahminlerini sağlamaları ile pratik bir yöntem olarak, tek girişli ağaç hacim

denklemleri öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, tek girişli ağaç hacim denklemleri; tek ağaçların toplam gövde hacimlerinden gidilerek meşcerenin 1 hektarlık toplam alanını veya tamamına ilişkin hacim miktarına vermekte olup, ağaç gövdelerinden üretilebilecek tomruk, maden direği ve sanayi odunu gibi odun çeşitlerinin miktarları konusunda herhangi bir tahmin olanağı sunamamaktadırlar (Sakıcı, 2002; Aktürk, 2006; Özçelik ve ark., 2012).

Diğer taraftan gövde çapı ve gövde hacim denklemleri ile ağaç gövdesi üzerindeki herhangi bir yükseklik veya çapa kadar olan kısmına kadar veya gövde üzerinde belirlenen herhangi iki yükseklik ya da çap değerleri arasında kalan kısmının ayrıntılı hacim tahminleri yapılabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, gövde çapı ve hacim denklemleri yardımıyla ağaç gövdelerinden üretilebilecek tomruk, maden direği ve sanayi odunu gibi odun çeşitlerinin miktarları belirlenebilmektedir. Ülkemiz ekonomisi açısından önemli olan Kızılçam ağacının gövde çapı ve modellerinin doğru bir şekilde ortaya konulması önem arz etmektedir. Hem ülkemizde hem de diğer ülkelerde günümüze kadar pek çok gövde çapı ve hacim denklemleri geliştirilmiş ve uygulamada karşılaşılan sorun veya isteklere en uygun şekilde cevap vermeye çalışılmıştır. Bu manada, 20. yüzyılın başından beri basitten çok karmaşığa kadar, pek çok ağaç türü için değişik gövde çapı profili modelleri geliştirilmiştir (Max ve Burkhart 1976, Hilt 1980, Kozak 1988, Clark ve ark. 1991, Newnham 1992, Fang ve ark. 2000). Newnham (1988)'e göre gövde çapı profili denklemleri üzerindeki çalışmaların giderek artmasının iki önemli sebebi bulunmaktadır. Bunlardan ilki; tüm ağaç türleri için gövde formundaki varyasyonu tam olarak açıklayabilen bir teoremin bulunmaması, ikincisi ise; sürekli değişen pazar koşullarına bağlı olarak farklı odun çeşidi standartlarını dikkate alan bir yöntemin elde edilememesidir (Sakıcı 2002, Özçelik ve ark. 2012).

1.2. Kızılçam Hakkında Genel Bilgi

1.2.1. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten)'ın Türkiye Üzerindeki Yayılışı

Oldukça geniş bir bölgede doğal yayılış gösteren kızılçam, kuzey yarım kürede yaklaşık 32°-45° kuzey enlemleri ile 15° - 45° doğu boylamları arasında kalan alanda

bulunmaktadır (Kayacık, 1965). Kızılçamın yayılış gösterdiği alanların en batı noktası İtalya'nın güneyinde bulunan Kalabriya yarımadası, en doğu noktası ise Irak'ın kuzeyinde bulunan Zawita – Atrush olduğu belirtilmektedir (Asmaz, 1993). Kuzey kesimlerde Kırım'a kadar çıkan bu tür, güney kesimlerde ise Lübnan ve Filistin'e kadar inmektedir (Kayacık, 1965). Bu sınırlar içerisinde Yunanistan, Suriye, Irak ve Kıbrıs'ta da yayılış göstermektedir (Nahal, 1986; Quzel 1986). Ayrıca, doğal yayılış yaptığı yerler arasında Gürcistan, Orta Kafkasya yakınları, Rusya'nın Karadeniz sahili, Kırım yarımadası da bulunmaktadır (Pantelas,1986).

Türkiye'de Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde geniş alanlar boyunca yayılmakta olup; Karadeniz bölgesinde ise Akdeniz iklimi özellikleri gösteren bölgelerde küçük topluluklar halinde görülebilmektedir (Anşin, 1994). Kızılırmak, Yeşilirmak, Sakarya ırmakların ve kollarının vadileri boyunca, oldukça içerilere kadar, İç Anadolu'ya doğru sarkan yayılışları bulunur.

Türkiye'de en geniş yayılışı Kızılçam yapmaktadır (Anşin, 1994). Yayılış alanı, artım ve büyüme özellikleri, yarattığı ekonomik değerleri göz önünde bulundurduğumuzda ülkemizin en önemli orman ağacı türlerinden birisidir. Türkiye'de kapsadığı 3.207.914 ha'ı verimli orman, 2.646.759 ha'ı verimsiz orman olmak üzere toplam 5.854.673 hektar alan ile iğne yapraklı türlerimiz arasında en geniş yayılışı yapan orman ağacı türü konumundadır. (Anonim, 2012). Bu sebepten dolayı bilim camiasında “Turkish redpine” (Türk Kızılçamı) olarak da adlandırılmaktadır (Boydak ve ark., 2006). Türkiye'de Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde geniş alanlar boyunca yayılmakta olup; Karadeniz bölgesinde ise Akdeniz iklimi özellikleri gösteren bölgelerde küçük topluluklar halinde görülebilmektedir (Anşin, 1994).

1.2.2. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten)'ın Botanik Özellikleri

Pinaceace familyasına dahil olan Kızılçam (*P. brutia* Ten; *Syn: P. pityusa* Stev.) 20-25 m boy ve 60 cm'ye kadar çap yapabilen, genel görünümü ile Halep çamına benzeyen, kalın dallı ve genellikle düzgün olmayan gövdeye sahip önemli bir orman ağacımızdır. Diğer taraftan, boylu ve düzgün gövdeli ağaçlardan oluşan, kızılçam meşcereleri de mevcuttur.

Bu çam türünde genç sürgünler tüysüz, çoğunlukla önceleri kırmızımsı, daha sonraları ise, yeşilimsi-kahverengi nadiren de kurşuni-boz renklidir. Bu tür, ismini taze sürgünlerinin kırmızı renginden almaktadır. Gençlikte sivri yapıdaki tepe ve boz renkli düzgün satırlı kabuk, ileri yaşlarda geniş dağınık tepe ile derin çatlaklı esmer kırmızımsı renkli kalın kabuğa dönüşür. Düzgün dallar gövdeden dik bir açı ile çıkarlar ve uçlarında çoğu kere kısa sürgünler bulunur. Tomurcuklar, genel olarak yumurta biçiminde ve 15.0-20.0 mm uzunlukta olup tomurcuk pulları aşağıya doğru bakar ve kenarları kirpiklidir. İğne yapraklar, 10.0-18.0 cm ve daha yukarı boyutlarda olup yumuşak yapıda ve açık yeşil renkte, kenarları ince dişlidir. Çok kısa saplı kozalaklar, ince uzunca biçimli ve kahverengindedir. Çoğunlukla, 2 veya daha fazla sayıdaki kozalaklar, bir arada dik durumlu veya yatık halde bulunurlar ve hiçbir zaman sürgün üzerinde eğik olarak durmazlar. Kalkan yumuk biçiminde, göbek küt, basık ve boz renkte, tohum 7 mm uzunlukta, koyu esmer renkte ve kanatlıdır (Davis, 1965; Gökmen ve Kavacık, 1980; Selik, 1963).

Tomurcuklar, genel olarak yumurta biçimindedir. 15-20 mm uzunlukta olan tomurcukların tomurcuk pulları aşağıya doğru bakar ve kenarları kirpikli, reçinesiz, erkek çiçekler sivri piramit görünümündedir (Gökşin, 2001). İğne yapraklar 10-18 cm daha yukarı boyutlarda olup, yumuşak yapıya sahip, açık yeşil renkte kenarları ince dişli, kısa sürgünleri dalların ucunda toplanmış ve fırça biçiminde görülmektedir (Anşin, 1994).

Kızılçam kozalağı 6-11 cm boyunda olup parlak açık kahverengi ve topaç biçimindedir. Sürgünlere dik ya da yan durumlu olarak oturan çok kısa saplı veya sapsız kozalak, çoğunlukla 2-6 adedi bir arada çevrel halde bulunur. Göbek yapısı büyük, apofiz yan pervazlı ve içe doğru hafifçe basıktır (Yaltırık, 1993; Anşin ve Özkan 1997).

1.2.3. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten)'ın Silvikültürel Özellikleri

İşletme ormanlarında, meşçerelere uygulanan silvikültürel işlemler, ormanların sağlık durumunu koruyarak, ulaşılmak istenen kalite de odun ürününe daha erken ulaşılmaması istenir. Bunun yapabilmek için de başlangıçtan itibaren kızılçamın biyolojisi, amaç, yaş ve yetiştirme ortamı koşulları dikkate alınarak, silvikültürel

işlemlerle bireylere meşcerenin gelişme süreci içinde değişen büyüme alanları verilir. Ormanlara yapılan her müdahale, bir sonraki müdahaledeki ara amaçla, idare süresi sonundaki son amacın gerçekleşmesini hedeflemektedir (Boydak, 1992).

Sıcaklık isteği fazla, dona hassas, bütün toprak türlerinde yaşamını sürdürebilen bir tür olan kızılçam, genç yaşlarda hızlı büyüme göstermektedir (Alemdağ, 1962; Selik, 1963; Saatçioğlu, 1976). İşletme ormanlarında meşcerelere uygulanan silvikültürel işlemler, ormanların sağlığı korunarak arzulanan kalitede odun ürününe daha erken ulaşmayı amaç edinir. Bu sebeple silvikültürel işlemlerle bireylere meşcerenin gelişme süreci içinde değişen büyüme alanları verilir. Bu işlem yapılırken başlangıçtan itibaren kızılçamın biyolojisi amaç, yaş ve yetişme ortamı koşulları dikkate alınır. Ormanlara uygulanan her müdahalede ki amaç bir sonraki müdahalenin ara amacı ile idare süresi sonundaki son amacın gerçekleşmesini hedeflemektir (Boydak, 1992).

1.2.4. Kızılçam Odunu Kullanım Yerleri

Kızılçam odunu kereste, inşaat malzemesi, ambalaj sandığı, tel direği, maden direği, çit kazığı, döşeme, travers, tarım aletleri, mobilya yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca, kontrplak ve selüloz sanayinde önemli bir ham madde ve kabukları tanen üretiminde değerlendirilmektedir (Erten ve Taşkın, 1985). Ayrıca, odunun sülfat yöntemiyle selülozik madde elde edilmesinde gerek lif morfolojisi, gerekse kimyasal bileşim ve dayanım özellikleri bakımından elverişli bir hammadde olduğu saptanmıştır (Göksel, 1984).

1.2.5. Kızılçamın Amenajman Esasları

Kızılçam hızlı gelişen bir türümüz olup uygun tekniklerle yetiştirilirse ciddi bir kaynak oluşturabilecek potansiyeli vardır. Sık büyütüldüğünde beklenen potansiyele ulaşamamaktadır. Bu nedenle kızılçam kısa idare süreli ve normal göğüs yüzeyi dikkate alınarak olabildiğince seyrek yetiştirildiğinde verimli sahalarda oldukça hızlı bir gelişim göstermektedir.

Kızılcım Işık ağacıdır. Aynı yaşlı ve tek katlı meşcereler yapan bir tür olarak bilinir (Pamay, 1968). Genel gençleştirme süresi 10 yıldır. Aynı yaşlı meşcerelerde bireyler arasındaki yaş farkı gençleştirme süresini geçmeyeceğinden (Eraslan, 1971; Evcimen, 1972) kızılçam 10 yıldan daha fazla yaş farkı bulunmayan meşcereler kuracağı kabul edilir. Günümüz ormanlarında bu durum dikkate alınarak gençleştirme çalışmaları yapılır. Optimal kuruluştta meşcerelerin yetiştirilmesi için bu konu önemlidir.

Zaman içerisinde gerekli bakımların yapılmaması ile kendiliğinden yetişen doğal kızılçam meşcerelerinde, boşluklarda sonradan meydana gelen bireylerin dışında, yan yana bir arada büyümüş fertlerinde tabakalı bir yapı oluşturabildiği ve bu fertler arasında 10 yıldan fazla yaş farkının bulunduğu görülebilmektedir (Eler, 1993).

Maktalı ormanlarda planlamanın ana faktörlerinden birisi de idare süresidir. İdare süresi, meşcerelerin olgunluk sürelerinin ortalamasına denk gelen bir üretim süresidir. Bir diğer ifadeyle meşcerenin gençliğinden başlayarak olgunlaşıp kesildiği zamana kadar geçen süredir. İdare süresi hesaplanırken bir çok kriter baz alınır ve bu kriterlerin ortak etkilerine dayanarak hesaplanır. Bu kriterler; işletme amacı, amaç çapı, ağaç türü, bonitet sınıfı, teknik olgunluğu, en yüksek odun hasılatı olgunluğu, doğal olgunluğu, bakım ve gençleştirme metotları olarak belirlenir.

Ülkemizde OGM tarafından kızılçam meşcerelerinde uygulanan idare sürelerini 1941 yılı yönetmeliğinde 150, 1955 yılı yönetmeliğinde 80-150, 1973 yılından sonraki amenajman planlarında 60, 1977 OGM olmasına göre 40-50, 1978 tarihli OGM olmasına göre 50-60 yıl arası olarak belirlenmiştir. İdare süresindeki değişim kısalma yönünde olmuş ve idare süresi 40 yıla kadar indiği dönemler olmuştur (Köse ve Yavuz, 1993).

Ekolojik tabanlı çok amaçlı planlamada ise odun üretimi yanında toprak koruma, su koruma, yaban hayatı koruma, rekreasyon ve karbon depolama gibi diğer fonksiyonları da gerçekleştirecek şekilde idare süreleri belirlenmekte ve genellikle odun üretimi için belirlenen idare süresinden daha uzun yaklaşık 150-200 yıllık bir idare süresi önerilmektedir.

Geniş yayılışı bulunan ve ülkemiz açısından büyük öneme sahip olan Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) türü ile ilgili hasılat araştırmaları Alemdağ (1962) ile başlamaktadır. Bu çalışmada normal kapalı, müdahale görmemiş saf Kızılcım meşcerelerinin hasılatı, idare süresi ve amenajman esasları ortaya konulmuştur. Sun (1977), tek ağaç olarak, kızılcımın artım ve büyümesinin simülasyonunu yapmıştır. Sun ve ark. 1978 yılında tek ağaç birim alandaki Kızılcım odun oranlarını ortaya koyarak, tomruk, maden direği, sanayi odunu ve yakacak odun olarak ürün çeşitlerinin tek ağaçtaki oranları çaplara bağlı olarak elde etmişlerdir (Sun ve ark. 1978). Ağaçlandırma yoluyla tesis edilmiş Kızılcım meşcerelerinde de Usta (1990) tarafından, hacim elemanlarının artım ve büyüme özellikleri incelenmiştir. Müdahale görmüş Kızılcım ormanlarında Yeşil (1992) tarafından, meşcere parametrelerinin gelişimi ve hasılatının ortaya koyulabilmesi için değişik sıklık ve bonitetteki Kızılcım meşcerelerinin yaşa göre gelişimini incelenmiştir. Erkan (1995) tarafından da, doğal Kızılcım meşcereleri için tek ağaç ve meşcere gelişiminin simülasyonu yapılmıştır. atal (2009) tarafından da Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki Kızılcım meşcerelerinde artım ve büyüme ilişkileri araştırılmıştır.

Kızılcım için (Alemdağ, 1962; Sun ve ark., 1978), Genel Hacim Tabloları düzenlenmiştir. Bölgesel olarak da Güney Anadolu Bölgesinde (Alemdağ, 1962) yöresel ağaç hacim tablosu düzenlenmiştir.

Alemdağ (1962) tarafından, anamorfik yöntemle göre yapılan bonitet endeks tablosu sonrasında, gövde analizlerinden yararlanılarak polimorfik yöntemle; Yeşil (1992) ve atal (2009) tarafından yeni bonitet endeks tabloları geliştirilmiştir. Ayrıca ağaçlandırma yoluyla kurulmuş olan Kızılcım meşcereleri için de; Usta (1991) aynı yöntemle bonitet tablosu düzenlemiştir.

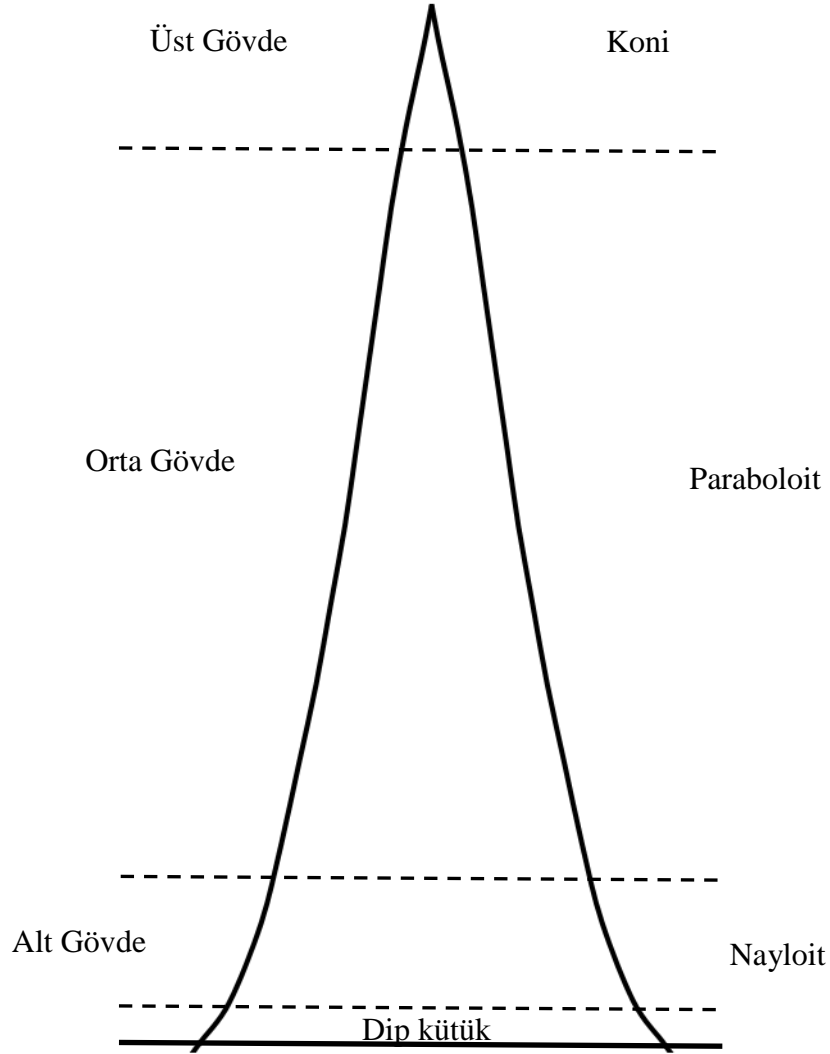
1.3.Gövde Profili Modelleri Hakkında Genel Bilgiler

Ağaç formu (tree form) ve gövde profili (stem taper) terimleri bazen benzer olarak kullanılsa da ormancılık bağlamında her ikisi de belirli özelliklere sahiptir. Ağaç formu ağacın karakteristik şeklini ifade ederken, gövde profili ise ağaç gövdelerinin toprak seviyesinden tepeye doğru azalış biçimini göstermektedir. Ağaçlar şekilleri itibariyle genel olarak üçe ayrılır: tek gövde ve piramit tepe yapısına sahip ağaçlar

(excurrent), dallanmış-çatallanmış gövdeli ağaçlar (decurent), ağaççıklar (shrub) (Burkhart ve Tomé, 2012). Ağaçların uç kısmındaki büyüme yan dallardan daha fazla olduğunda, ağaç konik bir tepe şeklini almaktadır ve ibreli ağaç türlerinin çoğu ve bazı yapraklı ağaç türlerinin tepe yapısı bu formdadır. Masif odun üretimi için tercih edilen, ticari değeri fazla olan düzgün, kaliteli ve tek gövdeli ağaçlar, ormancılığın önemli çalışma konularından biri olmuştur (Burkhart ve Tomé 2012).

Gövde profili ağaç gövdelerinde toprak seviyesinden tepeye doğru gövde çapında meydana gelen azalış oranını ortaya koymaktadır (Newnham, 1992). Gövde profili ağaçların çap, boy ve yaş özellikleri ve bölgesel şartlara bağlı olarak değişmektedir (Wright 1923). Ağaç gövdelerinin toprak seviyesinden tepeye doğru azalış biçimi gövdenin her yerinde aynı değildir. Ağaçların gövde profili hakkında farklı değerlendirmeler yapılmakla birlikte özellikle tek ve düzgün gövdeli ağaçların genellikle dip kısmının nayloit, ortasının parabolit ve uç kısmının ise koni biçiminde olduğu kabul edilmektedir (Şekil 1) (Laar ve Akça, 2007; West, 2009; Burkhart ve Tomé, 2012).

Larson (1963)'a göre meşçere sıklığı (Härdtl 1938; Stoate 1942), taç sınıfı (Vorreiter 1954), yetiştirme ortamı verim gücü (Schmeid 1918, Burger 1931), ağaçların genetik özellikleri (Metzger, 1896 -1908), aralama ve budama (Flury 1903, Bickerstaff 1946) ağaçların gövde formunun şekillenmesinde en önemli faktörlerdir. Hem ağaç formu hem de gövde profili ile ilgili olarak bir yüzyıldan daha fazladır çalışmalar yapılmaktadır. Bu iki özellikten daha kolay şekilde ölçümü yapılabilen veya belirlenebilen ağaç formu hakkındaki ilk girişimler 19. yüzyılda yapılmıştır (Metzger, 1894; Kunze, 1896).Gövde profili genellikle gövde şeklinin ortaya konulmasında kullanılmaktadır. Wright (1923)'a göre şekil katsayısı (absolute form quotient) kullanılarak gövde profilinin belirlenmesi, ilk olarak Jonson (1910, 1911) tarafından yapılmıştır. Burada şekil katsayısı, göğüs yüksekliğindeki çap değerini ağacın göğüs yüksekliği ile ağaç boyunun ortasındaki çap değerine oranlanarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Ağaç gövdesi üzerinde gövde şekil formlarının gösterilmesi

Ağaç formunu ortaya koyan uygun bir fonksiyonun belirlenmesinde değişik yaklaşımlar kullanılmıştır. Burada amaç herhangi bir yükseklikteki çapı bu matematiksel fonksiyonlar ile tahmin etmektir. Gövde profili modelleri kullanılarak gövde hacmi doğru bir şekilde tahmin edilebilir. Bu modeller aynı zamanda gövde bölümlerinin hacminin ve odun biyokütlesinin optimum şekilde ortaya konulmasında önemlidir.

Orman amenajman planlarının düzenlenmesinde, özellikle meşcere hacminin tahmin edilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Meşcere hacminin tahmin edilmesinde genellikle ağaç hacim denklemleri ve tabloları yöntemi daha çok tercih edilmektedir. Bununla birlikte ağaç hacim denklemleri, ağaç gövdelerinden üretilebilecek tomruk,

maden direği ve sanayi odunu gibi odun çeşitlerinin miktarları konusunda herhangi bir tahmin olanağı sunamamaktadırlar. Bu bakımdan, ağaçlardan elde edilebilecek odun çeşitlerine ilişkin tahminler yapabilecek ve böylece dikili satış yönteminin yoğun olarak kullanılması ve sürekli değişen Pazar koşullarının gerektirdiği gövde hacmine ilişkin ayrıntılı hacim tahminlerine imkân sağlayabilecek yöntemlere ihtiyaç bulunmaktadır (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Özçelik ve Alkan, 2011).

Tek ağaçların toprak seviyesinden gövde üzerindeki herhangi bir yükseklik ya da çapa kadar olan kısmına veya gövde üzerinde belirlenen herhangi iki yükseklik ya da çap değerleri arasında kalan bölümüne ilişkin ayrıntılı hacim tahminleri, gövde çapı ve gövde hacim denklemleri (Stem taper and volume equations) ile elde edilebilmektedir (Yavuz, 1995a; Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Özçelik, 2008). Özellikle gövde çapı ve gövde hacim modelleri ile elde edilebilecek bu tahminler ile (Kozak, 2004); (i) herhangi bir yükseklikteki gövde çapı, (ii) herhangi bir gövde çapının hangi yükseklikte olduğu, (iii) toplam gövde hacmi, (iv) ticari (satılabilir) gövde hacmi, (v) bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacmi, (vi) gövde üzerinde herhangi iki yükseklik arasındaki gövde bölümünün hacmi, (vii) gövde üzerinde herhangi iki çap arasındaki gövde bölümünün hacmi elde edilebilmektedir (Özçelik ve Alkan, 2012; Özçelik ve ark., 2012).

Ormancılıkta ağaçların gövde şekli üzerine ilk çalışma 1903 yılında Avrupa ladini ağaç türünde Hojer (1903) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmayı Sarıçam ağaç türünde Jonson (1910, 1911) ve Behre (1923)'nin yaptığı araştırma izlemiştir. İlk yapılan çalışmalarda ağaç gövdelerinin ticari olarak değerlendirilebilecek kısımlarının ortaya konulması üzerinde yoğunlaşmıştır ve ticari odun oranları basit matematiksel denklemlerle ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1960'lı yılların sonlarına doğru gövdenin ticari (satılabilir) bölümlerine ilişkin hacim değerlerini veren hacim oran denklemleri ile istatistiksel anlamda ilk gövde profili modelleri geliştirilmeye başlanmıştır (Honer, 1967; Burkhart, 1977; Cao ve ark., 1980; Clutter, 1980; Newnham, 1992). Bu modeller en basit gövde profili modelleri olup Basit-Tek Gövde Profili Modeli (Simple Taper Model) olarak adlandırılmaktadır. Farklı araştırmacılar tarafından pek çok Basit-Tek Gövde Profili Modeli geliştirilmiştir (Munro, 1966; Bruce ve ark., 1968; Kozak ve ark., 1969;

Bennet ve Swindel, 1972; Cervera, 1973; Demaerschalk, 1972, 1973; Ormerod, 1973; Goulding ve Murray, 1976; Bennet ve ark., 1978; Coffre, 1982; Biging, 1984; Reed ve Green, 1984; Newberry ve Burkhart, 1986; Real ve Moore, 1986; Forslund, 1990; Thomas ve Parresol, 1991; Allen, 1993; Jiménez ve ark., 1994; Fang ve Bailey, 1999; Sharma ve Oderwald, 2001; Benbrahim ve Gavaland, 2003). Bu modeller, göğüs çapı (D) ve ağaç boyunun (H) fonksiyonu olarak yerden belirli bir yükseklikteki (hi) gövde çaplarını (di) belirlemeye yarayan modeller biçiminde olup, gövdenin tamamı için ortalama bir şekil katsayısı değeri vermektedirler (Bruce ve ark., 1968; Kozak ve ark., 1969; Bennet ve Swindel, 1972).

Daha sonra gövde çaplarını daha doğru bir şekilde tahmin eden Parçalı Gövde Profili Modelleri (Segmented Taper Model) geliştirilmiştir. Gövdenin toprak seviyesine yakın olan bölümü nayloit, orta kısmı paraboloid ve üst kısmı ise koni biçiminde olduğu varsayılan bu modeller, ilk olarak Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilmiştir. Gövde modellerinin tamamı yerine bu şekil farklılıkları gösteren her bir bölüm için ayrı bir polinom oluşturan ve bu polinomları bir modelde birleştiren gövde çapı modelleri, istatistiksel olarak oldukça başarılı sonuçlar sunmuş ve bu model daha sonra pek çok araştırmacı tarafından da değişik ağaç türlerine ilişkin gövde çaplarının tahmine edilmesi amacıyla kullanılmıştır (Demaerschalk ve Kozak, 1977; Cao ve ark., 1980; Green ve Reed, 1985; Byrne ve Reed, 1986; Czuplewski ve McClure, 1988). Farklı araştırmacılar tarafından pek çok Parçalı Gövde Profili Modeli geliştirilmiştir (Cao ve ark., 1980; Valenti ve Cao, 1986; Parresol ve ark., 1987; Farrar, 1987; Clark ve ark., 1991; Fang ve ark., 2000; Jiang ve ark., 2005).

Parçalı Gövde Profili Modellerinden sonra Değişken-Şekil Gövde Çapı Modelleri (Variable Exponent Stem Profile Equation) kullanılarak gövde çapları ve gövde tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu modeller göğüs çapı ve ağaç boyu ile gövde eğrisinin değişim gösterdiği oransal boy değeri ve bunlardan türetilen pek çok bağımsız değişkenin fonksiyonu olarak oluşturulmuştur. Ağaç gövdesinin dipten uca doğru nayloid, paraboloid ve konik bir formda olduğunu varsayan bu modeller birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Kozak, 1988; Newnham, 1988; Perez ve ark., 1990). Bununla birlikte, bu modellerin gövde üzerindeki farklı şekillerin hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanamayıp, bir iterasyon ile hesaplanmasının gerekli olması gibi bazı

olumsuz yönleri de bulunmaktadır (Özçelik ve Alkan, 2011; Özçelik ve ark., 2012, Atalay, 2014). Birçok araştırmacı tarafından Değişken-Şekil Gövde Çapı Modeli geliştirilmiştir (Kozak, 1988, Perez ve ark., 1990; Newnham, 1992; Riemer, 1995; Muhairwe, 1999; Zakrzewski, 1999; Bi, 2000; Lee ve ark., 2003; Kozak, 2004).

Ülkemizde farklı araştırmacılar tarafından çeşitli gövde çapı modelleri geliştirilmiştir: Yavuz (1995b), Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam için kabuklu ve kabuksuz olarak gövde hacmi, hacim oran ve uyumlu gövde çapı denklemleri geliştirmiştir.

Yavuz ve Saraçoğlu (1999), Doğu Karadeniz Bölgesinde 510 örnek ağaçtan elde ettiği verilere bağlı olarak, Kızılağaç için uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri geliştirmiştir. Bu çalışmada yalnız gövde çaplarının modellenmesi durumunda Kozak tarafından geliştirilen modelin, gövde çapı, ağaç hacmi ve hacim oranlarının birlikte modellenmesi durumunda ise Max ve Burkhart tarafından geliştirilen modelin en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir.

Sakıcı (2002), Kastamonu yöresi için 114 adet örnek ağaçtan elde ettiği verileri kullanarak Uludağ Göknarı meşcerelerinde gövde profili hacim ve hacim oranı denklem sistemlerini geliştirmiştir. Verilerle en uyumlu sonuçların, Kozak (1988) tarafından geliştirilen Değişken- Exponent Gövde Profili Modeli, Perez ve ark. (1990) tarafından geliştirilen Değişken-Şekil Gövde Profili Modeli, Bruce ve ark. (1968) tarafından geliştirilen Uyumlu Gövde Profili Modeli ve Allen (1993) tarafından geliştirilen Ortalama Oransal Gövde Profili Modeli ile elde edildiğini belirlemiştir. Diğer taraftan, kontrol amacıyla oluşturulan bağımsız veri grubu için en iyi sonucu Allen (1993) tarafından geliştirilen modelin verdiğini saptamıştır.

Meydan-Aktürk (2006), Artvin Orman İşletme Müdürlüğünden elde edilen 160 adet örnek ağaç için trigonometrik gövde profil denklemini kullanarak Doğu Ladini için gövde profil denklemlerini oluşturmuştur. Bu çalışmada Bi (2000) tarafından geliştirilen hem ağaç türleri hem de bir ağacın değişik bölümleri arasındaki şekil farklılıkları tutarlı bir şekilde tahmin edebilen trigonometrik değişkenli üssel bir gövde profili denklemi kullanılmıştır.

Brooks ve ark. (2008), Mut ve Elmalı yörelerinde Kızılcım, Lübnan Sediri ve Toros Göknarı için toplam 359 adet örnek ağaç kullanılarak Max ve Burkhart tarafından geliştirilmiş Segmented Polinomiyal gövde çapı denklemleri ile uyumlu gövde hacmi ve gövde çapı denklemleri geliştirmiştir. Bu model ile gövde üzerinde değişik noktalarda yapılan çap tahminlerinde ortalama hata 2,2 cm'den ve hacim tahminlerinde 0.009 m³'den daha az bulunmuştur.

Sakıcı ve ark. (2008), Kastamonu yöresi için 114 adet örnek ağaçtan elde ettiği verileri kullanarak Uludağ Göknarı meşcerelerinde 31 farklı gövde profili hacim ve hacim oranı denklem sistemlerini (Basit Polinomiyal Gövde Profili Modeli, Parçalı Polinomiyal Gövde Profili Modeli ve Değişken-Form Gövde Profili Modeli) geliştirmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Basit Polinomiyal Gövde Profili Modellerinden Demaerschalk (1972), Parçalı Polinomiyal Gövde Profili Modellerinden Farrar (1987) ve Değişken-Form Gövde Profili Modellerinden ise Kozak (2004) modeli en iyi sonucu verdiğini belirlemiştir.

Özçelik (2010), Erzincan Yöresinde yayılış gösteren Sarıçam meşcerelerinden alınan 100 adet örnek ağaç verileri kullanılarak Jiang (2004)'in gövde çapı ve gövde hacim denklemi ile uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirmiştir. Gövde üzerinde değişik noktalarda yapılan çap tahminlerinde ortalama hata 1,5 cm'den ve hacim tahminlerinde 0.005 m³'den daha az bulunmuştur.

Özçelik ve Alkan (2011), Tarsus-Karabucak Ökalyptus ağaçlandırmalarından aldıkları 79 adet örnek ağaç verisine bağlı olarak Max ve Burkhart (1976) ile Thomas ve Parresol (1991)'un denklemlerini kullanarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modellerini geliştirmiştir. Bu model ile gövde üzerinde değişik noktalarda yapılan çap tahminlerinde ortalama hata 1,5 cm'den ve hacim tahminlerinde 0.005 m³'den daha az bulunmuştur.

Özçelik ve ark. (2011), Bucak Orman işletme Müdürlüğünden 138'si Kızılcım, 129'u Toros Sediri ve 204'ü Göknar olmak üzere toplam 471 adet örnek ağaç verisi kullanılarak Max ve Burkhart (1976), tarafından geliştirilen segmented polinomiyal denklemi ile gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirmiştir.

Özçelik ve Brooks (2012), Isparta Orman bölge müdürlüğünden elde ettiği 248 adet Kızılcım, 124 adet Toros Sedir, 196 adet Toros Göknaı ve 162 adet Karaçım ağacı ve Erzurum Orman Bölge Müdürlüğünden elde ettiği 95 adet Sarıçım ağacı olmak üzere toplam 825 örnek ağaç için Clark ve ark. (1991) ve Max ve Burkhart (1976)'ın segmented gövde çapı denklemlerini kullanarak uyumlu gövde hacim modelleri geliştirmiştir. Clark modeli ile gövde üzerinde değişik noktalarda yapılan çap tahminlerinde ortalama hata Kızılcım için 0.25 cm, Sedir için 0.14 cm, Göknaı için 0.17 cm, sarıçım için 0.12 cm ve Karaçım için -0.17 cm iken hacim tahminlerinde ise sırasıyla 0.0005 m³, 0.0003 m³, 0.0001 m³, 0.0004 m³, 0.0002 m³ olarak hesaplanmıştır. Max ve Burkhart modeli ile çap ve hacim tahminlerinde yapılan ortalama hata değerleri daha yüksek çıkmıştır (Ortalama hata değerleri Kızılcım, Sedir, Göknaı, sarıçım ve Karaçım için çap tahminlerinde sırasıyla 0.45 cm, 0.37 cm, 0.57 cm, 0.34 cm, 0.04 cm iken hacim tahminlerinde ise sırasıyla 0.0011 m³, 0.0009 m³, 0.0012 m³, 0.0008 m³, 0.0002 m³).

Özçelik ve ark. (2012), Bucak-Uğurlu işletme şefliğinden elde ettiği 100 adet Kızılcım örnek ağacı verisini kullanarak Max ve Burkhart (1976) ve Parresol ve ark. (1987) denklemleri ile uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri geliştirmiştir. Bu model ile gövde üzerinde değişik noktalarda yapılan çap tahminlerinde ortalama hata 2.3 cm'den ve hacim tahminlerinde 0.008 m³'den daha az bulunmuştur.

Bal (2012), tepe tacı değişkenlerinin gövde çapı modellerine eklenmesi ile çap ve hacim tahminlerinde bir iyileşme olup olmadığını araştırmıştır. Bu amaçla Konya Orman Bölge Müdürlüğü Beyşehir Orman İşletme Müdürlüğü karaçım meşcereleri için doğrusal ve doğrusal olmayan tepe tacı fonksiyonları, Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve gövde hacim modeline eklenmiştir. 70 ağaçta yapılan bu çalışmada kullanılan ölçüt değerleri bakımından kabuklu ve kabuksuz çap ve hacim tahminleri için tepe tacı değişkenlerinin eklenmesi ile daha iyi sonuçların elde edildiği görölmüştür.

şahin (2012), Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğünde aldığı 103 adet Karaçım örnek ağacı verisi ile Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Clark ve ark. (1991)'ın gövde çapı denklemleri ile gövde çapı ve gövde hacmi modelleri

geliştirmiştir. Çap tahminlerindeki hata 2.08 cm'den, gövde hacmindeki hatalarda 0.01 m³'den daha az bulunmuştur.

Ercanlı ve Kahriman (2013), Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini ve Sarıçam karışık meşcerelerinden alınan 306 adet örnek ağaç verisi ile Parçalı Polinomiyal Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemi geliştirilmiştir. Ayrıca, modellerin oluşturulmasında veri kaynağı olarak kullanılan gövde üzerindeki çap ölçümlerindeki bağımlılığa (seri korelasyon) bir çözüm olarak Karışık Etkili Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi yöntemi kullanılmıştır. Doğu Ladinine ilişkin b_1 ve b_2 rasgele parametre olarak içeren modelin belirtme katsayısı 0.976 olarak bulunmuşken, Sarıçam ağacına ilişkin b_1 ve b_3 rasgele parametre olarak içeren modelin belirtme katsayısı 0.969 olarak elde edilmiştir.

Atalay (2014), Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Mudurnu Orman İşletme Müdürlüğü, Sırçalı Orman İşletme Şefliği'nde yayılış gösteren Karaçam ağaçları için Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Jiang ve ark. (2005) denklemleri kullanılarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri geliştirilmiş ve bu denklemlerin başarı durumları karşılaştırılmıştır. Çeşitli istatistiksel başarı ölçütleri ile yapılan karşılaştırmada, Jiang ve ark. (2005) denklemi % 94.44'lük model açıklayıcılığı ile ağaçların gövde çapı gelişimlerini modellemede en başarılı denklem olarak belirlenmiştir.

Ercanlı vd., (2014), Adana-Feke Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin karışık etkili modelleme ile geliştirilmesinde bazı varyans yapılarını karşılaştırmışlardır. Ağaçların gövde çapı değişimini modellemek üzere, Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelini kullanmışlardır. Karşılaştırılan farklı varyans yapılarından, b_1 , b_2 , b_3 ve b_4 parametrelerini rasgele olarak içeren ve AR(1) varyans yapısını kullanan modelleme tekniği ile en iyi tahmin sonuçları elde edilmiştir.

Kurt (2014), Mersin-Tarsus-Buladan ve Cehennemdere Orman İşletme Şefliği'nde yayılış gösteren Anadolu Karaçamı ağaçları için Max and Burkhart (1976), Parresol et al. (1987) ve Jiang et al. (2005) gövde çapı ve gövde hacim denklemleri kullanılarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmiş ve bu

denklemlerin başarı durumları karşılaştırılmıştır. Çeşitli istatistiki başarı ölçütleri ile yapılan karşılaştırmada, Jiang ve ark. (2005) denklemi % 98.43'lük model açıklayıcılığı ile ağaçların gövde çapı gelişimlerini modellemede en başarılı denklem olarak belirlenmiştir. Ayrıca geliştirilen tek girişli ağaç hacim denklemi ile hacimdeki değişimin % 91.8'i açıklanabilirken, çift girişli denklem ile % 98.1'ni açıklanmaktadır.

Karaer (2015), Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü'nün Yukarı Gökdere ve Merkez Orman İşletme Şefliklerinde aldığı 132 kızılçam ve 121 karaçam ağacı verisi ile Lee vd, (2003), Sharma ve Zhang (2004) ve Kozak (2004)'ın gövde çapı denklemleri ile gövde çapı modelleri geliştirmiştir. Modeller arasında gövde çapı ve ticari boy tahminlerinde en başarılı model Kozak (2004) tarafından geliştirilen model olduğu, ticari hacim tahminleri için en başarılı model her iki ağaç türü için de Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen model olduğu ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü'nde yayılış gösteren Kızılçam ağaçları için ayrıntılı hacim tahminlerine imkân tanıyan uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi, geliştirilecek uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri ile çalışma alanı için geçerli olabilecek çift girişli ağaç hacim denklemleri ve tablolarının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Bu çalışmada, araştırma materyali olarak “Antalya ve Mersin Yöresi Saf Kızılcım Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları” adlı ve “1120808” nolu TÜBİTAK Projesi verilerinin bir kısmı kullanılmıştır. Bu bağlamda, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan eşityaşlı ve saf Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinden kesilen 216 adet örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır. Örnek alanların Orman İşletme Şeflikleri bazında dağılımı Tablo 1’de verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Şeflik bazında örnek ağaç sayıları

Orman İşletme Müdürlüğü	Örnek Ağaç Sayısı	Orman İşletme Şefliği	Örnek Ağaç Sayısı
Akseki	10	Akseki	4
		Cevizli	6
Alanya	14	Demirtaş	5
		Güzelbağ	9
Antalya	38	Doyran	12
		Döşemealtı	14
		Düzlerçamı	11
		Kasaba	1
Finike	16	Pınarcık	16
Gazipaşa	12	Doğanca	6
		Gazipaşa	6
Gündoğmuş	3	Gündoğmuş	3
Kaş	22	Gürsu	8
		Kasaba	14
Korkuteli	7	Hacıbekir	7
Kumluca	22	Kumluca	22
Manavgat	19	Şelale	11
		Yaylaalan	8
Serik	30	Akbaş	5
		Gebiz	6
		Pınargözü	7
		Yeşilvadi	12
Taşağıl	23	Cerle	5
		Kapan	11
		Karabük	4
		Sağırın	3
Genel Toplam	216	Genel Toplam	216

Yaş Sınıfı: Kızılçamda yaş sınıfları 10 yıllık olarak düzenlenmektedir. Kızılçamın idare süresi günümüzde üretim amaçlı meşcerelerde 60-80, koruma fonksiyonu amaçlı meşcerelerde 100 yıl olarak alınmaktadır. Bu nedenle örnek alanlar alınırken yaş sınıfları; 0-10 (I. YS), 11-20 (II. YS), 21-30 (III. YS), 31-40 (IV. YS), 41-50 (V. YS), 51-60 (VI. YS), 61-80 (VII. YS), 81-100 (VIII. YS) ve > 100 yıl (IX. YS) olacak şekilde (9 yaş sınıfı) seçilmiştir. Ancak bu çalışma kapsamında I. Yaş Sınıfındaki ağaçların boyları kısa olduğundan dikkate alınmamıştır. Burada yaş sınıfları 60 yaşına kadar 10'arlı, 61-100 yaş arasında ise 20 yıl olarak alınmıştır.

Bonitet: Alemdağ (1962), Kızılçam Hasılat Tablosu düzenlerken 3 bonitet sınıfını esas almıştır. Halen uygulamada kullanılan bonitet sınıfı sayısı da 3'tür. Bu çalışmada da kısa idare süresinde üretimi yapılan Kızılçam için 3 bonitet sınıfı esas alınmıştır.

Sıklık derecesi: Sıklık ölçütünün arazi öncesinde belirlenmesi zor olduğundan ülkemiz ormanlarını planlarken kullandığımız kapalılık sınıfları sıklık ölçütü olarak kullanılmıştır. Orman amenajman planlamada meşcereler kapalılık derecesine göre; seyrek, orta ve tam kapalı olmak üzere 3 çeşittir. Bu çalışmada da sıklık derecesi, kapalılığa uygun olacak şekilde 3 gruba ayrılmıştır. 0.10-0.40 kapalılık oranına sahip meşcereler 1. grup sıklık derecesinde; 0.41-0.70 kapalılık oranına sahip meşcereler 2. Grup sıklık derecesinde ve ≥ 0.71 kapalılık oranına sahip meşcereler ise 3. grup sıklık derecesinde kabul edilmiştir. Örnek alanlar bu gruplar içerisinde seçilmiştir. Örnek alanların yaş sınıfı, bonitet sınıfı ve kapalılık derecelerine göre dağılımı Tablo 2'de verilmiştir.

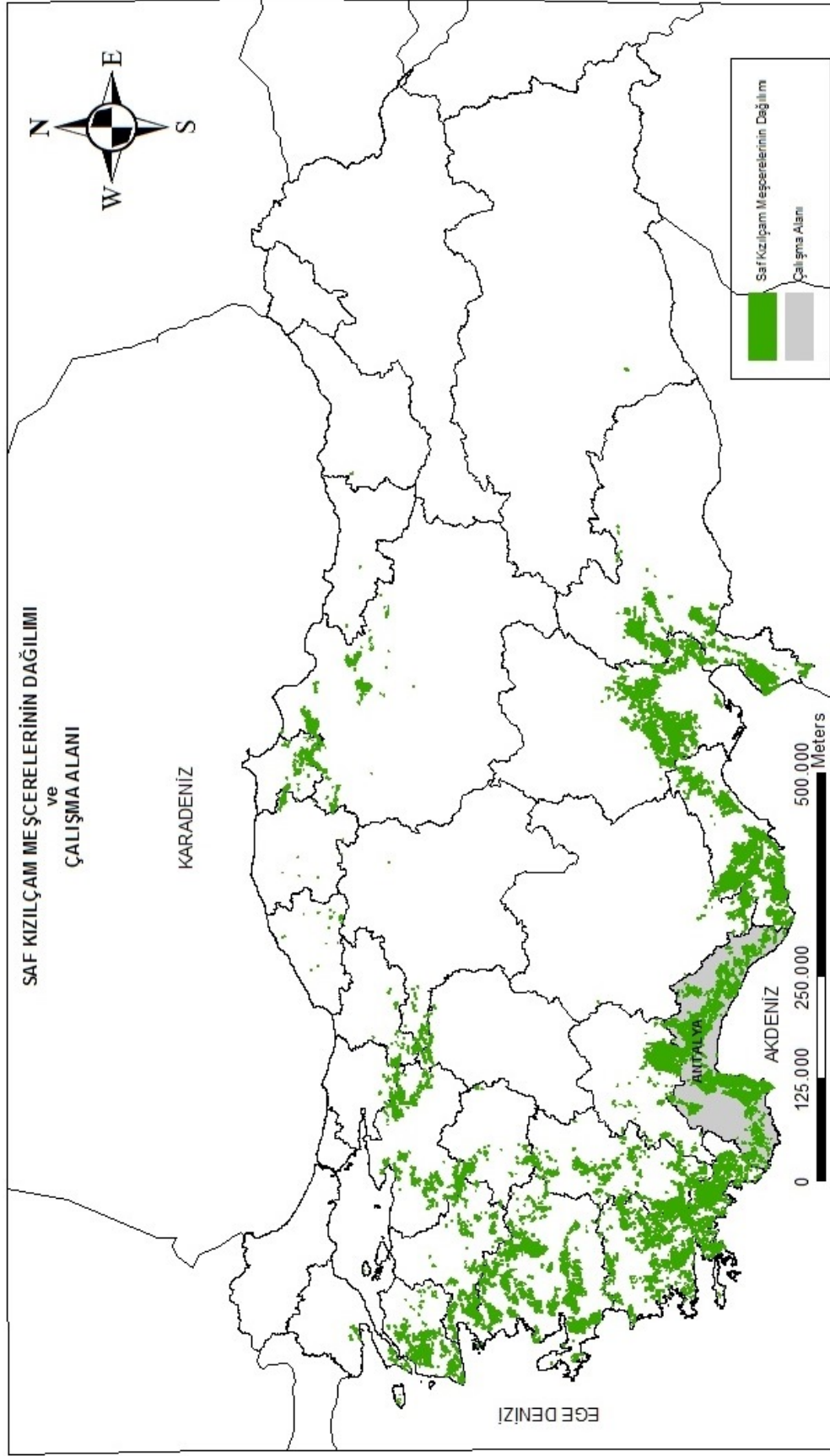
Çalışma kapsamında kesilen örnek ağaçlar proje kapsamında alınan örnek alanların göğüs yüzeyi orta ağacını temsil eden ağaçlardan seçilmiştir. Örnek ağaçların kesildiği bu örnek alanların seçiminde de Antalya Bölge Müdürlüğü kapsamındaki meşcerelerin yaş sınıfı, bonitet sınıfı ve kapalılık derecelerine göre dağılımı dikkate alınmıştır. Özellikle bu çalışma kapsamında, elde edilen 216 adet ağaç, çalışma alanında gözlemlenen hacim gelişimindeki değişkenliği en iyi bir şekilde temsil edecek özelliklere sahip olmasına dikkat edilerek seçilmiştir. Özellikle alınan örnek ağaçların; kusurlu (tepe kırıklığı, çatalılık, kurumuş) ve bozuk tepeli olmamasına, böcek tahribatına uğramamış, mantar zararı ve özellikle çeşitli nedenlerle yaralanıp dip çürüklüğü olmayan bir özellik taşımasına özen gösterilmiştir.

Tablo 2. Ölçüm yapılan örnek alanların çeşitli meşcere özellikleri itibariyle dağılımı

Yaş Sınıfı	Bonitet Sınıfı												Genel Toplam
	1			Toplam	2			Toplam	3			Toplam	
	Kapalılık				Kapalılık				Kapalılık				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
2	3	3	3	9	3	3	3	9	3	3	3	9	27
3	3	3	3	9	3	3	3	9	3	3	3	9	27
4	3	3	3	9	3	3	3	9	3	3	3	9	27
5	3	3	3	9	3	3	3	9	3	2	3	8	27
6	3	3	3	9	3	3	3	9	3	4	3	10	27
7	3	3	3	9	3	3	3	9	3	3	3	9	27
8	3	3	3	9	3	3	3	9	3	3	3	9	27
9	3	3	3	9	3	3	3	9	3	3	3	9	27
Toplam	24	24	24	72	24	24	24	72	24	24	24	72	216

Antalya Türkiye'nin güneybatısında 29°20'-32°35° doğu boylamları ile 36°07'-37°29' kuzey enlemleri arasında kalmaktadır. Güneyinde, Akdeniz, kuzeyinde denize paralel uzanan Toroslar, doğusunda Mersin, Konya, Karaman, kuzeyinde Isparta, Burdur batısında ise Muğla yer bulunmaktadır. Şehrin 1.164.425 (%55) hektarı ormanlık alan, 946.572 (%45) hektarı açık alanlardan oluşmaktadır. Ormanlık alanın 641.837 hektarı verimli orman, 522.588 hektarı bozuk ormandır. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü ülkemiz ormanlarının %5,4' ünü oluşturmaktadır.

Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.)'ın yayılış alanı, artım ve büyüme özellikleri, yarattığı ekonomik değer dolayısıyla ülkemizin en önemli asli orman ağacı türlerinden biri olmasından dolayı araştırmaya konu ağaç türü olarak seçilmiştir. Kızılcım meşcerelerinin Antalya sınırları içerisinde kapladığı 430279,1 ha'lık alan ile Kızılcım meşcerelerinin ülkemizdeki yayılışının yaklaşık %8'ini temsil etmesinden dolayı çalışma alanı olarak Antalya seçilmiştir. Kızılcım'ın ülkemizdeki yayılış alanı ve çalışma alanına ilişkin şekil Şekil 2'de verilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Saf Kızılçam Meşçerelerinin Dağılımı ve Çalışma Alanı

Örnek ağaçların alındığı meşcerelere ve ağaç üzerinde yapılan ölçümlere ilişkin genel görünümler Şekil 3-6'da verilmiştir.



Şekil 3. Kızılcım meşceresinden genel bir görünüm



Şekil 4. Kızılcım meşceresinde yapılan ölçümlerden genel bir görünüm



Şekil 5. Kızılçam meşceresinde yapılan ölçümlerden genel bir görünüm



Şekil 6. Kızılçam meşceresinde yapılan ölçümlerden genel bir görünüm

Çalışma kapsamındaki örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0.3 m) kesilerek, ilk olarak dip kütük çapları (0,30) ölçülmüş, sonra göğüs yüksekliği çağı (1,30) ölçülmüş ve daha sonrada sırasıyla 2.3, 3.3, 4.3, ... metrelerde 1'er metre ara ile mümkün olduğunca düzenli bir şekilde çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ağaçların toplam boy değerleri de çelik şerit metre ile ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan bu 216 adet örnek ağaçta, toplam 3448 adet çap ölçümü yapılmıştır. Bu

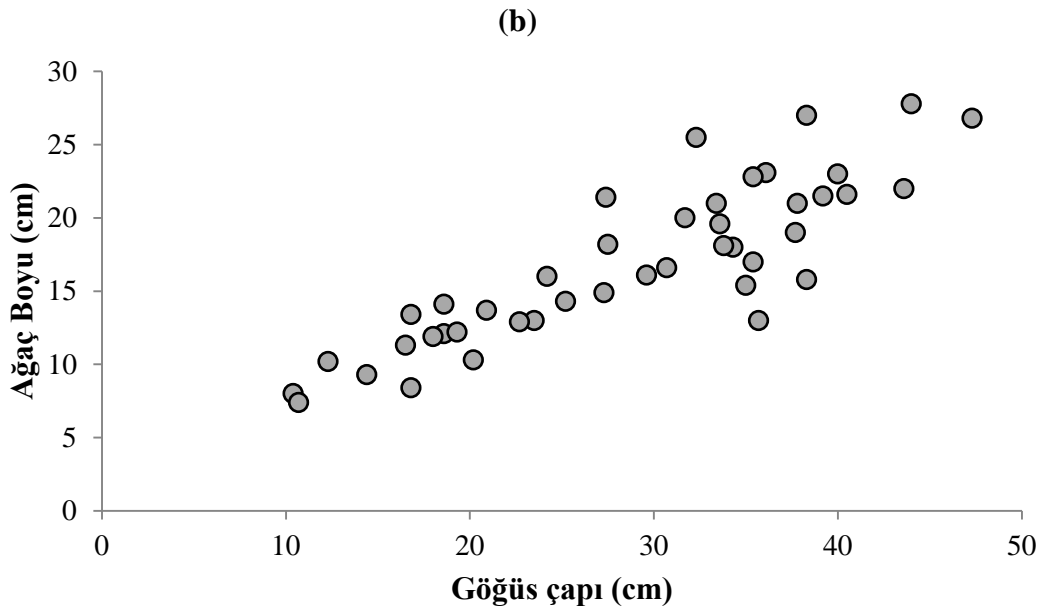
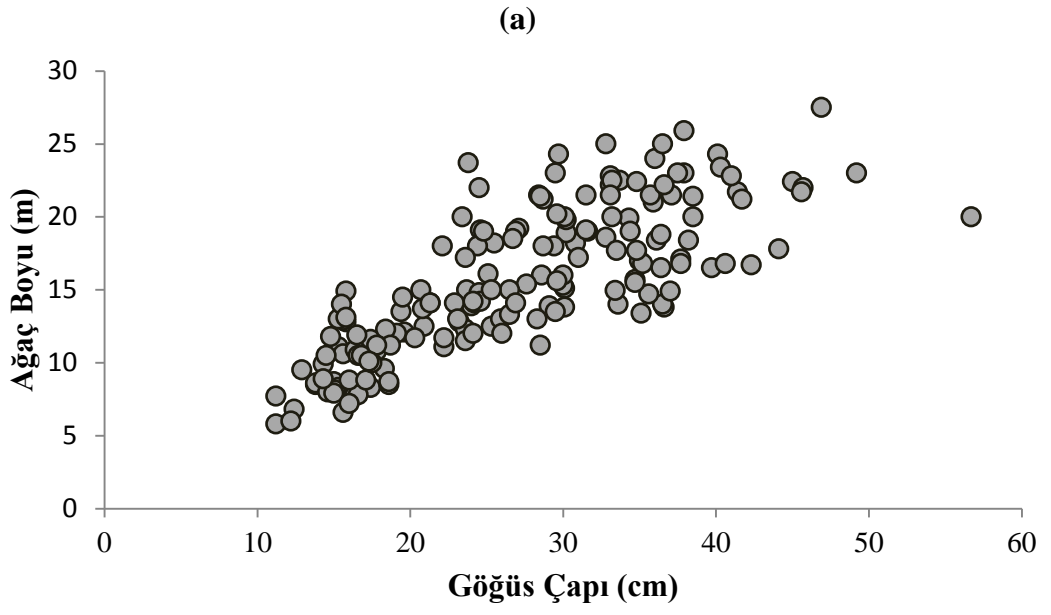
ölçümler yapılırken, eğer ağaç gövdesi daire biçimli olmayıp bozuk şekilli ise; gövde kesitine dik iki yönde çap ölçümü alınıp, iki ölçümün ortalaması alınmıştır.

Tablo 3. Modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı

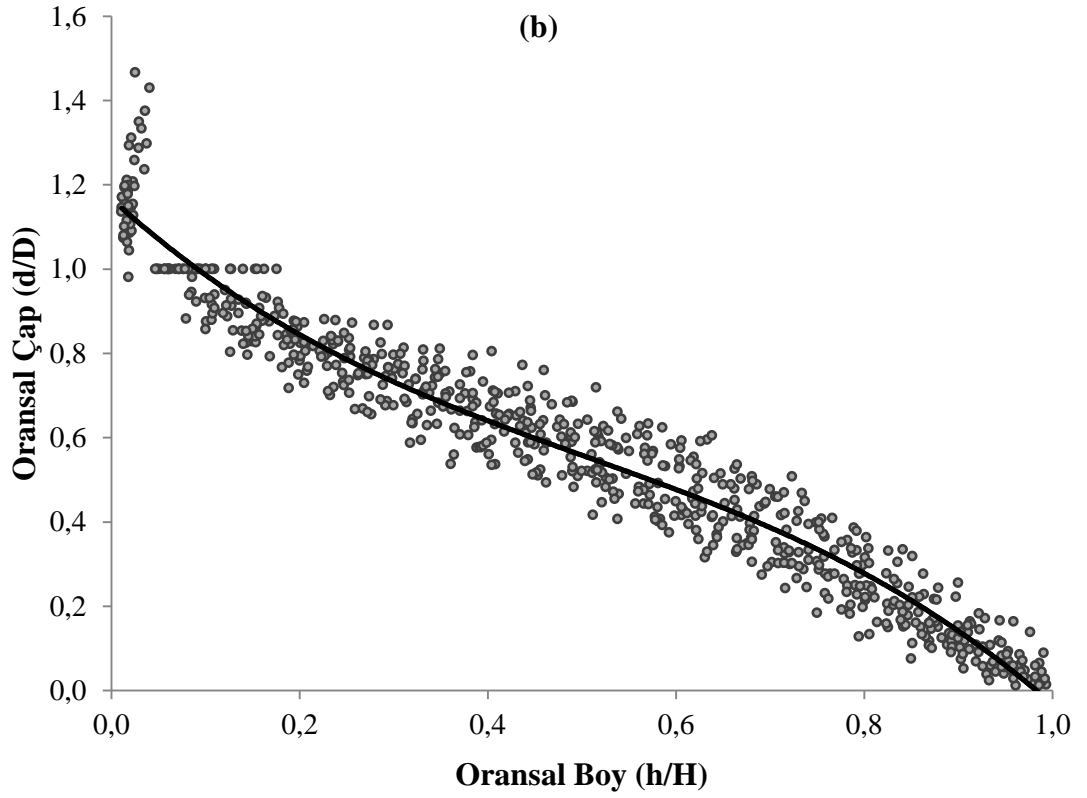
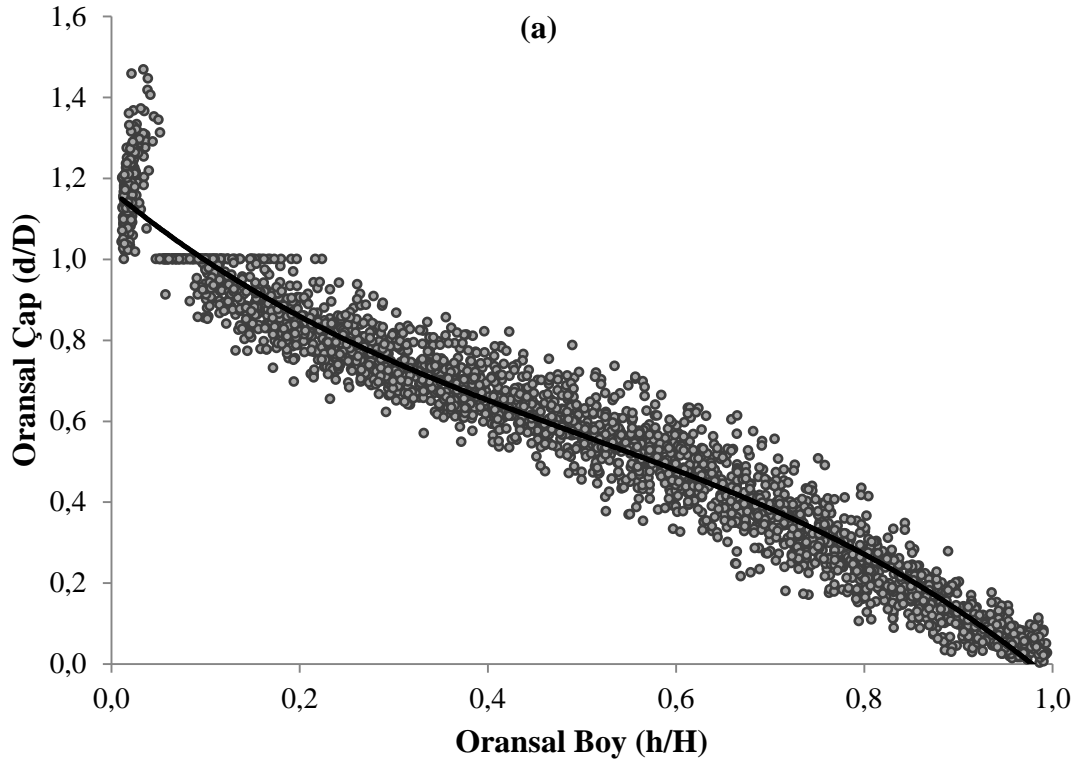
Çaplar (cm)	Boylar (m)											Σ	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26		28
12	3	3(2)	1(1)										7(3)
16	1	11(1)	9(1)	8(1)	4(1)								33(4)
20		2	1(1)	7(3)	5(2)	1							16(6)
24				7(1)	8(2)	3(1)	4	3	1	1			27(4)
28				2	5(1)	4(1)	3(1)	3	3(1)	2			22(4)
32					3	3(1)	5(1)	5(2)	6(1)		1(1)		23(6)
36					5(1)	5(1)	5(2)	2(1)	5(2)	3(1)	2		27(8)
40						2(1)	1	1	4(2)	2(1)			10(4)
44						1	1		3(1)				5(1)
48										1		1(1)	2(1)
56											1		1
Σ	4	16(3)	11(3)	24(5)	30(7)	19(5)	19(4)	14(3)	22(7)	9(2)	4(1)	1(1)	173(43)

*parantez içindeki değerler, modellerin denetiminde kullanılan verilerdir

Çalışmada kullanılan veriler; ağaç hacim fonksiyonlarının parametrelerinin tahmininde ve bu fonksiyonların meşçereye uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler olmak üzere rastgele iki gruba ayrılmıştır. I. grupta, toplam verinin yaklaşık % 80'i (n=173), II. grupta ise yaklaşık % 20'si (n=43) bulunmaktadır. Tablo 3'de I. ve II. grupta bulunan verilerin, dörder cm'lik çap ve ikişer m'lik boy basamaklarına dağılımı verilmiştir. Şekil 7'de, gövde çapı denkleminin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan veri gruplarına ilişkin göğüs çapı-boy ilişkisi verilmiştir. Şekil 8.'de ise, farklı gövde yüksekliklerinde ölçülen çap değerlerinin göğüs çapına oranı şeklinde hesaplanan oransal çapların, ölçüm yüksekliğinin ağaçların boyuna oranı şeklinde hesaplanan oransal boy değerlerine dağılımı verilmiştir.

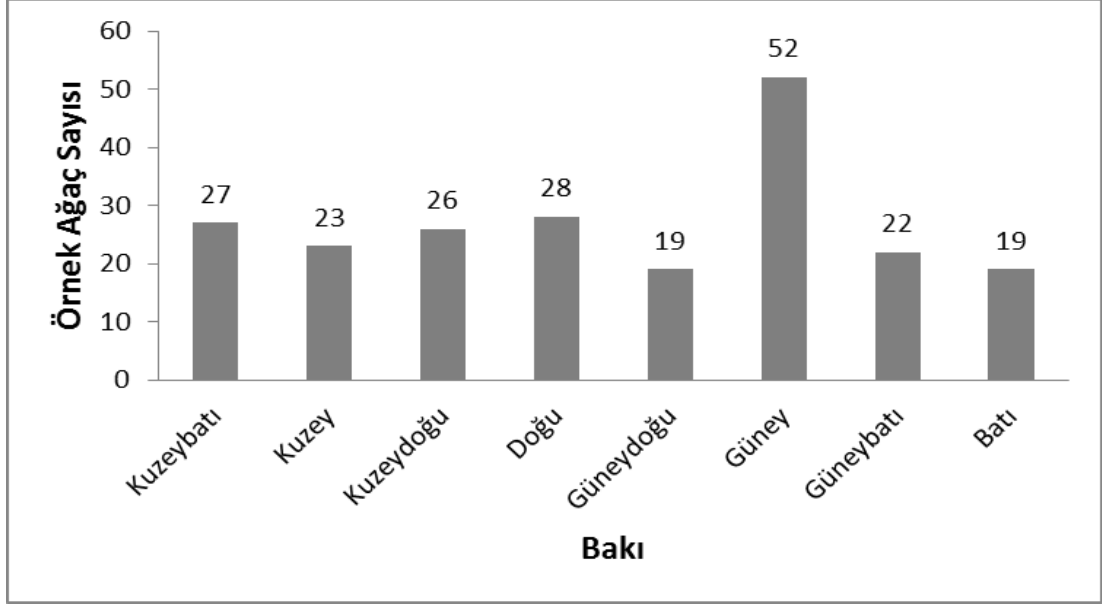


Şekil 7. Modellerin oluşturulmasında (a) ve denetiminde (b) kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi



Şekil 8. Modellerin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (I.) kullanılan verilerin oransal çap değerlerinin oransal boy değerlerine dağılımı

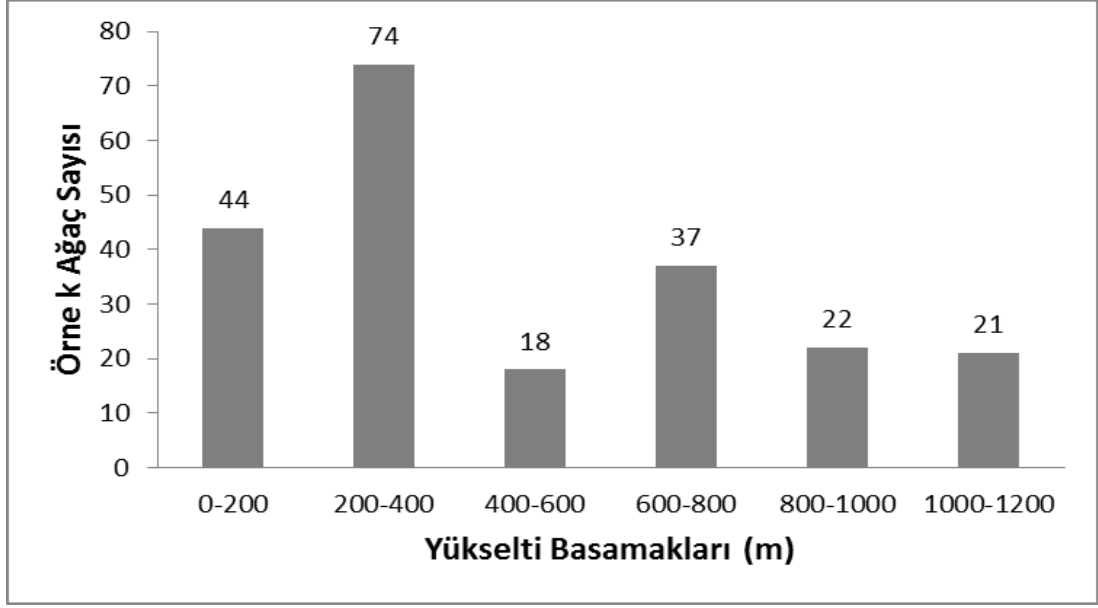
Bu proje çalışmasında, örnek ağaçların alındığı meşcerelere ait fizyografik faktörlerden bakı, yükseklik ve arazi eğimi gibi önemli özel mevki koşullarına yönelik ölçüm ve tespitler yapılmıştır.



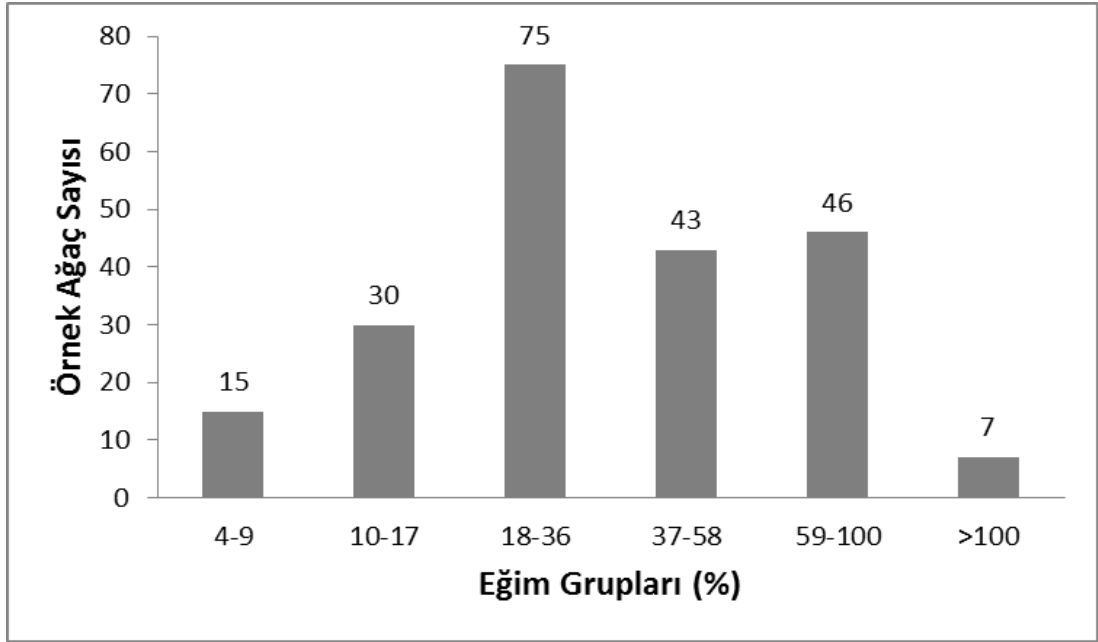
Şekil 9. Örnek ağaçların bakı gruplarına dağılımları

Örnek ağaçların 27'si kuzeybatı, 23'ü kuzey, 26'sı kuzeydoğu ve 28'i doğu bakı olmak üzere 104'ü gölgeli bakılarda ve 19'u güneydoğu, 52'i güney, 22'si güneybatı ve 19'u batı bakı olmak üzere 112'sinin ise güneşli bakılarda yer aldıkları görülmektedir (Şekil 9). Diğer taraftan örnek ağaçların 4 ana bakıya dağılımları incelendiğinde, 54'ünün kuzey, 73'ünün güney, 50'sinin doğu ve 39'unun ise batı bakıda yer almaktadır.

Denizden yükseklik, bir yerin iklimi, toprak özellikleri ve vejetasyon yapısı üzerinde etkili olan bir faktördür. Örnek ağaçların denizden yükseklikleri incelendiğinde (Şekil 10); 216 örnek ağaçtan 44'ünün 0-200 m, 74'ünün 200-400 m, 18'inin 400-600 m, 37'sinin 600-800 m, 22'sinin 800-1000 m ve 21'inin ise 1000-1200 m yüksekliğe sahip oldukları görülecektir ($X=479.7m$).



Şekil 10. Örnek ağaçların yükselti basamaklarına dağılımları



Şekil 11. Örnek ağaçların eğim gruplarına dağılımları

Arazi eğimi, bir yerin lokal iklimi ve toprak özellikleri ile araziden yararlanma şekilleri üzerinde etkili olan bir faktördür. Genel olarak yetişme ortamı verimliliği, çok eğimli yerlerde düşük, az eğimli yerlerde ise yüksektir (Çepel, 1995; Kantarcı, 2000). Örnek ağaçlara ilişkin eğim değerleri incelendiğinde; 216 örnek ağaçtan 15'inin az eğimli (% 4-9), 30'unun orta eğimli (% 10-17), 75'inin çok eğimli (% 18-36), 43'ünün dik (% 37-58), 46'sının sarp (% 59-100) ve 7'sinin ise pek sarp (% >100) arazilerde yer aldıkları görülecektir ($\bar{X}=\% 40,1$)(Şekil 11).

2.2. Metod

Reed ve Green (1984),Gövde Profili Modellerini hacim denklemlerine uygunluğuna göre Uyumsuz Gövde Profili Modelleri (Compatible Stem Profile Models) ve Uyumlu Gövde Profili Modelleri (Noncompatible Stem Profile Models) olmak üzere ikiye ayırmıştır. Gövde profili modelleri ile gövde üzerindeki herhangi bir yükseklikteki veya herhangi iki yükseklik arasındaki gövde çapları hesaplanabilmektedir. Gövde üzerinde istenen yüksekliklerdeki çaplar hesaplandıktan sonra, gövdenin bu bölümünün ya da diğer bölümlerinin hacmi Orta Yüzey, Smalian veya Newton-Riecke gibi sayısal yöntemlerle belirlenebilmektedir. Sözü edilen sayısal modellerden bir ağaç hacmi denklemi üretilemeyip, hacim hesapları tahmin edilen çap değerleri üzerinden yapılıyorsa bu modellere “Uyumsuz Gövde Profili Modelleri (Noncompatible Stem Profile Models)” adı verilmektedir (Yavuz, 1995a). Bir gövde profili denkleminin toprak seviyesi ile uç nokta arasında, $0 \leq h \leq H$, integrali alındığında elde edilen hacim miktarının, ağaç hacim denklemi ile hesaplanan gövde hacmine, toprak seviyesi ile gövdenin belirli yükseklikleri (h_i) arasında integrali alındığında elde edilen hacim miktarının da hacim oran denklemleri ile hesaplanan hacme eşit olması durumunda, bu tür gövde profili modellerine “Uyumlu Gövde Profili Modelleri (Compatible Stem Profile Models)” adı verilmektedir (Yavuz, 1995a).

Thomas ve Parresol, 1991; Muhairwe ve ark. 1994 ve Sharma ve Oderwald, 2001 fonksiyon formlarını dikkate alarak Gövde Profili Modellerini değişik şekilde sınıflara ayırmışlardır. Sharma ve Oderwald (2001), Polinomiyeler, Segmented Polinomiyeler, Hacim Oran Fonksiyonları, Değişken-Şekil Fonksiyonları, Uyumlu Hacim-Çap Fonksiyonları olmak üzere Gövde Profili Modellerini beş sınıfa ayırmıştır. Fang ve Bailey (1999) ise Deneysel (Empirical) yaklaşımla oluşturulan fonksiyonlar, Geometrik yaklaşımla oluşturulan fonksiyonlar olmak üzere Gövde Profili Modellerini iki sınıfa ayırmıştır. Bununla birlikte basit ve kolay anlaşılabilir şekilde Gövde Profili Modelleri, Tek-Basit Gövde Profili Modelleri, Parçalı Gövde Profili Modelleri ve Değişken-Şekil Gövde Profili Modelleri olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir (Diéguez – Aranda, 2006).

Yüz yılı aşkın bir zamandır pek çok formda gövde çapı modeli geliştirilmiştir (Max ve Burkhart, 1976; Cao ve ark. 1980; Clark ve ark. 1991; Kozak, 2004). Basit olarak nitelendirebileceğimiz gövde çapı modelleri ağacın genel çap düşüşünü oldukça başarılı olarak tanımlayabilseler de; tüm gövde profilini tanımlamakta başarısız olmuşlardır (Kozak, 1977; Kozak, 1988; Newnham, 1992). Bazı denklemler gövde profilinin ortasını tanımlamakta başarılı iken, bu denklemler tepeye yakın veya dibe yakın seksiyonlarının tanımlanmasında yetersiz kalmaktadır (Max ve Burkhart, 1976; Fang ve ark. 2000). Parçalı gövde çapı modelleri (Segmented Polynomial Taper Equations) ise ağaç gövdesini parçalara ayırarak ve her parçayı ayrı ayrı tanımlaması nedeniyle, tüm gövde profilini gerçeğe en yakın şekilde tahmin edebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında diğer çalışmalarda da yaygın bir kullanımı olan üç adedi Basit Gövde Profili Modeli (Bruce ve ark., 1968; Demaerschalk, 1972, 1973) ve dört adedi Parçalı Gövde Profili Modeli (Max ve Burkhart, 1976; Cao ve ark., 1980; Parresol ve ark., 1987; Jiang ve ark., 2005) olmak üzere yedi adet gövde çapı ve gövde hacim modeli kullanılmıştır. Kullanılacak modellerin tümü Uyumlu Gövde Profili Modelleridir. Çalışmada kullanılacak 7 farklı gövde çapı ve gövde hacim modeline ilişkin denklemler aşağıda verilmiştir.

Model 1 (Demaerschalk, 1972)

Gövde Çapı Modeli;

$$d = b_1 D^{b_2} (H - h)^{b_3} H^{b_4} \quad (1)$$

Gövde Hacim Modeli;

$$TV = a_1 D^{a_2} H^{a_3} \quad a_1 = (kb_1^2)/(2b_3 + 1) \quad a_2 = 2b_2 \quad a_3 = 2b_3 + 1 - 2b_4 \quad (2)$$

Bu denklemde;

H = Toplam ağaç boyu (m),

D = Kabuklu göğüs çapı (cm),

h = Ölçüm noktasının yerden yüksekliği (m),

d = h yüksekliğindeki kabuklu göğüs çapı (cm),

b₁, b₂, b₃, b₄ = regresyon katsayılarını,

a_1, a_2, a_3 = hacim denkleminin katsayılarını,

k = çapın kesit yüzeyine çevrilmesi için kullanılan sabit bir katsayısı (0.0000785) göstermektedir.

Model 2 (Demaerschalk, 1973)

Gövde Çapı Modeli;

$$d^2 = b_1 D^2 [(H - h)^{b_2} / (b_3 H^{b_2+1} + b_4 H^{b_2})] \quad (3)$$

Gövde Hacim Modeli;

$$TV = D^2 / (a_1 + a_2 / H) \quad a_1 = [(b_2 + 1)b_3] / (kb_1) \quad a_2 = [(b_2 + 1)b_4] / (kb_1) \quad (4)$$

Model 3 (Bruce ve ark., 1968)

Gövde Çapı Modeli;

$$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = \left(\frac{b_1 X^{1,5}}{10}\right) + \left(\frac{b_2 (X^{1,5} - X^3) D}{10^2}\right) + \left(\frac{b_3 (X^{1,5} - X^3) H}{10^3}\right) + \left(\frac{b_4 (X^{1,5} - X^{32}) HD}{10^5}\right) + \left(\frac{b_5 (X^{1,5} - X^{32}) \sqrt{H}}{10^3}\right) + \left(\frac{b_6 (X^{1,5} - X^{40}) H^2}{10^6}\right) \quad (5)$$

Burada ; $X = (H - h) / (H - 1,3)$

Gövde Hacim Modeli;

$$V = \beta D^2 H \quad \beta = k(E_1 H^{1,5} - E_2 H^3 - E_3 H^{32} - E_4 H^{40}) \quad (6)$$

$$E_1 = \frac{b_1 10^{-1} + b_2 D 10^{-2} b_3 H 10^{-3} + b_4 HD 10^{-5} + b_5 H^{0,5} 10^{-3} + b_6 H^2 10^{-6}}{2,5(H - 1,3)^{1,5}}$$

$$E_2 = \frac{b_2 D 10^{-2} + b_3 H 10^{-3}}{4(H - 1,3)^3} \quad E_3 = \frac{b_4 HD 10^{-5} + b_5 H^{0,5} 10^{-3}}{33(H - 1,3)^{32}} \quad E_4 = \frac{b_6 H^2 10^{-6}}{41(H - 1,3)^{40}}$$

Bu denklemde;

$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ = regresyon katsayılarını göstermektedir.

Model 4 (Max ve Burkhardt, 1976)

Gövde Çapı Modeli;

$$\frac{d^2}{D^2} = [b_1(Z - 1) + b_2((Z)^2 - 1) + b_3(a_1 - Z)^2 I_1 + b_4(a_2 - Z)^2 I_2] \quad (7)$$

Burada; $Z = \frac{h}{H}$ $I_i = \begin{cases} 1 & Z \leq a_i \\ 0 & Z \geq a_i \end{cases} i = 1,2$

Gövde Hacim Modeli;

$$V = \beta D^2 H \quad \beta = k \left(\frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{3} - (b_1 + b_2) + \frac{b_3}{3} a_1^3 + \frac{b_4}{3} a_2^3 \right) \quad (8)$$

Bu denklemdede;

$a_1, a_2 =$ örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları göstermektedir.

Model 5 (Parresol ve ark., 1987)

Gövde Çapı Modeli;

$$\frac{d^2}{D^2} = Z_i^2 (b_1 - b_2 z_1) + (z_i - a)^2 [b_3 + b_4 (z_i + 2a)] I \quad (9)$$

Burada; $Z = \frac{H - h}{H}$ $I = \begin{cases} 1 & \text{Şayet } Z \geq a_1 \\ 0 & \text{Şayet } Z < a_1 \end{cases}$

$a =$ örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları

Gövde Hacim Modeli;

$$V = \beta D^2 H \quad \beta = k \left(\frac{b_1}{3} + \frac{b_2}{4} + \frac{a_1^3 b_3}{3} + \frac{3a_1^4 b_4}{4} \right) \quad (10)$$

Bu denklemdede;

$a =$ örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktasını göstermektedir.

Model 6 (Jiang ve ark., 2005)

Jiang ve ark. (2005) tarafından Clark ve ark., (1991) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinde bazı değişiklikler yapılarak elde edilmiştir. Böylece

model çeşitli dönüşümler ile orijinal halinden daha az parametreye sahip olarak elde edilebilmiştir.

Clark ve ark., (1991) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modeli ise Max ve Burkhart (1976) ve Schlaegel (1983) tarafından geliştirilen gövde çapı modellerinin en uygun biçimde birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu model ağaç gövdesini dört parçaya ayırmıştır. (i) Göğüs yüksekliği ile dip kütük arasındaki gövde bölümü; (ii) Alt gövde bölümü 1.30 ile 5.30 m. arası; (iii) Orta gövde bölümü 5.30 m ile toplam ağaç boyunun yüzde 40-70'lık bölümü; (iv) Üst gövde bölümü ağaç boyunun yüzde 40-70 ile ağacın en üst kısmı arasındaki bölüm.

Gövde Çapı Modeli;

$$d = \left\{ \begin{array}{l} I_S \left[D^2 \left(1 + \frac{\left(1 - \frac{h}{H}\right)^{b_1} - \left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_1}}{1 - \left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_1}} \right) \right] \\ + I_B \left[D^2 - \frac{(D^2 - F^2) \left(\left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{h}{H}\right)^{b_2} \right)}{\left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{5,30}{H}\right)^{b_2}} \right] \\ + I_T \left[F^2 \left(\left(\frac{h - 5,30}{H - 5,30} - 1 \right)^2 + I_M \left(\frac{1 - b_4}{b_3^2} \right) \left(b_3 - \frac{h - 5,30}{H - 5,30} \right)^2 \right) \right] \end{array} \right\}^{0,5} \quad (11)$$

$$I_S = \begin{cases} 1 & h < 1,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_B = \begin{cases} 1 & 1,30 \leq h < 5,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_T = \begin{cases} 1 & h < 5,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_M = \begin{cases} 1 & h < (5,30 + b_3(H - 5,30)) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

Gövde Hacim Modeli;

$$V = k \left[\begin{array}{l} I_1 D^2 \left[(1 - GW_1)(U_1 - L_1) + \frac{W_1 \left(\left(1 - \frac{L_1}{H}\right)^{b_1} (H - L_1) - \left(1 - \frac{U_1}{H}\right)^{b_1} (H - U_1) \right)}{(b_1 + 1)} \right] \\ + I_2 I_3 \left[T(U_2 - L_2) - \frac{Z \left(\left(1 - \frac{L_2}{H}\right)^{b_2} (H - L_2) - \left(1 - \frac{U_2}{H}\right)^{b_2} (H - U_2) \right)}{\left(1 + \frac{1,30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{5,30}{H}\right)^{b_2}} \right] \\ + I_4 F^2 \left[\begin{array}{l} b_3(U_3 - L_3) - \frac{b_2((U_2 - 5,30)^2 - (L_2 - 5,30)^2)}{(H - 5,30)} + \\ \frac{\left(\frac{b_2}{3}\right) ((U_2 - 5,30)^2 - (L_2 - 5,30)^2)}{(H - 5,30)} + \\ \frac{I_5 \left(\frac{1}{3}\right) \left(\frac{(1-b_2)}{b_4^2}\right) (b_4(H - 5,30) - (U_2 - 5,30))^2}{(H - 5,30)^2} - \\ \frac{I_6 (1/3) \left(\frac{(1-b_2)}{b_4^2}\right) (b_4(H - 5,30) - (U_2 - 5,30))^2}{(H - 5,30)^2} \end{array} \right] \end{array} \right] \quad (12)$$

$$I_1 = \begin{cases} 1 & L < 1,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_2 = \begin{cases} 1 & L > 5,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_3 = \begin{cases} 1 & U > 1,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_4 = \begin{cases} 1 & U > 5,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_5 = \begin{cases} 1 & (L_3 - 5,30) < b_3(H - 5,30) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_6 = \begin{cases} 1 & (U_3 - 5,30) < b_3(H - 5,30) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$G = \left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_1}$$

$$W_1 = \frac{1}{1 - G}$$

$$X = (1 - 1,30/H)^{b_4}$$

$$Y = \left(1 - \frac{5,30}{H}\right)^{b_4}$$

$$T = D^2 Z X$$

$$Z = \frac{D^2 - F^2}{X - Y}$$

$$F_{d5,3} = D \left(b_1 + \left(b_2 \frac{5,27}{H} \right)^2 \right)$$

Burada:

b1 = gövdenin 1.30 m den daha aşağı kısmı için regresyon katsayısı.

b2 = gövdenin 1.30 m ile 5.30 m leri arası için regresyon katsayısı

b3 ve b4= gövdenin 5.30 m'den sonraki kısmı için regresyon katsayıları

F = 5.30 m deki kabuklu ağaç çapı (Girard'ın form class boyutu)

Model 7 (Cao ve ark., 1980)

Gövde Çapı Modeli;

$$\frac{d^2}{D^2} = \frac{c_0}{k} [2Z + b_1(3Z^2 - 2Z) + b_2(Z - a_1)^2 I_1 + b_3(Z - a_2)^2 I_2] \quad (13)$$

Burada;

$$Z = \frac{H - h}{H}$$

$$i = \begin{cases} 1 & \text{Şayet } Z_i \geq a_i \\ 0 & \text{Şayet } Z_i < a_i \end{cases} \quad i = 1,2$$

Gövde Hacim Modeli;

$$V = \beta D^2 H \quad \beta = c_0 \left(1 + \frac{b_2}{3} (1 - a_1)^3 + \frac{b_3}{3} (1 - a_2)^3 \right) \quad (14)$$

Bu denkleme

c_0 = regresyon katsayısını göstermektedir.

Bu çalışmada; kızılcam için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacmi modellerinin tahmin performanslarını değerlendirmek amacıyla, Kozak ve Smith (1993) tarafından önerilen ve Byrne ve Reed, (1986), Muhairwe, (1999), Jiang ve ark., (2005), Diéguez – Aranda ve ark.,(2006), Brooks ve ark., (2007), Sakıcı ve ark., (2008), Özçelik ve Brooks, (2012), Hjelm, (2013). Atalay, (2014) vb. tarafından kullanılan Düzeltmiş Belirtme Katsayısı (R^2),Tahminin Standart Hatası ($S_{y,x}$), Ortalama Hata (\bar{D}), Ortalama Mutlak Hata ($|\bar{D}|$), Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (%OMH) ve Toplam Hata Yüzdesi (%TH) ölçütleri kullanılmıştır. Bu ölçüt değerlerinden Tahminin Standart Hatası, Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi ve Toplam Hata Yüzdesi değerlerinin küçük, belirtme katsayısı değerlerinin ise olabildiğince büyük ve 1'e yakın olması istenilmektedir (Castedo-Dorado ve ark., 2006). Bu istatistiki değerlere ilişkin formüller aşağıda verilmiştir;

$$\text{Belirtme Katsayısı} \quad R_d^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 (n-p)} \right) \quad (15)$$

$$\text{Tahminin Standart Hatası} \quad S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \quad (16)$$

$$\text{Ortalama Hata} \quad \bar{D} = \frac{(\sum D)}{n} = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (17)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata} \quad |\bar{D}| = \frac{(\sum |D|)}{n} = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (18)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi} \quad \%OMH = \left(\frac{\sum |V_i - \hat{V}_i|}{\sum V_i} \right) \times 100 \quad (19)$$

$$\text{Toplam Hata Yüzdesi} \quad \%TH = \frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)}{\sum V_i} \times 100 \quad (20)$$

Burada, n: veri sayısını, p: parametre sayısını, y_i : ölçülen değeri, \hat{y}_i : model ile tahmin edilen değeri, V_i : ölçülen hacim değerini, \hat{V}_i : model ile tahmin edilen hacim değerini göstermektedir.

Denklem yapısı verilen gövde profil denklemine ilişkin parametre tahminleri ile çeşitli istatistiksel başarı ölçüt değerlerinin elde edilmesinde, SAS İstatistik Paket Programındaki PROC MODEL prosedürü kullanılmıştır (SAS Institute Inc. 2004). Bu metodun parametre tahminleri için kullanılabilmesi başlangıç değerleri gerektirmektedir. Bu çalışma için gerekli başlangıç değerleri; Model 1 (Demaerschalk, 1972) için Yavuz ve Saraçoğlu (1995), Model 2 (Demaerschalk, 1973) için Sakıcı ve ark., (2008), Model 3 (Bruce ve ark., 1968) için Sakıcı, (2002), Model 4 (Max ve Burkhart, 1976) için Brooks ve ark., (2008), Model 5 (Parresol ve ark., 1987) için Diéguez – Aranda ve ark.,(2006), Model 6 (Jiang ve ark., 2005) için Atalay, (2014) ve Model 7 (Cao ve ark., 1980) için ise Diéguez – Aranda ve ark.,(2006)’den alınmıştır.

En başarılı olarak belirlenen denkleme ilişkin tahminlerin doğruluğu ve tutarlılığı, denklemin oluşturulmasında kullanılmayan bağımsız veriler ile denetlenmiştir. Bunun için, toplam verinin yaklaşık %20’sini oluşturan 43 adet örnek ağaç kullanılmıştır. Özellikle denklemlerin oluşturulmasında kullanılmamış olan 43 adet ağaca ilişkin arazide ölçülen çap değerleri ile denklem kullanılarak tahmin edilen çap değerleri hem grafiksel olarak karşılaştırılmış hem de geliştirilen denklemin istatistiksel olarak uygunluğu “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired samples t test)” ile analiz edilmiştir. Ayrıca bu veriler, gövde çapını esas alan hacim formüllerine ilişkin hacim tahminlerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

216 örnek ağaca ilişkin kütük ve göğüs çapı, boy ve yaş özelliklerinin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma gibi çeşitli istatistiksel bilgileri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi ve test edilmesi için kullanılan verilere ilişkin istatistiki değerler.

Veri Tipi	Özellik	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Model Verileri (173 Ağaç)	Kütük çapı (cm)	31.7	14.7	61.0	9.4
	Göğüs Çapı (cm)	27.1	11.2	56.3	9.2
	Boy (m)	15.6	5.8	27.5	4.9
	Yaş (Yıl)	56.1	12.0	130.0	30.3
Kontrol Verileri (43 ağaç)	Kütük çapı (cm)	34.4	13.5	57.8	10.6
	Göğüs Çapı (cm)	28.7	10.4	47.3	9.9
	Boy (m)	16.9	7.4	27.8	5.4
	Yaş (Yıl)	62.6	16.0	137.0	36.1

3.1.Gövde Çapına İlişkin Bulgular

Bu çalışmada basit ve parçalı gövde çapı modelleri ayrı olacak şekilde kullanılan 7 farklı modele ilişkin parametre tahminleri, standart hata değerleri, t-hesap değerleri ile önem düzeyleri ve çeşitli model başarı ölçüt değerleri, Tablo5 ve 6’da verilmiştir.

Basit gövde çapı modellere ilişkin parametre tahminlerinde, Demaerschalk, (1973) denkleminin bir parametresinin $p<0.05$ önem düzeyi ile anlamlı olmadığı, Demaerschalk, (1972) ve Bruce ve ark., (1968) modellerinin ise tüm parametre değerlerinin $p<0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu görülmektedir (Tablo 5). Parçalı polinomiyal gövde çapı modellere ilişkin parametre tahminlerinde, Max ve Burkhart (1976) denkleminin bazı parametrelerinin $p<0.05$ önem düzeyi ile anlamlı olmadığı, Parresol ve ark. (1987), Jiang ve ark. (2005) ve Cao ve ark., (1980) modellerinin ise tüm parametre değerlerinin $p<0.001$ önem düzeyi ile anlamlı olduğu görülmektedir (Tablo 6).

Tablo 5. Uyumlu basit gövde çapı modelleri için parametre tahminleri ile çeşitli model başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	Standar t Hata	t Değeri	P>t	R ²	S _{y,x}	\bar{D}	$ \bar{D} $
b ₁	1.255201	0.0388	37.15	<0.0001	0.964	2.0375	-0.0347	1.4777
Model 1(Demaerschalk, 1972)								
b ₂	1.034219	0.0102	101.64	<0.0001				
b ₃	0.877931	0.0054	162.49	<0.0001				
b ₄	-0.976290	0.0124	-78.63	<0.0001				
b ₁	10.07881	1.4131	7.13	<0.0001	0.950	2.0584	-0.0379	1.4941
Model 2 (Demaerschalk, 1973)								
b ₂	1.771798	0.0147	120.55	<0.0001				
b ₃	7.54E-12	3E-11	0.25	0.8013				
b ₄	8.642622	1.2526	6.90	<0.0001				
b ₁	9.643873	0.0446	216.03	<0.0001	0.951	1.9996	-0.1803	1.4962
Model 3 (Bruce ve ark., 1968)								
b ₂	0.856788	0.1715	5.00	<0.0001				
b ₃	-23.8565	2.9339	-8.13	<0.0001				
b ₄	-0.67184	0.0549	-12.25	<0.0001				
b ₅	5.555952	0.6105	9.10	<0.0001				
b ₆	-61.8886	10.821	-5.72	<0.0001				

Tablo 5 ve 6'nın incelenmesinde de görüleceği gibi, gövde çapı tahminlerindeki varyansın % 97.7'sini Jiang ve ark. (2005) modeli, % 96.4'ünü Demaerschalk, (1972) modeli, % 95.1'ini Bruce ve ark., (1968) modeli, % 95.0'ini Demaerschalk, (1973) modeli, % 93.8'ini % 93.7'ini Parresol ve ark.,(1987) modeli, Max ve Burkhart, (1976) modeli ve % 84.0'ünü ise Cao ve ark., (1980) modeli tarafından açıklanmaktadır. Gövde çapı denklemlerinin belirtme katsayıları (R²) 0.840-0.977 arasında değişmektedir. Denklemlerin standart hataları (S_{y,x}) 0.0975-99.6662, ortalama hataları (D) -0.0036-2.4911 ve ortalama mutlak hataları ($|\bar{D}|$) ise 0.0589-58.5367 arasında değişmektedir (Tablo 5 ve 6).

Demaerschalk, (1972) denkleminin başarı ölçüt değerleri, R²: 0.964, S_{y,x}: 2.0375, 2.981, D: -0.0347, $|\bar{D}|$: 1.4777, Demaerschalk, (1973) denkleminin başarı ölçüt

değerleri, R^2 : 0.950, $S_{y,x}$: 99.6662, D: 2.4911, $|\bar{D}|$: 58.5367, Bruce ve ark.,(1968) denkleminin başarı ölçüt değerleri, R^2 : 0.951, $S_{y,x}$: 0.0876, D: -0.0033, $|\bar{D}|$: 0.0589,

Tablo 6. Uyumlu parçalı gövde çapı modelleri için parametre tahminleri ile çeşitli model başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t Değeri	P>t	R^2	$S_{y,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $
b_1	0.200693	0.2170	0.92	0.3552				
b_2	-0.26938	0.1226	-2.20	0.0281	Model 4 (Max ve Burkhart, 1976)			
b_3	1.071681	0.1286	8.33	<0.0001				
b_4	17.6192	2.1152	8.33	<0.0001				
a_1	0.963844	0.0204	47.23	<0.0001	0.937	2.0397	-0.3066	1.5258
a_2	0.160316	0.00838	19.14	<0.0001				
b_1	1.741405	0.0332	52.47	<0.0001	Model 5 (Parresol ve ark., 1987)			
b_2	0.792203	0.0439	18.03	<0.0001				
b_3	1976.316	198.1	9.97	<0.0001				
b_4	-711.226	71.9096	-9.89	<0.0001	0.938	1.9273	-0.0525	1.4218
a_1	0.872353	0.00152	575.4	<0.0001				
b_1	66.81693	1.9969	33.46	<0.0001	Model 6 (Jiang ve ark., 2005)			
b_2	3.679618	0.2049	17.96	<0.0001				
b_3	0.623632	0.0123	50.56	<0.0001	0.977	1.6302	-0.0666	1.0748
b_4	1.587315	0.0200	79.20	<0.0001				
b_1	-0.31131	0.00342	-91.04	<0.0001	Model 7 (Cao ve ark., 1980)			
b_2	10.08394	0.3052	33.04	<0.0001				
b_3	2.557877	0.2116	12.09	<0.0001				
c_0	0.000035	7.07E-7	49.99	<0.0001				
a_1	0.535371	0.00287	186.7	<0.0001	0.840	4.0094	-0.8135	3.0598
a_2	0.317136	0.0197	16.08	<0.0001				

Max ve Burkhart, (1976) denkleminin başarı ölçüt değerleri, R^2 : 0.937, $S_{y,x}$: 0.0989, D: -0.0009, $|\bar{D}|$: 0.0629, Parresol ve ark.,(1987) denkleminin başarı ölçüt değerleri, R^2 : 0.938, $S_{y,x}$: 0.0975, D: 0.0019, $|\bar{D}|$: 0.0623, Jiang ve ark. (2005) denklemine

ilişkin başarı ölçütleri ise, R^2 : 0.977, $S_{y,x}$: 1.6302, D : -0.0666, $|\bar{D}|$: 1.0748 ve Cao ve ark., (1980) denkleminin başarı ölçüt değerleri ise, R^2 : 0.840, $S_{y,x}$: 0.1571, D : -0.0007, $|\bar{D}|$: 0.1184 olarak hesaplanmıştır. Bütün bu model başarı ölçüt değerleri değerlendirildiğinde; Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen Model 6'nın gövde çapı denkleminin, Kızılcım'ın gövde çapı gelişimini modellemede en başarılı model olduğu belirlenmiştir. Bu modeli Demaerschalk, (1972) tarafından geliştirilen model izlemiştir.

Jiang ve ark. (2005)'in denklemi, birçok çalışmada gövde çapının modellenmesinde oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Gövde çapının modellenmesinde dört parçalı bu segmented polinomial denklem yapısı ile Jiang ve ark. (2005) %98.37'lik, Özçelik ve Bal (2013) %98.59'luk, Bal (2012) %98.13'lük, Şahin (2012) %98.28'lik, Atalay (2014) %94.44'lük ve Kurt (2014) % 98.43'lük bir açıklayıcılık elde etmiştir. Diğer taraftan Demaerschalk, (1972) modeli de aynı şekilde daha önce birçok araştırmacı tarafından kullanılmış ve gövde çapının modellenmesinde başarılı sonuçlar vermiştir (Yavuz ve Saraçoğlu, 1998; Sakıcı, 2002; Rajo ve ark., 2005; Sakıcı ve ark., 2008). Bu model ile çaptaki değişimin Yavuz ve Saraçoğlu(1998) tarafından % 97.10'luk, Sakıcı (2002) tarafından %96.77'lik ve Sakıcı ve ark. (2008) tarafından % 96.76'lük kısmını açıklayabilmişlerdir.

Jiang ve ark. (2005) denkleminde bağımsız değişken olan 5.30 metre yüksekliğindeki çap değerinin, göğüs çapına ve boy değerine göre tahmin denklemi aşağıda verilmiştir.

$$F_{d5.3} = d_{1.3} \left(0.840 + \left(-1.067 \frac{5.27}{H} \right)^2 \right) \quad (21)$$

Bu denklemde tüm parametreler, $p < 0.0001$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuş olup, modelin belirtme katsayısı (R^2) ise; 0.963, standart hatası ($S_{y,x}$) 1.616 cm, ortalama hatası (\bar{D})-0.053 cm, ortalama mutlak hatası ($|\bar{D}|$)1.269 cm olarak elde edilmiştir.

Kızılcım ağaç türü için geliştirilen gövde çapı modellerinin etkinliği daha yakından test edilmiştir. Bu amaçla çap tahminlerine ilişkin standart hata ($S_{y,x}$), ortalama hata (\bar{D}) ve ortalama mutlak hata ($|\bar{D}|$) değerleri oransal boy (nisbi boy) değerleri (Tablo 7 ve 8) ve oransal çap (nisbi çap) değerleri (Tablo 9 ve 10) için değerlendirilmiştir.

Tablo 7. Uyumlu basit gövde çapı modelleri için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi

Oransal Boy	n	Demaerschalk (1972)			Demaerschalk (1973)			Bruce ve ark. (1968)		
		$S_{y,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $
0.00-0.10	301	0.9225	0.1952	0.2179	0.9204	0.1837	0.2175	0.6249	0.0176	0.1506
0.11-0.20	289	0.5834	-0.0976	0.1401	0.6294	-0.1070	0.1566	0.4422	-0.0143	0.1092
0.21-0.30	265	0.6027	-0.1138	0.1499	0.6319	-0.1192	0.1582	0.5036	-0.0476	0.1210
0.31-0.40	269	0.5627	-0.0641	0.1385	0.5713	-0.0651	0.1407	0.5655	-0.0149	0.1393
0.41-0.50	269	0.5825	-0.0089	0.1404	0.5891	-0.0089	0.1426	0.6416	0.0202	0.1549
0.51-0.60	269	0.7195	0.0421	0.1590	0.7169	0.0445	0.1559	0.7880	0.0459	0.1834
0.61-0.70	275	0.7738	0.0580	0.1793	0.7728	0.0635	0.1759	0.8166	0.0308	0.1990
0.71-0.80	269	0.6680	0.0150	0.1540	0.6667	0.0210	0.1521	0.7335	-0.0349	0.1785
0.81-0.90	278	0.5295	-0.0396	0.1291	0.5205	-0.0333	0.1260	0.6492	-0.1082	0.1628
0.91-1.00	245	0.3119	-0.0209	0.0696	0.3071	-0.0172	0.0686	0.4206	-0.0750	0.0974
Tüm	2729	2.0374	-0.0347	1.4777	2.0584	-0.0379	1.4941	1.9988	-0.1803	1.4962

Tablo 8. Uyumlu parçalı gövde çapı modelleri için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi

Oransal Boy	n	Max ve Burkhart (1976)			Parresol ve ark. (1987)			Jiang ve ark. (2005)			Cao ve ark. (1980)		
		$S_{y,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $
0.00-0.10	301	0.8190	-0.0695	0.2138	0.8233	-0.0851	0.2183	0.7974	0.0434	0.1742	0.8185	-0.0650	0.2233
0.11-0.20	289	0.6750	-0.0144	0.1474	0.5455	0.0044	0.1476	0.3564	-0.0433	0.0814	0.8317	0.0370	0.2027
0.21-0.30	265	0.5345	-0.0538	0.1300	0.5298	-0.0490	0.1291	0.2273	-0.0090	0.0466	1.0084	0.2004	0.2406
0.31-0.40	269	0.5388	-0.0203	0.1308	0.5476	-0.0366	0.1332	0.2855	0.0068	0.0612	1.1122	0.2759	0.2840
0.41-0.50	269	0.5815	0.0103	0.1364	0.5795	-0.0065	0.1376	0.4000	0.0003	0.0841	0.9922	0.2372	0.2459
0.51-0.60	269	0.6921	0.0344	0.1484	0.6953	0.0367	0.1497	0.5951	0.0066	0.1300	0.7955	0.0370	0.1775
0.61-0.70	275	0.7225	0.0189	0.1677	0.7532	0.0587	0.1711	0.6646	-0.0127	0.1531	1.5332	-0.3737	0.4063
0.71-0.80	269	0.6646	-0.0031	0.1572	0.6522	0.0278	0.1476	0.6612	-0.0275	0.1554	2.3576	-0.6483	0.6514
0.81-0.90	278	0.5800	-0.0662	0.1450	0.5077	-0.0101	0.1218	0.5275	-0.0346	0.1225	1.4330	-0.4052	0.4085
0.91-1.00	245	0.5812	-0.1430	0.1491	0.2959	0.0073	0.0658	0.3000	0.0035	0.0664	0.9384	-0.1088	0.2196
Tüm	2729	2.0390	-0.3066	1.5258	1.9269	-0.0525	1.4218	1.6302	-0.0666	1.0749	4.0094	-0.8135	3.0598

Tablo 9. Uyumlu basit gövde çapı modelleri için oransal çap değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi

Oransal Çap	n	Demaerschalk (1972)			Demaerschalk (1973)			Bruce ve ark. (1968)		
		$S_{y.x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y.x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y.x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $
0.00-0.10	209	0.3691	-0.0491	0.0729	0.3595	-0.0457	0.0709	0.5104	-0.0962	0.1061
0.11-0.20	228	0.4632	-0.0677	0.1013	0.4486	-0.0623	0.0978	0.6190	-0.1263	0.1409
0.21-0.30	198	0.4223	-0.0306	0.0889	0.4112	-0.0254	0.0868	0.5173	-0.0737	0.1098
0.31-0.40	217	0.4851	-0.0065	0.1028	0.4762	-0.0017	0.1001	0.5145	-0.0410	0.1156
0.41-0.50	235	0.6041	0.0279	0.1356	0.6073	0.0309	0.1335	0.6248	0.0134	0.1446
0.51-0.60	301	0.7097	0.0376	0.1743	0.7136	0.0388	0.1742	0.7327	0.0494	0.1860
0.61-0.70	318	0.8457	-0.0230	0.2142	0.8587	-0.0256	0.2190	0.8355	0.0262	0.2119
0.71-0.80	335	0.7982	-0.0749	0.2136	0.8295	-0.0825	0.2212	0.7178	0.0031	0.1848
0.81-0.90	235	0.5370	-0.0653	0.1233	0.5626	-0.0709	0.1314	0.4635	0.0017	0.1015
0.91-1.00	109	0.2075	0.0069	0.0324	0.2222	0.0001	0.0339	0.2929	0.0402	0.0448
1.01-1.10	211	0.1704	0.0255	0.0339	0.1974	0.0214	0.0407	0.4683	-0.0188	0.0798
1.11-1.20	61	0.4825	0.0669	0.0669	0.4556	0.0637	0.0637	0.1496	-0.0060	0.0178
1.21-1.30	51	0.6085	0.0800	0.0800	0.6080	0.0809	0.0809	0.2574	0.0302	0.0316
1.31-1.40	16	0.3894	0.0281	0.0281	0.4095	0.0301	0.0301	0.2238	0.0118	0.0153
1.41-1.50	5	0.2243	0.0094	0.0094	0.2394	0.0101	0.0101	0.1421	0.0057	0.0057
Tüm	2729	2.0374	-0.0347	1.4777	2.0584	-0.0379	1.4941	1.9988	-0.1803	1.4962

Tablo 10. Uyumlu parçalı gövde çapı modelleri için oransal çap değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi

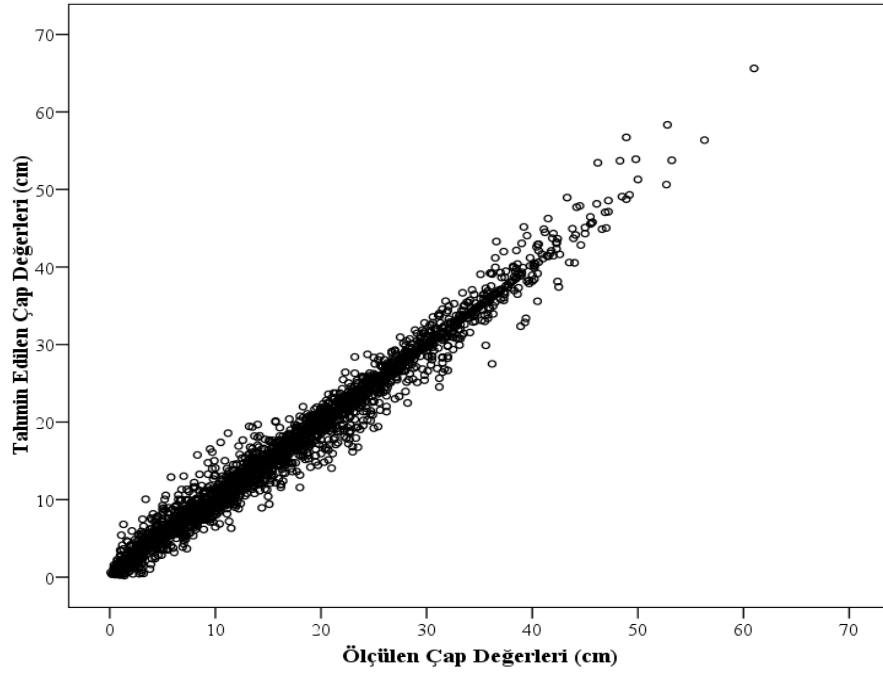
Oransal Çap	n	Max ve Burkhart (1976)			Parresol ve ark. (1987)			Jiang ve ark. (2005)			Cao ve ark. (1980)		
		$S_{y.x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y.x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y.x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	$S_{y.x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $
0.00-0.10	209	0.6308	-0.1503	0.1522	0.3214	-0.0251	0.0632	0.3496	-0.0277	0.0658	0.9505	-0.1208	0.1993
0.11-0.20	228	0.4979	-0.1143	0.1190	0.4251	-0.0415	0.0921	0.4858	-0.0562	0.1007	1.4629	-0.3331	0.3654
0.21-0.30	198	0.4590	-0.0323	0.0922	0.4146	-0.0153	0.0871	0.4933	-0.0405	0.0963	1.7818	-0.4076	0.4092
0.31-0.40	217	0.5397	-0.0260	0.1186	0.4921	0.0014	0.1023	0.5604	-0.0334	0.1138	1.8682	-0.4634	0.4651
0.41-0.50	235	0.5307	-0.0003	0.1158	0.5933	0.0267	0.1308	0.5166	-0.0084	0.1144	1.0968	-0.2692	0.2723
0.51-0.60	301	0.6178	0.0303	0.1495	0.6831	0.0329	0.1643	0.4973	0.0284	0.1161	0.4484	0.0477	0.1140
0.61-0.70	318	0.7689	0.0030	0.1916	0.7939	-0.0125	0.1977	0.5456	0.0322	0.1130	1.0162	0.2730	0.2937
0.71-0.80	335	0.7560	-0.0167	0.1930	0.7195	-0.0211	0.1819	0.4101	0.0111	0.0877	1.3318	0.3139	0.3776
0.81-0.90	235	0.6506	0.0019	0.1157	0.4869	0.0046	0.1054	0.3230	-0.0315	0.0695	1.0708	0.1355	0.2455
0.91-1.00	109	0.3058	0.0304	0.0472	0.3524	0.0382	0.0573	0.1949	0.0111	0.0313	0.5830	0.0330	0.0826
1.01-1.10	211	0.6796	-0.0755	0.1504	0.7161	-0.0864	0.1657	0.4622	-0.0495	0.0499	0.6633	-0.0913	0.1501
1.11-1.20	61	0.1870	-0.0161	0.0211	0.1477	-0.0117	0.0169	0.2149	0.0073	0.0260	0.1302	-0.0006	0.0156
1.21-1.30	51	0.2515	0.0315	0.0315	0.2415	0.0311	0.0311	0.4150	0.0533	0.0533	0.3054	0.0401	0.0401
1.31-1.40	16	0.2680	0.0200	0.0200	0.2524	0.0186	0.0186	0.3636	0.0273	0.0273	0.2879	0.0213	0.0213
1.41-1.50	5	0.1874	0.0079	0.0079	0.1751	0.0074	0.0074	0.2346	0.0099	0.0099	0.1933	0.0082	0.0082
Tüm	2729	2.0390	-0.3066	1.5258	1.9269	-0.0525	1.4218	1.6302	-0.0666	1.0749	4.0094	-0.8135	3.0598

Yapılan incelemeler neticesinde gövde çapı modelleri içerisinde en başarılı model olan Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen model için, oransal boy değerlerine göre hata değerlerinin 0.21-0.30 arasında en düşük değerlere sahip olduğu (Tablo 8), 0.00-0.10 arasında ise en yüksek değerlere sahip olduğu ve oransal çap değerlerine göre hata değerlerinin 1.11-1.20 arasında en düşük değerlere sahip olduğu, 0.31-0.40 arasında ise en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Tablo 10). Demaerschalk, (1972), Demaerschalk, (1973), Bruce ve ark., (1968), Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Cao ve ark., (1980) modelleri için oransal boy değerlerine göre en düşük hata değerleri sırasıyla; 0.91-1.00, 0.91-1.00, 0.11-0.20, 0.21-0.30, 0.91-1.00 ve 0.5-0.6 sınıflarında iken en yüksek hata değerleri ise sırasıyla; 0.00-0.10, 0.00-0.10, 0.51-0.60, 0.00-0.10, 0.00-0.10 ve 0.71-0.80 sınıflarında gerçekleşmektedir (Tablo 7 ve 8). Oransal çap değerlerinde göre Demaerschalk, (1972), Demaerschalk (1973), Bruce ve ark., (1968), Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Cao ve ark., (1980) modelleri için en düşük hata değerleri sırasıyla; 0.91-1.00, 0.91-1.00, 1.41-1.50, 1.41-1.50, 1.41-1.50 ve 1.11-1.20 sınıflarında iken en yüksek hata değerleri ise sırasıyla; 0.71-0.80, 0.71-0.80, 0.51-0.60, 0.00-0.10, 1.01-1.10 ve 0.31-0.40 sınıflarında gerçekleşmektedir (Tablo 9 ve 10).

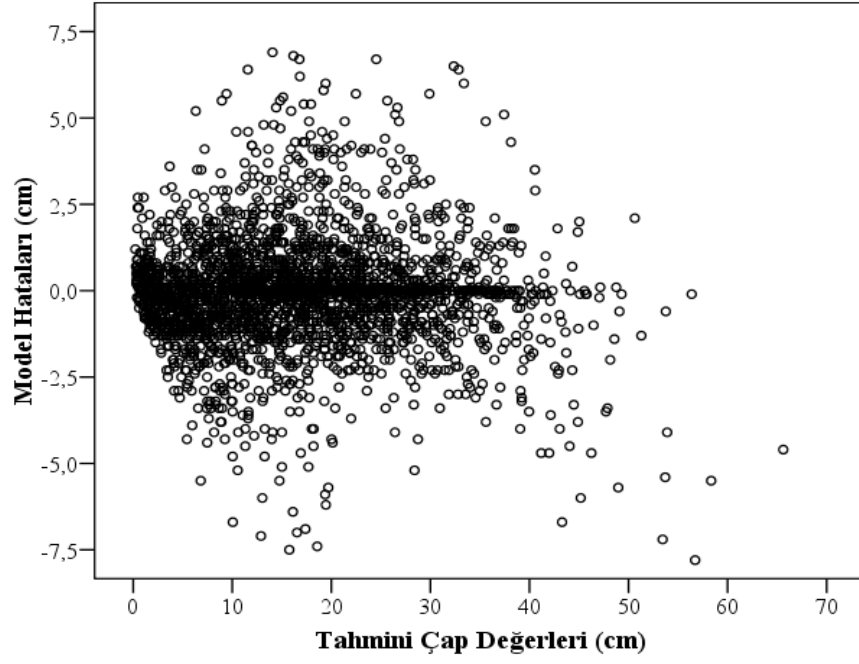
Çalışma kapsamında test edilen gövde çapı modellerin ortalama hata değerleri dikkate alındığında Demaerschalk (1973) ve Parresol ve ark. (1987) modelleri için çap tahminlerinde gerçek değerden daha düşük, fakat Demaerschalk (1972), Bruce ve ark., (1968), Max ve Burkhart (1976)ve Cao ve ark., (1980) modelleri için ise gerçekten daha büyük değerler ürettiği söylenebilir (Tablo 7-10). Geliştirilen gövde çapı modellerinin tahminlerin standart hatası değerlerinin ($S_{y,x}$) nisbi boy değerleri için dağılımı incelendiğinde; en yüksek standart hatası değerlerinin ağaç boyunun %0-20 ve %60-80'i civarında ortaya çıktığı görülmektedir. Bir kızılçam ağacının gövde formu incelendiğinde bu bölümün (%60-80) genel olarak dallanmanın başladığı ve tepe tacının alt ve orta kısmının bulunduğu bölge olduğu görülmektedir. Dolayısıyla dalların çıkış noktalarına yakın bölgelerde gövde şişkinliği gibi nedenlerle çap değerleri arasında farklı ağaçlar için varyasyonun yüksek olması çap tahminlerindeki güvenilirliği azaltabilmektedir. Diğer taraftan ağacın dip kısmı (% 0-10) ağaç gövdesinin diğer kısımlarına göre herhangi bir dönel cismin şekline daha az

benzemekte, ağaç çapları gövdenin bu bölümünde bireyler arasında daha yüksek bir değişkenlik gösterebilmektedir (Tablo 7-10). Benzer bulgular Jiang ve ark. (2005), Özçelik ve Brooks (2012) ve Karaer (2014) tarafından da ortaya konulmuştur.

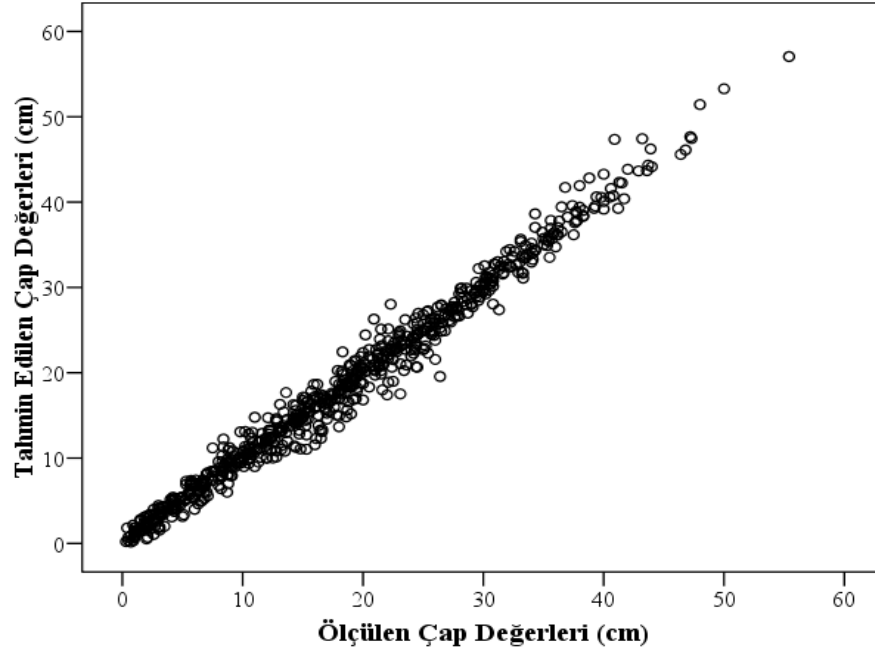
Çalışma kapsamında gövde çapı gelişimini modellemede en başarılı modelinin (Jiang ve ark., 2005) tahmin değerleri ile arazide ölçülen çap değerleri arasındaki ilişki, Şekil 12’de verilmiştir. Şekil 13’de ise, modele ilişkin hataların tahmin değerlerine göre değişimleri verilmiştir. Bu şekiller incelendiğinde, Jiang ve ark. (2005) ile elde edilen tahminlere ilişkin hata değerlerinin ortalaması sıfır olup, artı ve eksi yöndeki hataların dağılımının dengeli ve rasgele bir biçimde olduğu görülmektedir.



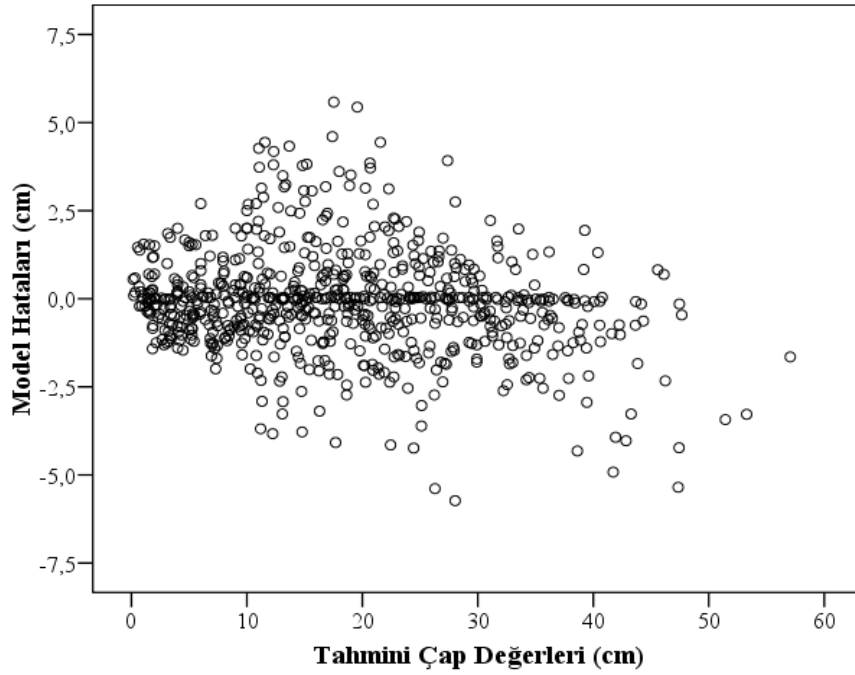
Şekil 12. Jiang ve ark. (2005) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerini arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi



Şekil 13. Jiangvd. (2005) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerleri göre değişimi

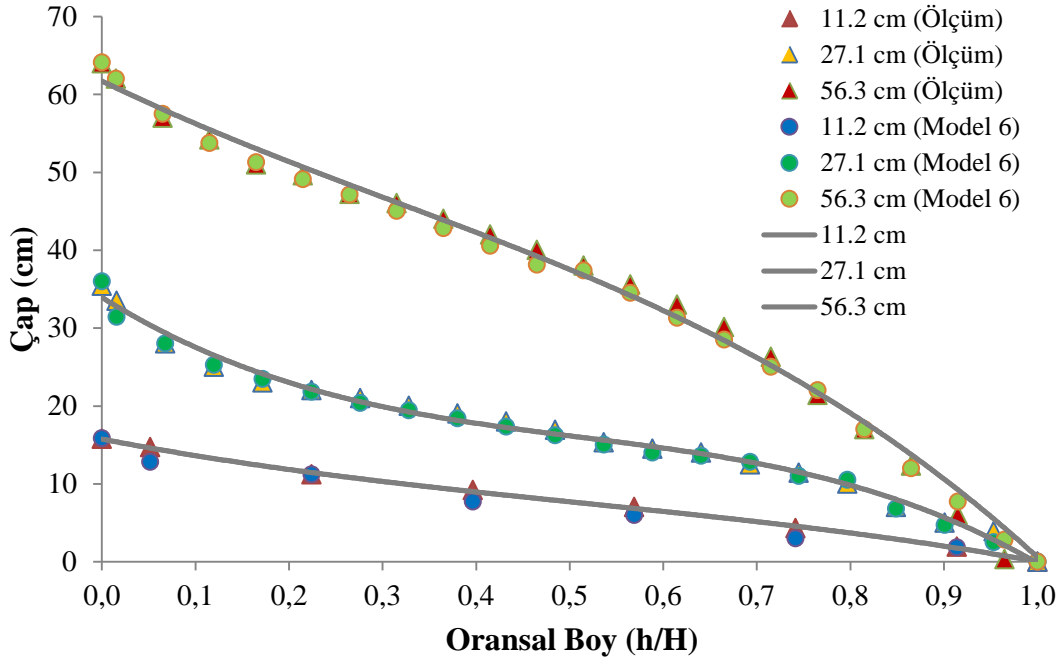


Şekil 14. Bağımsız veri grubuna ilişkin model tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi



Şekil 15. Bağımsız veri grubuna ilişkin model hatalarının tahmin değerlerine göre değişimi

Jiang ve ark. (2005)'in denklemine ilişkin tahminlerin doğruluğu ve tutarlılığı, denklemin oluşturulmasında kullanılmamış olan bağımsız bir veri grubu ile de denetlenmiştir. Bunun için toplam verinin yaklaşık %20'sini oluşturan 43 adet ağaca ilişkin arazide ölçülen çap değerleri ile denklem kullanılarak tahmin edilen çap değerlerinin değişimi, Şekil 14'de ve model hataları ile tahmin değerlerinin değişimi ise Şekil 15'de verilmiştir. Modelde yapılan karşılaştırmada varyansların homojen olduğu (Jiang modeli için; $F=0.144$, $p=0.704$) belirlenmiştir. Modellerin grup varyansları homojen olduğundan parametrik testlerden “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired samples t test)” kullanılarak tahmini ve aktüel çap artımları karşılaştırılmıştır. Geliştirilen denklemin denetlenmesinde kullanılan t testinde, veri sayısı $n=718$ olup, ortalama fark $=-0.10171$, farka ilişkin standart sapma $=1.49211$, t hesap değeri $=-1.827$, $p=0.068$ olarak hesaplandığından, arazide ölçülen gerçek çap değerleri ile geliştirilen denklem ile bu ağaçlar için tahmin edilen çap değerleri arasında $p>0.05$ önem düzeyi ile bir farklılık belirlenmemiştir. Bu bakımdan, bu çalışma kapsamında oluşturulan gövde çapı denkleminin, örnek ağaçların seçildiği alanlar için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 16. Geliştirilen Jiang ve ark. (2005) denklemi ile elde edilen tahmini çap değerlerinin farklı çaplardaki 3 ağaç için gerçek ölçüm verileri ile karşılaştırılması

Şekil 16'da bu çalışmada kullanılan 7 farklı gövde çapı modelinden en başarılı olarak seçilen Jiang ve ark. (2005) denklemi ile üç Kızılcıam ağacı için dipten uç tomurcuğa kadar olan gövde üzerindeki değişik noktalarındaki çap tahminleri verilmiştir. Göğüs çapı bakımından en küçük, orta ve en kalın ağaçları temsilen seçilen bu ağaçların çapları 11.2 cm, 27.1 cm ve 56.3 cm iken boyları ise sırasıyla 5.8 m, 19.2 m ve 20.0 m'dir. Şekilden de görüleceği gibi Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modeli ile, üç ağacın da gövde üzerindeki değişik çap tahminleri için tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

3.2.Gövde Hacmine İlişkin Bulgular

Bu çalışmada 7 farklı gövde çapı modeli geliştirilmiştir. Bu gövde çapı modellerinin hacim denklemleri ile bir ağaca ilişkin çeşitli yükseklikler arasındaki hacim değerleri ile toplam ağaç hacmi hesaplanabilmektedir. Bu modellerden 2 (Demaerschalk, 1973) ve 4 (Max ve Burkhardt, 1976), nolu modelin parametrelerinden bazıları % 5 önem düzeyinde anlamlı olmadığından ve ayrıca 3 nolu modelin (Bruce ve ark.,1968), hacim tahminleri çok büyük ve hatalı sonuçlar verdiği için hacim

tahminleri için kullanılacak modeller arasında düşünülmemiştir. Kızılcım ağaç türü için dört farklı (Model 1 Demaerschalk, (1972); Model 5 Parresol ve ark., (1987); Model 6 Jiang ve ark., (2005); Model 7 Cao ve ark., (1980)) gövde çapı modelinden geliştirilen gövde hacim modellerinin çeşitli model başarı ölçüt değerleri Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Toplam gövde hacmi için dört farklı gövde hacmi modelinin çeşitli başarı ölçütleri

Modeller	Tahminin		Ortalama Mutlak Hata $ \bar{D} $
	Standart Hatası $S_{y,x}$	Ortalama Hata (\bar{D})	
Demaerschalk (1972)	0.0728	0.0069	0.0409
Parresol ve ark. (1987)	0.4423	0.3308	0.3308
Jiang ve ark. (2005)	0.8335	-0.5544	0.5546
Cao ve ark. (1980)	0.4731	-0.3485	0.3497

Tablo 11’de de görüleceği üzere, geliştirilen dört gövde hacim modeli arasından 1 nolu model (Demaerschalk, 1972) tahminin standart hatası, ortalama hata ve ortalama mutlak hata ölçütlerine göre, Kızılcım’ın gövde hacmini modellemede en başarılı model olduğu belirlenmiştir. Demaerschalk, (1972) tarafından geliştirilen modelin tahminin standart hatası 0.0728 m^3 , ortalama hatası 0.0069 m^3 ve ortalama mutlak hatası ise 0.0409 m^3 ’dür.

Demaerschalk (1972) gövde çapı modelinin (Eşitlik 1) integrali alındığında gövde hacim denklemi ile uyumlu olan Schumacher-Hall gövde hacim denklemi Eşitlik 2’de verilmiştir. Eşitlik 2’de yer alan a_1 , a_2 ve a_3 katsayıları hesaplandıktan sonra 2 nolu hacim denkleminde yerine konulduktan sonra aşağıda 22 nolu eşitlik elde edilmektedir. Bu hacim denklemi uyumlu gövde profili denklemdir ve bu denklem ile gövde hacmini hesaplamak oldukça kolaydır. Bu modele göre Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Kızılcım meşçereleri için geçerli olacak şekilde çift girişli ağaç hacim tablosu Ek Tablo 1’de verilmiştir.

$$V = 0,0000449. D^{2,0688} H^{0,8033} \quad (22)$$

Bu denklemde D göğüs çapını ve H ağaç boyunu göstermektedir. Demaerschalk(1972) gövde hacim denkleminin belirtme katsayısı 0.969 olup

standart hatası 0.0728 m³, ortalama hatası 0.0069 m³ ve ortalama mutlak hatası ise 0.0409 m³'dür.

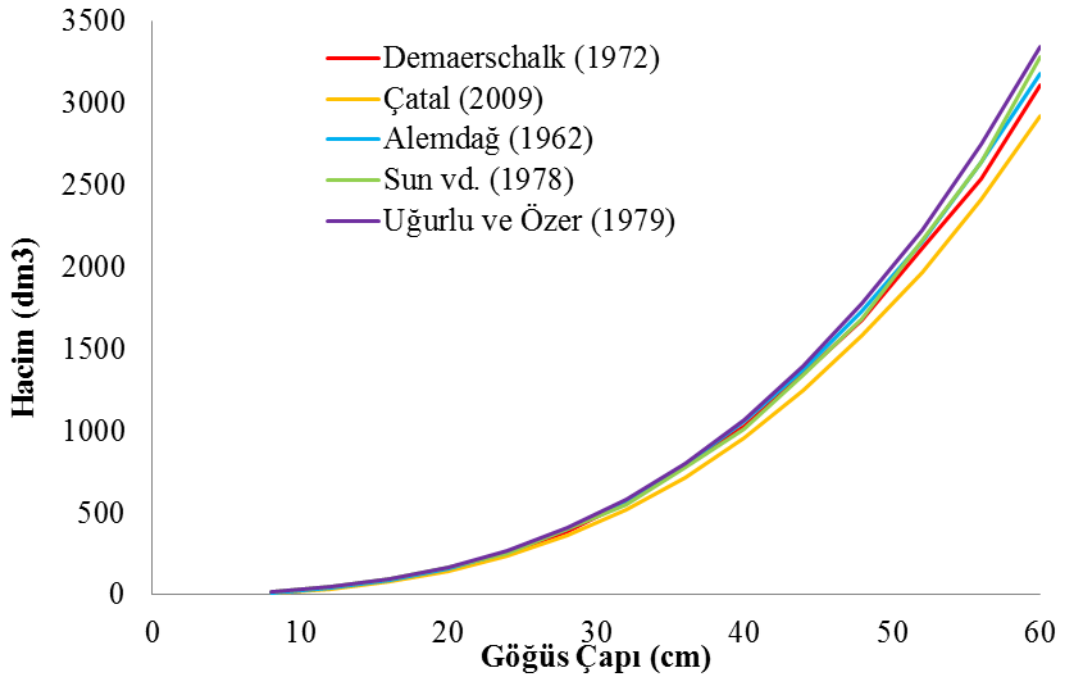
Kızılçam ağaç türünün gövde hacmini modellemede en başarılı model (Demaerschalk, 1972) ile kızılçam ağaç türü için daha önce geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosu verileri ile karşılaştırılmıştır (Tablo 12). Kızılçam ağaç türüne ilişkin Alemdağ (1962) ve Sun ve ark. (1978) tarafından ülkemizdeki tüm Kızılçam meşcereleri için, Uğurlu ve Özer (1979) tarafından Antalya-Bük Araştırma Ormanındaki meşcereler için, Çatal (2009) tarafından Batı Akdeniz Kızılçam meşcereleri için, Usta (1991) tarafından Akdeniz Bölgesindeki Kızılçam ağaçlandırma alanları için, Carus ve Su (2014) tarafından Antalya-Korkuteli Yöresi Kızılçam ağaçlandırmaları için çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında gövde hacim modeli ile Alemdağ (1962), Sun ve ark. (1978), Uğurlu ve Özer (1979) ve Çatal (2009) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosu verileri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 12. Toplam gövde hacmi için önerilen Demaerschalk (1972) gövde hacmi modeli ile bu ağaç türü için geliştirilen çift girişli hacim tablolarının karşılaştırılması

Modeller	Tahminin Standart Hatası $S_{y,x}$	Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (%OMH)	Toplam Hata Yüzdesi (%TH)
Demaerschalk(1972)	0.0728	8.519	1.436
Alemdağ (1962)	0.0631	8.190	-1.887
Sun ve ark. (1978)	0.0659	8.302	0.573
Uğurlu ve Özer (1979)	0.0852	10.582	-6.260
Çatal (2009)	0.0806	9.444	7.159

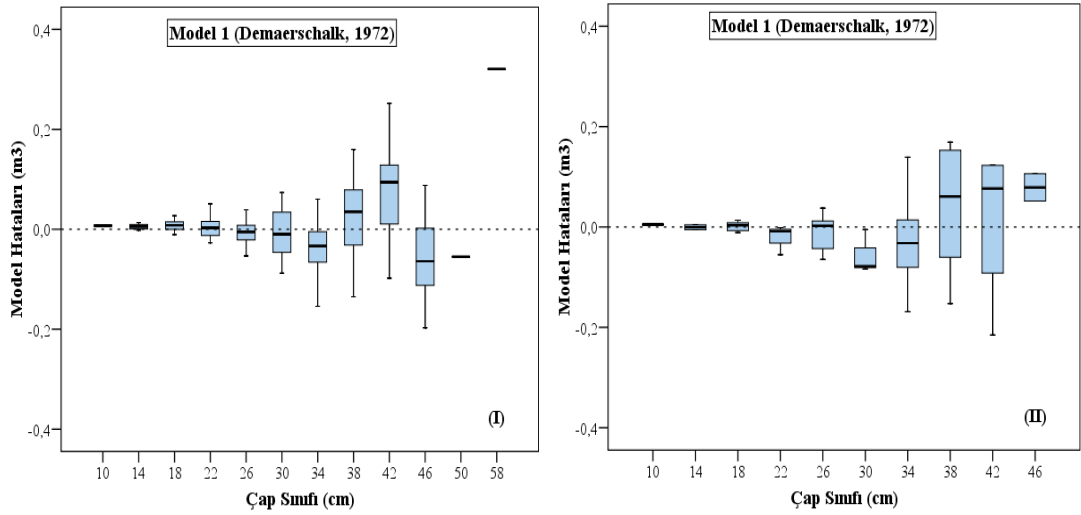
Demaerschalk(1972) gövde hacim denkleminin başarı ölçüt değerleri, $S_{y,x}$: 0.0728, %OMH: 8.519, %TH: 1.436; Alemdağ (1962) hacim denkleminin başarı ölçüt değerleri, $S_{y,x}$: 0.0631, %OMH: 8.190, %TH: -1.887; Sun ve ark. (1978) hacim denkleminin başarı ölçüt değerleri, $S_{y,x}$: 0.0659, %OMH: 8.302, %TH: 0.573; Uğurlu ve Özer (1979) hacim denkleminin başarı ölçüt değerleri, $S_{y,x}$: 0.0852, %OMH:

10.582, %TH: -6.260; Çatal (2009) hacim denkleminin başarı ölçüt değerleri ise, $S_{y,x}$: 0.0806, %OMH: 9.444, %TH: 7.159'dur. Tablo 12'den görüleceği üzere Demaerschalk (1972) tarafından geliştirilen gövde hacim modelinin standart hatası, ortalama hata ve ortalama mutlak hata ölçütlerine göre, Alemdağ (1962) ve Sun ve ark. (1978) tarafından geliştirilen hacim tablosu tahminlerine göre daha kötü sonuç verirken, Uğurlu ve Özer (1979) ve Çatal (2009) tarafından geliştirilen hacim tablosu tahminlerine göre ise daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür (Şekil 17).

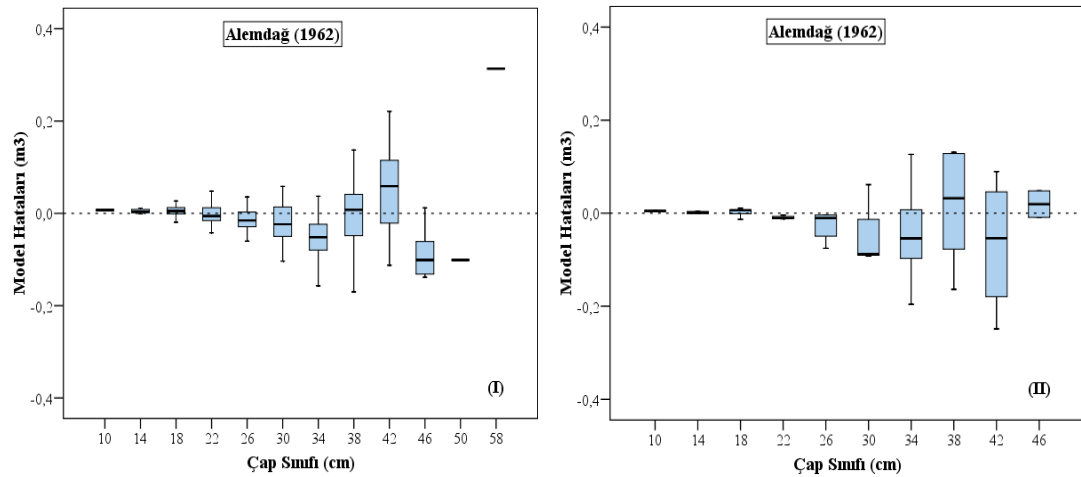


Şekil 17. Toplam gövde hacmi için önerilen Demaerschalk (1972) gövde hacmi modelinin tahminleri ile bu ağaç türü için geliştirilen çift girişli hacim tablolarının karşılaştırılması

Kızılcım ağaç türü için geliştirilen gövde hacim modellerinin karşılaştırılmasında ve değerlendirilmesinde kullanılabilecek diğer bir yöntemde modelleri grafiksel olarak karşılaştırmaktır. Aşağıda Şekil 18'de Demaerschalk, (1972) tarafından geliştirilen model kullanılarak tahmin edilen gövde hacminin ve Şekil 19-22'de ise Alemdağ (1962), Sun ve ark. (1978), Uğurlu ve Özer (1979) ve Çatal (2009) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemleri kullanılarak belirlenen gövde hacim değerlerinin çap sınıfları itibariyle hata dağılımı verilmiştir. Bu şekillerde (Şekil 18-22), kutu içerisindeki kalın çizgi, çap sınıfına ilişkin tahmin hatalarının ortalamasını, kutular hataların yayılma alanını ve yukarı ve aşağı uzanan dikey çizgiler ise, maksimum ve minimum çap ve hacim tahmin hatalarını temsil etmektedir.



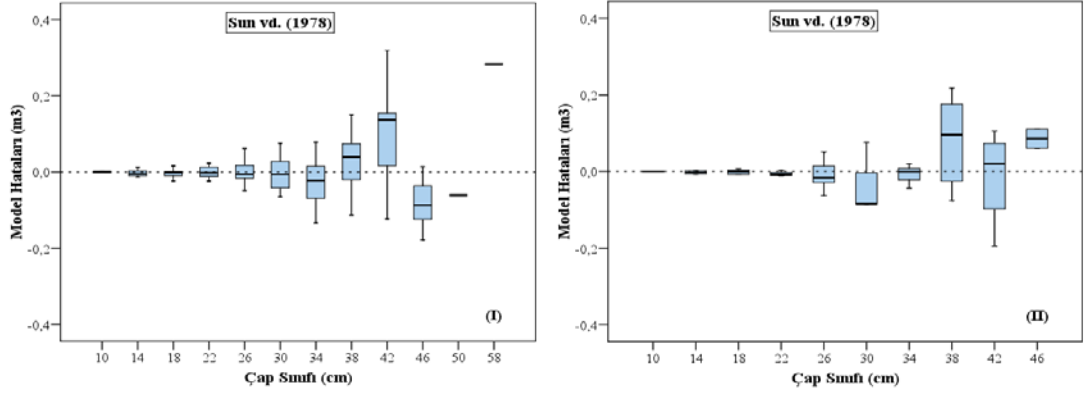
Şekil 18. Demaerschalk (1972) denklemleri ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı



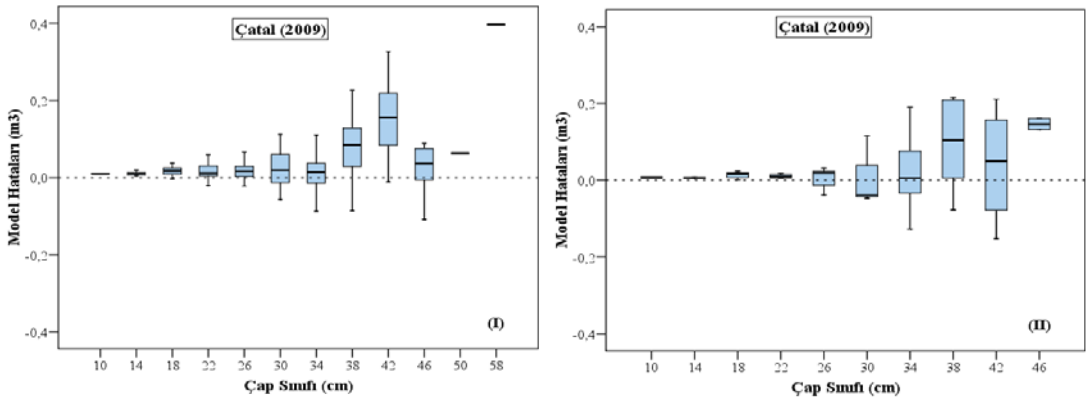
Şekil 19. Alemdağ (1962) denklemleri ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı

Demaerschalk, (1972), Alemdağ (1962), Sun ve ark. (1978), Uğurlu ve Özer (1979) ve Çatal (2009) tarafından geliştirilen gövde hacim model sonuçlarına göre hem modellerin oluşturulmasında kullanılan ağaçların hem de modellerin kontrol edilmesi amacıyla kullanılan kontrol ağaçlarının hacim tahminlerinde meydana gelen hata değerleri düşük çap sınıfından kalın çap sınıfına doğru artmaktadır (Şekil 15-19). Gövde hacim modeli oluşturmak için kullanılan ağaçların hata dağılımları incelendiğinde 50cm ve 56 cm çap sınıfında birer ağaç olduğundan hata dağılımı görülmemektedir. Diğer taraftan oluşturulan gövde hacim modellerinin kontrol

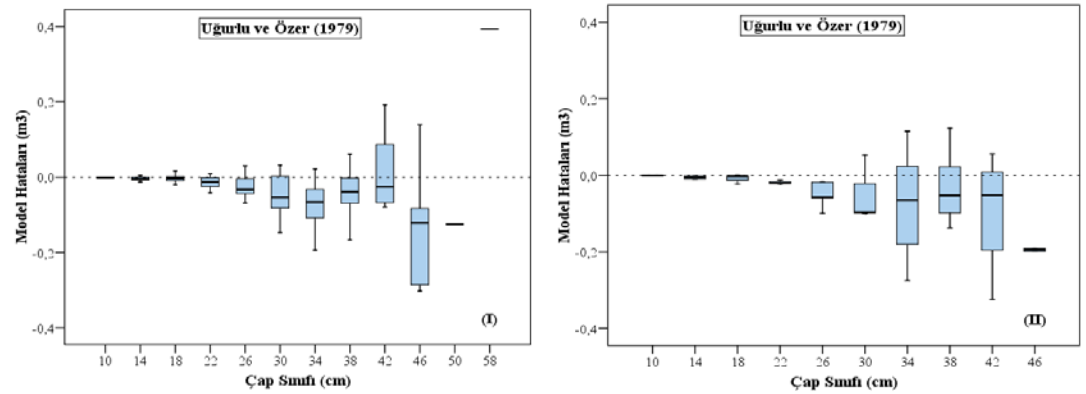
edilmesi amacıyla kullanılan kontrol ağaçlarının hata dağılımlarına bakıldığında, 46 cm çap sınıfında ağaç sayısı az olduğundan hata değeri azaldığı görülmektedir.



Şekil 20. Sun ve ark. (1978) denklemi ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı



Şekil 21. Çatal (2009) denklemi ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı



Şekil 22. Uğurlu ve Özer (1979) denklemi ile elde edilen model verilerine (I) ve bağımsız veri grubuna (II) ilişkin hacim hatalarının çap sınıflarına dağılımı

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Kızılçam meşceresinden alınan 216 adet Kızılçam ağacına ilişkin veriler kullanılarak gövde çapı ve gövde hacmi denklemlerinin geliştirilmiştir. Ağaçların dipten uca kadar olan gövde çapını modellemek üzere; Demaerschalk, (1972), Demaerschalk, (1973), Bruce ve ark., (1968), Max ve Burkhart, (1976), Parresol ve ark., (1987), Jiang ve ark., (2005) ve Cao ve ark., (1980) tarafından geliştirilen yedi adet uyumlu gövde çap modelleri kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında üç adedi Basit Gövde Profili Modeli (Bruce ve ark., 1968; Demaerschalk, 1972, 1973) ve dört adedi Parçalı Gövde Profili Modeli (Max ve Burkhart, 1976; Cao ve ark., 1980; Parresol ve ark., 1987; Jiang ve ark., 2005) olmak üzere yedi adet gövde çapı ve gövde hacim modeli kullanılmıştır. Diğer taraftan kullanılan modellerin tümü Uyumlu Gövde Profili Modelleri olduklarından, bu denklemler kullanılarak dikili haldeki ağaçlara ilişkin gövde üzerindeki iki yükseklik arasındaki gövde hacmi, söz konusu bu denklemin çeşitli dönüşümleri ile elde edilen hacim formülü yardımıyla hesaplanabilmektedir.

Yedi uyumlu gövde çapı modelinden en başarılı olanı Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen Model 6'dır. Jiang ve ark. (2005) denklemine ilişkin başarı ölçütleri ise, R^2 : 0.977, $S_{y,x}$: 1.6302, D : -0.0666, $|\bar{D}|$: 1.0748'dir. Gövde çapı tahminlerindeki varyansın % 97.7'sini Jiang ve ark. (2005) modeli tarafından açıklanmaktadır. Jiang ve ark. (2005)'in modeli, birçok çalışmada gövde çapının modellenmesinde oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Gövde çapının modellenmesinde parçalı polinomial denklem yapısı ile Jiang ve ark. (2005) %98.37'lik, Özçelik ve Bal (2013) %98.59'lük, Bal (2012) %98.13'lük, Şahin (2012) %98.28'lik, Atalay (2014) %94.44'lük ve Kurt (2014) % 98.43'lük bir açıklayıcılık elde etmişlerdir.

Jiang ve ark. (2005)'in denkleminin gövde çapı tahminlerindeki varyansın yüksek olması, özellikle karmaşık bir denklem yapısı ile gövde gelişimindeki değişkenliği yansıtabilmesi ile açıklanabilir. Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modelinin kullanımında; ağacın göğüs çapı, boyu, 5.30 metredeki çap ve çapı tahmin edilmek istenilen yükseklik değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu denklemde özellikle

5.30 m yükseklikteki çapın ölçümü zor olmakla birlikte, bu değişken ağacın göğüs çapı ve boyu aracılığı ile tahmin edilebilmektedir. Bu çalışmada da ağacın 5.30 m yüksekliğindeki çap değeri ağacın çap ve boyunun fonksiyonu olarak 19 nolu eşitlik ile edilmiştir. Bu denklemde tüm parametreler, $p < 0.0001$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuş olup, modelin belirtme katsayısı (R^2) ise; 0.963, standart hatası ($Sy.x$) 1.616 cm, ortalama hatası (\bar{D})-0.053 cm, ortalama mutlak hatası ($|\bar{D}|$)1.269 cm olarak elde edilmiştir.

Kızılçam ağaç türü için geliştirilen gövde çapı modellerinin etkinliği, oransal boy değerleri ve oransal çap değerleri için değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde gövde çapı modelleri içerisinde en başarılı model olan Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen model için, oransal boy değerlerine göre hata değerlerinin 0.21-0.30 arasında en düşük değerlere sahip olduğu (Tablo 8), 0.00-0.10 arasında ise en yüksek değerlere sahip olduğu ve oransal çap değerlerine göre hata değerlerinin 1.11-1.20 arasında en düşük değerlere sahip olduğu, 0.31-0.40 arasında ise en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında test edilen gövde çapı modellerin ortalama hata değerleri dikkate alındığında 2 ve 5 nolu modeller için çap tahminlerinde gerçek değerden daha düşük, fakat 1, 3, 4 ve 7 nolu modeller için ise gerçekten daha büyük değerler ürettiği söylenebilir. Geliştirilen gövde çapı modellerinin tahminlerin standart hatası değerlerinin nisbi boy değerleri için dağılımı incelendiğinde; en yüksek standart hatası değerlerinin ağaç boyunun % 0-20 ve % 60-80'i civarında ortaya çıktığı görülmektedir. Kızılçam ağacının boy bakımından gelişimi incelendiğinde böyle bir sonucun çıkması doğaldır. Çünkü bir kızılçam ağacının gövde formu incelendiğinde bu bölümün (% 60-80) genel olarak dallanmanın başladığı ve tepe tacının alt ve orta kısmının bulunduğu bölge olduğu görülmektedir.

Jiang ve ark. (2005)'in denklemine ilişkin tahminlerin doğruluğu ve tutarlılığı, denklemin oluşturulmasında kullanılmamış olan bağımsız bir veri grubu ile de denetlendiğinde, arazide ölçülen gerçek çap değerleri ile geliştirilen denklem ile bu ağaçlar için tahmin edilen çap değerleri arasında $p > 0.05$ önem düzeyi ile bir farklılık belirlenmemiştir. Bu bakımdan, bu çalışma kapsamında oluşturulan gövde çapı denkleminin, örnek ağaçların seçildiği alanlar için kullanılabileceği sonucuna

varılmıştır. Ayrıca, Jiang ve ark. (2005) denklemi ile üç Kızılcım ağacı için dipten uç tomurcuğa kadar olan gövde üzerindeki değişik noktadaki çap tahminleri verilmiştir. Göğüs çapı bakımından en küçük, orta ve en kalın ağaçları temsilen seçilen bu ağaçların Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modeli ile üç ağacın da gövde üzerindeki değişik çap tahminleri için tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

Gövde hacim modelinin belirlenmesinde Demaerschalk (1972), Parresol ve ark. (1987), Jiang ve ark. (2005) ve Cao ve ark. (1980) gövde hacim modelleri kullanılmıştır. Gövde hacminin belirlenmesinde kullanılan dört gövde hacim modeli arasından 1 nolu model Kızılcım'ın gövde hacmini modellemede en başarılı model olduğu belirlenmiştir. Demaerschalk, (1972) tarafından geliştirilen modelinin tahminin standart hatası 0.0728, ortalama mutlak hata yüzdesi 8.519 ve toplam hata yüzdesi ise 1.436'dır.

Kızılcım ağaç türünün gövde hacmini modellemede en başarılı model (1 nolu model) ile kızılcım ağaç türü için daha önce geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosu verileri ile karşılaştırılmıştır. Demaerschalk(1972) tarafından geliştirilen bu gövde hacim modelinin, Alemdağ (1962) ve Sun ve ark. (1978) tarafından geliştirilen hacim tablosu tahminlerine göre daha kötü sonuçlar verirken, Uğurlu ve Özer (1979) ve Çatal (2009) tarafından geliştirilen hacim tablosu tahminlerine göre ise daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Meşcere hacminin tahmin edilmesinde genellikle ağaç hacim denklemleri ve tabloları yöntemi daha çok tercih edilmektedir. Bununla birlikte ağaç hacim denklemleri, ağaç gövdelerinden üretilebilecek tomruk, maden direği ve sanayi odunu gibi odun çeşitlerinin miktarları konusunda herhangi bir tahmin olanağı sunamamaktadırlar. Bu bakımdan, ağaçlardan elde edilebilecek odun çeşitlerine ilişkin tahminler yapabilecek ve böylece dikili satış yönteminin yoğun olarak kullanılması ve sürekli değişen Pazar koşullarının gerektirdiği gövde hacmine ilişkin ayrıntılı hacim tahminlerine imkân sağlayabilecek yöntemlere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu bağlamda ağaçların gövde üzerindeki herhangi bir yükseklikteki gövde çapını ve herhangi bir gövde çapının hangi yükseklikte olduğunu belirlemede kullanılan gövde profil modelleri aynı zamanda ağaçların ticari gövde hacmini, toplam gövde hacmini, bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacmini, gövde üzerinde herhangi iki yükseklik

arasındaki gövde bölümünün hacmini ve gövde üzerinde herhangi iki çap arasındaki gövde bölümünün hacminin belirlenmesinde kullanılabilir. Diğer bir söyleyişle gövde profili modelleri, ülkemizde geliştirilmiş olan tek ve çift girişli denklemlere oranla ormancılığımız için daha doğru ve tutarlı hacim tahminleri sunabilecektir.

Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar Antalya Orman Bölge Müdürlüğü aynı yaşlı saf ve doğal kızılçam meşcereleri için geçerlidir. Ağaçların gövde şekli ve buna bağlı olarak gövde hacmi, yetişme ortamı, meşcere sıklığı, meşcere kapalılığı, meşcerelere yapılan müdahaleler gibi pek çok faktöre göre değişiklikler göstermektedir. Bu yüzden herhangi bir gövde çapı ve gövde hacim modelinin geniş alanlarda kullanılabilmesi için bu faktörleri de dikkate alacak şekilde uygulanması veya daha doğrusu her yöre için geliştirilmesi uygun olacaktır. Bu bakımdan ülkemiz ekonomisi açısından önemli olan Kızılçam ağacının gövde çapı ve gövde hacim modellerinin doğru bir şekilde ortaya konulması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara, s.160.
- Allen, P.J., 1993. Average Stem Profile Comparisons for Tree Size Classes of Caribbean Pine, Canadian Journal of Forest Research, 23, 2594-2598.
- Anonim, 2012. Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2013. Onuncu Beş Yıllık Kalıkınma Planı (2014-2018). Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Sürdürülebilir Orman Yönetimi, Ankara.
- Anşin, R., 1994. (*Gymnospermae*) Tohumlu Bitkiler, KTÜ Orman Fakültesi, Yayın No: 122/15, Trabzon, 262s.
- Anşin, R. ve Özkan, Z.C., 1997. Tohumlu Bitkiler (*Spermatophyta*) Odunsu Taksonlar. KTÜ Orman Fakültesi Yayın No 167/19, Tranzon, 512s.
- Asan, Ü., 1999. Ormancılık Bilgisi, İ.Ü Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 4197/461, İstanbul.
- Asmaz, H., 1993. Akdeniz Peyzajında Kızılçamın Önemi. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu 18-23 Ekim, Bildiriler Kitabı, Marmaris, s.48-55.
- Atalay, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri için Gövde Profil Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Bal, C., 2012. Karaçam İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacmi Denklemlerinin Geliştirilmesinde Tepe Tacı Değişkenlerinin Kullanılması, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 61s.
- Behre, C.E. 1923. Preliminary notes on the study of tree form. J. of For. 21:507-511.
- Benbrahim, M., ve Gavaland, A., 2003. A new stem taper function for short-rotation poplar. Scandinavian Journal of Forest Research, 18, 377383.
- Bennet, F. A. and Swindel, B. F. 1972, Taper curves for planted slash pine. USDA Forest Service Research Note SE-179, 4 s.
- Bennet, F. A., Lloyd, F. T., Swindel, B. F. ve Whitehorn, E. Nisson W. 1978. Yields of veneer and associated products from unthinned, old-field plantations of slash pine, in the North Florida and South Georgia Flatwoods (Research Paper SE-176). USDA Forest Service.

- Bi, H., 2000. Trigonometric variable-form taper equations for Australian eucalyptus. *For. Sci.* 46: 397-409.
- Bickerstaff, A. 1946. Knot-free red pine by debudding. Can., Dept. Mines and resources, For. Serv. Silv. Res. Note 76. 10pp.
- Biging, G. S., 1984. Taper equations for second-growth mixed conifers of northern California. *Forest Science*, 30, 1103-1117.
- Boydak, M., 1992. Ormancılıkta Araştırma ve Uygulama Yönleriyle Dikim Aralıklarının Anlam ve Önemi. *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Dergisi* 19(2), s7-17.
- Boydak, M. ve Dirik, H. 1998. Ülkemizdeki Hızlı Gelişen Tür Çalışmalarında Ulaşılan Aşama, Uygulanabilecek Strateji ve Politikalar. Orman Bakanlığı Tarafından Düzenlenen “Hızlı Gelişen Türlerde Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar” Konulu Workshop (8-9 Aralık 1998 - Ankara), s. 188-193.
- Brooks, J. R., Jiang, L. and Clark, A. III., 2007. Compatible Stem Taper, Volume, and Weight Equations for Young Longleaf Pine Plantations in Southwest Georgia, South. J. Appl. For. 31(4), 187-191.
- Brooks, J. R., Jiang, L. and Özçelik, R. 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian Pine, Caedar oflebanon, and Cilicica Fir in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 256,147-151.
- Bruce D., Curtis R and Vandeveering C., 1968. Development of system of taper and volume tables for res alder. *forest science*, 14, 339-3350.
- Burger, H. 1931. Einfluss der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. III. Die Föhre. *Mitt. Schweiz. Centralanstalt forstl. Versuchsw.* 16:153-230.
- Burkhart, H. E. 1977. Cubic foot volume of Loblolly pine to any merchantable top limit. *Southern Journal of Applied Forestry*, 1 7-9.
- Burkhart, H.E. ve Tome, M., 2012. *Modeling Forest Trees and Stands*, Springer Science + Business Media Dordrecht, 457 s.
- Bryne, J. and Reed, D.D., 1986. Complex compatible taper and volume estimation system for red and loblolly pine. *forest science*, 32, 2, 423-443.
- Cao, Q. V., Burkhart, H. E., Max, T. A., 1980. Evaluating of Two Methods for Cubic-Volume Prediction Of Loblolly Pine to Any Merchantable Limit, *Forest Science*, 2, 1, 71-80.
- Carus, S. ve Su, Y., 2014. Antalya–Korkuteli Yöresi Kızılcım Ağaçlandırmaları İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi ve Mevcut Tablolar ile Kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Bildiriler Kitabı, Isparta, s. 574-584.

- Castedo-Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Barrio, M., Sánchez, M. and von Gadow, K., 2006. A generalized height-diameter model including random components for radiata pine plantations in northeastern Spain . For.Ecol.Manage. 229:202-213.
- Cervera, J., 1973. El área basimétrica reducida, el volumen reducido y el perfil. Montes 174:415–418.
- Clark, A., Souther, R. A. and Schlaegel, B.E., 1991. Stem Profile Equations For Southern Tree Species. USDA Forest Service Research Paper, SE-282.
- Clutter, J.L. 1980. Development of taper functions from variable top merchantable volume equations. For. Sci. 26:117-120.
- Coffre, M., 1982. Modelos fustales. Tesis Ing. For. Universidad Austral de Chile. p 44.
- Czaplewski, R. L. and McClure, J. P., 1988. Conditioning a segmented stem profile model for two diameter measurement. Forest Science, 34, 2, 512-522.
- Çatal, Y., 2009. Batı Akdeniz Bölgesi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde Artım ve Büyüme, (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.
- Çepel, N. 1995. Orman Ekolojisi, İ.Ü Orman Fakültesi, 4. Baskı, İstanbul, 536 s.
- Davis, B.H., 1965. Flora of Turkey and The East Aegean Islands, Volume I, University of Edinburgh Press, Edinburgh, s.74-75.
- Demaerschalk, J. P., 1972. Converting volume equations to compatible taper equations. Forest Science, 18, 241-245.
- Demaerschalk, J. P. 1973. Integrated systems for the estimation of tree taper and volume. Canadian Journal of Forest Research, 3, 9094.
- Demaerschalk, J. P. and Kozak, A., 1977. The whole-bole system, a conditional dual-equation system for precise prediction of tree profiles. Canadian Journal of Forest Research, 7, 488-497.
- Diéguez – Aranda, U., Castedo- Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., and Rojo A., 2006. Compatible taper function for Scots pine plantations in Northwestern Spain. Canadian Journal of Forest Research 36: 1190–1205. DOI:10.1139/X06-008.
- Eraslan, İ., 1971. Orman Amenajmanı. İÜ Orman Fakültesi Yayın No:169, s.488.
- Ercanlı, İ., Kahriman, A., 2013. Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi.

Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.613-621.

- Ercanlı, İ., Kurt, A.K., ve Bolat, F., 2014. Adana-Feke Kızılçam (*Pinus Brutia* Ten.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Karışık Etkili Modelleme ile Geliştirilmesinde Bazı Varyans Yapılarının Karşılaştırılması, I. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta.
- Erkan, N., 1996. Kızılçamda (*Pinus brutia* Ten.) Meşcere Gelişmesinin Simülasyonu, O.G.M. Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Elazığ.
- Evcimen, B.S., 1972. Türkiye’de Aynı Yaşlı Ormanların Optimal Kuruluşla Götürülmesi hakkında araştırmalar. Orman Genel Müd. Yayın No:555, 253s.
- Fang, Z. ve Bailey, R. L., 1999. Compatible volume and taper models with coefficients for tropical species on Hainan Island in Southern China. Forest Science, 45, 8599.
- Fang, Z., Borders, B.E. and Bailey, R.L. 2000. Compatible Volume Taper Models for Loblolly and Slash Pine Based on System with Segmented-Stem Form Factors. For. Sci. 46:1-12.
- Farrar, R. M., 1987. Stem profile functions for predicting multiple product volumes in natural longleaf pines. Southern Journal of Applied Forestry, 11, 161-167.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 1800, O. F. Yayın No: 193, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, 359 s.
- Flury, P. 1903. Einfluss verschiedener Dutchforstungsgrade auf Zuwachs und Form der Fichte und Buche. Mitt. Schweiz. Centralanstalt forstl. Versuchsw. 7:1-246.
- Forslund R., 1990. The power function as a simple stem profile examination tool. Can J For Res 21:193-198.
- Goulding, C. J. and Murray, J. (1976). Polynomial taper equations that are compatible with tree volume equations. New Zealand Journal of Forest Science, 5, 313-322.
- Göksel, E., 1984. Kızılçamın Lif Mitolojisi ve Odundan Sülfat Selülozu Elde Etme Olanakları Üzerine Araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi Yayın No: 3204/264, İstanbul, s.120.
- Green, E. J. and Reed, D. D., 1985. Compatible tree volume and taper functions for pitch pine, northern journal of applied forestry, 2, 14-16.
- Farrar, R. M., 1987. Stem profile functions for predicting multiple product volumes in natural longleaf pines. Southern Journal of Applied Forestry, 11, 161-167.

- Fırat, F., 1973. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1800, O.F. Yayın No: 193, Kurtuluş Matbası, İstanbul, 359 s.
- Härtdtl, H. 1938. Die formbildende Wirkung der Eigenlast von Stamm und Zweigen bei cinem Nadelbaum. Forstwiss. Centr. 60:343-352; 424-429.
- Hilt, D. E., 1980. Taper-based system for estimating stem volumes of upland oaks, USDA Forest Service, Research Paper NE-458, 12 s.
- Hjelm, B., 2013. Stem taper equations for poplars growing on farmland in Sweden, Journal of Forestry Research, 24(1): 15–22.
- Hojer A., 1903. Growth of Scots pine and Norway spruce. Stockholm, Bilaga till. Loven, F.A. om vara barrskorar.
- Honer, T. G., 1967. Standard volumes and merchantable conversion factors for the commercial tree species of central and Eastern Canada. Forest Management Research and Service Institute, Ottawa, Ontario, Inform Rep. FMR-X-5, 21 s.
- Jiang, L. 2004. Compatible Taper and Volume Equations for Yellow-Poplar in West Virginia. MS Thesis. West Virginia University. Morgantown. WV. 75pp.
- Jiang L., Brooks J. R. and Wang J., 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. For. Ecol. Manage. 213: 399-409.
- Jiménez J, Aguirre O, Niembro R, Navar J, Domínguez A., 1994. Determinación de la forma externa de *Pinus hartwegii* Lindl. En el noreste de México. Invest Agrar: Sist Recur For 3(2):175–182.
- Jonson, T. 1910. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. I Granens stamform. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Häfte 11, pp. 285-328.
- Jonson, T. 1911. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. II. Tallens stamform. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Häfte 9-10, pp. 285-329.
- Kantarıcı, M.D. 2000. Toprak İlimi, İ.Ü Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 4261, O.F. Yayın No: 462, İstanbul, 420 s.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No:3194/354, İstanbul. 406 s.
- Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı, KTÜ Matbaası, KTÜ Yayın No:215, Orman Fakültesi Yayın No:33, Trabzon, 515s.
- Karaer, K., 2015. Eğirdir Yöresi Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı Modellerinin Geliştirilmesi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 71s.
- Kayacık, H., 1965. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği *Gymnospermae* (Açık Tohumlular) I. Cilt, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 1105/98, İstanbul, 390s.

- Kozak, A., 1988. A Variable Exponent Taper Equation, Canadian Journal of Forest Research, 18, 1363-1368.
- Kozak, A., 2004. My Last Words on Taper Equations. Forest Chronicle, 80, 507-515.
- Kozak, A., Smith, J.H.G. 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. For. Chron. 69: 438-444.
- Kozak, A., Munro, D.O., Smith, J.H.G., 1969. Taper functions and their application in forest inventory. Forest Chronicle 45: 278-283.
- Köse, S. ve Yavuz, H., 1993. Yaş Sınıfları Yönetiminin Türkiye'deki Kızılcım Ormanlarında Uygulanması. Uluslararası Kızılcım Sempozyumu, 18-23 Ekim, Bildiriler Kitabı, Marmaris, s.598-605.
- Kunze, M., 1896. Die absoluten Formzahlen der gemeinen Kiefer. Schönfeld, Dresden.
- Kurt, A.K., 2014. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. Subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe] meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Laar A.V. ve Akça A., 2007. Forest mensuration: in Managing Forest Ecosystems, Dordrecht, The Netherlands: Springer. 383 s.
- Larson, P.R. 1963. Stem form development of forest trees. For. Sci. Monogr. 5.
- Lee, W.K., Seo, J.H., Son, Y.M., Lee, K.H. and Von Gadow, K., 2003. Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. Forest Ecology and Management, 172, 69-77.
- Leties, L.P. and Robinson, A.P., 2004. Improving taper equations of loblolly pine with crown dimensions in a mixed-effects modeling framework, Forest Science, 50, 204-212.
- Muhairwe, C. K. 1999. Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the north coast in New South Wales, Australia. Forest Ecology and Management, 113, 251-269.
- Max, T. A, Burkhart, H. E., 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations, Forest Science, 22, 3, 283-289.
- Metzger, K., 1894. Die absoluten Schaftformzahlen der Fichte. Mündener forstliche Hefte, 6:87-93.
- Metzger, K. 1896. Form und Wachstum der Waldbäume im Kichte der Darwinschen Lehre. Allgem. Forst- u. Jagdztg. 72:224-233.

- Metzger, K. 1908. Über das Konstruktionsprinzip des sekundären Holzkörpers. Naturw. Z. Forst- u. Landwirtsch. 6:249-273.
- Meydan-Aktürk, 2006. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) için trigonometrik gövde profili denkleminin oluşturulması / Construction of trigonometric variable- taper equations for spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) trees, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Munro, D.D., 1966. The distribution of log size and volume within trees. A preliminary investigation. University of British Columbia. Fac. of For., p 27.
- Nahal, I., 1986. Taxonomie Et Aire Géographiwue Des Pins Du Groupe *halepensis* Options Méditerranéennes 1, 1-9.
- Newberry J and Burkhart H., 1986. Variable form stem profile models for Loblolly pine. Can J For Res 16:109–114.
- Newnham, R. M. 1988, A Variable Form Taper Function, Canada Frest Service, Petawawa Natl. For. Ins. Inf. Rep. PI-X-83.
- Newnham, R. M., 1992. Variable-form taper functions for four Alberta tree species. Canadian Journal of Forest Research, 22(2), 210-22.
- Nilsson, S. 1996. Do We Have Enough Forest. Iufro Occasional Paper No. 5. Hungary.
- Ormerod, D. 1973. A simple bole model. The Forestry Chronicle, 49, 136138.
- Özçelik, R., 2008. Comparison of Formulae for Estimating Tree Bole Volumes of *Pinus slyvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 23 (5), 412-418.
- Özçelik, R., 2010. Sarıçam için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Artvin, Bildiriler Kitabı, 358-366.
- Özçelik, R. and Alkan, H., 2011. Okalıptüs Ağaçlandırmaları için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Geliştirilmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı, 720-730.
- Özçelik, R., Brooks, J.R. and Jiang, L., 2011. Modeling stem profile of Lebanon cedar, Brutian pine, and Cilicica fir in Southern Turkey using nonlinear mixed-effects models. European Journal of Forest Research, 130, 613-621.
- Özçelik, R. and Brooks, J. R., 2012. Compatible volume and taper models for economically important tree species of Turkey, Annals of Forest Science, 69, 105-118.
- Özçelik, R., Yavuz, H., Karatepe, Y., Gürlevik, N. and Kiriş, R., 2012. Burdur Yöresi Kızılcım Meşcereleri için Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 85-91.

- Pamay, B., 1968. Yaş Sınıfları Amenajman Metodunun Türkiye Orman Uygulaması İmkanları ve Karşılaşılan Güçlükler. İÜ Orman Fakültesi A, Sayı:2, s.23-41.
- Pantelas, V., 1986. The Forests of Brutia Pine in Cyprus. Ciheam. 86(1), 46-46.
- Parresol, B.R., Hotvedt, J.E., Cao and Q.V. 1987. A Volume and Taper Prediction System for Bald Cypress. Can. J. For. Res. 17:250-259.
- Perez, D.N., Burkhardt, H.E. and Stiff, C.T. 1990. A variable-Form Taper Function for Pinus Oocarpa Schiede in Central Honduras. For. Sci. 36: 186-191.
- Perez, D. N., Burkhardt, H. E. and Stiff, C. T, 1990, A variable form taper function for pinus ocarpa schiede in central honduras. Forest Science, 36, 1, 186-191.
- Quzel, P., 1986. The Forest Vegetation of Turkey. Porceedings of The Rolyay Society, B-89, 113-122.
- Rojo A, Perales X, Sanchez-Rodriguez F, Alvarez-Gonzalez JG and von Gadow K., 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (northwestern Spain). Eur. J. For. Res.v 25:177-186.
- Real, P.L. and Moore, J.A., 1986. An individual tree system for Douglas fir in the inland north-west. USDA Forestry Service General Technical Report NC-120, pp 1037–1044.
- Reed D and Green E., 1984. Compatible stem taper and volume ratio equations. For Sci 30(4):977–990.
- Riemer T, Gadow K von and Slodoba B., 1995. Ein Modell zur Beschreibung von Baumschaften. Allg Forst Jagdztg 166(7):144–147.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/ETS 9.1 User's Guide. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Sakıcı, O., 2002. Kastamonu Yöresi Uludağ Göknaarı Meşcerelerinde Gövde Profili, Hacim, Hacim Oran Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sakıcı, O.E., Mısır N., Yavuz H. ve Mısır M., 2008. Stem taper functions for Abies nordmanniana subsp. bornmulleriana in Turkey. Scandinavian Journal of Forest Research 23: 522-533.
- Schlaegel, B. E., 1983. Development of a form class taper model for Willow Oak. Ph.D. Thesis. University of Georgia, Athens, GA., 69 p.
- Schmeid, H. 1918. Vergleichbare Schaftformdarstellungen. Centr. ges. Forstw. 44: 193-202.
- Selik, M., 1963. Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.)'ın Botanik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar ve Bunların Halepçamı (*Pinus halepensis* Mill.) Vasıfları ile Mukayesesi. Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 353, İstanbul, s.36.

- Sharma, M. and Oderwald, R. G. 2001. Dimensionally compatible volume and taper equations. Canadian Journal of Forest Research, 31, 797803.
- Sharma, M. and Zhang, S.Y., 2004. Variable-exponent taper equations for jack pine, black spruce and balsam fir in eastern Canada. Forest Ecology and Management 198, 39-53.
- Stoate, T.N. 1942. Taper in Pinus pinaster. Australian For. 6:59-66.
- Sun, O., 1977. Bir Kızılcam Ağacının Simülasyonu İçin Büyüme Modeli. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No:119, Ankara, 60s.
- Sun, O., Eren, M. E. ve Orpak, M., 1978. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması, (TÜBİTAK, proje no: TOAG-288), Tarım ve Ormançılık Araştırma Grubu Yayını.
- Şahin, D., 2012. Karaçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacmi denklem sistemlerinin geliştirilmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 64s.
- Thomas, C.E., Parresol, B.R. 1991. Simple, flexible, trigonometric taper equations. Can. J. For. Res. 21:1132-1137.
- Uğurlu S, Özer E., 1977. Aynalı Relaskop Fh/d Değerlerinden Elde Edilen ya da Çift Girişli Hacim tablolarına Göre Elde Edilen Hacimlerin Seksiyondan Hesaplanan Hacimlerle Karşılaştırması. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No 99. Ankara.
- Usta, H. Z., 1991. Kızılcam Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın Serisi No: 219.
- Valenti M, Cao Q., 1986. Use of crown ratio to improve loblolly pine taper equations. Can J For Res 16:1141–1145.
- Vorreiter, L. 1954. Stammform und Holzeigenschaften der Bayernwald-Fichte. Holz Roh- u. Werkstoff 12:47-54.
- West, P.W., 2009. Tree and Forest Measurement, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Australia, İkinci Baskı, 190s.
- Wright, W.G. 1923. Investigation of taper as a factor in measurement of standing timber. J. of For. 21:569-581.
- Yaltrık, F., 1993. Dendroloji, *Gymnospermae* (Açık Tohumlular). İÜ Orman Fakültesi Yayın No 3443/386, İstanbul, s320.
- Yaltrık, F. ve Boydak, M., 1993. Türkiye Kızılcamlarında Genetik Çeşitlilik. Uluslararası Kızılcam Sempozyumu 18-23 Ekim, Bildiriler Kitabı Marmaris, s.1-10.

- Yavuz, H., 1995a. Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, KTÜ Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, Fakülte Yayın No:49, 101-106.
- Yavuz, H., 1995b. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, KTU Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Basılmamış Doçentlik Tezi, 101s.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam İçin Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 1181-1188.
- 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.
- Yeşil, A., 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetlerdeki Kızılağaç Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi, (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zakrzewski, W. T., 1999. A mathematically tractable stem profile model for jack pine in Ontario. Northern Journal of Applied Forestry, 16, 138-143.

EKLER

Ek Tablo 1. Kızılçam Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacmi Tablosu

Çaplar (cm)	Boylar (m)												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)													
8	0.012	0.014	0.016	0.018	0.019	0.021	0.023	0.024					
9	0.015	0.018	0.020	0.022	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033	0.035			
10	0.019	0.022	0.025	0.028	0.031	0.033	0.036	0.039	0.041	0.044	0.046	0.049	
11		0.027	0.031	0.034	0.037	0.041	0.044	0.047	0.050	0.053	0.056	0.059	0.062
12		0.032	0.037	0.041	0.045	0.049	0.053	0.056	0.060	0.064	0.068	0.071	0.075
13			0.043	0.048	0.053	0.058	0.062	0.067	0.071	0.075	0.080	0.084	0.088
14				0.056	0.062	0.067	0.072	0.078	0.083	0.088	0.093	0.098	0.103
15				0.065	0.071	0.077	0.084	0.090	0.096	0.101	0.107	0.113	0.119
16				0.074	0.081	0.088	0.095	0.102	0.109	0.116	0.122	0.129	0.135
17				0.084	0.092	0.100	0.108	0.116	0.124	0.131	0.139	0.146	0.154
18				0.094	0.104	0.113	0.122	0.131	0.139	0.148	0.156	0.165	0.173
19					0.116	0.126	0.136	0.146	0.156	0.165	0.175	0.184	0.193
20					0.129	0.140	0.151	0.162	0.173	0.184	0.194	0.205	0.215
21					0.143	0.155	0.168	0.180	0.192	0.203	0.215	0.226	0.238
22					0.157	0.171	0.185	0.198	0.211	0.224	0.237	0.249	0.262
23					0.172	0.187	0.202	0.217	0.231	0.246	0.260	0.273	0.287
24						0.205	0.221	0.237	0.253	0.268	0.283	0.298	0.313
25						0.223	0.240	0.258	0.275	0.292	0.308	0.325	0.341
26						0.241	0.261	0.280	0.298	0.316	0.334	0.352	0.370
27						0.261	0.282	0.302	0.322	0.342	0.362	0.381	0.400
28						0.281	0.304	0.326	0.348	0.369	0.390	0.411	0.431
29							0.327	0.350	0.374	0.397	0.419	0.441	0.464
30							0.350	0.376	0.401	0.425	0.450	0.474	0.497
31							0.375	0.402	0.429	0.455	0.481	0.507	0.532
32							0.401	0.430	0.458	0.486	0.514	0.541	0.568
33							0.427	0.458	0.488	0.518	0.548	0.577	0.606
34							0.454	0.487	0.519	0.551	0.583	0.614	0.644

Ek Tablo 1'in Devamı

Çaplar r (cm)	Boylar (m)												
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)													
11	0.065												
12	0.078	0.082	0.085										
13	0.092	0.096	0.100	0.104	0.108								
14	0.108	0.112	0.117	0.122	0.126	0.131	0.136						
15	0.124	0.130	0.135	0.140	0.146	0.151	0.156	0.162					
16	0.142	0.148	0.154	0.160	0.167	0.173	0.179	0.185	0.191	0.196	0.202		
17	0.161	0.168	0.175	0.182	0.189	0.196	0.203	0.209	0.216	0.223	0.229	0.236	0.242
18	0.181	0.189	0.197	0.205	0.213	0.220	0.228	0.236	0.243	0.251	0.258	0.265	0.273
19	0.202	0.211	0.220	0.229	0.238	0.246	0.255	0.263	0.272	0.280	0.289	0.297	0.305
20	0.225	0.235	0.245	0.255	0.264	0.274	0.283	0.293	0.302	0.312	0.321	0.330	0.339
21	0.249	0.260	0.271	0.282	0.292	0.303	0.314	0.324	0.334	0.345	0.355	0.365	0.375
22	0.274	0.286	0.298	0.310	0.322	0.334	0.345	0.357	0.368	0.380	0.391	0.402	0.413
23	0.300	0.314	0.327	0.340	0.353	0.366	0.379	0.391	0.404	0.416	0.428	0.441	0.453
24	0.328	0.343	0.357	0.371	0.385	0.399	0.413	0.427	0.441	0.454	0.468	0.481	0.495
25	0.357	0.373	0.389	0.404	0.419	0.435	0.450	0.465	0.480	0.494	0.509	0.524	0.538
26	0.387	0.404	0.421	0.438	0.455	0.471	0.488	0.504	0.520	0.536	0.552	0.568	0.584
27	0.419	0.437	0.456	0.474	0.492	0.510	0.527	0.545	0.562	0.580	0.597	0.614	0.631
28	0.451	0.471	0.491	0.511	0.530	0.550	0.569	0.588	0.606	0.625	0.644	0.662	0.680
29	0.485	0.507	0.528	0.549	0.570	0.591	0.611	0.632	0.652	0.672	0.692	0.712	0.732
30	0.521	0.544	0.567	0.589	0.612	0.634	0.656	0.678	0.699	0.721	0.742	0.764	0.785
31	0.557	0.582	0.606	0.631	0.655	0.678	0.702	0.725	0.749	0.772	0.794	0.817	0.840
32	0.595	0.621	0.647	0.673	0.699	0.724	0.750	0.775	0.799	0.824	0.848	0.873	0.897
33	0.634	0.662	0.690	0.718	0.745	0.772	0.799	0.825	0.852	0.878	0.904	0.930	0.956
34	0.674	0.704	0.734	0.763	0.792	0.821	0.850	0.878	0.906	0.934	0.962	0.989	1.017

Ek Tablo 1'in Devamı

Çaplar (cm)	Boylar (m)									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)										
35	0.517	0.551	0.585	0.619	0.651	0.684	0.716	0.748	0.779	0.811
36	0.548	0.584	0.620	0.656	0.691	0.725	0.759	0.793	0.826	0.859
37	0.580	0.619	0.656	0.694	0.731	0.767	0.803	0.839	0.874	0.909
38	0.613	0.654	0.694	0.733	0.772	0.811	0.849	0.887	0.924	0.961
39		0.690	0.732	0.774	0.815	0.856	0.896	0.936	0.975	1.014
40		0.727	0.771	0.815	0.859	0.902	0.944	0.986	1.027	1.068
41		0.765	0.812	0.858	0.904	0.949	0.993	1.038	1.081	1.124
42		0.804	0.853	0.902	0.950	0.997	1.044	1.091	1.136	1.182
43			0.896	0.947	0.997	1.047	1.096	1.145	1.193	1.241
44			0.940	0.993	1.046	1.098	1.150	1.201	1.251	1.301
45			0.984	1.040	1.096	1.150	1.204	1.258	1.311	1.363
46			1.030	1.089	1.147	1.204	1.260	1.316	1.372	1.427
47			1.077	1.138	1.199	1.259	1.318	1.376	1.434	1.491
48			1.125	1.189	1.252	1.315	1.376	1.438	1.498	1.558
49			1.174	1.241	1.307	1.372	1.436	1.500	1.563	1.626
50				1.294	1.363	1.431	1.498	1.564	1.630	1.695
51				1.348	1.420	1.490	1.560	1.630	1.698	1.766
52				1.403	1.478	1.551	1.624	1.696	1.768	1.838
53				1.459	1.537	1.614	1.690	1.765	1.839	1.912
54				1.517	1.598	1.677	1.756	1.834	1.911	1.988
55				1.576	1.660	1.742	1.824	1.905	1.985	2.065
56				1.636	1.723	1.808	1.893	1.978	2.061	2.143
57				1.697	1.787	1.876	1.964	2.051	2.138	2.223
58				1.759	1.852	1.945	2.036	2.126	2.216	2.304
59				1.822	1.919	2.015	2.109	2.203	2.296	2.387
60				1.886	1.987	2.086	2.184	2.281	2.377	2.472

Ek Tablo 1'in Devamı

Çaplar (cm)	Boylar (m)								
	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)									
35	0.841	0.872	0.902	0.932	0.962	0.992	1.021	1.050	1.079
36	0.892	0.924	0.956	0.988	1.020	1.051	1.082	1.113	1.144
37	0.944	0.978	1.012	1.046	1.079	1.113	1.146	1.178	1.211
38	0.997	1.034	1.070	1.105	1.141	1.176	1.211	1.245	1.280
39	1.052	1.091	1.129	1.166	1.204	1.241	1.277	1.314	1.350
40	1.109	1.149	1.189	1.229	1.268	1.307	1.346	1.385	1.423
41	1.167	1.210	1.252	1.293	1.335	1.376	1.417	1.457	1.497
42	1.227	1.271	1.316	1.360	1.403	1.446	1.489	1.532	1.574
43	1.288	1.335	1.381	1.427	1.473	1.518	1.563	1.608	1.652
44	1.351	1.400	1.449	1.497	1.545	1.592	1.640	1.686	1.733
45	1.415	1.467	1.518	1.568	1.618	1.668	1.718	1.767	1.815
46	1.481	1.535	1.588	1.641	1.694	1.746	1.797	1.849	1.900
47	1.548	1.605	1.660	1.716	1.771	1.825	1.879	1.933	1.986
48	1.617	1.676	1.734	1.792	1.849	1.906	1.963	2.019	2.075
49	1.688	1.749	1.810	1.870	1.930	1.989	2.048	2.107	2.165
50	1.760	1.824	1.887	1.950	2.012	2.074	2.136	2.197	2.258
51	1.833	1.900	1.966	2.032	2.097	2.161	2.225	2.289	2.352
52	1.908	1.978	2.047	2.115	2.183	2.250	2.316	2.383	2.448
53	1.985	2.057	2.129	2.200	2.270	2.340	2.410	2.478	2.547
54	2.063	2.138	2.213	2.287	2.360	2.432	2.505	2.576	2.647
55	2.143	2.221	2.298	2.375	2.451	2.527	2.601	2.676	2.750
56	2.225	2.306	2.386	2.465	2.544	2.622	2.700	2.777	2.854
57	2.308	2.392	2.475	2.557	2.639	2.720	2.801	2.881	2.961
58	2.392	2.479	2.565	2.651	2.736	2.820	2.904	2.987	3.069
59	2.478	2.568	2.658	2.746	2.834	2.921	3.008	3.094	3.179
60	2.566	2.659	2.752	2.843	2.934	3.025	3.114	3.204	3.292

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KUMAŞ,Gökberkhan
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 24/05/1992-Yusufeli
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 531 202 87 94
e-mail : gokberkan_kumas@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	AÇÜ/Orman Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Artvin Lisesi	2010

Yabancı Dil

İngilizce